



Subsecretaría
de Desarrollo
Regional y
Administrativo

Gobierno de Chile



GUÍA ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Junio 2011





Subsecretaría
de Desarrollo
Regional y
Administrativo

Gobierno de Chile

**GUÍA ANÁLISIS DE
RIESGOS NATURALES
PARA EL ORDENAMIENTO
TERRITORIAL**

Junio 2011

GUÍA ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL
Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE)
Primera Edición, Junio 2011

Registro de Propiedad Intelectual N°: 205-409
I.S.B.N.: 978-956-8468-34-7

COORDINACIÓN

Departamento de Políticas y Descentralización
División de Políticas y Estudios
SUBDERE

División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
Naciones Unidas

CONVENIO SUBDERE- CEPAL: PROGRAMA DE GESTION DEL RIESGO PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Coordinadores: Osvaldo Henríquez (SUBDERE), Ricardo Jordán (CEPAL)
Equipo de Trabajo SUBDERE: María Constanza Viejo, Leonardo Céspedes
Equipo de Trabajo CEPAL: Felipe Livert, Sergio Saldaña

Colaboración y Revisión: Juan Pablo Sarmiento (FIU), Fernando Cortes (BM), Ricardo Zapata (CEPAL), División de Desarrollo Urbano MINVU, Dirección Nacional de Planeamiento MOP, Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI)

PATROCINIO

Programa de Crédito de Apoyo a la Gestión Subnacional (AGES)
SUBDERE- DIPRES - BID

APOYO EN PRODUCCIÓN GRÁFICA

Centro de Documentación y Publicaciones, CEDOC-SUBDERE

DISEÑO Y PRODUCCIÓN

Torrealba y Asociados S.A.

FOTOGRAFÍAS:

Fabiola Leiva C.
Griselda Molina

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines no comerciales, por cualquier medio o procedimiento, siempre que se incluya la cita bibliográfica del documento.

Las opiniones expresadas en este documento no reflejan la opinión oficial de la CEPAL.

Impreso en Chile/Printed in Chile

Índice

05	PRESENTACIÓN	66	ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES
06	INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES	66	A. Introducción
06	A. Introducción	67	B. Metodología de Análisis
08	B. Definición y Conceptos	68	C. Identificación de la Amenaza
14	C. Amenazas Naturales	70	D. Identificación de Sistemas Estratégicos y Componentes
18	D. Vulnerabilidad	100	E. Análisis de Exposición
20	E. Análisis de Riesgo	103	F. Identificación de los Factores de la Vulnerabilidad
22	F. Instrumentos de Reducción de Riesgos	114	G. Definición de Escenarios
24	G. Metodología	115	H. Estimación del Riesgo
27	AMENAZAS A ESCALA REGIONAL	118	I. Análisis Regional del Riesgo
27	A. Introducción	121	J. Análisis Costo Beneficio
27	B. Consideraciones para elaborar un mapa de fenómenos naturales	136	GLOSARIO
34	C. Determinación de Amenazas Naturales	141	BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA
38	D. Mapa de amenazas naturales de Origen Geológico		
58	E. Mapa de amenazas naturales de Origen Hidrometeorológico		



PRESENTACIÓN

La Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo ha considerado fundamental elaborar la guía de “Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial” en el marco del Programa de Apoyo a los Gobiernos Regionales, cuyo propósito es fortalecer el ejercicio de las competencias para aportar en la instalación e implementación de nuevas capacidades técnicas en las regiones. Esta guía constituye un instrumento orientador para el análisis del territorio regional desde la perspectiva de las amenazas naturales y de las condiciones de vulnerabilidad existentes.

Integrar la perspectiva de riesgo a los procesos de ordenamiento territorial es condición irrenunciable, sobre todo en nuestro país, cuya localización y características geográficas lo enfrentan continuamente a fenómenos naturales de diversa índole que muchas veces exceden la capacidad de respuesta de nuestra sociedad, aumentando la probabilidad de situaciones adversas.

La integración de esta perspectiva a los procesos de planificación y ordenamiento del territorio permitirá a la institucionalidad pública en general y a los gobiernos regionales en particular contribuir a alcanzar metas de sustentabilidad en los procesos de desarrollo. Así, los territorios podrán anticiparse mejor a escenarios de riesgo, lo cual junto a la preparación y ejecución de programas, proyectos y asignación de recursos para la prevención, mitigación y recuperación ante desastres atenuará los consecuentes costos sociales y económicos.

Este documento de trabajo favorece el cumplimiento de la Ley Orgánica de Gobierno y Administración Regional, que establece la indicación de “desarrollar programas de prevención y protección ante situaciones de desastre”. Estos programas exigen a su vez la actuación conjunta y articulada de esfuerzos, tanto de las instituciones de la Administración del Estado como de la sociedad civil, haciendo imprescindible contar con un marco orientador. Esta guía responde a esta necesidad en cuanto aporta y estimula a los Gobiernos Regionales a generar las capacidades para diseñar un instrumento que contenga la información adecuada para posibilitar la toma de decisiones públicas y privadas en el análisis de riesgos naturales.

Con tales propósitos y de forma fácil y sencilla, los contenidos de esta guía pretenden entregar un conjunto de herramientas y orientaciones que posibiliten el análisis de las amenazas naturales y de las condiciones de vulnerabilidad de los componentes estratégicos existentes en el territorio. Por último, y a modo de visión sinóptica, se tratan los criterios y elementos que posibilitan la cuantificación y evaluación del riesgo.

Finalmente, la generación de procesos de desarrollo sustentable requiere del incremento y profundización de la conciencia preventiva ante el riesgo, de parte de sus instituciones y de la sociedad. Para estos efectos, las orientaciones aquí vertidas también pretenden estimular el fomento de una cultura de prevención, con el objetivo de disminuir las pérdidas o retrocesos que los desastres o catástrofes naturales ocasionan en la calidad de vida de los habitantes.

MIGUEL FLORES VARGAS

Subsecretario Desarrollo Regional y Administrativo

INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES

El objetivo de esta guía es aportar al trabajo de aumentar la resiliencia de las regiones y de sus comunidades ante los desastres al lograr considerar la planificación con el objetivo de reducir los desastres, intentando disminuir las pérdidas que ocasionan los desastres, tanto en términos de vidas humanas como en cuanto a los bienes sociales, económicos y ambientales del país (Marco de Acción de Hyogo 2005).

A. Introducción

Chile es sometido constantemente a diversas pruebas de la naturaleza, tanto de origen geológico como hidrometeorológico en muchas ocasiones estos fenómenos de la naturaleza han afectado en forma negativa el territorio produciendo graves daños tanto a personas, como a la economía, medio ambiente e infraestructura de distintas regiones del país, a modo de ejemplo¹ entre los años 1981 y 2000 estos fenómenos produjeron 669 fallecimientos, 127.000 afectados y pérdidas económicas por un monto de 151 millones de dólares aproximadamente y en este último gran terremoto del 27 de febrero las pérdidas se han estimado² en MMUS\$30.000 correspondiendo aproximadamente al 16% del PIB, falleciendo 521 personas y 56 aún desaparecidas³.

1. Indicadores de riesgo de desastres y de gestión de riesgos, BID, Septiembre de 2010.

2. Estimaciones Gobierno de Chile.

3. Fuente Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI)/2010.

La experiencia tanto nacional como internacional indica la necesidad de incorporar en la gestión del riesgo en el nivel regional la componente “análisis y evaluación de riesgos naturales”, lo que consiste en desarrollar una comprensión de los fenómenos potencialmente peligrosos y los posibles efectos desastrosos que se pueden producir en su interacción con los sistemas⁴ de instalaciones y redes críticas⁵ considerado importante por la sociedad, generando información necesaria para adoptar decisiones sobre la implementación de acciones de mitigación, prevención y emergencia. Este mismo análisis permite definir o focalizar sistemas prioritarios con el objeto de asignar recursos para disminuir el riesgo de un territorio o lugar mediante la implementación de planes y proyectos la reducción de la vulnerabilidad de elementos y/o sistemas mediante la comparación de beneficios y costos potenciales. Este análisis también proveerá escenarios futuros de la ocurrencia de ciertos eventos en el territorio, lo cual deberá ser considerado en los procesos de planificación y ordenamiento territorial.

La gestión del riesgo y en particular su análisis, se entenderá como; el estudio analítico de la probabilidad de pérdida de los distintos elementos y sistemas de interés los que dependerán de los factores amenaza y vulnerabilidad, la primera se refiere a uno o varios eventos que se caracterizan por una cierta magnitud que excede la capacidad de resistencia del sistema y su probabilidad de ocurrencia; la segunda, corresponde a los elementos o componentes de aquel sistema que está sujeto a los

4. En este documento utilizaremos la palabra Sistema, Elemento y Componente indistintamente.

5. Sistemas de instalaciones y redes críticas: se consideran algunos elementos mencionados por Montoya y Vargas, UNESCO, tales como: Edificación en general, servicios esenciales, infraestructura con alto potencial de daño, sistemas de transporte, sistema de líneas vitales. Ver capítulo 3.

efectos de una amenaza considerando el grado en que los elementos van a sufrir una pérdida ante una magnitud determinada del evento.

Naciones Unidas en el documento “Vivir con el Riesgo: Informe mundial, ONU” han definido previamente una expresión para el riesgo basado en los factores de amenaza y vulnerabilidad. El informe plantea que el grado de conocimiento del “riesgo” depende en gran medida de la cantidad y calidad de la información disponible y de las distintas maneras en que las personas perciben el peligro. La gente es más vulnerable cuando no tiene conciencia de las amenazas que ponen en peligro su vida y sus bienes. La percepción del “riesgo” varía según la sensibilidad de cada persona, comunidad o gobierno. Tener conocimiento de las amenazas y de la vulnerabilidad, así como disponer de información precisa y oportuna al respecto puede influir en esta percepción y disminuir las pérdidas de vida, económicas, medio ambientales y patrimoniales.

$$R = A \times V^6$$

En la “Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres” del año 2005 se acordó el “Marco de Acción de Hyogo 2005 - 2015”⁷, que contempla un conjunto de prioridades de acción, parte de las cuales se toman en esta guía, estas acciones son:

- a) Velar por que la reducción de los riesgos de desastres constituyan una prioridad nacional y local dotada de una sólida base institucional de aplicación.

- b) Identificar, evaluar y vigilar los riesgos de desastres y potenciar la alerta temprana.

- c) Utilizar los conocimientos, las innovaciones y la educación para crear una cultura de seguridad y de resiliencia a todo nivel.

- d) Reducir los factores de riesgo subyacentes

- e) Fortalecer la preparación para casos de desastres a fin de lograr una respuesta eficaz.

Chile cuenta con un sistema nacional de respuesta ante situaciones de emergencia, la institucionalidad corresponde a un aparato reactivo y que actúa para mitigar los impactos inmediatos de las emergencias y durante el periodo que estas duren. La responsabilidad recae en el Ministerio de Interior y su disposición operativa en la Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI). En este marco y en concordancia con la política nacional, los gobiernos regionales⁸ deberán avanzar en adoptar las medidas necesarias para enfrentar situaciones de emergencia o catástrofe, en conformidad a la ley, y desarrollar programas de prevención y protección ante situaciones de desastre, sin perjuicio de las atribuciones de las autoridades nacionales competentes. Abordar estos procesos mediante la incorporación de los riesgos naturales a la planificación territorial permitirá reducir el costo en vidas y pérdidas sociales, económicas y ambientales.

6. Vivir con el Riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres, Pág. 40, ONU

7. <http://www.unisdr.org/eng/hfa/docs/Hyogo-framework-for-action-spanish.pdf>

8. Ley Orgánica Constitucional de Gobierno y Administración Regional, Artículo 16 letra f)

B. Definición y Conceptos

El filósofo francés Jean Jacques Rousseau después del terremoto del 1 de noviembre 1755 en Lisboa donde murieron 100 mil personas, afirmó que “el hombre es responsable del peligro” e indicó “que si los efectos del terremoto fueron tan terribles, la culpa fue de los habitantes”. A partir de esta opinión comienza lo que en francés se le denominó cindynique: la ciencia del peligro según Soutadé (1998)⁹. Sobre el mismo Rousseau, Francisco Ayala - Carcedo¹⁰ diría que éste planteo que “la ocupación de espacios de riesgo por parte de las sociedades está en el origen de los desastres naturales”, menciona además el

libro “L’archipel du danger, introduction aux cindynique” de los autores Kervern y Rubise (1991) indicando que éstos llevan a cabo una interesante defensa de los peligros como una ciencia, en el cual incorporan un análisis de las causas de los peligros, así como también formas de defenderse de ellos. Esto es visto como un intento del hombre para prevenir, mitigar o evitar los peligros.

El estudio sobre desastres ha contado con diversos enfoques a través de la historia, también ha ido incorporando en ellos un conjunto de disciplinas que han aportado a la elaboración de los conceptos como se expone en tabla adjunta

TABLA N°1:

Cambios en la consideración de las sociedades de la peligrosidad de los fenómenos naturales

Período	Actitud social ante el riesgo	Políticas ante los desastres naturales
Hasta los años 60	Respeto al medio y sus dinámicas Adaptación del hombre y sus actividades a las condiciones de la naturaleza	Medidas curativas post desastre
Años 60 y 70	Ruptura de la dinámica natural por parte del hombre Actitud de superioridad del hombre frente a la naturaleza	Medidas curativas pre y post desastre
Años 80 en adelante	Reconocimiento del deterioro ambiental causado por el hombre Llamamiento desde la racionalidad científica a la adopción de medidas de reducción de desastres compatibles con el medio Adopción de medidas de ordenación racional de usos del territorio	Medidas preventivas Sistemas de alerta temprana Ordenación racional del territorio Medidas curativas post desastre

Fuente: Francisco Ayala - Carcedo, Riesgos Naturales Pág. N°50

9. Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos Pág. N°8, Omar Darío Cardona, Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Cataluña 2001

10. Riesgos Naturales, Ayala - Carcedo, Pág. 42

Producto de la proliferación de investigaciones y estudios la Oficina de Naciones Unidas para Coordinar el Socorro y Desastres (UNDRO¹¹ en inglés) en 1979 promueve una reunión de expertos con el fin de proponer una unificación de definiciones. Reunión que da origen al informe "Natural disasters and vulnerability analysis". El trabajo logra consensuar un conjunto de definiciones y que servirán como base al presente trabajo, estas definiciones son:

a) Amenaza, Peligro o peligrosidad¹²: Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un área (lugar) dada.

b) Vulnerabilidad¹³: Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 a 1 o pérdida total.

c) Elementos en Riesgo¹⁴ o Exposición: Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, la infraestructura puesta a un área de peligro.

d) Riesgo Específico¹⁵: Es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.

e) Riesgo¹⁶: Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, y los elementos en riesgo.

Naciones Unidas, en 2004 presenta el documento "Vivir con el Riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres" en el cual se actualizan algunas definiciones siendo las más importantes las de amenaza natural, vulnerabilidad y riesgo. En el año 2005 la ONU presenta el "Marco de Acción de Hyogo 2005-2015" y solicitó a la UNISDR¹⁷ que dedicara esfuerzos para "actualizar y divulgar ampliamente una terminología internacional normalizada sobre la reducción de riesgos de desastres, lo que se contempló en el informe "Terminología sobre reducción del riesgo de desastre" del año 2009 y se presentan a continuación.

a) Amenaza Natural¹⁸: es un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

11. UNDRO fue reemplazada por Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres EIRD

12. NATURAL HAZARD meaning the probability of occurrence, within a specific period of time in a given area, of a potentially damaging natural phenomenon. (UNDRO, Pág. 5).

13. VULNERABILITY meaning the degree of loss to a given element at risk or set of such elements resulting from the occurrence of a natural phenomenon of a given magnitude and expressed on a scale from (no damage) to 1 (total loss). (UNDRO, Pág. 5).

14. ELEMENTS AT RISK meaning the population, buildings and civil engineering works, economic activities, public services, utilities and infrastructure, etc... at risk in a given area. (UNDRO, Pág. 5).

15. SPECIFIC RISK meaning the expected degree of loss due to a particular natural phenomenon and as a function of both natural hazard and vulnerability. (UNDRO, Pág. 5).

16. RISK meaning the expected number of lives lost, persons injured, damage to property and disruption of economic activity due to a particular natural phenomenon, and consequently the product of specific risk and elements at risk. (UNDRO, Pág. 5).

17. UNISDR: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres

18. Las Amenazas naturales pueden ser de origen geológico, hidrometeorológico o biológico.

- b) **Vulnerabilidad:** son las características y las circunstancias de una comunidad, sistemas o bienes que lo hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.
- c) **Desastre:** es 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.
- d) **Riesgo:** la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

La construcción del concepto de “gestión del riesgo” según Lavell¹⁹ en referencia a la problemática particular de los desastres que “el riesgo se enmarca en un contexto caracterizado por la probabilidad de pérdidas y daños en el futuro, las que van desde las físicas hasta las sicosociales y culturales. El riesgo constituye una posibilidad y una probabilidad de daños relacionados con la existencia de determinadas condiciones en la sociedad, o en el componente de la sociedad bajo consideración (individuos, familias, comunidades, ciudades, infraestructura productiva, viviendas, etc.). El riesgo es en consecuencia, una condición latente que capta una posibilidad de pérdidas hacia el futuro. Esa posibilidad está sujeta a análisis y medición en términos cualitativos y cuantitativos”.

El riesgo como daño y pérdida o su cuantificación, según Cardona²⁰, se podría estimar si se conoce la amenaza o el peligro (A_i), entendida como la probabilidad de que un suceso con una intensidad mayor o igual a (i) se presente durante un período de exposición (t), y si se conoce la vulnerabilidad (V_e), entendida como la predisposición intrínseca de un elemento expuesto a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño ante la ocurrencia de un suceso con una intensidad (i), así. El riesgo (R_{ie})²¹ se puede expresar como la probabilidad de que una pérdida sobre el elemento (e) se presente, resultado de la ocurrencia de un suceso con una intensidad mayor o igual a (i). En otras palabras, que el riesgo en general puede entenderse como la posibilidad que se presente un daño o pérdida, si dicho daño se valora, en un tiempo de exposición (t). En términos más simples implica que el riesgo se obtiene a partir de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Desde el punto de vista físico, el “riesgo específico” es la pérdida esperada en un periodo de tiempo y puede ser expresado como una proporción del valor o costo de reemplazo de los elementos en riesgo.

$$R_{ie} | t = f(A_i, V_e) | t$$

El conocimiento y georreferenciación de la amenaza, la vulnerabilidad de los distintos sistemas construidos y las pérdidas tanto económicas como sociales y la posibilidad de su cuantificación han permitido desarrollar un marco de gestión para evitar la ocurrencia de diversos tipos de desastres naturales, lo que se denomina “gestión de riesgos naturales” y se basa sobre la intervención del proceso que se muestra en

19. Allan Lavel, Sobre gestión de riesgos: apuntes hacia una definición, Pág 2

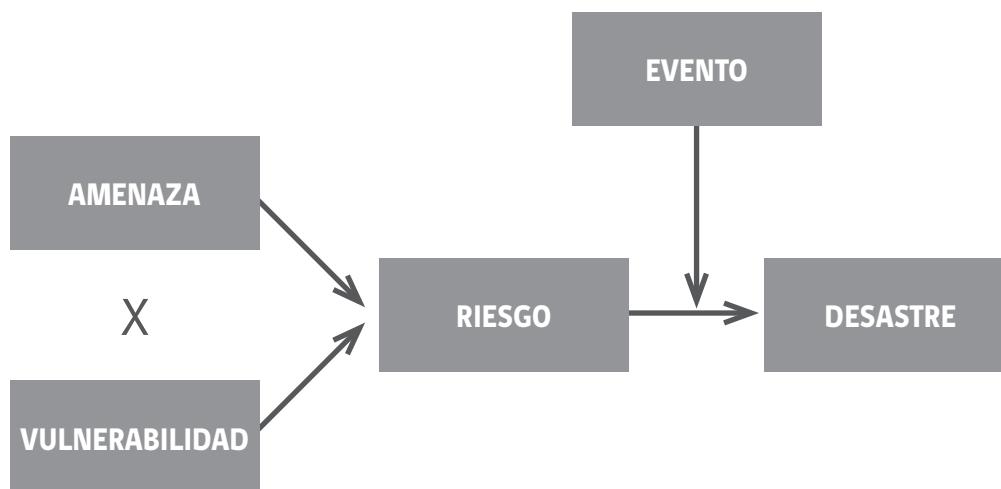
20. Se mantiene la nomenclatura utilizada por Cardona

21. Se mantiene la notación del autor

la figura N° 1. La gestión del riesgo²² se define entonces como el enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales, esta gestión abarca la evaluación y análisis del riesgo, al igual que la ejecución de estrategias y acciones específicas para controlar reducir y transferir el riesgo.

FIGURA: N°1

Elaborado por GTZ²³, Eschborn, 2001



22. EIRD, "Terminología sobre reducción del riesgo de desastre", 2009, Pág. 18.

23. GTZ, Manual Análisis de riesgo - una base para la gestión del riesgo de desastres naturales, 2004, pág. 17

El modelo general de gestión de riesgo se representa en la Fig. N° 2, de allí se desprende entonces que la identificación del riesgo es a menudo visto como el corazón de la gestión del riesgo, pero para ser capaces de reconocer un riesgo es necesario conocer lo que está en riesgo. En este contexto se deben identificar un conjunto de objetivos, actores y/o instituciones cuyos intereses y competencias tienen relevancia en el cumplimiento de los objetivos, así también, se debe considerar un conjunto de criterios los

que serán incorporados y finalmente se identificarán los elementos y/o sistemas sobre los cuales se analizarán los riesgos. En el modelo general se presentan los 5 estados de análisis, establecer el contexto, identificación, análisis, evaluación y la definición del plan en base a escenarios. A lo largo de cada paso de la gestión del riesgo es esencial comunicar y consultar a las partes interesadas, así como también monitorear y revisar el proceso constantemente.

FIGURA: N°2

Modelo genérico de gestión de riesgos



Fuente: Risk Management standard, AS/NZS 4360:2004;

El análisis de riesgo es el proceso sistemático para comprender la naturaleza del riesgo y deducir diversas consecuencias desastrosas, proporciona la base para la evaluación de riesgos y las decisiones sobre la elaboración de planes para su disminución (emergencia, prevención, mitigación, etc). El análisis se realiza a partir de tres pasos: a) evaluación de la amenaza; b) evaluación de la vulnerabilidad y c) evaluación del riesgo. En lo que respecta a la amenaza²⁴: se realiza preferentemente a través de inventarios de fenómenos naturales, los que se pueden obtener en reuniones con la comunidad, con expertos, observaciones en terreno, revisión fuentes secundarias, también mediciones de campo y revisión de información científica disponible, con el fin de conocer la probable ubicación y severidad de los fenómenos naturales peligrosos, así como la probabilidad de que ocurra en un lugar (área) en un momento del tiempo. Tiene como resultado un mapa de amenazas, el cual representa un elemento clave para la planificación del uso del territorio y constituye un insumo imprescindible para la evaluación de los riesgos actuales y potenciales. Cuantitativamente se puede caracterizar como $P(m_i)$ que equivale a la frecuencia o probabilidad de ocurrencia del evento (i) en (%/año) de

magnitud (m_i) (definida por la profundidad, velocidad, volumen, energía, etc). Por su parte, la vulnerabilidad²⁵ es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y predisposición de daños y pérdidas, ante una amenaza específica de los sistemas. Consiste en la identificación y evaluación de los elementos vulnerables y la estimación del porcentaje de pérdidas resultantes de un fenómeno peligroso. Cuantitativamente se puede identificar $V(m_i)$ como la vulnerabilidad específica, o porcentaje del valor expuesto en moneda (w) que se perdería ante el impacto de un evento i de magnitud m .

La evaluación del riesgo²⁶ por su parte consiste en estimar las pérdidas probables para los diferentes eventos peligrosos posibles, la evaluación es relacionar las amenazas y las vulnerabilidades con el fin de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales, para ello, se incorporará el valor en términos monetarios del elemento o sistema sobre el que se realiza el análisis (W (\$)) lo que se puede representar de la siguiente forma.

$$R_i = P(m_i) \times W \times V(m_i) \text{ medido en } (\$/\text{año})$$

24. Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales: Guía para el especialista, Pág. 6

25. Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales: Guía para el especialista, Pág. 6

26. Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales: Guía para el especialista, Pág. 6

FOTO N°1

Relación de Factores de Riesgo



Fuente: Foto Chaitén Volcano - Town Nasa

C. Amenazas Naturales

Es imprescindible para el análisis de riesgo identificar las amenazas naturales que afectan cada una de las regiones y territorios, dada la heterogeneidad de Chile. Se debe considerar en el análisis amenazas naturales de origen hidrometeorológico que se caracterizan fundamentalmente por condiciones pluviométricas en cada región y corresponden a manifestaciones extremas de eventos comunes recurrentes. A modo

de ejemplo, desde la Región de Arica y Parinacota a la Región de Atacama, las precipitaciones se producen preferentemente en la cordillera asociadas al fenómeno conocido como el "Invierno Altiplánico"; desde la Región de Coquimbo hacia el Sur, las precipitaciones se asocian a sistemas frontales, los que se pueden ver influenciados en su intensidad por los fenómenos conocidos de El Niño y La Niña. Este tipo de eventos se manifestará a través de crecidas, aluviones y deslizamientos.

Las amenazas de origen geológico, tales como, los eventos sísmicos que, ocurren en todo el territorio, se producen especialmente entre las regiones de Arica y Parinacota y de Aysén en la Península de Taitao al chocar la Placa Oceánica de Nazca contra la Placa Continental Sudamericana. En el extremo sur de la Región de Magallanes también se produce un movimiento de la

Placa Oceánica Antártica contra la Placa Continental Sudamericana de menor magnitud que la anterior y en menor medida también se produce actividad sísmica tanto por la actividad volcánica como de fallas menores en el continente. En la Tabla N° 2 se presentan algunos sismos de gran magnitud que se han producido en Chile.

TABLA N°2

Sismos de gran magnitud en Chile

REGIÓN	CIUDAD	FECHA	MAGNITUD RICHTER	INTENSIDAD MERCALLI
Tarapacá	Chusmisa	13-07-2005	7,80	IX - X
Antofagasta	Calama	09-12-1950	8,00	IX - X
	TalTal	28-12-1966	7,80	VIII
	Antofagasta	30-07-1995	7,80	VIII-IX
Atacama	Copiapó	04-12-1918	7,80	IX - X
	Vallenar	10-11-1922	8,40	X-XI
Coquimbo	Coquimbo	06-04-1943	8,30	X-XI
Valparaíso	Valparaíso	16-08-1906	8,60	X-XI
	La Ligua	09-07-1971	7,50	IX
	San Antonio	03-03-1985	7,80	VIII-IX
Maule	Talca	01-12-1928	8,00	IX-X
Biobío	Chillán	24-01-1939	8,30	X-XI
	Chillán	06-05-1953	7,60	IX-X
	Concepción	21-05-1960	7,80	X
	Cobquecura	27-02-2010	8,80	IX-X
Araucanía	Angol	10-05-1975	7,80	VII-VIII
Los Ríos	Valdivia	22-05-1960	9,50	>XI
Magallanes	Punta Arenas	17-12-1949	7,80	VIII-IX

Fuente: Onemi 2010

Asociado a grandes sismos ocurridos en el Océano Pacífico se producen los maremotos o tsunamis, que se caracterizan por ser ondas de alta energía, emitidas radialmente desde

su origen, es un desplazamiento súbito de grandes masas de agua en un sitio y atraviesan el cuerpo oceánico a velocidades que pueden llegar a 900 km/h.

TABLA N°3

Maremotos (Tsunamis) ocurridos por región

REGIÓN	EVENTO	FECHA
Arica y Parinacota	Terremoto 8,8 Richter. Variación 20 metros nivel mar en Arica	Agosto 1868
Antofagasta	Terremoto 8,0 Richter. Variación 2,8 metros nivel mar en Antofagasta	Jul-95
Atacama	Terremoto 7,8 Richter. Variación 0,8 metros nivel mar en Caldera	Dic-66
Coquimbo	Terremoto 8,1 Richter. Variación 1,0 metro nivel mar en Los Vilos	Abr-43
Valparaíso	Terremoto 8,0 Richter. Variación 1,2 metros nivel mar en Valparaíso	Mar-85
Maule	Terremoto 7,9 Richter. Variación 1,5 metros nivel mar en Constitución	Dic-28
Maule	Terremoto 8,8 Richter. Variación 10 metros nivel mar en Constitución	Feb-10
Los Ríos	Terremoto 8,5 Richter. Variación 4 metros nivel mar en Corral	Diciembre 1575
Los Lagos	Terremoto 9,5 Richter. Variación 15 metros nivel mar en Ancud	May-60

Fuente: www.povi.cl/files/tsunamis_historico.pdf

La actividad volcánica es otro fenómeno geológico y se produce en un área más restringida pero sus efectos también pueden ser de tipo regional. En Chile existen aproximadamente 120 volcanes²⁷ que han tenido actividad en los últimos 10.000 años y 62 de estos con actividad eruptiva en los últimos 500 años. Esta actividad volcánica se debe a que el país se encuentra en el sector Sur Este

del Cinturón de Fuego del Pacífico y acá se desarrolla una notable actividad sísmica y volcánica, es por ello, que Chile presenta un volcanismo activo a lo largo de todo el país con un alto gradiente térmico de la corteza bajo la cordillera de los Andes²⁸, a modo de ejemplo se identifican las últimas erupciones más importantes en el país.

27. Jorge Clavero, Geología Aplicada, SERNAGEOMIN

28. Jorge Clavero, Geología Aplicada, SERNAGEOMIN

TABLA N°4

Principales Erupciones del Siglo XX y XXI

REGIÓN	VOLCANES	FECHA DE ERUPCIÓN
Arica y Parinacota	Volcán Tacora	Enero de 1930
Maule	Volcán El Planchón	Junio de 1911
Maule	Volcán Quizapú	Abril de 1932
Maule	Volcán Descabezado Grande	Junio de 1932
Biobío	Volcán Nuevo, Nevados de Chillán	Agosto de 1906
Araucanía	Volcán Llaima	Febrero de 1908
Araucanía	Volcán Villarrica	Octubre de 1908
Araucanía	Volcán Llaima	Enero de 1933
Araucanía	Volcán Lonquimay	Enero de 1933
Araucanía	Volcán Llaima	Febrero de 1937 - 1938
Araucanía	Volcán Llaima	Junio de 1941
Araucanía	Volcán Llaima	en 1945 - 1946
Araucanía	Volcán Villarrica	en 1948 - 1949
Araucanía	Volcán Llaima	en 1956 - 1957
Araucanía	Volcán Villarrica	Marzo de 1963
Araucanía	Volcán Villarrica	Marzo de 1964
Araucanía	Volcán Villarrica	Diciembre de 1971
Araucanía	Volcán Villarrica	1984
Araucanía	Volcán Lonquimay	Diciembre de 1989
Araucanía	Volcán Llaima	Enero 2008-2009
Los Ríos	Volcán Riñinahue	Abril de 1907
Los Ríos	Volcán Carrán	Julio de 1955
Los Lagos	Volcán Calbuco	Abril de 1917
Los Lagos	Volcán Puyehue	en 1921 y 1922
Los Lagos	Volcán Calbuco	Enero de 1929
Los Lagos	Volcán Puntagudo	Abril de 1930
Los Lagos	Volcán Puyehue	Mayo de 1960
Los Lagos	Volcán Calbuco	Febrero de 1961
Los Lagos	Volcán Chaitén	Mayo de 2008
Aysén	Volcán Hudson	Agosto de 1971
Aysén	Volcán Hudson	Agosto de 1991
Antártica	Erupción en la isla Decepción en la Antártica	Diciembre de 1967

Fuente: www.ovdas.cl

D. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es un factor esencial para realizar el análisis de riesgo en el territorio dado que implica el análisis de los efectos de los elementos y/o componentes que importan para el funcionamiento de la sociedad. Interesa entonces verificar la exposición a las amenazas de los diversos sistemas localizados en el territorio (comuna, provincia y/o región) medida que se constituirá en un factor de vulnerabilidad. D'ercole²⁹ menciona que la vulnerabilidad según (Blaikie y otros 1994) es objetivamente, junto a los elementos esenciales, la dimensión esencial del riesgo, pero ha sido siempre considerada en un aspecto pasivo y los mayores esfuerzos se han destinado a estudiar y analizar las amenazas. La vulnerabilidad ya no es solamente el hecho de ser más o menos susceptible de sufrir daño, sino también el de estar en capacidad de generarlos, amplificarlos, darles características particulares, y su contrario es saber evitar los fenómenos dañinos que la originan, o al menos anticiparlos, afrontarlos, resistirlos y recuperarse después de su ocurrencia.

Existen variadas definiciones complementarias de vulnerabilidad a las ya vistas, la mayoría expresa que la vulnerabilidad representa un grado de pérdida, tanto para un elemento como a un conjunto de ellos que están bajo una amenaza y que su probable ocurrencia es un suceso desastroso. En el caso de esta guía utilizaremos la definición indicada en el programa *"Aproximación holística para la evaluación probabilística del riesgo"* (Central America Probabilistic risk Assessment CAPRA, 2005)³⁰, definición que permitirá avanzar hacia el cálculo del riesgo, entonces consideraremos que

vulnerabilidad es la predisposición de un sistema, elemento, componente, grupo humano o cualquier tipo de grupo biológico o no, a sufrir afectación ante la acción de una situación de amenaza específica. Como tal, la vulnerabilidad debe evaluarse y asignarse a cada uno de los componentes expuestos y para cada uno de los tipos de amenaza.

El análisis de vulnerabilidad deberá identificar los elementos, componentes o sistemas sobre lo que se deberá trabajar, en este caso les denominaremos sistemas estratégicos, éstos son sistemas que se pueden ver afectados por una o más amenazas naturales y que la afectación producirá consecuencias desastrosas producto de su vulnerabilidad sobre la sociedad o comunidad, a modo de ejemplo los sistemas son: Educación, Salud, Policía y Seguridad, Emergencia (Bomberos), Redes Eléctricas, Agua Potable y Alcantarillado, Puertos y Aeropuertos, Administración Pública, entre otras los que se describen en detalle en el capítulo 3.

Los factores de análisis a considerar para la evaluación de la vulnerabilidad son: a) entorno (microlocalización), b) exposición, c) físicos (elemento construido) y d) funcionales, para el primer factor se asocia a elementos como ubicación, topografía, suelo y condiciones geográficas del ambiente, entre otros, con el fin de verificar si estos espacios donde se emplaza las componentes o sistemas son frágiles por razones naturales, el segundo factor permite descartar a priori componentes o sistemas que estarán afectados ante la ocurrencia de un fenómeno extremo definido como una amenaza. El tercer factor consiste en considerar el aspecto físico del sistema, para ello se deberá revisar elementos tanto del tipo estructural como no estructural de los sistemas, a modo de ejemplo en edificaciones los elementos estructurales se reconocen porque deben resistir las fuerzas de gravedad, de viento,

29. D'ercole y Metzger, La vulnerabilidad del Distrito Metropolitano de Quito, 2004, Pág. 6

30. Evaluación de Riesgos Naturales: www.ecapra.org

sismos y otros tipos de carga, es decir, son las columnas, vigas, marcos, pisos, paredes, muros y cimentaciones y el cielo, paredes livianas, ventanas entre otros se consideran como no estructurales. Finalmente como último factor consideraremos la funcionalidad del sistema, es decir, describiremos la organización, tipo de jerarquía, tipo de servicios que presta, recurso humano, población beneficiaria, cobertura, entre otros.

FOTO N°2

Relación de Factores de Riesgo



Fotografía: Griselda Molina.

La construcción de la función de vulnerabilidad $F(V_{mi})$ considerará la suma de los factores tanto de entorno $V(E_{mi})$ más los factores físicos de la infraestructura o instalación sean estos estructurales $V(ES_{mi})$ y no estructurales $V(NE_{mi})$ y por último la $V(F_{mi})$ para cada uno de los sistemas expuestos relacionándolos con y las intensidades y magnitudes de los respectivos fenómeno naturales. Los resultados del análisis y evaluación puede ser clasificados de varias formas, a modo de ejemplo se pueden catalogar como Muy Alta, Alta, Media, Baja y Muy Baja y usualmente se mide en términos de un porcentaje medio de daño o valor económico requerido para reparar el bien afectado y llevarlo a un estado equivalente al que tenía antes de la ocurrencia del evento y la incertidumbre asociada. La función de vulnerabilidad define la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida durante un escenario específico.

Para elementos expuestos:

$$f(V_{mi})= V(E_{mi})+V(ES_{mi})+V(NE_{mi})+V(F_{mi})$$

E. Análisis de Riesgo

El proceso de planificación del territorio permite y debe incorporar criterios de reducción de riesgos, especificando condiciones sostenibles y seguras de uso y ocupación, en armonía con los objetivos ambientales, sociales y económicos de la entidad territorial correspondiente. Por tal motivo, el análisis de riesgos se posiciona como uno de los insumos fundamentales que los planificadores deben incluir en la definición de los planes regionales de ordenamiento territorial. La previsión de los efectos adversos que los fenómenos naturales peligrosos pueden imponer sobre asentamientos humanos o elementos de infraestructura, permiten definir las zonas del territorio donde la ocupación y explotación es más segura. La inclusión de estos análisis en los procesos de ordenamiento territorial, derivan en la protección y mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, y la protección económica, ambiental, social.

El riesgo lo entenderemos como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la posible ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, y los elementos en riesgo. El análisis de éste, puede entenderse de manera general como el postulado de que el riesgo es el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los sistemas expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y

ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos, cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo. La estimación del riesgo, es la pérdida esperada en un período de tiempo y puede ser expresada como una proporción del valor o costo de reemplazo de los elementos en riesgo, existen muchas técnicas o modelos para estimar el riesgo, desde modelos simples como los basados en estadísticas de acontecimientos pasados y sus impactos a otros que incorporan matemática difusa. A estos modelos se les conoce como modelos de los tipos heurísticos, determinísticos o probabilísticos.

La mayoría de los métodos intenta estimar la probabilidad de ocurrencia y el impacto de los acontecimientos futuros, para ello, es necesario integrar la información sobre los acontecimientos pasados y características de los sistemas de análisis. Los modelos cuantitativos de riesgo se basan en mediciones objetivas e intentan demostrar los procesos de causalidad, es decir la valoración del mismo se obtiene con el uso de medidas numéricas y los recursos son definidos en cantidades, como la frecuencia de la amenaza, número de eventos, y sensibilidad por el valor de la probabilidad de la pérdida o daño. En el caso de los métodos cualitativos no utiliza datos numéricos, se basa en modelos de representación y descripción de los fenómenos como de sus consecuencias. Independiente del método utilizado ellos pretenden a través de un proceso de evaluación estimar las pérdidas y daños producidos en un sistema producto de la ocurrencia de un evento desastroso.

TABLA N°5

Ventajas y Desventajas de los Métodos

ANÁLISIS DE RIESGO	MÉTODO CUANTITATIVO	MÉTODO CUALITATIVO
Ventajas	a) Facilita el análisis y ayuda en la elección de medidas de mitigación. b) Nos entregan una estimación del riesgo más precisa	a) Esto permite la determinación de áreas de riesgo en un tiempo menor y a bajo costo. b) El análisis es relativamente fácil y barato.
Desventajas	a) Medidas cuantitativas dependen del alcance y la exactitud para definir la escala. b) Los resultados de análisis pueden ser no exactos y aún confusos. c) Métodos normales deben ser enriquecidos con descripciones para la interpretación. d) El análisis conducido con el uso de aquellos métodos es generalmente más caro, exigiendo una mayor experiencia	a) No utilizan medidas numéricas b) El análisis es más difícil para estimar las pérdidas y daños c) El análisis es más difícil para definir las medidas de mitigación d) Los resultados tienden a ser generales y aproximados

Fuente: Artur Rot. IT Risk Assessment: Quantitative and Qualitative Approach. 2008

La estimación del riesgo puede abordar otros elementos de importancia para la planificación, tales como, estimar los efectos indirectos de pérdida de ingresos y calidad de vida, así como otros del tipo político, gobernabilidad y ambientales. Los modelos de riesgo pueden ser utilizados para realizar análisis de costo-beneficio para las diversas formas de mitigaciones que contemplen soluciones a corto plazo, tales como alerta temprana y respuesta a emergencia, junto con la resolución de largo plazo, tales como la planificación del uso del suelo, mejoras en los códigos de construcción y proyectos de mitigación sobre infraestructura crítica, también permite visualizar la transferencia del riesgo a través de la utilización de seguros cuando están disponibles. Los modelos de riesgo pueden ser utilizados para desarrollar escenarios de desastres para una respuesta de emergencia y recuperación, para mejora la sensibilización de la comunidad y para evaluar los umbrales de aceptación del riesgo para una amplia gama de partes interesadas.

La incorporación del riesgo en el análisis beneficio-costos permite a los tomadores de decisión avanzar en distintos tipos de políticas, tales como las de prevención que consideran las redes de advertencia y respuesta inmediata a desastres así como para evitar estados de crisis, misma que se basa en intervenciones técnicas y logísticas que incluyen: monitoreo, mapeo, comunicación del riesgo, sistemas de alerta temprana, preparación; la mitigación del riesgo son inversiones físicas para transformar activos económicos y/o el medio ambiente dentro de una zona de riesgo con el fin de prevenir o mitigar el impacto negativo de los desastres, dentro de esta gama se consideran algunos tales como, reforzamiento de infraestructura, aumento de las inversiones iniciales incorporando el riesgo, construcción de infraestructura, mejoramiento de vivienda, planeación uso de suelo, incorporando servicios ambientales, reorientación productiva, relocalización, etc. También se considera la transferencia del riesgo, son

mecanismos financieros para transferir el riesgo de una parte a otra, aquí se incluyen acciones como contratación de seguros (públicos y privados), bonos catastróficos, entre otros. El compartimiento de pérdidas, considera un acuerdo solidario entre los participantes respecto de la distribución de cualquier pérdida incurrida en caso de que uno o más de los participantes no pueda cumplir con su obligación, al interior de la administración pública se conoce como el principio de subsidiariedad y se expresa en fondos de emergencia o fondos de contingencia.

Para el cálculo de que herramienta, instrumento o política se debe aplicar, se utilizará la siguiente fórmula que se desarrollará en extenso en capítulo 3 y considera la estimación del valor actual del beneficio neto de una inversión tras internalizar el daño esperado (potencial). Donde (I) son los ingresos, (r) la tasa de interés, (i) el periodo, (C) los costos, (p) la probabilidad de ocurrencia de las amenazas de (1 a n), ($Daño$) incorpora los costos de reconstrucción y la pérdida de los beneficios sociales asociados a la interrupción del proyecto, cuyo subíndice (j) denota que está asociado a la ocurrencia de las amenazas (1 a n), (ext) son las externalidades e int los intangibles.

$$VABN = \sum_0^n \left[\frac{I_i}{(1+r)^i} - \frac{C_i}{(1+r)^i} \right] - \sum_0^n p_i Daño_i + ext + int$$

F. Instrumentos de Reducción de Riesgos

El análisis costo beneficio a utilizar permite plantear diversas estrategias para avanzar en la reducción del riesgo. En la práctica existe una multiplicidad de instrumentos, los cuales están agrupados en cuatro categorías:

- a) **Protección:** Red de advertencia y respuesta inmediata a desastres así como para evitar estados de crisis, se basa en intervenciones técnicas y logísticas que incluyen:
 - Monitoreo (estaciones meteorológicas, sismógrafos, entre otros).
 - Mapeo (imágenes satelitales, sistemas de información geográfica, etc.)
 - Comunicación del riesgo: alertamiento a la comunidad y sectores productivos en situación de riesgo.
 - Sistemas de alerta temprana: se basan en el monitoreo, uso de medios de comunicación, sirenas, etc. Se encargan de advertir a la población sobre eventos por venir y de coordinar labores de protección civil, incluyendo planes de evacuación.³¹
 - Preparación: consiste en la capacidad de manejo del desastre antes de que este ocurra con el fin de proveer una efectiva y eficiente reacción (pronta y debida) para enfrentar el desastre. Ello incluye la previsión de albergues, instalaciones de primeros auxilios (fijas y móviles), equipos de limpieza, equipos de búsqueda y salvamento, entre otros.

31. Como es el caso de las oficinas (nacionales, provinciales y municipales) de emergencia y protección civil (CENAPRED en México, ONEMI en Chile, etc.), así como de asociaciones intergubernamentales como el CEPREDE-NAC en Centroamérica y CDERA en el Caribe.

- b) **Mitigación del riesgo:** Inversiones físicas para transformar activos económicos y/o el medio ambiente dentro de una zona de riesgo con el fin de prevenir o suavizar el impacto negativo de los desastres. Incluye:
- Reforzamiento de infraestructura, tal como: reforzamiento de edificios, puentes, etc., con énfasis en instalaciones médicas, abastecimiento de agua y energía, escuelas, entre otros.³²
 - Aumento de la inversión inicial Costo de Operación (CO) así como de Costo de Operación y Mantenimiento COM a lo largo del proyecto.
 - Construcción de infraestructura, tal como infraestructura hidráulica: canales, presas, diques, muros de contención, almacenamiento de agua, sistemas de irrigación, entre otros.
 - Mejoramiento de viviendas, generalmente con base en capacitaciones y apoyo a los hogares para construir, reconstruir y reforzar mejor.³³
 - Externalidad positiva, que puede actuar reduciendo la probabilidad de daños y pérdidas por desastres y/o abatiendo costos de producción y operación del proyecto.
 - Servicios ambientales, tales como la plantación de barreras vivas, reforestación, etc., para retención de suelos, así como para prevenir inundaciones, sequías, desertificación, entre otras amenazas.³⁴
- Planeación de uso de suelos: disposición de tierras, recursos, instalaciones y servicios para asegurar su eficiencia física, económica y social. Esto incluye la construcción y reubicación de asentamientos humanos, de actividades agrícolas, ganaderas, pesqueras y forestales, así como de otras actividades productivas, fuera de zonas de riesgo de desastre, lo cual básicamente descansa en la planeación y el ordenamiento territorial.
 - Reorientación productiva: cambio de actividad económica en donde los insumos (tales como agua), condiciones climatológicas (como sequía recurrente) y condiciones de mercado (como la alta volatilidad de precios) ya no son favorables.³⁵
- c) **Transferencia del riesgo:** Mecanismos financieros para transferir el riesgo de una a otra parte. Sus principales esquemas incluyen:
- Seguros (públicos, privados y subsidiados)
 - Seguros de Propiedad (casa, vehículos y activos productivos).
 - Seguros catastróficos: cubren hasta ya sea cierto nivel de daños o hasta cierto umbral de un fenómeno natural.
 - Seguro agrícola/industrial: cubre las pérdidas asociadas a un evento climático independientemente de su intensidad. Generalmente, su criterio de decisión consiste en cierto rendimiento observado o cultivo esperado.³⁶

32. Ejemplo de estos instrumentos son FOPREDEN, en México y la cartera de proyectos de la Comunidad Andina de Naciones (bajo iniciativa original de la extinta CAPRADE).

33. Como es el caso del programa Habitat en México, administrado por la SEDESOL.

34. Como es el caso del programa Pro-Árbol en México, administrado por la SEMARNAT.

35. Como PIARSE, programa del gobierno mexicano para la reconversión productiva de los productores agrícolas localizados en zonas de alto riesgo de sequía.

36. Tal es el caso de los Fondos Agroasemex en México, COMSA en Chile, Autoseguro Agrícola en Uruguay, etc..

- Seguro paramétrico: las indemnizaciones de este tipo de seguro son pagadas a los asegurados en caso de experimentar un fenómeno natural que excede cierto umbral de acuerdo a información sísmica o meteorológica.³⁷
 - Bonos catastróficos: popularmente conocidos como CAT bonds, son bonos que permiten trasladar el riesgo del emisor al inversionista, bajo las siguientes condiciones:
 - Si el bono catastrófico es activado, el principal pagado es otorgado al emisor, recursos con los cuales el emisor (generalmente el Estado) hará frente al desastre.
 - Si el bono madura sin haberse activado (esto es, sin que haya sucedido el desastre estipulado en el contrato), el principal es devuelto al inversionista -de la misma forma que los bonos comunes.
- d) **Compartimiento de pérdidas:** Acuerdo solidario entre participantes respecto de la distribución de cualquier pérdida incurrida en caso de que uno o más de los participantes no pueden cumplir su obligación. La forma más común de este tipo de instrumento son los fondos contingentes. Usualmente, los gobiernos locales no pueden financiar por sí mismos su respuesta a desastres y la recuperación. Ello lleva al uso del principio de subsidiariedad administrativa del gobierno central hacia niveles inferiores de la administración pública, para lo cual implementan un instrumento financiero conocido como fondo contingente.³⁸

37. Como es el caso del Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FAPRACC) del gobierno mexicano, operado por SAGARPA, así como el Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility (CCRIFB). Mientras que el primero cubre población rural, el segundo cubre Estados miembros.

38. Como es el caso del Fondo Nacional de Desastres (FONDEN) del gobierno mexicano, mismo que consiste en un fondo permanente (desde 1996) del gobierno federal mexicano para la ágil transferencia de recursos a otras entidades de la administración pública a los tres niveles de gobierno.

G. Metodología

El Estudio y análisis del entorno es el conocimiento de los elementos geográficos significativos del medio en cuestión. Ello exige la consulta de documentación previa existente (estudios, informes, documentos) sobre los rasgos del medio geográfico a analizar. Este apartado es esencial en un análisis de riesgo puesto que, en un planteamiento racional, del buen conocimiento del medio físico dependerá el proceso posterior de asignación de usos de suelo. Dependiendo de las amenazas naturales determinadas en cada una de las regiones, se deberá analizar el territorio donde se generan los fenómenos naturales, y las dinámicas que se generan en dichos territorios. Para esto es de importancia revisar los estudios previos realizados en la región, antecedentes físicos, sociales, históricos, diagnósticos, estadísticas y análisis realizados por instituciones públicas, privadas, académicas que puedan ser de utilidad para el levantamiento de información. No todos los estudios van a ser utilizados finalmente, hay que utilizar sólo aquellos que puedan aportar información relevante, clara, precisa y actualizada, con respeto al diagnóstico territorial. Información física (geológica, geomorfológica estructurante, climática) generalmente no presentan grandes variaciones en años, diferentes es la información correspondiente a las dinámicas antrópicas y algunas físicas, como vegetación, intervención en cuencas hídricas o geomorfología dinámica, a partir de la erosión y de procesos más dinámicos. Es por esta razón que el trabajo en terreno es el complemento al trabajo en gabinete y es de gran importancia en los estudios referidos al territorio, ya que nos permiten corroborar in situ, las dinámicas geográficas, algunas de ellas muy cambiantes.

La confección de un sistema de información geográfica del territorio de análisis que incluya aspectos del medio físico y usos del suelo actuales y previstos. La herramienta computacional que nos entregan los SIG, es de gran ayuda para poder interpretar y analizar la información geográfica y de espacializarla. Cuando existen pocos datos y poca información el análisis es más simple y se puede hacer fácilmente, pero cuando estamos trabajando con muchos datos, de distinta información obtenida en el territorio, el análisis se hace más complejo y los sistemas de información geográfica se convierten en una muy buena herramienta. Es importante considerar que estos sistemas, cuyo producto es un mapa o carta temática, nos entregan bases de datos y análisis de estas que son de gran utilidad. No olvidar que el mapa es el producto, pero los SIG nos entregan mucho más que eso, el mapa es la síntesis de distintas formas de analizar la información territorial y de las diversas formas de integrar dichos elementos e información geográfica. Si no tenemos conocimiento de qué elementos se van a analizar, que tipo de relaciones se van a integrar y cuál es el objeto del estudio, no obtendremos el producto esperado. Si bien estos sistemas son automatizados, debemos ser nosotros los que utilicemos los comandos adecuados para aquello. Dependiendo del conocimiento que tengamos de estos sistemas, del objetivo del estudio y del producto que necesitemos, sabremos cuál de ellos es el adecuado para nuestro trabajo, ya que en muchas ocasiones se invierte en programas muy costosos que finalmente nadie sabe ocupar, o bien se sub utiliza el recurso y la potencia que estos tienen. Ahora bien, para los estudios de análisis de amenazas y análisis de vulnerabilidad, para determinar los riesgos naturales presentes en el territorio, los SIG se presentan como una herramienta de gran utilidad. No olvidar la correcta utilización de estas coberturas, lo que significa el correcto uso de los tipos de coberturas, de Datum y de georreferenciaciones.

La valoración inicial del grado de amenaza o peligro en la región a partir de análisis históricos de fenómenos naturales supone la consulta de crónicas, referencias, datos de archivo, hemeroteca o informe de daños elaborados por la administración de episodios ocurridos en un período cronológico de, al menos, cincuenta años para fenómenos recurrentes. Los análisis de datos históricos nos entregan información respecto a eventos pasados, sus magnitudes, intensidades y alcances, lo que es de gran importancia. El primer paso para el análisis a nivel regional es determinar que fenómenos naturales vamos a analizar, los datos históricos nos pueden entregar herramientas para aquello. Posteriormente, para el análisis de las amenazas los datos históricos nos arrojan antecedentes de gran valor en cuanto a elementos que son necesarios incorporar en el estudio. A su vez, los relatos que pueden entregar los habitantes de los territorios acerca de ellos pasados deben ser incorporados en el estudio. Una vez inventariado los fenómenos naturales e incorporada la información en un SIG, se puede espacializar los datos y obtener mapas que identifican la posición de la o las amenazas generando zonas de alto peligro tanto para emplazamientos actuales como futuros, ya sea de población o sistemas de interés estratégico del estudio.

Reconocer las amenazas que afectan a un territorio y pueden condicionar su desarrollo futuro, en ocasiones servicios públicos han promovido la realización de estudios de riesgo del ámbito territorial gestionado que deben incorporarse como referencia oficial a matizar en el estudio específico. Sea como fuere, el análisis del medio físico de un territorio como espacio de riesgo debe suponer la consideración de aspectos de rango extraordinario de dicho medio. No todos los peligros o fenómenos naturales se determinan y analizan de la misma manera, a su vez no son los mismos elementos geográficos los que se

utilizan en cada uno de los estudios. Existen parámetros que varían de un fenómeno a otro y la forma en que estos amenazan las actividades que se realizan en el territorio. Por lo mismo, la vulnerabilidad que se genera va a ser distinta, dependiendo del tipo de amenaza analizada. Lo que se debe cuidar es de no replicar esfuerzos y recursos, utilizando todos los estudios ya existentes, que sean de utilidad para el objetivo final del trabajo.

Al delimitar territorios a partir del análisis de las variables precedentes es posible elaborar una primera cartografía de espacios geográficos que se ven afectados por diversas amenazas. Una de las metodologías es el manejo de sistemas de información geográfica y resulta particularmente útil para los análisis de riesgo por las enormes posibilidades de relación entre las capas de información. En la delimitación de territorios con riesgo debe incluirse una graduación de

territorios con riesgo en cada uno de ellos; este aspecto puede realizarse con criterios cuantitativos, cualitativos, o resultantes de la combinación de ambos. Los datos analizados dicen relación con los recogidos en el análisis de amenazas, como en el análisis de vulnerabilidad, de ahí la importancia de las capas de información. A partir del trabajo realizado en los sistemas de información geográfica con el cruce información de amenazas y vulnerabilidad por cada una de las amenazas se pueden obtener las áreas que se presentan con riesgos. La delimitación espacial del riesgo es una información de gran relevancia para los estudios territoriales, ya que como hemos mencionado, no todos aquellos territorios que han sido afectados por fenómenos naturales son áreas de riesgo muchas veces en ellos no existe vulnerabilidad, eso no significa que esas áreas no sean de importancia para la planificación, ya que se debe anticipar a que en ese territorio se genere o cree riesgo en el futuro.

FOTO N°3

Caleta Loanco, Terremoto y Maremoto 27 de febrero de 2010 (Fabiola Leiva C.)



2. AMENAZAS A ESCALA REGIONAL

Los fenómenos naturales son considerados como “amenazas” debido a que son un conjunto de elementos y factores naturales que al interactuar entre sí, son “potencialmente peligrosos” cuando están asociados a una población y su medio construido.

A. Introducción

El planeta está en un cambio constante, la noción de quietud o de fenómenos estáticos prácticamente no existe en la dinámica inherente a la Tierra. Los fenómenos naturales son los procesos que han dado origen, transformación y fin a toda la existencia del planeta. Estos fenómenos son causados principalmente por cambios físicos que ocurren en la biosfera. Las magnitudes de los fenómenos naturales pueden ir desde un nivel micro hasta lo macro y sus escalas de tiempo pueden desarrollarse en fracciones de segundo como también en eras geológicas.

Los fenómenos naturales ocurren en diferentes ámbitos a raíz de relaciones entre la naturaleza, la atmósfera, la tierra o los océanos y generalmente son interdependientes. Lo que comienza desarrollándose como un fenómeno marino alcanza las costas de algún continente y se transforma en mareas u oleaje, así como también, un fenómeno atmosférico de altas presiones deriva en una combinación de factores de humedad y vientos que concluye en una lluvia en alguna parte o simplemente se diluye en la atmósfera.

La base de análisis considera que todos los fenómenos que ocurren en el planeta son naturales, es decir, sismos, maremotos o volcanismo son fenómenos naturales que no tienen que ser diferenciados del resto de procesos

naturales que nos rodean. Sin embargo, algunos de estos fenómenos naturales son considerados como “amenazas” debido a que son un conjunto de elementos y factores naturales que al interactuar entre sí, son “potencialmente peligrosos” cuando están asociados a una población y su medio construido. A modo de ejemplo, una precipitación (causa) que ha caído sobre una ciudad y sobrepasó los umbrales de resistencia (capacidad) del sistema de evacuación de aguas lluvias (sistema construido) produce una inundación (efecto), esta inundación también puede producirse por sobrepasar umbrales físicos.

Un fenómeno natural sin interacción con la población y sus sistemas construidos no se considera amenaza³⁹, las características de esta última, se expresan entonces, como todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos que por su ubicación, magnitud y frecuencia tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano.⁴⁰

B. Consideraciones para elaborar un mapa de fenómenos naturales

El término amenaza natural se refiere específicamente a todos los fenómenos naturales (especialmente geológico e hidrometeorológico, véase Tabla N° 6) que por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras o sus actividades. En otras palabras, una amenaza natural es la probabilidad de ocurrencia de un evento natural potencialmente desastroso para el ser humano durante un cierto periodo de tiempo en un lugar determinado (UNDRO, 1979).

39. En el presente trabajo se utilizará indistintamente la palabra amenaza y peligro

40. OEA, 1993

TABLA N°6

Fenómenos Naturales de Interés a Nivel Regional

FUENTE	FENÓMENO
Geológico	Sísmica
	Volcánica
Hidrometeorológico	Meteorológica
	Hídrica

Fuente: Elaboración propia, a partir de documento Naciones Unidas. Vivir con el Riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres.

La elaboración de mapas de fenómenos naturales, consisten primero en identificar los fenómenos naturales que han ocurrido o la región se ve sometida a ellos con el objetivo de ubicar el territorio donde éstos se desarrollan, adicionalmente se puede calcular la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y definir sus características. Estos mapas proporcionan información relevante respecto a la ubicación y área de influencia que presenta un fenómeno natural. Adicionalmente, en los mapas se pueden representar conjuntamente atributos espaciales y no espaciales, los primero están asociados principalmente a la distancia y ubicación en un sistema de coordenadas, mientras que los segundo estas relacionados esencialmente a la recurrencia histórica o a las características que tuvieron eventos pasados. Para confeccionar un mapa fenómenos naturales es preciso:

- Definir los objetivos del trabajo o diseño del (o los) mapa(s);
- Requerimientos básicos (escala, mapa base);
- Mapas temáticos (zonificación sísmica, pluviometría, otras) y;
- Mapa síntesis de fenómenos naturales.

Un mapa es un soporte para la toma de decisiones, por ende, es fundamental definir con claridad el objetivo que deberá cumplir. En este caso, el objetivo del mapa es identificar los fenómenos naturales que afectan a una determinada región y conjuntamente, establecer las amenazas naturales que afectan a la región en función de la ubicación, magnitud y probabilidad de ocurrencia del fenómeno natural respecto de centros poblados o redes de infraestructura.

Los pasos iniciales para el diseño de un mapa son la definición de una escala de trabajo y contar con un mapa topográfico actualizado y utilizándolo como mapa base. La escala de trabajo puede ser definida por múltiples factores en este trabajo en particular se definirá bajo dos principios. En primer lugar de acuerdo a las características del país a nivel regional y en segundo lugar para que los mapas visualicen el territorio en su conjunto. Por lo tanto, se propone utilizar escala de representación 1:250.000 para gran parte de las regiones del país a excepción de las regiones de Aysén y Magallanes y Antártica Chilena que tendrán una escala 1:750.000. Por tanto, se identificarán los fenómenos naturales de mayor relevancia a nivel regional. Como mapa base o fuente generalmente se utiliza un mapa topográfico, este mapa a menudo, es una representación

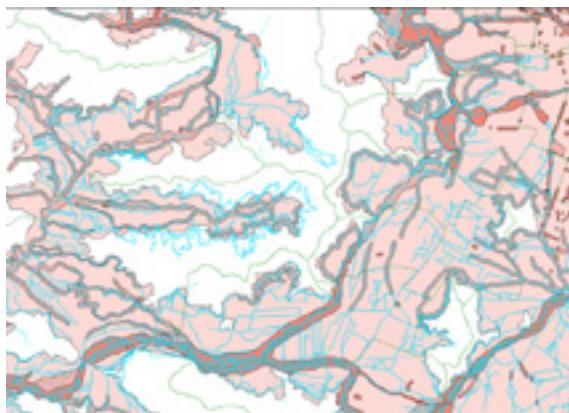
gráfica que contiene detalles planimétricos (sistema de coordenadas), altimétricos (curvas de nivel), además, usualmente se le incorporan variables geográficas, tales como: relieve, ríos, lagos, vegetación y localidades entre otros. Este mapa debe mantener los parámetros de proyección cartográfica, datum y georreferenciación.⁴¹

Un ejemplo comparado de construcción de un mapa de fenómenos de inundación elaborado sobre un mapa base saturado de información (a la izquierda) y otro elaborado sobre un mapa base con elementos gráficos seleccionados y ajustados al fenómeno que se analiza (a la derecha).

Elaboración propia a partir del Mapa de Amenaza de Inundación escala 1:100.000 de la Región Metropolitana de Santiago, Proyecto OTAS 1998-2006, Gobierno Regional Región Metropolitana de Santiago. Como el mapa N° 1 evidencia, no es recomendable utilizar toda la información que proporciona un mapa topográfico en el mapa base. Los elementos seleccionados deben ser útiles al mapa temático que se va a construir, hay que evitar que un elevado número de elementos gráficos dificulte la lectura del mapa.

MAPA N°1:

Construcción de Mapa de Fenómenos Naturales



41. El mapa base o fuente puede ser obtenido de los mapas contenidos en el diagnóstico del plan regional de ordenamiento territorial. En el caso de los Gobiernos Regionales, en las respectivas Unidades de Gestión de Información Territorial (UGIT), o sistemas de información territorial. Si no se cuenta con esta información, se puede realizar un montaje a partir de las cartas topográficas del IGM (Cubierta topográfica oficial del Estado de Chile, a escala 1:50.000), que contienen información planimétrica y altimétrica.

Un mapa temático es un mapa en el que se destaca un tema específico preferentemente desarrollado sobre un mapa base o fuente. Para la elaboración del mapa temático, es necesario identificar la existencia de las fuentes y contar con la información sobre los fenómenos que vamos a considerar para la construcción del mapa. Para objeto de este manual los mapas temáticos contendrán esencialmente fenómenos naturales geológicos e hidrometeorológicos. Por último, para elaborar mapas temáticos de estas características se deben considerar algunos elementos asociados a: i) selección de información; ii) elaboración y obtención de información, y; iii) títulos, simbología y composición.

La información que debe contener el mapa es solo la necesaria para poder representar el fenómeno a estudiar. En el caso de un fenómeno geológico: cuya fuente sea sísmica y/o volcánica, es relevante la ubicación de formaciones geológicas y epicentros de sismos; la probabilidad de ocurrencia (actividad histórica, recurrencia, periodo de retorno), magnitud e intensidad y área y desplazamiento. Todas éstas son variables necesarias para un posterior análisis del fenómeno sobre el territorio, del mismo modo descrito, se estudia un fenómeno hidrometeorológico.

TABLA N°7

Variables Mapa Temático de Fenómenos Naturales

VARIABLE	GEOLÓGICA		HIDROMETEOROLÓGICA	
	SÍSMICO	VOLCÁNICO	HÍDRICO	METEOROLÓGICO
Ubicación	Epicentros Formaciones geológicas	Localización volcanes Formaciones geológicas.	Red hídrica Trayecto inundación Llanura inundación Elevación	Inventarios T° extremas Formaciones Geológicas Pendientes Tipo y cobertura vegetal
Probabilidad de Ocurrencia	Intervalo de recurrencia Velocidad de desplazamiento Sismicidad histórica	Intervalo de recurrencia Registro de erupciones volcánicas	Períodos de retornos históricos Registro de inundaciones	Recurrencias sismos Regímenes de precipitaciones Velocidad destrucción de bordes.
Severidad	Intensidad Magnitud Aceleración desplazamiento	Intensidad Magnitud Velocidad desplazamiento.	Volumen Velocidad Tasas de crecidas	Velocidad de desplazamiento.

Fuente: Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Departamento de desarrollo regional y medio ambiente secretaria para asuntos económicos y sociales. Organización Estados Americanos. 1993.

En la elaboración y obtención de la información las variables más recurrentes como ubicación, magnitud y probabilidad de ocurrencia se puede obtener mediante diversos métodos. Es decir, para obtener la ubicación del fenómeno natural se puede recurrir a mapas existentes, generalmente estos mapas han georreferenciado el fenómeno y su área de influencia. En segundo lugar, para obtener la magnitud e intensidad del fenómeno, la información se obtiene

a partir del análisis de los antecedentes históricos y físicos del área de estudio. Por último, para obtener la probabilidad de ocurrencia se procede de igual forma para calcular el periodo de retorno. Para identificar espacializar las variables anteriormente indicadas se hace necesario utilizar distintas coberturas de acuerdo al tipo de fenómeno de que se trata como se indica en la Tabla N° 8.

TABLA N°8

Mapas Físicos a Considerar

MAPA FÍSICO	GEOLÓGICA		HIDROMETEOROLÓGICA	
	SÍSMICO	VOLCÁNICO	HÍDRICO	METEOROLÓGICO
Hidrológico		X	X	
Geomorfológico		X	X	X
Geológico	X	X		X
Batimétrico	X		X	
Meteorológico			X	X

Fuente: www.oas.org/USDE/publications/Unit/oea65s/ch11.htm

Los títulos son una guía que permite identificar rápidamente el objetivo del mismo, es decir, el título debe reflejar efectivamente el contenido que va a ser leído en él, la simbología son convenciones y para este trabajo se recomienda

a modo de ejemplo la indicada en la tabla N° 9 y finalmente la composición considera el equilibrio de la información, el peso y su respectiva combinación de colores, además de otros elementos que contribuyan a una mejor visualización.

TABLA N°9Simbología⁴²

SIMBOLOGÍA	GEOLÓGICA		HIDROMETEOROLÓGICA	
	SÍSMICO	VOLCÁNICO	HÍDRICO	METEOROLÓGICO
Punto	Lugar del epicentro	Localización volcán	Lugar del flujo	Lugar deslizamiento
Línea	Falla	Dirección flujo de lava y cenizas	Elevación inundación	Dirección deslizamiento
Área	Intensidad sísmica	Cobertura de ceniza o flujo de lava	Áreas inundables	Áreas propensas deslizamientos

Fuente: www.oas.org/USDE/publications/Unit/oea65s/ch11.htm

El mapa síntesis corresponde a un resumen que contiene un conjunto de mapas asociados o necesarios (mapas elaborados en pasos anteriores), para el cumplimiento del objetivo propuesto para el análisis. En este caso, el mapa síntesis corresponderá al de fenómenos naturales en la región, para determinar si este mapa síntesis presenta un resultado óptimo debe proporcionar información espacial que integre variables propias del fenómeno natural con otras variables externas al fenómeno. Así como también, este mapa debe relacionar variables del fenómeno natural con factores que incidan en otros fenómenos naturales en el territorio o este mapa debe relacionar variables del fenómeno con centros poblados o estructuras hechas por el hombre que se encuentran expuestas y sean identificables. En definitiva, un buen mapa de síntesis permite discriminar entre el fenómeno en sí y su carácter de amenaza natural. Este mapa debe relacionar variables del fenómeno natural con factores que incidan en otros fenómenos naturales en el territorio.

42. Para obtener mayores referencias acerca de la composición cartográfica, se recomienda libro Cartografía Temática. Errázuriz. Et. Al. Ediciones Universidad Católica. Chile 1999.

Sobre la Carta Base Regional o Mapa Base: Al año 2010 todas las Unidades de Gestión de Información Territorial (UGIT) de los Gobiernos Regionales han elaborado y/o actualizado sus respectiva cartografía base regional acorde con los parámetros cartográficos exigidos por SNIT. Esa cartografía base regional ha sido elaborada/actualizada durante la construcción del instrumento zonificación costera regional, para lo cual se orientó desde las tareas preparatorias diseñar un mapa base regional en formato A0 (900x1200 mm.) el cual facilita simultáneamente la participación de actores técnicos, no técnicos, así como la visualización de resultados orientados a los tomadores de decisión y autoridades. En todo caso teniendo la cartografía como producto digital en un Sistema de Información Geográfica no hay ninguna dificultad técnica para rediseñar el formato de la composición cartográfica a la escala de representación 1:250.00. No obstante a lo anterior, siempre está la posibilidad de adquirir la cartografía digital regular del IGM (*) editada a esa escala, así como la base regional que ofrece gratuitamente el Ministerio de Planificación a través de su División de Regional – unidad de sistemas de información geográfica a todas las instituciones públicas que lo soliciten formalmente.

(*) Se debe considerar en el caso de la utilización de las cartas del IGM un tiempo adicional para desarrollar un proceso de homologación según la división política del país.

C. Determinación de Amenazas Naturales

Una vez identificados (inventariados) los fenómenos naturales que ocurren en la región, se deberá proceder al análisis de éstos, es decir, si la ocurrencia de este fenómeno puede producir efectos adversos en centros poblados y en estructuras y sistemas construidos por el hombre, a este fenómeno lo clasificaremos como una amenaza natural. Generalmente el análisis de una amenaza natural consistirá en la descripción probabilística o determinística de la eventual ocurrencia de dicho evento con distintas escala de intensidad.

Las medidas clásicas asociadas a las amenazas son la tasa de excedencia o el periodo de retorno. Mientras la tasa de excedencia corresponde al número de eventos por unidad de tiempo que sobrepasan un cierto nivel de intensidad y magnitud. El periodo de retorno es el inverso y corresponde al lapso que en promedio, hay que esperar para que ocurra

un evento con intensidad y magnitud superior a una especificada, sin embargo, resulta complejo modelar con precisión la ocurrencia de fenómenos naturales debido a la gran cantidad de variables que condicionan la generación y comportamiento estos fenómenos. Por lo tanto, a menudo se realiza un análisis combinado entre el análisis probabilista y el comportamiento físico de la fuente generadora del evento.

En el análisis de las amenazas naturales se pueden utilizar métodos del tipo directo o indirecto, los métodos directos corresponden a métodos empíricos, es decir métodos que utilizan la simple representación (a modo de inventario) de los eventos ocurridos en el pasado. El supuesto que subyace en estos métodos, es que los territorios afectados en el pasado son los que tienen mayor probabilidad de experimentar eventos nuevos y similares en el futuro. Y los indirectos se basan en información propia del evento e información complementaria. Estos métodos pueden ser:

- a) **Determinísticos:** Se basa en la definición de un escenario particular con magnitud e intensidad conocida el cual sucede en un determinado lugar, el escenario puede identificarse como, el mejor, más probable y peor.
- b) **Métodos Heurísticos:** Los métodos heurísticos, se basan en el criterio de expertos que clasifican las zonas de amenaza en el mapa, por lo que están supeditados a la subjetividad de los expertos.
- c) **Modelos probabilísticos:** Establecen relaciones estadísticas a partir de una serie de factores condicionantes tanto actuales como pasados. Usualmente los métodos heurísticos y los modelos probabilísticos se aplican a escalas de trabajo entre 1:5.000 y 1:100.000.

Los distintos métodos de análisis regularmente emplean datos históricos, con el propósito de identificar las intensidades, duración y frecuencia de una amenaza, con el objeto de mejorar el pronóstico sobre futuras amenazas. Por lo tanto, en base a la información, análisis y evaluación resultantes de la aplicación de uno o más métodos entrega insumos para la elaboración de modelos prospectivos y generación de diversos escenarios, tales como, escenario más probable (factible) y peor escenario (esperado).

Para el análisis se recomienda utilizar métodos del tipo determinístico, ya que son estos métodos más accesibles y económicos y también es posible que se pueda utilizar recursos humanos propios del sector público tanto de los gobiernos regionales como de las instituciones especializadas, tales como SHOA, SERNAGEOMIN, MOP, VIVIENDA, etc., en tanto, los métodos probabilísticos generalmente requieren información y capacidades técnicas más específicas.

El término "amenaza" implica que existe participación humana. En efecto, un fenómeno físico, como por ejemplo una erupción volcánica que no afecta al ser humano, es un fenómeno natural, y no una amenaza. Mientras que un fenómeno natural que ocurre en un área poblada es una amenaza natural. Por lo tanto, para expresar espacialmente una amenaza natural se debe realizar un cruce entre el mapa de fenómenos naturales y un mapa que cuente con la ubicación de los centros poblados de la región y de las estructuras construidas por el hombre. Para la identificación de amenazas deberemos considerar tanto el tipo como su magnitud sobre el sistema expuesto en una escala de representación 1:250.000. En la tabla N° 10 se presentan algunas amenazas de primer orden.

TABLA N°10

Identificación de Amenazas

FENÓMENO	AMENAZA (1 orden)
Sísmica	<ul style="list-style-type: none"> ■ Maremoto ■ Remoción en masa ■ Inestabilidad de laderas ■ Caída de material rocoso ■ Dispersiones laterales ■ Licuefacción
Volcánica	<ul style="list-style-type: none"> ■ Caídas de: bombas, piroclastos, lapillo, ceniza. ■ Flujos piroclásticos ■ Lahares ■ Coladas o flujos de lava ■ Temblores
Meteorológica	<ul style="list-style-type: none"> ■ Granizo ■ Inundación por precipitaciones ■ Variación isoterma 0 ■ Temperaturas extremas ■ Nevadas ■ Desertificación
Hídrica	<ul style="list-style-type: none"> ■ Inundación por crecida de ríos ■ Erosión

Fuente: Elaboración propia

La identificación de las amenazas debe considerar la representación en el mapa las magnitudes, intensidades y cobertura e identificar en dicha espacialización cada una de los sistemas estratégicos y la población expuesta a la ocurrencia del fenómeno. Debido a que las amenazas naturales presentan una variabilidad en

sus efectos, dado que tienen distintas magnitudes, volúmenes, y áreas de impacto lo que permitiría una rápida visualización del efecto que podría producir tanto en sistemas estratégicos como en la población es decir de acuerdo a los niveles de vulnerabilidad el grado de daño, como se indica en la tabla N°11.

TABLA N°11

Amenazas y Grado de Daño

AMENAZAS	GRADO DE DAÑO
SISMO (remoción en masa, inundación, maremoto, etc.)	NINGUNO (= 0%)
	LIGERO (0 y 5%)
	MODERADO (5% y 25%)
	SEVERO (25% y 50%)
	TOTAL (50% y 100%)
	COLAPSO >100%

Fuente: Definición de daño de acuerdo a la EERI (Earthquake Engineering Research Institute)

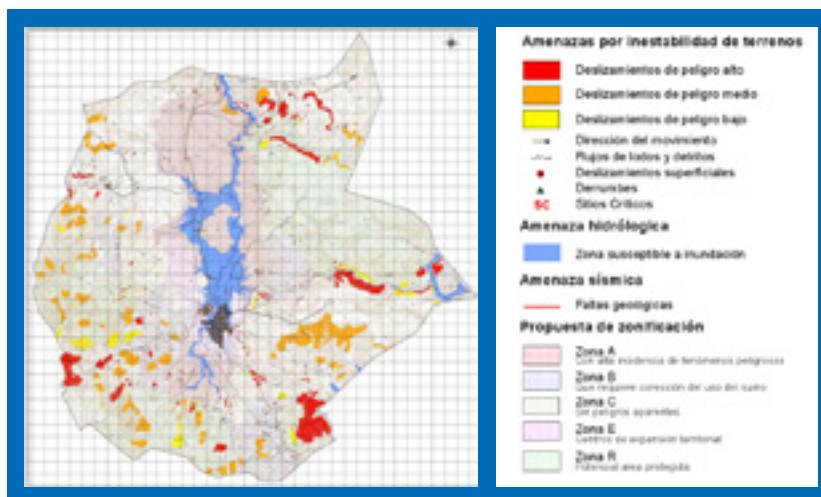
Se recomienda trabajar con los mismos mapas finales de fenómenos naturales eliminando los que se encuentren bajo los umbrales previamente definidos, en estos mapas, se incorpora la cobertura de centros poblados e infraestructura identificable a escala regional. Estas últimas coberturas se pueden obtener de la Unidad de Gestión de Información Territorial (UGIT) y/o en otros instrumentos de planificación territorial a nivel regional, o por otras instituciones públicas o de orden académico. Es importante que dichas coberturas presenten las mismas características cartográficas, coincidencia de proyección, coordenadas, datum, y misma escala geográfica. Adicionalmente, la cobertura de centros poblados debe contener tanto la ubicación de los asentamientos como la cantidad de población que habitan en ellos, de manera de obtener el número de personas expuestas a una amenaza o peligro natural determinado. A su vez, la cobertura de la red vial además de la ubicación debe presentar la jerarquía vial de igual forma para otras redes de importancia regional, como redes ferroviarias, energía eléctrica, etc. Por último, debe incluir aquellos elementos del paisaje antrópico que la escala permita apreciar como represas, puertos y aeropuertos entre otros.

Las UGIT se crean mediante DS de 2006 del Ministerio de Bienes Nacionales como una unidad funcional al interior de los Gobiernos Regionales dependientes de las Divisiones de Planificación y Desarrollo Regional y su principal función es un área de trabajo donde reside un Sistema de Información Geográfica que facilita la gestión de la información territorial.

Está compuesta por equipos computacionales (hardware), programados adecuadamente (software), que permiten capturar, actualizar, y manejar la información geográfica mediante una serie de datos espaciales y/o territoriales (datos geoespaciales), y realizar análisis complejos con éstos, tales como simulaciones, predicciones, seguimiento de fenómenos que se producen en el territorio, etc., de acuerdo a los criterios definidos por el personal profesional y técnico (equipo humano).

MAPA N°3 :

Representación Mapa de Amenazas Naturales.



Fuente: Ejemplo de un mapa síntesis municipal de amenazas naturales Municipio de Estelí, República de Nicaragua, resultado del estudio Evaluación indicativa de peligros potenciales y plan municipal para la reducción de desastres el cual incluye indicaciones de zonificación de uso del territorio municipal a escala 1: 50.000. Programa de Prevención de Desastres en América Central Programa PREVAC 2005-2008. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.

D. Mapa de amenazas naturales de Origen Geológico

El mapa de amenazas geológicas evidencia procesos o fenómenos terrestres que pueden causar pérdidas de vida, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Esta amenaza puede tener un origen endógeno o exógeno, el primero se refiere a los procesos de origen tectónico como terremotos, maremotos, actividad de fallas geológicas, actividad y emisiones volcánicas. Mientras que el segundo se refiere a procesos externos como movimientos en

masa, es decir, deslizamientos, caída de rocas, avalanchas, colapsos superficiales, licuefacción, suelos expansivos, deslizamientos marinos y subsidencias. Este tipo de amenazas pueden ser de naturaleza simple, secuencial o combinada en su origen y efectos.⁴³ En el presente capítulo de la guía se incorporan las amenazas sísmicas, volcánicas, inundaciones de cuencas y de maremotos (tsunamis) que por sus efectos pueden ser consideradas como amenazas regionales (territorio región).

43. <http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>

AMENAZA SÍSMICA

La amenaza sísmica se refiere a la probabilidad de que una determinada acción sísmica se produzca sobre un punto del territorio con una cierta extensión, intensidad⁴⁴ y duración. Esta amenaza se origina por la repentina liberación de energía de tensión lentamente acumulada en una falla de la corteza terrestre. Generalmente los terremotos ocurren en zona de choque de placas tectónicas y fallas en la superficie, aunque también esta actividad sísmica puede estar relacionada a la actividad volcánica. En general se puede establecer que la mayor parte de la energía de un sismo se libera en forma de ondas que se desplazan por la corteza de la tierra. A medida que estas ondas se desplazan por la corteza de la tierra son absorbidas parcial y progresivamente por los materiales por donde transitan estas ondas. Por lo tanto, la energía de las ondas varía en función de la distancia y la naturaleza litológica regional.

Los sismos usualmente se evalúan de acuerdo a la magnitud y/o intensidad de estos. Mientras la magnitud mide la cantidad de energía liberada en el lugar de origen, la intensidad corresponde al efecto aparente que un sismo tienen en un determinado lugar, con esta última medida se puede obtener la severidad del terremoto. Para medir la magnitud la medida usual es la escala Richter, esta es una escala estrictamente cuantitativa que mide las amplitudes de las ondas registradas por un sismógrafo, tiene una aplicación para sismos superficiales y relativamente cercanos. Por otro lado, la escala más utilizada para la medición de intensidad es la escala de Mercalli modificada, donde la intensidad es evaluada subjetivamente en base a la descripción de los daños.

44. A. Macau Roig "Microzonificación sísmica", pág. 3, Universidad Politécnica de Cataluña, 2008

TABLA N°12

Escala de Medición de Sismo

ESCALA RICHTER (MAGNITUD)		ESCALA MERCALLI (INTENSIDAD)	
ESCALA	SIGNIFICADO	ESCALA	SIGNIFICADO
< 3,5	No sentido, poco registrado	I	Imperceptible
3,5 - 5,4	A menudo sentido. Apenas daño.	II	Muy ligero
5,5 - 6,0	Ligero daño a edificios	III	Ligero
6,1 - 6,9	Destrucción en áreas pobladas	IV	Moderado
7,0 - 7,9	Gran terremoto. Daños serios	V	Bastante fuerte
> 8,0	Destrucción total en localidades próximas.	VI	Fuerte
		VII	Muy fuerte
		VIII	Destructivo
		IX	Altamente destructivo
		X	Extremadamente destructivo
		XI	Desastre
		XII	Gran desastre

Fuente: Estudios de Amenaza Sísmica Probabilística

La elaboración de un mapa de amenazas de actividad sísmica asociado a fallas se puede generar sobre la estimación del movimiento del suelo producido por el mayor terremoto representativo de la sismicidad de la región (escenario determinista) o en la contribución de toda la sismicidad regional a diferentes valores del movimiento del suelo asociado a distintos niveles de probabilidad.⁴⁵

El uso del análisis determinístico en la amenaza sísmica implica la definición de un escenario particular en el cual se basa la estimación del movimiento del terreno y los efectos secundarios relacionados.⁴⁶ Para efectos de esta guía es recomendable trabajar sobre el peor caso conocido y mejor documentado, preferentemente el de mayor magnitud registrada, con objeto de evaluar esta amenaza en las estructuras estratégicas de la región.

45. A. Macau Roig "Microzonificación sísmica", pág. 3, Universidad Politécnica de Cataluña, 2008

46. http://www.escapra.org/capra_wiki

Para espacializar el escenario los pasos a seguir son:

- i) Caracterizar las fuentes generadoras de terremotos que tienen influencia en el área de estudio y definir cada fuente en términos de su geometría y sismicidad.
- ii) Seleccionar la distancia de la fuente respecto del área de estudio, generalmente se toma la menor distancia existente entre la fuente y el lugar de análisis.
- iii) Seleccionar el sismo de análisis, este debe representar el potencial sísmico de la fuente en consideración en términos de la magnitud respecto de zona bajo estudio. Para seleccionar el sismo de análisis, se comparan los niveles de intensidad generados por sismos históricos de la región o en otras regiones con características neotectónicas similares.
- iv) Seleccionar las funciones de atenuación que permitan caracterizar completamente la amenaza en el área bajo estudio. Según el alcance del análisis se requerirán funciones de atenuación de aceleración, velocidad, desplazamiento, componentes espectrales de los anteriores parámetros, duración, o cualquier otro parámetro.

El mapa amenaza por actividad sísmica de la región se elaborará a partir de la referencia del evento histórico documentado de mayor magnitud e intensidad registrada, es necesario indicar que la obtención de la data de los fenómenos permite estimar el período de retorno. Para ello, es importante buscar en los registros históricos regionales y nacionales información acerca de:

- i) Ubicación del hipocentro y epicentro
- ii) Tipo de sismo (subducción, fallamiento o volcánico)
- iii) Magnitud
- iv) Intensidad
- v) Área abarcada por el movimiento y su desplazamiento.

La información puede ser complementada con información geológica y geofísica existente, el análisis de esta información proporciona nueva información asociada a las características del sismo, en cuanto a los comportamientos diferenciales relativos al paso de las ondas sísmicas y por último, para calcular la amenaza sísmica a nivel regional, se tiene que saber la probabilidad de ocurrencia de sismos de diferentes magnitudes especialmente en la zona de subducción de las placas (Nazca y Sudamericana), así como también en otras fallas o en la cadena volcánica de la Cordillera de los Andes. La ubicación de estas referencias nos generará un mapa de fallas que proporciona visualización conjunta del sistemas de fallas geológicas en la región, adicionalmente si a este mapa se incorpora evidencia histórica y científica se logra establecer la ubicación de epicentros y zonas de movimiento de terreno.

RECUADRO 1 METODOLOGÍA DE BÚSQUEDA

Evidencias Geológicas

La teoría de la tectónica de placas asegura que la ocurrencia de los terremotos está escrita en los registros geológicos, principalmente en forma de dislocamientos o desplazamientos de varios estratos. Existe una variedad de herramientas disponibles, las que incluyen la revisión de información publicada, como la carta geológica regional y la interpretación de aerofotografías e imágenes de sensores remotos

Actividad de las Fallas

La presencia de una falla no indica la probabilidad de ocurrencia de futuros terremotos, el concepto de actividad de las fallas es importante y ha sido un tópico de mucha discusión y controversias a través de los años, aunque hay un acuerdo general referente al uso del término "Falla Activa" para describir a una falla que posee una amenaza sísmica latente, y "Falla Inactiva" para describir una en la que la actividad sísmica pasada es poco probable que se pueda repetir.

Evidencias Tectónicas

La tectónica de placas y la teoría del rebote elástico nos dicen que los terremotos ocurren para liberar la energía de deformación que se acumula tras el movimiento relativo de las placas. La razón de movimiento por lo tanto estaría relacionada a la razón de acumulación de energía de deformación y también a la razón de liberación de energía de deformación

Sismicidad Histórica

Los registros históricos de los efectos de los movimientos sísmicos pueden confirmar la ocurrencia de terremotos pasados y estimar la distribución geográfica de sus intensidades, cuando existen datos suficientes, se puede determinar la intensidad máxima y estimar la ubicación del epicentro y la magnitud del terremoto.

El nivel de amenaza sísmica se puede identificar mediante un estudio general de las actividades tectónicas y sísmicas en la región, para ello, se deberá seleccionar sismos dominantes (sismos que se espera que produzcan mayores niveles de movimiento en el territorio) y determinar las zonas de muy alta, alta, media y baja, muy baja amenaza utilizando modelos recomendados internacionalmente o acuerdo de expertos, para ello primero se debe obtener las distintas magnitudes de la amenaza sísmica en el territorio, generalmente a partir de los valores de aceleración máxima del suelo (PGA)⁴⁷ y la amplificación de la onda en el suelo utilizando factores de multiplicación.

Para ello se requiere:

- i) Un análisis histórico y bibliográfico
- ii) Un catálogo sísmico y un análisis de éste.
- iii) Definir el sismo de control⁴⁸
- iv) Determinar la magnitud y ubicación del epicentro del sismo.
- v) Caracterización sísmica del suelo local.
- vi) Estudio de las condiciones geológicas del lugar

47. PGA corresponde a la sigla en inglés de Peak ground acceleration

48. El sismo de máxima intensidad y magnitud registrado históricamente en la región.

6Una metodología simple y recomendada de análisis sísmico como para la construcción de una macrozonificación⁴⁹ es la denominada **RADIUS**⁵⁰ iniciativa de las Naciones Unidas⁵¹ que requiere para su utilización calcular el PGA, este valor puede ser obtenido utilizando distintas fórmulas de atenuación tanto las desarrolladas por Joyner & Boore (1981) como por Campbell (1981) o Fukushima & Tanaka (1990). A modo de ejemplo describiremos la fórmula de Joyner & Boore y se indicará la información requerida para obtener los resultados.⁵²

- a) Mapa de epicentros de sismos históricos (Mapas puntos, y su tabla asociada).
- b) Mapa de fallas (mapa de segmentos).
- c) Mapa de centros poblados de la región (Mapa de puntos).
- d) Los datos de entrada son la localización, profundidad y magnitud del evento.

TABLA N°13

Métodos de Atenuación.

MÉTODO	FUNCIÓN
Joyner & Boore (1981)	$PGA=10^{(0.249*M-\text{Log}(D)-0.00255*D-1.02)}$

Fuente: Aplicación de SIG para la evaluación de la amenaza sísmica y el riesgo asociado: Kathmandu, Nepal. International Institute for Geo - information Science and Earth Observation.

$D = (E^2 + 7.3^2)^{0.5}$, Distancia Hipocentral

E: Distancia Epicentral

M: Magnitud del sismo

49. Macrozonificación sísmica, hace referencia al hecho de que no se consideran las condiciones locales en la determinación de los parámetros sísmicos

50. RADIUS es una sigla en inglés que proviene de Risk Assessment Tools for Diagnosis of Urban areas against Seismic Disasters

51. La herramienta RADIUS ha sido diseñada de manera simple de tal forma que puede ser fácilmente usada por planificadores. Esta herramienta requiere únicamente información demográfica básica como datos de entrada para generar resultados interesantes, usando un simple computador de uso personal. Un sismo es un fenómeno complejo de modelar.

52. Van Westen, Slob y otros, Aplicación de SIG para la evaluación de la amenaza sísmica y el riesgo asociado: Kathmandu, Nepal, International Institute for Geo - Information Science and Earth Observation

En la tabla asociada del mapa de sismos históricos y sus epicentros contenida en el sistema de información geográfica que se esté utilizando, debe incluirse una nueva columna donde se calcula la distancia hipocentral (D), utilizando la fórmula de Joyner & Boore (1981), $D = (E^2 + 7.3^2)^{0.5}$, posteriormente se D se aplica en la fórmula de la tabla N°13 y se obtiene un $PGA = 10^{(0.249 * M - \text{Log}(D) - 0.00255 * D - 1.02)}$. Lo anterior puede ser construido utilizando la función calculadora disponible en el SIG (la distancia debe ser considerada en metros).

La amplificación de la onda en el suelo está relacionada con las condiciones locales del suelo, se calcula utilizando los resultados obtenidos en los pasos anteriores, combinados con un mapa simple de tipos de suelos y para Chile los niveles de aceleración máxima (Ao o PGA) se encuentran definidos en la Nch 433 of.96 como se indica en la Tabla N°14.

TABLA N°14

Aceleración por Zona Sísmica

ZONA CHILE	ACELERACIÓN EFECTIVA MÁXIMA
ZONA 1	0.20 g ⁵³
ZONA 2	0.30 g
ZONA 3	0.40 g

Fuente: Nch 433 of. 96, ver mapa página siguiente

53. g= Aceleración de gravedad

Para construir un mapa de intensidades sísmicas en base al PGA y la función de atenuación por tipo de suelo y caso de utilizar un SIG se debe abrir la tabla asociada a la cobertura de atributos del mapa geológico, agregando una columna para los valores de atenuación de la tabla N° 15 luego determinar cada tipo de unidad litológica el valor final será el que corresponda al producto de estas dos variables. Para obtener el mapa escenario de intensidades sísmicas se deberá utilizar la fórmula de Trifunac & Brady (1975) $MMI = 1/0.3 * (\text{Log}10(PGA * 980) - 0.014)^{54}$.

TABLA N°15

Metodos de Atenuación

TIPO DE SUELO	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN (S)
I Roca	0.90
II Grava, Arena densa, Suelo cohesivo duro	1.00
III Grava, Arena, Suelo cohesivo	1.20
IV Suelo cohesivo saturado	1.30

Fuente: Nch 433 of. 96

54. Notas:

- 1) Utilizar la tabla asociada al mapa PGA, utilizar comando Mapcalc (de acuerdo al SIG que se esté utilizando).
- 2) Clasificar Mapa MMI usando una unidad (j) como intervalo de clasificación (Ej:0.01 - 1.01 será la clase 1,etc).

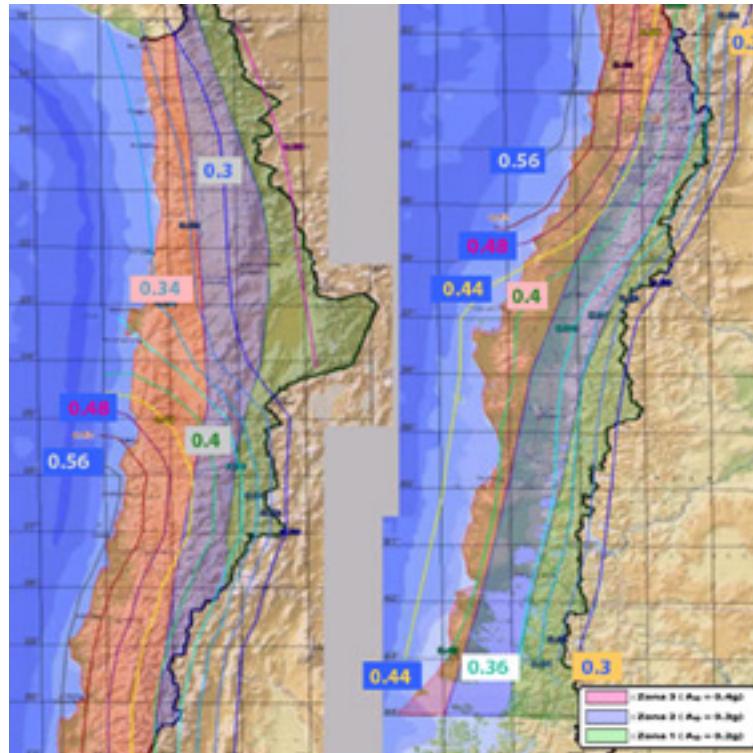
A mayor intensidad de la escala modificada de Mercalli (MMI) mayor es el riesgo sísmico. A partir de estos datos se debe estimar las zonas donde es muy probable, bastante probable, probable, poco probable e improbable la ocurrencia de amenaza sísmica. Por último, al mapa final que contiene la zonificación sísmica, debe incorporar las capas de fallas presentes en la región, epicentros y magnitud de eventos históricos, y centros poblados. La zonificación y memoria de la

amenaza sísmica a nivel regional se obtiene a través del estudio de las fuentes que originan la actividad sísmica y para ello no se debe dejar de considerar:

- i) Mecanismos de generación y propagación
- ii) Ubicación
- iii) Energía máxima que se puede liberar (Magnitud, Richter)
- iv) Máxima aceleración (PGA)
- v) Cálculo de la intensidad Mercalli Modificada.

MAPA N°4:

Zonificación Sísmica



Fuente: Mapa de zonas sísmicas según la Norma Chilena Sismo resistente NCH 433 Of. 96.

RECUADRO 2 PASOS PARA MAPA DE AMENAZAS SÍSMICA ASOCIADA A FALLA

Análisis de información histórica. Eventos pasados:

- Ubicación epicentro e hipocentro
- Tipo de sismo: Subducción, fallamiento o volcánico
- Período de retorno
- Magnitud e intensidad
- Profundidad
- Área abarcada por movimiento y su desplazamiento.
- Determinar sismo de mayor magnitud e intensidad registrada.

Análisis información existente de geología y geomorfología regional.

Localización de las fallas geológicas a nivel regional, a partir de información entregada por la carta geológica, incorporando dicha información en el mapa de amenaza.

Cartografía amenaza Sísmica:

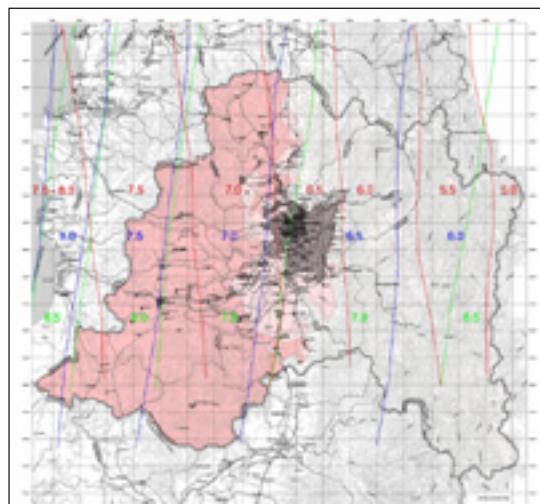
- Mapa de los sismos históricos de epicentros y magnitud (Mapas puntos, y su tabla asociada)
- Mapa de fallas (mapa de segmentos)
- Mapa de centros poblados de la región (Mapa de puntos).
- Mapa geológico (de polígonos)
- Mapa de elevación digital de terreno (Mapa raster).
- Con el análisis de los datos explicitados anteriormente, se debe cartografiar en el mapa base las zonas de alta, media y baja amenaza sísmica regional.

Informe:

- El análisis de la información expresada en el mapa de amenaza sísmica se debe incorporar en un informe que contenga, al menos:
- Metodología utilizada (pasos metodológicos)
- Análisis de la información (Mecanismos de generación y propagación, ubicación, energía máxima que puede liberar, máxima aceleración (PGA), cálculo del período de retorno y cálculo del área de impacto.
- Resultaos

MAPA N°5:

Representación de Amenaza Sísmica Asociada a Falla Geologica



Fuente: Gobierno Regional Región Metropolitana de Santiago, Proyecto OTAS, II Etapa Evaluación Ambiental del Territorio, 2000. Carta de Riesgo Sísmico, escala 1:250.000.

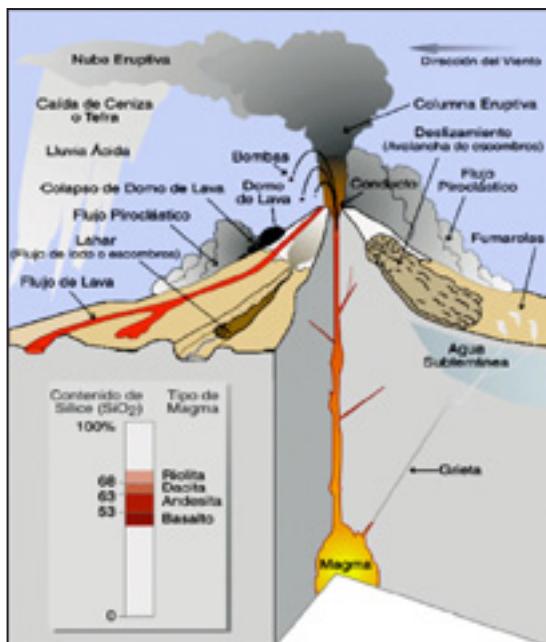
AMENAZA VOLCÁNICA

Una amenaza volcánica es la probabilidad de ocurrencia de un evento volcánico en un tiempo y área determinada potencialmente dañino. Un análisis de esta amenaza exige dividir cada uno de los eventos naturales de manera independiente, debiendo definir para cada volcán activo su magnitud, alcance, duración, impacto y tiempo de propagación. La actividad eruptiva⁵⁵ es el conjunto de fenómenos relacionados con la salida de materiales sólidos, líquidos y gaseosos a la superficie terrestre. Esta actividad se identifican como: i) efusivas (emisión tranquila y

55. Fuente: Erupciones Volcánicas. Mapas de Amenazas. Proyecto Met - Alarn.

constante de lava); ii) explosivas (fragmentación y expulsión violenta de magma); iii) Explosiva hidromagmática (la entrada de agua al sistema puede producir aumento del grado de violencia del fenómeno); iv) gaseosa. Cada uno de estos fenómenos puede ser una amenaza en sí misma y gatillar otras amenazas indirectas.

FIGURA N°3:
Diagrama Erupción Volcánica



fuentes: www.snet.gob.su/geologia/vulcanologia/amenazas/peligros.pdf

TABLA N° 16
Amenazas Volcánicas.

FUENTE	AMENAZA (1 ORDEN)
Volcánica	Proyección de bombas, escoria
	Caída de Piroclastos
	Dispersión de cenizas
	Lava y Domos
	Coladas y oleadas piroclásticas
	Lahares
	Colapso total o parcial de la estructura del volcán
	Deslizamiento de laderas
	Gases
	Ondas de choque
	Terremotos y temblores volcánicos
	Deformaciones del terreno
	Inyección de aerosoles a la estratosfera
Variaciones del sistema geotérmico de acuíferos	

Fuente: Erupciones Volcánicas. Mapas de Amenazas. Proyecto Met - Alarn.

El análisis de las amenazas permite su caracterización, para ello, a partir de la información disponible (geológica, geomorfológicas, otras) se deberá identificar los siguientes elementos: i) el estatus del volcán (activo/no activo); ii) última erupción; iii) actividad explosiva (entre los últimos 500 a 5.000 años); iv) flujos piroclásticos, lahares y tsunamis (en los últimos 500 años); v) aspectos de la historia del volcán (su mecanismo eruptivo e índice de explosividad más frecuente); vi) existencia de obstáculos orográficos e identificación de valles que conduzcan a la ladera del volcán. En particular, se debe prestar atención para la evaluación de la amenaza volcánica el valor de magnitud, que se puede estimar mediante el Índice de Explosividad Volcánica (IEV) desarrollado por Newells & Self (1982) que utiliza parámetros como el volumen de productos emitidos, la altura de la columna de gases y cenizas.

TABLA N°17

Índice de Explosividad Volcánica (IEV)

Índice	Descripción	Altura (Km)
0	No explosivo	0,1
1	Reducido	0,1 - 1
2	Moderado	1- 5
3	Severo/grande	3-15
4	Cataclísmico	10-25
5	Paroxysmal	>25
6	Colosal	>25
7	Super colosal	>25
8	Mega colosal	>25

Fuente: Sernageomin

En el análisis histórico se debe tener en consideración cada uno de los volcanes activos que se encuentre en la región. La identificación de su última erupción, la actividad explosiva y también los elementos peligrosos de la erupción, para ello se debe recurrir al inventario de eventos que posee Sernageomin u otra institución que contenga un catálogo de erupciones históricas clasificándolos por su índice de explosividad, con este trabajo podremos definir la recurrencia de los eventos para el sistema de volcanes de la región.

TABLA N°18

Ejemplos de IEV algunos volcanes en Chile:

NOMBRE VOLCÁN	IEV	NOMBRE VOLCÁN	IEV
Guallaitiri	2	Llaima	2 - 4
Isluga	2	Villarica	2 - 3
San Pedro	2	Caulle	3 - 4
Lascar	2 - 3		
Llullaillaco	0 - 2	Riñihue	2
Tupungatito	2	Nilahue	2 - 4
San José	2	Puyehue	3 - 4
Peteroa	1 - 4	Osorno	0 - 2
Descabezado Grande	2	Calbuco	3 - 4
QUIZAPU / Cerro Azul	2 - 5	Michinmahuida	2
Nevado de Chillán	1 - 3	Corcovado	2
Antuco	0 - 2	Monte Hudson	3 - 4
Lonquimay /Adventicio Cráter Navidad	1 - 3	Lautaro	1 - 2
Monte Burney	2		

Fuente: <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea57s/ch014.htm>

La estimación de la intensidad del volcán está dada por el tipo de erupción (efusiva, estromboliana, vulcaniana, plineana, ultraplineana), con esto se puede identificar el alcance y área de impacto de la amenaza con el fin de estimar el área de influencia según tipo de erupción y producto.

TABLA N°19

Tipo de Erupción Efecto y Alcance

TIPO DE ERUPCIÓN	PRODUCTO	EFEECTO	ALCANCE
EFUSIVA	Lava	Coladas de Lava Domos	Pocos km ² en el curso de valles alrededor del volcán Muy limitado (exceptuando explosión)
ESTROMBOLIANA	Piroclástos (Ceniza, lapilli, bombas, bloques, etc.)	Caída	Centenares de miles de km ²
VULCANIANA, PLINEANA		Dispersión (nube de cenizas)	Centenares a miles de Km ²
		Coladas piroclásticas (flujo)	Varios km en los valles alrededor del volcán
		Oleadas piroclásticas (surge)	Círculos de hasta 10 km ² alrededor de la fuente emisora
		Flujos direccionales (blast)	Hasta 500 km de radio entorno a la fuente
TODAS	Materiales fragmentarios	Lahares Avalanchas	Decenas a centenares de km ² en zonas aguas abajo del volcán Decenas a centenares de km ² en zonas aguas abajo del volcán
PLINIANAS	Gases	Columna Eruptiva Fumarolas	Pocos km en dirección del viento Depresiones y cursos de valles próximos a la fuente

La amenaza volcánica entonces es la probabilidad de ocurrencia de un evento volcánico en un tiempo y área determinada. La Amenaza volcánica está en función de la intensidad, magnitud y duración del evento, lo cual puede representarse como:

$$A_v = f(I, P)$$

I: Intensidad, Magnitud o duración del evento

P: probabilidad de ocurrencia de un determinado evento

La base para la evaluación de amenaza volcánica, es la reconstrucción de las erupciones históricas, la geología y estratigrafía del área, por tanto la disponibilidad de información de eventos pasados y de testimonio geológico es fundamental para llevar a cabo una evaluación de amenazas y poder construir los mapas de amenaza correspondiente. Al igual que en la elaboración de los mapas de amenazas de inundación y sísmicos. El mapa regional de amenaza volcánica, se construye principalmente sobre estudios de erupciones históricas acontecidas en la región. Con esta información podremos establecer la mayor magnitud de erupción volcánica esperable en la región, y la superficie que afectará.

El planificador deberá localizar en el mapa base, todos los volcanes presentes en la región. Luego se debe realizar un análisis detallado de la información de cada uno de estos volcanes, es decir, tipo de volcán y tipología de erupción que han generado. Esta información debe obtenerse de estudios regionales y nacionales que existan de ellos. En el caso de aquellos volcanes que no cuentan con estudios detallados, se puede obtener información de volcanes que presenten las mismas características, extrapolar la información.

El mapa debe ser construido utilizando información geológica básica, obtenida de la recopilación, análisis bibliográfico y material cartográfico presente en la región o a nivel nacional. Se debe revisar el mapa topográfico y de pendiente los cuales contienen elementos cartográficos relevantes como ríos, elevaciones, nombres geográficos, curvas de nivel, etc.

También los mapas geológicos y estructurales permiten representar patrones estructurales de fallas de diverso tipo y estructuras tectónicas que pueden ser indicativas del comportamiento tectónico evolutivo del volcán. Además la distribución de los materiales geológicos sobre la superficie de la corteza terrestre indica su edad relativa y relaciones entre ellos, y además sugiere su posición bajo la superficie.

RECUADRO 3 CARACTERIZACIÓN AMENAZA VOLCÁNICA

Los datos esenciales necesarios para una evaluación adecuada de los peligros volcánicos deben incluir lo siguiente:

- i) Registros completos de las erupciones históricas.
- ii) Actividad eruptiva deducida a partir del registro geológico.
- iii) Datos geológicos (especialmente estratigráfico), petrologógicos y geoquímicos sobre la naturaleza, distribución y volumen de los productos eruptivos.

Los datos señalados en el recuadro 3 permiten reconstruir el comportamiento eruptivo del volcán en el pasado, lo cual provee la base para evaluar los peligros potenciales de futuras erupciones. Al establecer un registro estratigráfico es implícita la clasificación del tipo de volcán en término de su morfología y características eruptivas. Mientras más largo sea el período de tiempo que abarca la base de datos utilizada para reconstruir el comportamiento eruptivo pasado, más útil y confiable será la evaluación resultante de los peligros volcánicos. Por tanto, las evaluaciones de los peligros volcánicos generalmente toman como premisa el asumir que en general las mismas áreas en los alrededores del volcán serían afectadas por eventos similares en el futuro a una tasa promedio igual que en el pasado.

Otros antecedentes relevantes para la evaluación, es la información sobre dirección predominante y velocidad de los vientos principalmente para el análisis de caída de tefra. A su vez, la topografía y los estudios interpretativos de suelos son importantes para la evaluación de tefra, flujo piroclástico y peligros de lahares. Además, la ubicación de reservorios y otras fuentes principales de agua que puedan causar inundaciones o contribuir al movimiento de los lahares, son datos de importancia especial para la mitigación de los peligros volcánicos.⁵⁶

56. Las imágenes de sensores remotos (foto aérea, satélite y radar) son también herramientas auxiliares de trabajo que permiten reconocer estructuras de fallas, lineamientos estructurales, zonas de fracturas y actividad hidrotermal y pueden cumplir además con propósitos de monitoreo de la actividad volcánica consideradas en conjunto.

Posterior a la localización de los volcanes en el mapa, se debe incorporar la información obtenida de los análisis históricos. En este punto, se graficarán las erupciones volcánicas históricas, localización, tamaño, magnitud y fecha. Es complejo asignarle un valor al tamaño y magnitud de cada una de las erupciones, pero utilizando el índice de explosividad (IEV) se pueden representar datos de ocurrencia de la erupción por tamaño.

El índice de explosividad volcánica (IEV) y la tasa eruptiva son dos parámetros fundamentales para la probabilidad de ocurrencia. El primero es la tasa media a la que han ocurrido erupciones de cierta magnitud o rango de magnitudes en el tiempo λ (IEV). Mientras que el segundo es el inverso de este parámetro, es decir, corresponde al tiempo medio de recurrencia para este tipo de erupciones $1/\lambda$ IEV).

$$\lambda = \frac{\text{Número total de erupciones en la categoría}}{\text{Duración total de la muestra}}$$

$\lambda / 1 =$ Tiempo promedio entre erupciones.

Mediante un análisis estadístico del tipo Bernoulli, se considerarán las tasas de ocurrencia como el número de casos favorables en una población de casos totales (número de año de cada muestra) con una probabilidad de ocurrencia p , y una probabilidad de no ocurrencia $1-p$, el número de ocurrencias en un número dado de intentos (o intervalos de tiempo) de Bernoulli. La probabilidad de x ocurrencias en n intentos o intervalos es:

$$B(n,x) = {}_n C_x p^x (1-p)^{n-x}$$

${}_n C_x$ = Número de combinaciones de n , elementos tomados de x a la vez.

Considerando que el proceso de Bernoulli describe la secuencia eruptiva de cualquier volcán. Es posible determinar la probabilidad de ocurrencia, el tipo de erupción esperada y la extensión o alcance territorial de la erupción, a través del adecuado uso de patrones de la actividad volcánica pasada.

Existen modelos o simuladores de dispersión de cenizas volcánicas, a través de programas de computacionales que permiten elaborar modelos de distribución y acumulación de cenizas de futuras erupciones esperadas. Estos programas permiten pronosticar y visualizar en dos o tres dimensiones el movimiento de las nubes de ceniza producto de una erupción volcánica. A partir de datos de la dirección del viento, de la altura de la columna eruptiva y de la duración del evento, se puede tener la trayectoria de la nube de ceniza y del área del depósito. La descripción cuantitativa de los depósitos volcánicos y la reconstrucción de erupciones pasadas es esencial para la identificación de los escenarios esperados. En estas modelaciones se requiere la información geológica del volcán, es decir, altura de la columna eruptiva, dirección y velocidad de los vientos y luego sobreponer los resultados a la cartografía.

Para establecer zonas que pudiesen ser afectados por la actividad volcánica a producto de los lahares, se pueden utilizar programas con modelos como el de Laharz⁵⁷ que es un modelo semi empírico que permite delinear de forma objetiva y reproducible, las áreas potenciales de inundación por lahares en los valles localizados cercanos al volcán. El programa corre dentro de un sistema de información geográfica (SIG), para lo cual utiliza un modelo de elevación, volúmenes específicos del lahar y mapea áreas potenciales de inundación por lahares. Dado lo anterior se podrá construir un mapa de amenazas como se indica en el recuadro N°4.

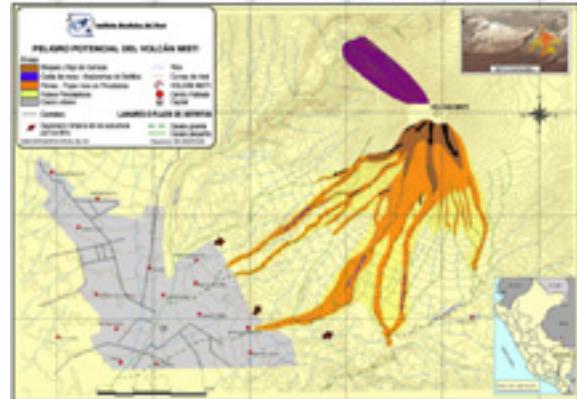
57. LAHARZ es un programa de modelación de lahares más utilizados actualmente y no tiene costo. En el Centro Nacional de Desastres de México (CENAPRED) www.cenapres.unam.mx se dispone de copias del programa.

RECUADRO 4 CONTENIDOS MAPA DE AMENAZA VOLCÁNICA

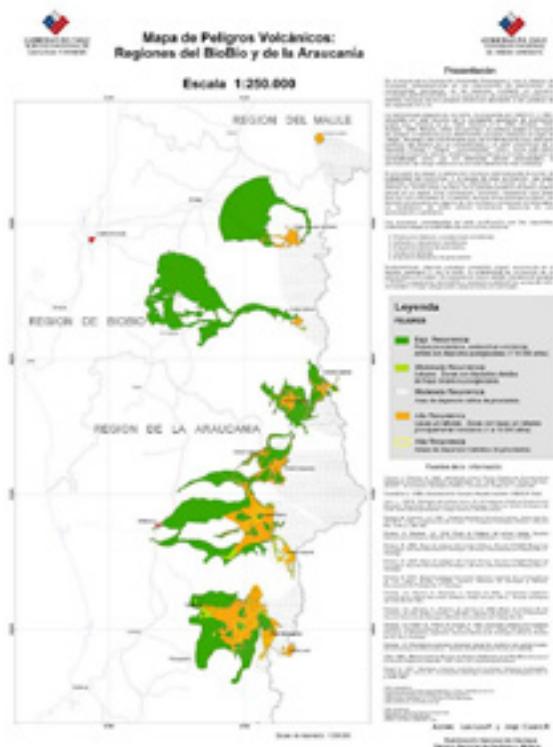
- i) Ubicación de todos los volcanes presentes en la región
- ii) Tipo y características del volcán
- iii) Reconstrucción histórica de la actividad del volcán (Incluyendo su superficie de impacto, la magnitud, tamaño y fecha):
 - Actividad eruptiva registrada en documentos históricos.
 - Definir tipo de actividad volcánica registrada (fumarólica, magmática, caída o lluvia de cenizas)
 - Alcances (distancias hasta donde se propagó y grado de afectación).
- iii) Estudios geológicos del área, que determinen la naturaleza, distribución, volumen y fechas de los productos eruptivos. Cada tipo de peligro volcánico (lahares, flujos piroclásticos, coladas de lava) forma un tipo especial de depósito geológico.
- iv) Tomando como base la reconstrucción de la actividad histórica y la obtenida a través de los estudios geológicos, se podrá obtener el tipo de erupciones que ha producido el volcán en el pasado, así como también la periodicidad o frecuencia con que se han presentado. Es decir, cada cuanto tiempo ha tenido actividad el volcán y de qué tipo. La erupción volcánica de mayor magnitud y tamaño que puede generarse en la región, graficando la superficie de impacto
- v) Centros poblados, red vial y ferroviaria, y aquellos elementos antrópicos que pueden ser considerados a nivel gráfico a partir de la escala.

MAPA N°6

Representación Mapas de Amenaza Volcánica a Escalas Local y Regional



Fuente: Atlas de Peligros Naturales del Perú 2003, PNUD Perú. Mapa de zonificación de peligros volcánicos por caída de rocas, flujos piroclásticos, avalanchas, derrumbes, entre otros, del volcán Misti ubicado en la franja de volcanes activos en el sur de Perú. Instituto Geofísico del Perú, Lima.



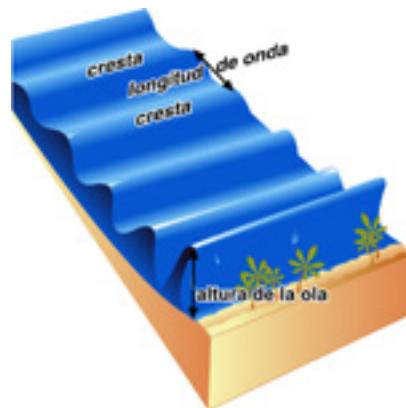
Fuente: Proyecto NVEWS- Chile, Servicio Nacional de Geología y Minería 2008, orientado a realizar la evaluación semicuantitativa del peligro volcánico y la exposición cercana para automatizar lo más objetivamente la estimación del riesgo basado en la metodología NVEWS por sus siglas National Volcano Early Warning System desarrollado por el USGS: Ewert et al., EUA en 2005. A finales de 2008 se presentaron resultados preeliminares de la aplicación de la metodología NVEWS a dos regiones pilotos: Biobío y Araucanía y en la actualidad se trabaja en el ajuste de la metodología y su aplicación a escala nacional.

AMENAZA MAREMOTO O TSUNAMI

La generación de tsunamis⁵⁸ en Chile está asociada a la ocurrencia de grandes terremotos, debido a la posición geográfica de nuestro territorio, es decir, en una costa de subducción (fosa chileno-peruana), donde convergen las placas tectónicas de Nazca y la Placa Sudamericana. Así, nuestro país es una de las regiones de mayor sismicidad en el mundo, su historia sísmica registra más de 30 sismos de magnitud superior a 7.5 en la escala de Richter. Esta realidad geotectónica convierte a Chile en una zona favorable para la generación de tsunamis. Desde 1562 a la fecha, se posee información de 35 tsunamis de origen cercano a nuestras costas, los cuales han generado daños de diversas magnitudes.⁵⁹

FIGURA N°4

Identifica comportamiento tren de olas



Fuente: <http://www.ga.gov.au/hazards/risk/modelling>. Australian Government

58. En la guía se utilizan como sinónimos las palabras Tsunami (Tsu=puerto Nami= Ola) con Maremoto (sacudida violenta del subsuelo marino) <http://etimologias.dechile.net/?tsunami>

59. Castro, Consuelo. Curso Geografía del Mar. Instituto de Geografía. Pontificia Universidad Católica de Chile.

En la evaluación del fenómeno se deben considerar el modo de generación, la forma de propagación e impacto costero (inundación). Para el modo de generación se deben considerar las causas posibles más importantes señalándose: i) por explosión o erupción volcánica localizada bajo el mar o en la costa misma, este tipo de evento tiene efecto a escala regional y oceánica; ii) avalanchas o deslizamientos submarinos que ocurren en las pendientes de las grandes fosas marinas, sobre el nivel del mar en las laderas de acantilado. Este tipo de eventos suele tener efectos locales y graves daños cuando ocurren en bahías y zonas donde existen grandes acantilados; y iii) sismo tsunamigénico de magnitud igual o superior a 7.0 Richter con foco hipocentro a menos de 60 km. de profundidad cercano al borde costero,⁶⁰ sus efectos son a escala regional y oceánica. Para el caso de Chile, los tsunamis de origen sísmico son los más importantes y los registrados con mayor frecuencia.

La propagación de los tsunamis es mediante olas de gran longitud principalmente generadas por sismos de gran magnitud, la cresta de estas olas puede exceder los 25 metros de altura al alcanzar aguas poco profundas. Las características únicas de los tsunamis (olas con 100 km. o más de longitud, velocidades en aguas profundas de hasta 700 km/h y altura de cresta pequeña en aguas profundas) hacen que sean difíciles de detectar y monitorear. Sus características difieren notablemente de las olas generadas por el viento. Toda onda tiene un efecto orbital que alcanza una profundidad igual a la mitad de su longitud de onda; así una ola generada por el viento sólo en grandes tormentas puede alcanzar unos 300 metros de longitud de onda, lo cual indica que ejercerá

efecto hasta 150 metros de profundidad. Los tsunamis tienen normalmente longitudes de onda que superan los 50 kilómetros y pueden alcanzar hasta 1000 kilómetros, en tal caso el efecto orbital es constante y vigoroso en cualquier parte del fondo marino, ya que no existen profundidades semejantes en los océanos.

El impacto de un tsunami en la costa puede tener una amplia variedad de formas que dependen de la magnitud del fenómeno que lo induce, la dimensión y el período de las olas, las características batimétricas, la configuración de la costa y la situación de la marea, factores que combinados con la morfología de la superficie terrestre, la pendiente del terreno y el grado de rugosidad derivado de las construcciones, árboles y otros obstáculos en tierra, condicionarán los efectos de inundación. La combinación de todos estos factores determina que el arribo del tsunami a la costa sea un proceso complejo y que las alturas máximas de inundación se diferencien considerablemente a lo largo de la costa, incluso en rangos cortos de distancia⁶¹. Para el caso de las ondas largas como son los tsunamis, su velocidad de propagación depende básicamente de la profundidad del agua por la cual atraviesa. Esto determina que durante su trayectoria, el tsunami se vea sujeto a fenómenos de refracción, dirección y dispersión de energía. Actualmente se sabe bien que la gran longitud de onda que presentan los tsunamis (100-300km), provoca que su propagación en océano abierto, donde existen grandes profundidades, se realice casi sin pérdida de energía por fricción de fondo y con una amplitud de onda de unos cuantos centímetros, por lo que resultan imperceptibles por las embarcaciones. En cambio, en la costa la disminución de la profundidad y su configuración, genera la concentración de la energía

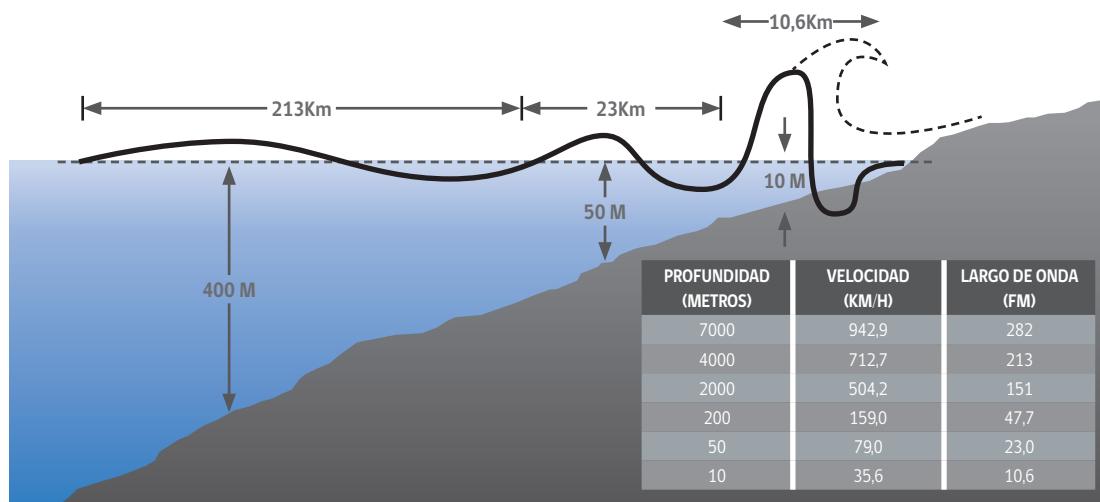
60. Instrucciones Oceanográficas No. 3 SHOA

61. M. Lagos y M. Cisternas. Scripta Nova, Vol. XII, Núm.270. 2008.

cinética de las ondas; disminuye su longitud y crece su altura, alcanzando un gran poder destructivo con alturas que pueden llegar hasta los 20 o 30 metros. Las mayores alturas han sido observadas en bahías angostas o semicerradas (por la amplificación resonante), en desembocaduras de ríos y en bahías con presencia de islas.

FIGURA N°5

Comportamiento tsunami velocidad y profundidad



Fuente: <http://www.ga.gov.au/hazards/risk/modelling>. Australian Government).

La altura alcanzada por un tsunami al arribar a la costa se debe a la interacción de varios factores físicos y morfológicos; estos son características de las ondas en mar abierto, batimetría, pendiente del fondo marino, configuración contorno de la costa, difracción, refracción, reflexión, dispersión, atrapamiento de las ondas en las distintas formaciones costeras. Todos estos factores determinan que el arribo del tsunami a la línea sea un proceso complejo, lo cual genera diferencias notables de altura máxima (run-up), fuerzas de elevación y de

flotabilidad. Generalmente antes del arribo del tsunami, o entre dos crestas se produce una disminución del nivel del mar, retrocediendo la línea de costa en más de un kilómetro, en tanto, al llegar el tsunami a la costa, la disminución de la profundidad y su configuración generan la concentración de la energía cinética de estas ondas, disminuyendo su longitud de onda y aumentando su altura.⁶²

62. Wiegel, 1970, En: M. Lagos y M. Cisternas. Scripta Nova, Vol. XII, Núm.270. 2008

Los tsunamis son capaces de generar importantes modificaciones geomorfológicas en la costa mediante procesos de erosión y depositación. Tanto la energía involucrada como la brevedad de los eventos generar depósitos muy distintivos de otros procesos costeros. Los depósitos de tsunami permiten identificar y reconstruir áreas inundadas en el pasado.⁶³

En el estudio de recurrencias de tsunamis, las observaciones geológicas (identificación depósitos de tsunamis, cambios nivel de las costas producidos por grandes terremotos) han confirmado que los tsunamis presentan algún grado de recurrencia cíclica, en cuanto a la periodicidad y magnitud, permitiendo identificar zonas probable de riesgos.

Por lo tanto, una forma efectiva de reconstruir escenarios de amenaza, es combinar la historia, observaciones geológicas y modelación numérica. Es de gran importancia contar con una extensa y detallada revisión bibliográfica y de información histórica acerca de eventos de tsunamis acontecidos en la región, caracterización del espacio físico involucrado en el área de inundación, es decir, aspectos geológicos, geomorfológicos, topográficos y de caracterización de fondo marino mediante perfiles y mapas batimétricos generales con objeto de evidenciar la morfología del relieve submarino, ya que dependiendo de de este es como se traspasa la energía del tsunami. Por ejemplo, si la plataforma presenta una morfología escalonada, la energía del tsunami disminuye, en cambio si es en forma de rampa, la energía del tsunami se transmite prácticamente en un cien por ciento.

En la elaboración de mapas de amenazas es importantes considerar en la recopilación de información sobre:

- i) Magnitud del fenómeno que lo induce
- ii) Influencia de la topografía submarina sobre el curso de propagación del tsunami
- iii) Distancia desde el punto donde ocurrió el fenómeno (epicentro) a la costa
- iv) Configuración de la línea de costa y topografía bajo ella
- v) Influencia de la orientación del eje de una bahía respecto al epicentro
- vi) Presencia o ausencia de rompeolas y el estado de la marea al tiempo de la llegada del tsunami
- vii) Influencia de la topografía sobre tierra, incluye pendientes y grados de rugosidad derivado de las construcciones u obstáculos en tierra.

Es importante que pueda graficar y obtener información del evento de máxima intensidad ocurrido en el pasado y que puede volver a ocurrir en la región. Lamentablemente existe un límite en el registro histórico, y para eventos de mayores magnitudes, el período de retorno es muy grande. De hecho, a modo de ejemplo se ha establecido que en el caso del tsunami de 1960 en el sur de nuestro país, el evento histórico similar ocurrido no es el de 1837, sino que el de 1575. Períodos de retorno de terremotos gigantes es de al menos 285 años, en este caso hay que tener en cuenta que los datos históricos a menudo pueden ser de carácter más bien legendario y no siempre tan confiables.⁶⁴

63. M. Lagos y M. Cisternas. Scripta Nova, Vol. XII, Núm.270. 2008

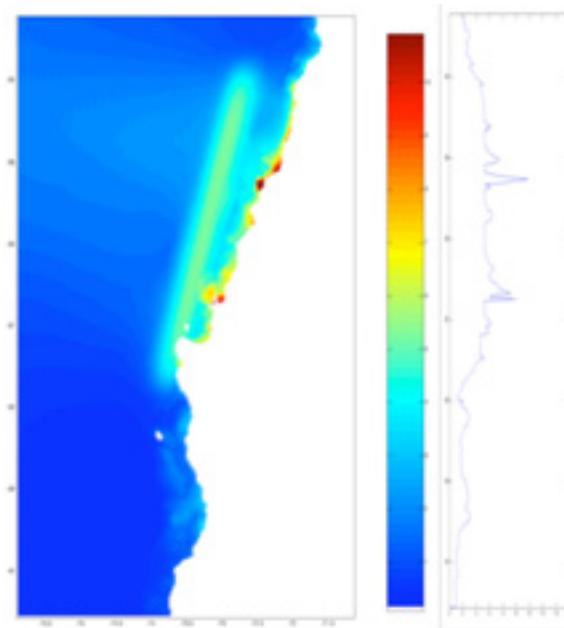
64. M. Lagos y M. Cisternas. Scripta Nova, Vol. XII, Núm.270. 2008

Es importante contar con antecedentes de las áreas de inundación de los eventos pasados, la cual se calcula comparando la altura máxima del tsunami a lo largo del litoral regional considerando las actuales estructuras de protección que presenta la costa. Simultáneamente, se requiere información del nivel de agua del tsunami en la costa, hora precisa de la llegada del tsunami, profundidad de la inundación en tierra. En este sentido, la modelación numérica es una de las herramientas técnicas de mayor efectividad para el estudio y análisis de la generación, propagación y de los efectos de los tsunamis a su arribo en la zona costera.

La simulación de la inundación por tsunamis, mediante la aplicación del modelo no-lineal del proyecto Time,⁶⁵ es una iniciativa de transferencia tecnológica patrocinada por la comisión de tsunamis de la unión internacional de geodesia y geofísica del grupo coordinador internacional del sistema de alerta de tsunamis del pacífico. El proyecto Time se basa en la modelación de simulación numérica basada en el modelo no-lineal Tunami-N2. El modelo consta de las ecuaciones de movimiento no-lineales para aguas someras, integradas verticalmente y la ecuación de continuidad, sin el término de efecto de Coriolis. Además incluye un algoritmo de fricción de fondo construido al interior del modelo. Los aspectos cartográficos considerados en la preparación de estos mapas son: la línea de costa, el uso de un mismo sistema de coordenadas geográficas y sistema de referencia vertical, tanto en la batimetría, como en la topografía.

FIGURA N°6

Modelación comportamiento de una ola de tsunami



Fuente: Lagos, Marcelo; Cisternas Marco. El Nuevo riesgo de tsunamis: considerando el peor escenario. Scripta Nova.2008

La integración de la información entre diferentes programas es un concepto de interoperabilidad que manejan muy bien los SIG. Por lo tanto, cuando la información está siendo procesada por el modelo numérico⁶⁶. Los datos obtenidos por el modelo numérico son convertidos a un formato raster, y como una capa georreferenciada, puede superponerse a otras capas de información, en este caso los centros poblados, vías de transporte y férreas y aquellos elementos antrópicos que la escala permita observar. Se produce un mapa de inundación cartográficamente correcto.

65. Tsunami inundation modeling Exchange

66. Tanto el desarrollo de modelos numéricos como otros modelos de análisis de amenazas pueden ser contratados a expertos si se cuenta con los recursos para ello

RECUADRO 5 RESUMEN DE MAPA TSUNAMI

En el mapa de amenaza por tsunami de la región se efectuará una modelación del evento histórico mayor generado en la región. En este mapa se graficará la ubicación y extensión del fenómeno en la región, y la altura del tsunami en metros.

Los datos de la modelación se traspan al Mapa SIG, para sobreponer las coberturas antrópicas y determinar las zonas de amenazas por tsunamis.

CONTENIDO MAPA DE AMENAZA DE MAREMOTO

- i) **Análisis de información histórica. Eventos pasados:**
 - Ubicación epicentro e hipocentro
 - Localización área afectada por la inundación.
 - Período de retorno
 - Magnitud e intensidad
 - Profundidad
 - Área abarcada por movimiento y su desplazamiento.
 - Determinar evento de mayor magnitud e intensidad registrada.
- ii) **Análisis información existente histórica, observaciones geológicas y modelación numérica del evento de mayor magnitud.**

iii) Cartografía amenaza por tsunami:

- Con la información levantada a partir del evento histórico más grande que haya afectado la zona de estudio se identifica el área cubierta por el fenómeno.
- Con el análisis de los datos explicitados anteriormente, se debe cartografiar en el mapa base las zonas de alta (< a 2 m), media (0,5 a 2m) y baja (0 a 0,5m) amenaza de tsunami.
- Los datos obtenidos por el modelo son convertidos a un formato raster, como capa georreferenciada, para sobreponer las capas de centros poblados y sistemas estratégicos.

iv) Informe:

- El análisis de la información expresada en el mapa de amenaza por tsunami se debe incorporar en un informe que contenga, al menos:
- Metodología utilizada (pasos metodológicos)
- Análisis de la información (Antecedentes históricos, observaciones geológicas y modelación numérica.
- Resultado

E. MAPA DE AMENAZAS NATURALES DE ORIGEN HIDROMETEOROLÓGICO

En el mapa de amenazas de origen hidrometeorológico se consideran solo las más recurrentes y posibles de identificar a la escala de 1:250.000 y superiores, en este caso inundaciones producidas por fuentes pluviométricas e hídricas. Al respecto, las inundaciones se producen cuando

lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de retención e infiltración del suelo y la capacidad máxima de transporte del río o arroyo es superada y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos cercanos a los propios cursos de agua. Las inundaciones son un evento natural y recurrente para un río. Las inundaciones pueden clasificarse en inundaciones producto de la duración y por su mecanismo de generación.

a) Inundaciones por duración:

- a.1) Según su duración inundaciones rápidas o dinámicas: suele producirse en ríos de montaña o en ríos cuyas cuencas vertientes presentan fuertes pendientes, por efecto de lluvias intensas. Las crecidas son repentinas y de corta duración. Son éstas las que suelen producir los mayores estragos en la población, sobre todo porque el tiempo de reacción es prácticamente nulo.
- a.2) Inundaciones lentas o estáticas: se produce cuando lluvias persistentes y generalizadas, producen un aumento paulatino del caudal del río hasta superar su capacidad máxima de transporte, entonces el río se sale de su cauce, inundando áreas planas cercanas al mismo, estas zonas que periódicamente suelen quedar inundadas se denominan llanuras de inundación

b) Mecanismo de generación:

- b.1) Inundaciones pluviales: se produce por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que ese fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera tras un régimen de precipitaciones intensas o persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable.
- b.2) Inundaciones fluviales: Inundaciones causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos es atribuida al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es ca-

paz de transportar sin desbordarse durante un tiempo determinado, lo que se denomina crecida. (Consecuencia de exceso de lluvias).

En la identificación de zonas inundables se deben considerar elementos tales como, estudios hidrográficos y de relieve de la región, iniciando una revisión de cartografía topográfica y recolección de información en base a registros históricos. Es de suma importancia identificar la red hídrica regional, la que se obtiene del mapa topográfico que ha sido utilizado como mapa base. Para la generación de un mapa a escala 1:250.000 se recomienda trabajar en las principales cuencas hidrográficas presentes en la región, y a través de parámetros morfométricos describirlas y caracterizarlas cuantitativa y físicamente. Para determinar el límite de cada una en la región, se recomienda utilizar la divisoria de aguas con ayuda de las curvas de nivel, definiendo todos los puntos del terreno que encierran un área desde la cual la escorrentía superficial y subsuperficial drenan a un mismo desagüe.

Para evaluar los puntos limítrofes y seleccionados se debe delinear la cuenca partiendo desde la sección de desagüe, a través de su contorno (divisoria de agua) hasta llegar nuevamente al punto inicial. La división de las cuencas hídricas favorece el análisis del comportamiento del sistema hídrico regional y permite calcular el escurrimiento superficial, la infiltración y la permeabilidad. Posteriormente se debe caracterizar la red hídrica, que también se puede obtener del mapa topográfico, los cursos de agua que en la cuenca forman la red hídrica se deben jerarquizar según la posición con respecto al curso principal.

Una vez que se han delimitado las cuencas hidrográficas se debe revisar y analizar el registro de eventos de inundación regional que se han generado en el pasado, ya

que son antecedentes de gran importancia en el análisis de la amenaza, nos entregan la fecha y el lugar en la cual se generó el fenómeno además de su intensidad, magnitud y mecanismo de generación.

La ocurrencia previa de inundaciones en algunos sectores cuya morfología y condiciones no han sido modificadas posteriormente y teniendo en cuenta que persiste la misma geodinámica, indican claramente la posibilidad de que dichos espacios sean nuevamente afectados ante la ocurrencia de situaciones similares. Con los datos de intensidad y magnitud obtenemos la inundación máxima histórica de la cuenca, que a partir de la fecha en la cual se generó podemos saber su período de retorno. Para el cálculo de los períodos de retorno se puede utilizar la fórmula de Weibull.

$$T_r = n+1/m$$

n : Número de datos

m : Orden de magnitud

A partir del análisis del método de ajuste de curva de frecuencia se ordenan los datos de los caudales máximos o precipitaciones máximas en orden decreciente, calculándoles el período de retorno paso necesario para el posterior cálculo de la probabilidad de ocurrencia. El caudal máximo que podrá transportar una determinada sección del río antes de desbordarse se puede obtener a partir de las características geométricas de la cuenca, comparándolas con los coeficientes de escorrentía e intensidad máxima de la lluvia con el área de la cuenca.

El proceso de obtención de información respecto a eventos pasados, se inicia con la experiencia vivida por los habitantes cercanos a los cursos fluviales. Las personas más ancianas de la comunidad nos pueden entregar datos relevantes al comportamiento histórico del curso de agua, y cómo los ha afectado en el pasado. A partir de esto se pueden buscar los registros documentados, ya sea en la prensa local, o los estudios posteriores a la ocurrencia de los fenómenos que se generaron, tanto en la región, o a escala nacional. La búsqueda de información de dichos registros es de gran importancia para poder determinar la inundación máxima de la cuenca, y su período de retorno.

Caracterización de la cuenca hidrográfica

a) Altura (m.s.n.m): terrenos bajos están más propensos a inundarse que los terrenos altos.

TABLA N°20

ALTURA (METROS)	CARACTERÍSTICA
0-20	Intensamente inundable
20-40	Muy inundable
40-80	Inundable
80-120	Medianamente inundable
120-160	Poco inundable
Más de 160	No inundable

Fuente: SIGA. Guía metodológica para la construcción del sistema integrado para la gestión ambiental. Canadá

b) Pendiente: Para el cálculo de pendiente se necesita consultar la red hídrica y las curvas de nivel.⁶⁷

TABLA N°21

% DE PENDIENTES	TIPO DE VERTIENTE
0-2	Muy leve
2-4	Leve
4-8	Moderada
8-12	Fuerte
12-16	Muy fuerte
Más de 16	Abrupta

Fuente: SIGA. Guía metodológica para la construcción del sistema integrado para la gestión ambiental. Canadá

c) Geometría de la cuenca: el área de drenaje queda establecida a partir de la delineación de la cuenca. Se expresa en há o en Km². Su valor se puede obtener desde el sistema de información geográfica (en adelante, SIG). El área de drenaje y su localización espacial son dos parámetros útiles para evaluar en forma preliminar las dimensiones territoriales de la cuenca hidrográfica y esbozar características generales de la misma como clima local, topografía del territorio, áreas urbanas y rurales. La longitud del cauce principal, la longitud máxima entre los extremos de la cuenca, el ancho máximo de la cuenca y el perímetro de la cuenca se pueden obtener de cálculos realizados en el SIG que se esté utilizando.

d) Coeficiente de compacidad: se obtiene a partir del cociente entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área igual al área de la cuenca. Los índices se

aplican para determinar la forma de la cuenca y a través de figuras geométricas resultantes compararlas con patrones preestablecidos que se orientan específicamente a determinar el escenario de inundación que tiene. Si los valores tienden a 0, la probabilidad de inundación y erosión es menor.

e) Relieve de la cuenca: elevación máxima y elevación mínima se pueden obtener del mapa topográfico, a partir de las curvas de nivel. La pendiente media es la pendiente ponderada para toda la cuenca, se obtiene a partir del cociente entre el producto de la longitud de las curvas de nivel que aparecen en la cuenca por la equidistancia entre las mismas y la superficie total de la cuenca.

f) Geomorfología de la cuenca: Define la geoformas asociadas a los procesos de inundación y/o que pueden verse afectadas por situaciones de este tipo. La posición geomorfológica permite determinar la cercanía tanto vertical, como horizontal de ciertos espacios con mayor susceptibilidad de ser alcanzados por las aguas en situaciones de crecidas y desbordes. Los niveles inferiores de las terrazas fluviales, las zonas de coalescencia de conos de deyección, los cauces angostos, y los cauces poco profundos constituyen sectores propicios para los desbordes de las aguas e inundación de terrenos.

67. Guía metodológica para la construcción del SIGA. Planificación para la prevención e desastres naturales y ambientales. IDRC CRDI. Canadá

TABLA N°22

GEOMORFOLOGÍA	AMENAZA INUNDACIÓN
Laderas y cumbres	Nulo
Formas Gravitacionales	Nulo
Terrazas medias y altas	Nulo
Ápice y sección media de conos de deyección	Nulo
Terrazas Bajas	Alto
Distales y coalescencias de conos de deyección	Moderado
Lechos fluviales poco profundos o angostos y sus riberas	Muy alto
Depresiones de terreno	Muy Alto

Fuente: Evaluación del peligro y vulnerabilidad ante la ocurrencia de inundaciones. Cuenca del Cauto, Cuba.

g) Tipos de suelos: porosidad, permeabilidad, compactación y otras características de los suelos determinan la permanencia o no de una lámina de agua durante un período de tiempo. De acuerdo a sus propiedades físico - mecánicas pueden ser más o menos permeables dependiendo de la estructura interna y sus composición. Se pueden clasificar según la composición de limo, arcilla (impermeables) baja amenaza y arenas (semipermeables permeables) media y alta amenaza.

h) Formaciones Superficiales:

TABLA N°23

FORMACIÓN SUPERFICIAL	PERMEABILIDAD	SUSCEPTIBILIDAD INUNDACIÓN
Detritos No consolidados	Muy Alta	Muy alto
Suelos Lacutres	Alta	Alto
Detritos consolidados	Media	Medio
Suelo rocas volcánicas	Baja	Bajo
Rocas cristalinas	Muy Baja	Muy Bajo.

Fuente: SIGA, Guía metodológica para la construcción del sistema integrado para la gestión ambiental. Canadá

i) Tipo y cobertura de vegetación de la cuenca: esta información puede ser obtenida de estudios regionales que se hayan realizado en el área de la cuenca, si no se cuenta con estudios previos, puede ser obtenida a partir de análisis de imágenes de satélites y fotointerpretación, para determinar tipo de vegetación y su cobertura zonas de baja pendiente de la cuenca con geología de depósitos no consolidados, o bien suelos muy arcillosos que no son permeables, con escurrimiento superficial torrencial generan las áreas más susceptibles de ser inundadas. A modo de ejemplo se pueden utilizar los siguientes parámetros para identificar el nivel de amenaza⁶⁸ en base a la cobertura vegetal Alta (%vegetación < 50%) media (%vegetación entre 50,1 y 69,9%) baja (%vegetación >75%)

68. Definición propuesta en estudio de riesgos del borde costero de la región del BioBio por la Universidad de Bio Bio pág. 41 Cap.II año 2010

f) Precipitaciones máximas diarias: los indicadores desarrollados anteriormente como altura, pendiente, suelo y geomorfología son características propias de la cuenca que constituyen un escenario natural donde se podría generar una inundación, en dependencia fundamentalmente de la cantidad de precipitaciones que van a ocurrir. Es importante tener el dato de precipitaciones máximas diarias y analizar en el evento de máxima crecida de inundación cual fue el umbral de precipitación máxima.

MAPA N°7

Pluviometría Regional



Fuente: Proyecto Sistema de Información Geográfico para el Ordenamiento Territorial Nacional (SIGOT 2006, Colombia) –Dimensión Ambiental. Carta Temática Precipitación promedio anual. Costa Pacífico del Valle del Cauca, Colombia.

La información registrada, fundamentada y el análisis de las características de la cuenca con cada uno de sus parámetros, se elaborará el mapa de inundaciones⁶⁹ manteniendo la escala de representación regional 1:250.000 y 1:750.000 (para las regiones de Aysén y Magallanes), graficando la máxima crecida de la cuenca, con la información de intensidad y magnitud y el área de inundación (en Km²).

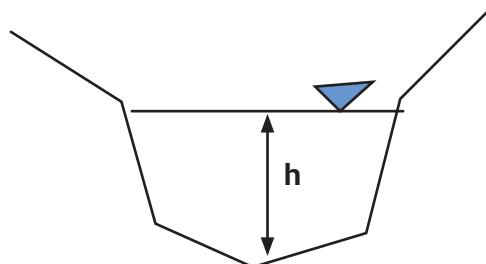
En el sistema de información geográfica, para cada uno de las capas de información (layer), se generará una tabla asociada en la cual se deberán integrar los parámetros propuestos anteriormente para determinar las zonas de alta, media y baja amenaza de inundación. En este mapa, la leyenda y simbología son de gran importancia y es por ello que se deberá incluir información acerca del área graficada (que corresponde al máximo evento), señalando la fecha en que fue registrada, su intensidad, magnitud y un análisis más detallado sobre el estudio histórico de crecidas para generar el área de inundación más recurrente.

Al registro del área de inundación máxima histórica graficada en el mapa se deberá sobreponer la cobertura de centros poblados, redes e infraestructura. Los criterios recomendados para evaluar la intensidad de las inundaciones son diferentes dependiendo del tipo de inundación, para inundaciones estáticas se considera la profundidad o altura del flujo. Mientras que para inundaciones dinámicas se recomienda utilizar el producto de la velocidad por la profundidad del flujo. (Siempre y cuando esta fórmula arroje valores más altos, en términos de intensidad que la anterior).

69. Se analizaran aquellos procesos de generación de inundación, que más han incidido en la cuenca.

FIGURA N°7

Identificación Altura Flujo



Sobre la información para identificar y caracterizar Amenaza por Inundación: La identificación y delimitación física de la red hidrográfica regional es una tarea técnica que actualiza la Dirección General de Aguas del MOP. Esa institución tiene disponible una cobertura temática para todas las regiones, denominada Mapa Hidrográfico de Chile, la cual contiene los límites de las cuencas, subcuencas y cuencas menores asociadas a su respectiva red de drenaje. Adicionalmente, cada polígono está asociado a una base de datos que contiene los datos fundamentales de la cuenca como superficie, carga o alimentación, y su tipología según el lugar de drenaje, todo ello en formato SIG actualizado a Noviembre del 2004

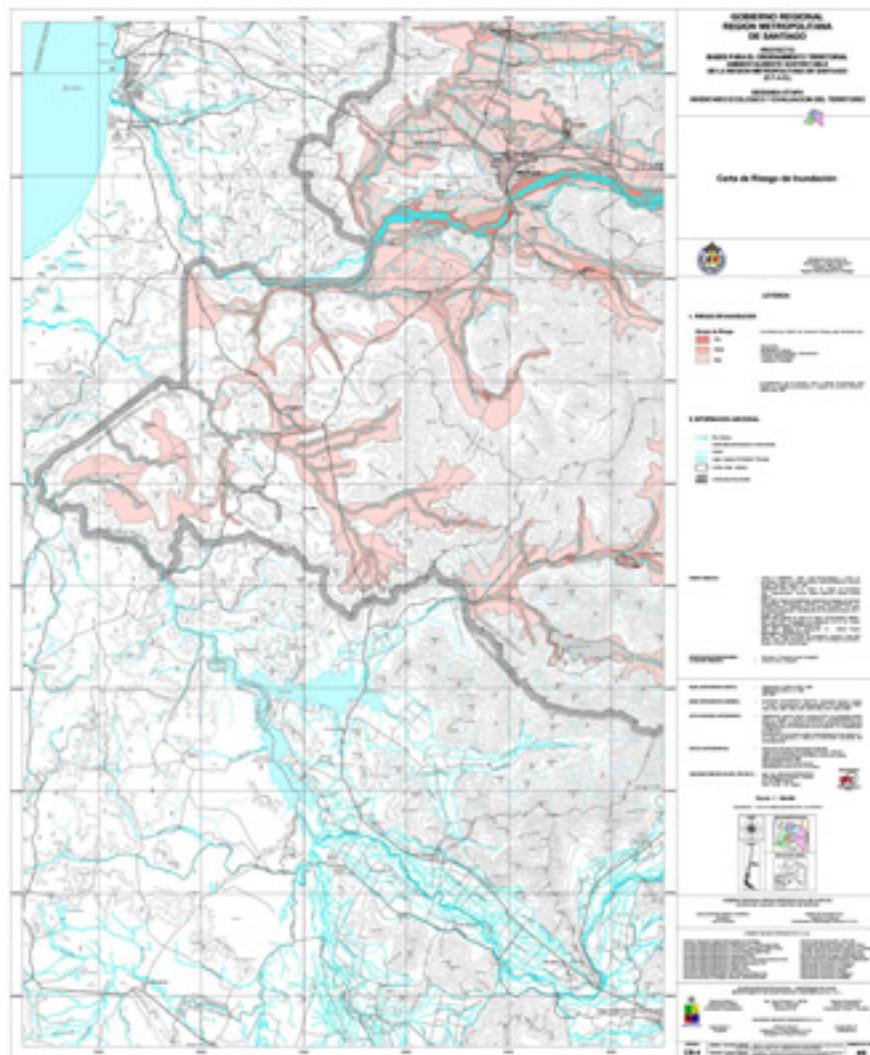
La definición de criterios de magnitud (velocidad y profundidad) deben ser consensuados en base a las experiencias del equipo técnico participante y de experiencias de proyectos ejecutados en la región. En la siguiente tabla se aprecian los valores de niveles de intensidad a partir de la profundidad del flujo en inundaciones estáticas y dinámicas.

TABLA N°24

NIVELES DE INTENSIDAD	PROFUNDIDAD DEL FLUJO (H) (m) (inundaciones estáticas)	PROFUNDIDAD X VOLUMEN DEL FLUJO (m ² /s) (inundaciones dinámicas)
Alto	$H > 1.0$	$H * V > 1.5$
Medio	$0.5 < H < 1.0$	$0.5 < H * V < 1.5$
Bajo	$0.25 < H < 0.5$	$H * V < 0.5$ y $H > 0.25$ m

MAPA N°8

Representación Mapa de Inundación Escala Regional



Fuente: Gobierno Regional Región Metropolitana de Santiago, Proyecto OTAS, II Etapa Evaluación Ambiental del Territorio, 2000. Carta de Riesgo de Inundación, escala 1:100.000.

3. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES

El terremoto de 2010 en Chile ha dejado daños y pérdidas estimadas en MMUS\$30.000 lo que equivale aproximadamente al 16% del PIB⁷⁰ y dañificó a una población estimada en más de dos millones seiscientos mil personas, para que no vuelva a ocurrir, deberemos avanzar en el mejoramiento del análisis y evaluación de los riesgos naturales en el marco de un ordenamiento territorial.

A. Introducción

La sociedad en general y los individuos en particular están sometidos a una diversidad de riesgos producto de las amenazas naturales, muchas de estos riesgos no pueden ser eliminados sólo se puede intentar reducir mediante la aplicación y asignación de recursos. La complejidad de este trabajo radica en que se interviene sobre sistemas existentes y en muchos de ellos previamente no se ha considerado o no se ha incorporado el análisis y evaluación del riesgo, es por ello, que muchas veces la reducción del riesgo debido a una amenaza puede aumentar el riesgo producto de otra, por lo que puede no resultar beneficioso en general para la comunidad⁷¹. Los estudios de riesgo aumentan su complejidad, por sobre todo, al considerar múltiples amenazas, análisis de entorno y la naturaleza y características de los sistemas construidos.

El análisis y evaluación de riesgos relacionados con distintas fuentes generadoras, se hace generalmente a través de análisis independientes, es decir, una componente del sistema una amenaza, lo que lleva a la adopción de procedimientos dispares con resultados no siempre óptimos sobre todo en decisiones del tipo "espacio - temporales". En la mayoría de los casos, la identificación del nivel o grado de riesgo está disponible en el marco de estimaciones cualitativas que permiten como se ha mencionado en el capítulo 1 estimaciones generales o una aproximación gruesa a la cuantificación del riesgo. Entonces, es necesario tener en consideración que para la realización del estudio de riesgo, la evaluación se realizará por cada uno de los sistemas que denominamos vitales (estratégicos y críticos). El objetivo principal de esta focalización y priorización de sistemas es poder detectar y concentrar los esfuerzos para estudiar en detalle los elementos en riesgo y poder establecer un conjunto de planes que permitan avanzar en la disminución del riesgo interviniendo sobre la vulnerabilidad.

Con el objeto de poder estimar el riesgo se considerarán como análisis previos, En primer lugar, la identificación de las amenazas que existen en la región (capítulo 2), contemplando principalmente el área (polígono) que está afectada por las diferentes amenazas, en segundo lugar, se deberán contemplar uno o más escenarios en base los parámetros característicos (periodo de retorno, intensidad, magnitud, etc.), junto con ellos, el análisis de vulnerabilidad que será estudiada en función de la identificación de sistemas, componentes y elementos expuestos en el área afectada por la amenaza, identificando los factores físicos determinantes, como los de entorno, estructurales, no estructurales y funcionales. Finalmente se estimarán las pérdidas probables para

70. PIB año 2009 Banco Central

71. R.Bell, T.Glade "Multi-hazard Analysis in Natural Risk Assessment"

los diferentes eventos peligrosos para cada uno de los escenarios definidos previamente a través de la aplicación del siguiente modelo:

$$R_i = P(m_i) * V(m_i) * W \text{ medido en (\$/año)}$$

Donde,

R_i: Riesgo

P(m_i): Probabilidad de Ocurrencia

W: Valor Actual del Bien

V(m_i): Vulnerabilidad

B. Metodología de Análisis

La metodología de análisis propuesta permite un desarrollo ordenado y secuencial en el que se estima el daño y pérdidas de los sistemas estratégicos y su objetivo es avanzar en la proposición de planes que contengan medidas de mitigación y control que en el tiempo tiendan a disminuir el riesgo tanto de los sistemas estratégicos como del territorio a través de la intervención consiente en los factores que disminuyen la vulnerabilidad de los sistemas.

Identificación de la amenaza, esta consiste mediante la aplicación de los diversos métodos en la caracterización de ella, así como, la espacialización en la región o parte de ella que ha sido afectada por el evento natural y que puede según estimaciones volver a ocurrir. Ello se expresa en un mapa particular del fenómeno o varios eventos de igual o distinta naturaleza según el modelo de agregación elegido.

La identificación de los sistemas estratégicos de análisis permitirá al planificador la caracterización de los sistemas identificando su funcionalidad, componentes y localización para posteriormente realizar una priorización que permita discriminar sobre su relevancia a modo de ejemplo se detallan algunos sistemas en el punto D y tabla N°27 de la guía.

El análisis de exposición consiste en verificar si los sistemas o parte de ellos coinciden con el área de influencia de la o las amenazas que se ha decidido estudiar, descartando del análisis en particular los que se encuentran fuera del área o polígono previamente determinada.

La importancia de la identificación de los factores de vulnerabilidad radica en que cada sistema o componentes actuarán de distinta manera dependiendo del tipo de amenaza y sus parámetros característicos. El impacto de dicha amenaza dependerá principalmente tanto de las características del entorno, físicas y funcionales del sistema. Se recomienda la utilización de juicio experto para la definición de éstos y también el grado de influencia de estos sobre el resultado final mediante la asignación de ponderadores.

La definición de escenarios es un elemento vital para el análisis de riesgo, dado que, es la presuposición de la ocurrencia de un evento con determinadas características, para ello, es necesario de acuerdo a los estudios de amenaza definir una o más alternativas de ocurrencia. Estos escenarios puede ser definidos producto de la probabilidad de ocurrencia o magnitud u otras relaciones entre estas variables.

La estimación del riesgo depende preferentemente del o los escenarios propuestos y su relación con el resultado del análisis de los factores de la vulnerabilidad, en un modelo semi cuantitativo se realiza mediante la aplicación de la tabla de doble entrada (Probabilidad - Consecuencia) de la cual se obtiene el índice de riesgo ($P*V$) y posteriormente se relaciona con el valor del bien (W) para cuantificar el daño sobre la componente y las pérdidas estimadas por la interrupción de la prestación del bien o servicio.

El análisis general de riesgo en la región se realiza mediante agregación tanto de cada una de las componentes del sistema como de la agregación de todos los sistemas estratégicos analizados, lo anterior permitirá establecer las medidas de control necesario o la definición de los respectivos planes de mitigación.

El modelo de evaluación de beneficio - costo permitirá incorporar en los análisis y evaluaciones económicas la variable costo al riesgo asociado del conjunto de instalaciones de carácter estratégico, permitiendo con ello tomar decisiones sobre la asignación de recursos con el objeto de disminuir el riesgo en el territorio. Lo anterior busca disminuir ante la ocurrencia de eventos potencialmente desastrosos las pérdidas de vidas humanas, sociales, económicas y ambientales de cada una de las regiones.

C. Identificación de la Amenaza

La información relevante que se desprende del análisis de la amenaza cuya aplicación es útil en el análisis de riesgo corresponde a los siguientes parámetros: área de influencia, magnitud, probabilidad de excedencia y periodo de retorno. Esta información se puede obtener de los mapas de amenazas ya elaborados para la región.

La estimación cuantitativa de la probabilidad de excedencia corresponde a la estimación que un evento ocurra en lugar determinado, de cierta magnitud o más en un periodo de tiempo que pueda producir efectos no deseados o dañinos. Para definir esta probabilidad $p(m)$ se requiere conocer el periodo de retorno (t) definido como el tiempo inferior entre eventos de igual característica o tiempo promedio. El cálculo de la probabilidad de excedencia corresponda a $P(m)=1/t$. Este análisis tiene como objetivo el predefinir escenarios futuros de ocurrencia y de esta forma planear las acciones tanto ex - ante como ex - post necesarias para disminuir los daños y pérdidas que se estiman pueden ocurrir.

La definición o elaboración de escenarios permite planificar bajo condiciones de incertidumbre, en este caso basado tanto en probabilidad de excedencia como en periodos de retorno, por lo cual se intenta predefinir las condiciones actuales para enfrentar situaciones futuras con el objeto de disminuir los efectos de su ocurrencia, a modo de ejemplo, la ocurrencia de sismos de gran magnitud causan pérdidas de vidas humanas, destrucción de la infraestructura y dificultades en la gobernabilidad, en la tabla adjunta, se puede observar la incidencia en diversos tipos de eventos que se pueden ocasionar ante la ocurrencia de una amenaza.

TABLA N°25

EVENTOS	TERREMOTO	MAREMOTO INUNDACIÓN REPENTINA	INUNDACIÓN PROGRESIVA	REMOCIÓN EN MASA	VOLCÁN/LAHAR
Defunciones	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto
Lesiones graves que requieren tratamiento complejo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Mayor riesgo de enfermedades transmisibles	Riesgo potencial después de todo fenómeno de gran magnitud (Alto)				
Daño en infraestructura	Muy Alto (estructura y equipos)	Muy Alto y localizado	Muy Alto (equipo solamente)	Muy Alto y localizado	Muy Alto (estructura y equipo)
Daño en sistemas de abastecimiento	Muy Alto	Muy Alto	Bajo	Muy Alto y localizado	Muy Alto (estructura y equipo)
Escasez de alimentos	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Grandes desplazamientos de población	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Fuente: Tabla* adaptada de desastres y salud pública: un abordaje desde el marco teórico de la epidemiología pág 127.

* Arcos, Castro y De Busto, Desastres y salud pública: un abordaje desde el marco teórico de la epidemiología, Rev Esp Salud Pública 2002, Vol. 76, N.º 2

Existen variados modelos y herramientas para el cálculo de probabilidades de excedencia (o recurrencia) cada uno adecuado a los distintos fenómenos y basados en distribuciones asociadas a frecuencias propias de los eventos, como ejemplo, el método Gutenberg - Richter⁷². La aplicación de estos métodos en distintos análisis de amenazas permite ganar en precisión pero no siempre se cuenta con toda la información requerida para su utilización. En este caso, optaremos por modelos simples que permitan simplificar el trabajo y ganar en tiempo de análisis como se muestra en la tabla.

72. Gutenberg - Richter $Pr (M) = 1 - e^{(-Ni \times T)}$

TABLA N°26

Categorías en el Análisis del Nivel de Amenaza

IMPROBABLE	POCO PROBABLE	PROBABLE	BASTANTE PROBABLE	MUY PROBABLE
ESTRATIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN	PROBABILIDAD	
Muy Probable	5	Ocurre más de una vez por año	1.0	
Bastante Probable	4	Ocurre una vez entre 1 y 10 años	0.99 - 0.10	
Probable	3	Ocurre una vez entre 10 y 50 años	0.10 - 0.02	
Poco Probable	2	Ocurre una vez entre 50 y 100 años	0.02 - 0.01	
Improbable	1	Ocurre cada 100 y más años	0.01	

D. Identificación de Sistemas Estratégicos y Componentes

Para establecer que sistemas son estratégicos (ver Tabla N° 27) a nivel regional se ha considerado la singularidad funcional que cumplen estos sistemas frente a desastres naturales, esencialmente el rol estratégico que desempeñan éstos cuando se suscita un desastre natural. En otras palabras, un sistema es estratégico porque su funcionamiento es crucial antes, durante y después de sucedido el desastre natural, porque su estructura proporciona seguridad, porque alberga alta densidad poblacional, porque en caso de sufrir alguna falla o deterioro el sistema generaría numerosas muertes o lesiones o genera grandes daños que implicaría el desvío de grandes cantidades de recursos públicos a su reposición, entre otras. Una manera de identificar sistemas estratégicos es revisar instalaciones y redes emplazadas en el territorio (ver en tabla N°28)

Otros criterios considerados para darle el nivel de estratégicos en el nivel regional a los sistemas consignados en la Tabla N° 27 son:

- Permiten ubicar y servir a las nuevas actividades económicas;
- Apoyan a las actividades económicas existentes;
- Proporcionan las conexiones a las instalaciones y el apoyo de las instalaciones para la emergencia;
- Contribuyen con cualquier actividad de preparativo para los desastres, es decir, respuesta, recuperación y reconstrucción;
- Reciben una alta prioridad para su reforzamiento antes del desastre, durante las operaciones de emergencia y en su reparación rápida después de daños e interrupciones.

En general, se puede señalar que los sistemas son estratégicos porque son necesarios para la salud, seguridad y prosperidad de la comunidad. Por tanto, si alguno de estos sistemas se ve dañado por algún evento natural el impacto negativo a nivel regional se incrementará respecto a un escenario en que estos sistemas no se vean afectados. Entonces estos sistemas son gravitantes al interior de la estructura regional, así como son estratégicos pueden también considerarse como críticos, dado que, ante una escenario de ocurrencia de un evento, los efectos secundarios proporcionados por el impacto de desastres naturales en ellos puede causar, por ejemplo, desorganización en los servicios básicos o daño en la infraestructura, teniendo consecuencias negativas que van más allá de la propia importancia de los sistemas.

En cuanto a las categorías de estudio, se debe considerar las instalaciones esenciales que son aquellos sistemas que al verse afectados negativamente por un desastre

natural limitan la capacidad de gestión de la emergencia y restringen las opciones de respuesta efectiva durante y después del evento. Mientras que las instalaciones con alto potencial de daños, son estructuras que cuando presentan algún deterioro generan nuevas situaciones de emergencia en el territorio alterando el bienestar de la población.

Las redes de transporte se entienden como sistemas que facilitan la gestión de emergencia, debido a que permiten la movilidad de las personas y reparación de otras instalaciones críticas, en caso de inhabilitarse las redes de transporte los territorios se ven afectados por aislamiento. Por último las redes vitales son aquellos sistemas que están distribuidos espacialmente en el territorio que por su extensión están altamente expuestas a eventos naturales y proporcionan servicios de primera necesidad, que de ser inhabilitados alguno de ellos la población presentarían una situación de emergencia.

TABLA N°27

Sistemas Estratégicos

INSTALACIONES ESENCIALES	INSTALACIONES CON ALTO POTENCIAL DE DAÑO	REDES DE TRANSPORTE	REDES VITALES
Policía	Instalaciones de almacenamiento y producción de sustancia peligrosas	Vías carreteras	Sistema de Agua
Escuelas		Puertos	Sistema de Alcantarillado
Hospitales	Acumulación de Agua	Aeropuertos	Sistema de Combustibles
Bomberos		Terminales de Buses	Sistema Eléctrico
Oficinas públicas		Sistema ferroviario	Sistema de Comunicación

Fuente: Elaboración propia en base a tabla de Montoya y Vargas, UNESO

Las principales características que presentan las instalaciones y redes (ver Tabla N°28), establece que mientras las instalaciones se encuentran emplazadas en un espacio físico determinado, las redes están asociadas a la movilidad de insumos, bienes, personas y flujos de información. En este sentido, las instalaciones críticas se dividen esencialmente en dos, aquellas destinadas a prestar servicios de emergencia cuando ocurre una emergencia (hospitales, bomberos, escuelas, etc.) y aquellas que desencadenarían otros desastres o incrementarían el desastre. En cuanto a las instalaciones que prestan servicios altamente demandados cuando ocurre una emergencia, es fundamental que estos sistemas se encuentren operativos para el manejo de la contingencia, por tanto, los niveles de riesgo de estas instalaciones deben ser mínimos.

Los hospitales a modo de ejemplo desarrollan una labor esencial en la atención de heridos cuando se generan situaciones de emergencia. Mientras que los bomberos y la policía deben atender la emergencia, sea en incendios, rescate o salvamento. A su vez, las oficinas públicas en

periodos de emergencia cumplen la función de coordinar y ejecutar gran parte de las tareas de manejo de la emergencia, por ende, estas oficinas por razones estratégicas deben permanecer operativas durante la emergencia. Por último, se han considerado las instalaciones educacionales por el gran número de personas que albergan en algunos horarios y porque luego del evento pueden servir de refugio.

Las instalaciones críticas con alto potencial de daño son relevantes debido a que se requiere de su normal funcionamiento después del desastre, porque de verse estas instalaciones deterioradas se incrementa el impacto del desastre. Por ejemplo, las fuentes de acumulación de agua sean estas para energía hidroeléctrica o para depósito de agua, son de vital importancia para el normal funcionamiento de las actividades económicas y de la población. Además si estas instalaciones se encuentran localizadas aguas arriba de un poblado, las consecuencias que pudiese tener la fractura del muro o dique de contención pueden ser desastrosas para la población.

TABLA N°28

Características de las Instalaciones y las Redes Críticas

INSTALACIONES	REDES
Espacios donde hay gran cantidad de personas expuestas que requieren inmediata e intensa ayuda de expertos especializados y de recursos limitados, durante las operaciones de búsqueda y rescate. (Policía oficinas públicas, hospitales, etc.)	Afectan a gran cantidad de personas y a las actividades socioeconómicas vitales (sistemas de energía, sistemas de irrigación, instalaciones de agua potable)
Son espacios vitales para las emergencias diarias, fácilmente saturadas durante un desastre y sin alternativas disponibles en caso de daños (hospitales y centros de manejo de emergencia).	Poseen extensa exposición debido a su característica lineal (sistema eléctrico, sistema de saneamiento y agua potable)
Son instalaciones que poseen el tamaño y la característica de uso continuo, cuya falla o interrupción puede causar peligros secundarios a áreas muy grandes y un aumento en el número de personas afectadas (infraestructuras con alto potencial de daño).	Son el suministro único a ciertas instalaciones de emergencia (sistemas eléctricos y de comunicaciones) o el acceso único para reparar otras instalaciones críticas (vías carreteras).
Espacios cuya operación es necesaria para una respuesta efectiva y para las actividades de recuperación durante y después de una emergencia (aeropuertos, puertos y generadores de energía)	La inhabilitación de estos servicios proporciona de aislamiento que causa demoras en la reparación (sistemas de comunicación).

Fuente: OEA (1993) Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado

Las redes de transporte y redes vitales, no son causantes directos de daños físicos o de pérdidas de vida, pero el efecto de la inhabilitación de estas redes puede ser catastrófico debido a:

- a) Interrupciones del servicio del sistema utilitario
- b) Pérdidas económicas directas e indirectas
- c) Suspensión de labores
- d) Imposibilidad de uso en caso de desastres secundarios, como incendios, hambrunas y epidemias
- e) Fallas de tal magnitud que represente una amenaza para la vida y la propiedad.

El Sistema de salud en la región está compuesto por todas las personas naturales o jurídicas, de derecho público o privado que realicen o contribuyan a la ejecución de las acciones de promoción, protección y recuperación de la salud de la persona enferma. El sistema en la región se organiza a través de lo que se denomina "Red". Ésta es un conjunto de establecimientos tanto públicos como municipales que forman parte y se coordinan con el o los servicios de salud de la región y los demás establecimientos públicos o privados que suscriban convenio con el servicio de salud respectivo. A modo de ejemplo, describiremos el subsistema público de salud considerando su tipo de administración (municipal y servicio de salud), tipo de atención (abierto y cerrado), cobertura y nivel de complejidad (alta, media y baja).

FOTO N°4

Caleta Loanco Terremoto y Maremoto 27 de febrero de 2011 (Fabiola Leiva C.)



TABLA N°29

Algunas Componentes del Análisis Sistema de Salud

NIVEL DE COMPLEJIDAD	ATENCIÓN ABIERTA	ATENCIÓN CERRADA	ADMINIS-TRACIÓN	DESCRIPCIÓN
BAJA	PSR		Municipal	En un establecimiento de atención ambulatoria, localizado en una determinada área geográfica de fácil accesibilidad para poblaciones de 600 a 1.200 habitantes y que presta servicios a la población de un área determinada que no excede los 20.000 habitantes. Están a cargo de un técnico paramédico de salud rural residente que recibe periódicamente el apoyo del equipo profesional compuesto básicamente por médico, enfermera y matrona, los que concurren en conjunto o en forma alternada. La Posta de Salud Rural deriva a establecimientos de mayor complejidad (Consultorios Generales Urbanos o Rurales) las situaciones que no pueda resolver por sus medios.
	CGU		Municipal	En el establecimiento de atención ambulatoria ubicado en localidades de más de 20.000 habitantes y al servicio de un área de atracción, idealmente no superior a 50.000 habitantes. La capacidad de resolución de salud ambulatoria estará determinada por la complejidad de los recursos que posea el consultorio. El equipo del Consultorio General Urbano estará constituido por médicos y odontólogos generales, más los profesionales y técnicos (enfermeras, matronas, nutricionistas, etc.) al cual se le entregará el tecnólogo médico para el manejo del laboratorio básico que pueda poseer e establecimiento.
	CGR		Municipal	Es un establecimiento de atención ambulatoria ubicado generalmente en localidades de 2.000 a 5.000 habitantes y que presta servicios a la población de un área determinada que no excede los 20.000 habitantes las acciones del consultorio comprenden el fomento, la prevención y protección de la salud de las personas y del medio ambiente, como la resolución de los problemas de salud que puedan manejar el equipo de salud compuesto de médico, odontólogo, enfermera matrona, otros profesionales y técnicos apoyados por medios básicos de diagnóstico y tratamiento.
	CESFAM		Municipal	Corresponde a una variante del Consultorio con foco en la salud familiar, incorporando profesionales adicionales como psicólogos.
	SAPU		Municipal	Es el establecimiento de salud perteneciente al nivel primario de atención, que resuelve la demanda de emergencia / urgencia médica de mediana y baja complejidad, generalmente en horario no hábil.
	SAMU		Servicio Salud	Forma parte del sistema de atención prehospitalario consta de atención, traslado y coordinación de urgencia-emergencia, individual y colectiva, por medio de ambulancias equipadas y con personal idóneo para resolver emergencias. Este componente es entregado por centros reguladores que dependen administrativamente de un Servicio de Salud de la Región, aunque el territorio de éstos centros puede abarcar a varios Servicios.
			Hospital T4	Servicio Salud

TABLA N°29 (continuación)

Algunas Componentes del Análisis Sistema de Salud

NIVEL DE COMPLEJIDAD	ATENCIÓN ABIERTA	ATENCIÓN CERRADA	ADMINISTRACIÓN	DESCRIPCIÓN
MEDIA	CRS		Servicio Salud	Establecimiento de atención ambulatoria de mediana complejidad. Otorga atención de referencia para una red de 4 a 6 C.G.U. en ciudades grandes (150.000 a 200.000 habitantes). Administrativa y técnicamente depende del Servicio de Salud.
		Hospital T2 (labor general)	Servicio Salud	Establecimiento de alta complejidad, de 250 a 300 camas, ubicado en ciudades con alrededor de 100.000 habitantes como hospital único en grandes urbes, como apoyo al tipo 1. En Servicios de salud poco poblados podría llegar a ser el establecimiento de mayor complejidad.
		Hospital T3	Servicio Salud	Establecimiento de mediana complejidad con 100 a 200 camas de dotación, ubicado en localidades de hasta 50.000 habitantes y con un área de influencia no superior a 70.000 habitantes.
ALTA	CDT		Servicio Salud	Establecimiento de atención ambulatoria de alta complejidad. Otorga atención de referencia a los establecimientos de menor complejidad antes descritos. Se ubica adosado al hospital de mayor complejidad del servicio de Salud, en las ciudades cabeceras, existiendo al menos uno por región. Depende administrativa y técnicamente del Servicio de salud.
		Hospital T1	Servicio Salud	Establecimiento de alta complejidad, con no más de 500 camas, ubicado en la ciudad sede de la dirección del Servicio de Salud, constituyendo el Hospital Base de cada unidad del sistema.
		Instituto Especialidades	Servicio Salud	Son institutos con especialidades tales como: traumatología, tórax, entre otros.

Fuente: Elaboración Propia

El sistema educacional es descentralizado, en donde la administración es responsabilidad de los municipios, personas naturales y jurídicas para los niveles de educación primaria y secundaria. Así mismo, en los establecimientos de educación preescolar y superior podemos encontrar establecimiento administrados por el sector público y el privado. La cobertura del sistema educacional chileno es prácticamente universal. La matrícula en Educación Básica (EGB) alcanza al 99,7% de los niños entre 6 y 14 años. En el caso de la educación secundaria la cobertura de la matrícula es de 87,7%, de los adolescentes entre 15 y 18 años.

TABLA N°30

Algunas Componentes del Análisis de Sistema Educativo

NIVEL	PRESTADOR	DESCRIPCIÓN
PARVULARIO	Municipal	La atención preescolar se realiza a través de las salas cunas y jardines infantiles de administración municipal, particular subvencionada, particular. En general la educación preescolar atiende la población entre 84 días hasta 5 años. Esta categoría se encuentra dividida en sala cuna que son niños de 84 días hasta 2 años. Jardín infantil que se divide en nivel medio menor y mayor que atiende a niños entre 2 y 4 años. Luego esta transición que se divide en primer nivel de transición (Pre-kinder de 4 a 5) y segundo nivel de transición (Kinder de 5 a 6 años).
	Junji	
	Integra	
	Privados	
BÁSICA	Municipal (Departamento o Corporaciones)	Corresponde al ciclo inicial de estudios escolares tiene una duración de 8 años dividido en 2 ciclos y 8 grados la edad es de 6 a 13 años. Los ciclos son I ciclo: 1°, 2°, 3° y 4 año o grado de escolarización; II ciclo: 5°, 6°, 7° y 8 año o grado de escolarización.
	Particular subvencionado	
	Particular Pagado	
MEDIA (CIENTÍFICO, HUMANISTA, COMERCIAL, AGRÍCOLA Y TÉCNICA)	Municipal (Departamento o Corporaciones)	Dividida en Enseñanza Media Científico-Humanista (EMCH), Técnico-Profesional (EMTP), y Artística, con una duración de 4 años. La Enseñanza Media se organiza como sigue: EMCH 1° a 4° grados; EMTP 1° y 2° grados (mismo programa educacional que EMCH); EMTP 3° y 4° grados programas diferenciados según especialidad.
	Particular subvencionado	
	Particular Pagado	
SUPERIOR	Universidades Públicas	Se distinguen tres tipos de establecimientos (CFT) Centros de Formación Técnica, tienen una duración de 2 años y sólo pueden otorgar el título de Técnico de Nivel Superior; (IP) Institutos Profesionales pueden otorgar títulos Técnicos de Nivel Superior y Títulos Profesionales en aquellas carreras que no requieran el grado académico de Licenciado. (U) Universidades que pueden otorgar todos los Títulos Profesionales y los Grados.
	Universidades Privadas	
	Institutos Profesionales Privados	
	Centros de Formación Técnica Privados	

Fuente: Elaboración Propia

El sistemas de abastecimiento de agua⁷³ considera las aguas como bien nacional de uso público, es decir, el dominio sobre ellas pertenece al Estado. A su vez, es posible conceder a los particulares el derecho de aprovechamiento, cuyo titular puede usar, gozar y disponer de él, como cualquier otro bien susceptible de apropiación privada y tiene una protección

jurídica similar. pudiéndose transferir o transar libremente. El Estado desempeña un rol subsidiario y orienta su acción a las tareas normativas y reguladoras, cumple una función de promoción de la equidad social, y también de fomento y desarrollo en aquellas áreas que los privados no pueden asumir.

El sistema de abastecimiento de agua potable es el conjunto de instalaciones, infraestructura, maquinarias y equipos utilizados para la captación, almacenamiento y conducción de agua cruda; tratamiento, almacenamiento

73. Plaza, G. y Yépez, H. (1998) Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable. Serie Mitigación de Desastres Organización Panamericana de la Salud. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Quito, Ecuador, junio de 1998.

y conducción de agua potable; redes de distribución, arranques de agua potable, incluyendo el medidor de consumo, grifos públicos u otras, que permiten abastecer de agua potable a un núcleo de población determinado. El funcionamiento de los sistemas de agua depende de la interacción de sus componentes, y por último, el sistema cubre un área extensa y requiere información sobre las amenazas de muchos lugares.

Desde la entrada en vigencia de sistema de concesiones en Chile, gran parte de las empresas sanitarias han sido traspasadas al sector privado. En septiembre del 2005 el porcentaje de participación en el área urbana de prestadores de servicios era el siguiente las empresas privadas u operadas por privados 94,8 %, resto de privadas 0,6%, Municipal 4,5% y Cooperativas 0,1%⁷⁴. Por último, en el medio rural es decir para poblaciones concentradas pequeñas el abastecimiento de agua se realiza mediante es sistema de Agua Potable Rural (APR)⁷⁵ los que son administrados por diversos comités organizados para su administración, así como también otros modelos de organización como las cooperativas, no se considera en el análisis las soluciones particulares.

FOTO N°5

Cauquenes Maule, Terremoto 27 de febrero de 2010.
(Fabiola Leiva C.)



74. www.siss.cl

75. www.aprchile.cl

TABLA N°31

Algunas Componentes del Sistema de Abastecimiento

TIPO	PRESTADOR	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
URBANA	Empresas Sanitarias (Privada)	Captación	La captación puede ser de vertiente, de río, subterránea o de acueducto, con estructuras de tipo muro, tanque, azud, con pozos, o con derivación de un acueducto principal. Los muros, tanques o azudes están contruidos en hormigón y tienen tamaños variables. Los pozos pueden estar revestidos con tuberías de PVC o acero, con bombas sumergibles u horizontales, alimentadas por un sistema eléctrico regional o por generadores auxiliares. Existen también sistemas de bombeo manual para abastecimiento unifamiliar. Las derivaciones pueden ser de canales abiertos (compuertas) o de tuberías.
		Conducción	El conjunto de tuberías y accesorios comprendidos entre la o las captaciones y la planta de tratamiento se denomina línea de conducción, debido a la distancia en que se desarrolla, es un componente que está expuesto a una gran cantidad de amenazas naturales. Este componente, consta de tubos de conducción, tanques recolectores, tanques repartidores, tanques rompe presión y pasos de quebrada. La longitud de la conducción es variable. Los tubos en general están enterrados, pueden ser de PVC, polietileno, asbesto, cemento o hierro, con diámetros inferiores a 10 pulgadas. Los tanques están contruidos con mampostería de ladrillo u hormigón simple debido a sus pequeñas dimensiones. Los pasos de quebrada pueden tener estructuras sobre las que se asientan los tubos, ser colgantes o subfluviales, con longitudes variables.
		Almacenamiento	El almacenamiento consta de uno o varios tanques de almacenamiento de tamaño variable, de hormigón armado o ferrocemento, enterrados, semienterrados, superficiales o elevados con estructura metálica o de hormigón. Los tanques de almacenamiento y los reservorios de un sistema promedio satisfacen la demanda de agua de uno a tres días. Esta capacidad de almacenamiento cubre los requerimientos de caudales para la demanda diurna y para los sistemas contra incendios. Por lo general, los tanques de almacenamiento y los reservorios incluyen los reservorios de tierra revestidos, tanques de concreto moldeados en el lugar, tanques de acero apoyados, cámaras de presión de acero, tanques de acero elevados y tanques hechos con elementos verticales de madera. Los tanques de almacenamiento y los reservorios tienen una función vital en la operación del sistema después de una emergencia. Porque como se ha mencionado el sistema generalmente depende del agua almacenada para la extinción de incendios y los sistemas de conducción por lo general no han sido diseñados para suministrar caudales suficientes para las tareas de extinción de incendios.
		Tratamiento	Las plantas de tratamiento pueden tener aireadores, floculadores, sedimentadores y filtros. La desinfección puede ser manual o con dosificador. Este componente está ubicado en un área con cerramiento y puede tener una caseta donde se realiza la desinfección, que generalmente es el único tratamiento. En algunos casos la desinfección se realiza directamente en los pozos de captación. Las plantas de tratamiento de agua se usan para mejorar la calidad del agua de bebida por razones estéticas y de salud pública, y se pueden diseñar para tratar aguas superficiales o subterráneas. Las plantas de tratamiento de aguas superficiales se diseñan para remover turbiedad, sustancias químicas y agentes patógenos, y generalmente, contribuyen a la desinfección y al control de la corrosión. La fuente de agua cruda generalmente son las cuencas hidrográficas, ríos o represas. Las plantas de tratamiento de aguas subterráneas generalmente se usan para ablandar el agua o remover hierro o mangneso, u otros contaminantes orgánicos e inorgánicos. Su fuente de agua son los pozos o manantiales.

TABLA N°31 (continuación)

Algunas Componentes del Sistema de Abastecimiento

TIPO	PRESTADOR	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
URBANA	Empresas Sanitarias (Privada)	Distribución	Corresponde al conjunto de tuberías y accesorios comprendidos entre la planta de tratamiento y las conexiones domiciliarias o grifos públicos. Este componente consta de tubos de distribución, tanques repartidores, pasos de quebrada o río, conexiones domiciliarias con o sin medidores y puede tener sistema electromecánicos de impulsión. Los tubos pueden ser de PVC o polietileno con diámetros menores a 6 pulgadas y las conexiones domiciliarias son con tubería de hierro o polietileno generalmente con diámetro de 1/2 pulgada. La longitud de la red de distribución es muy variable.
		Captación	Extracción continua o temporal de agua desde una fuente, de manera que deje de formar parte de los recursos de su área.
RURAL	Comités y Cooperativas	Aducción	Cañería que conduce el agua desde la fuente al proceso o estanque de almacenamiento en forma gravitacional.
		Impulsión	Cañería que conduce el agua desde la fuente mediante procesos de bombeo.
		Almacenamiento	Comúnmente en estanques de almacenamiento que pueden mantener volúmenes entre 25 y 100 metros cúbicos.
		Red Distribución	Corresponde al conjunto de cañerías, válvulas y piezas especiales por donde circula el agua para su distribución desde el estanque hasta los respectivos arranques.

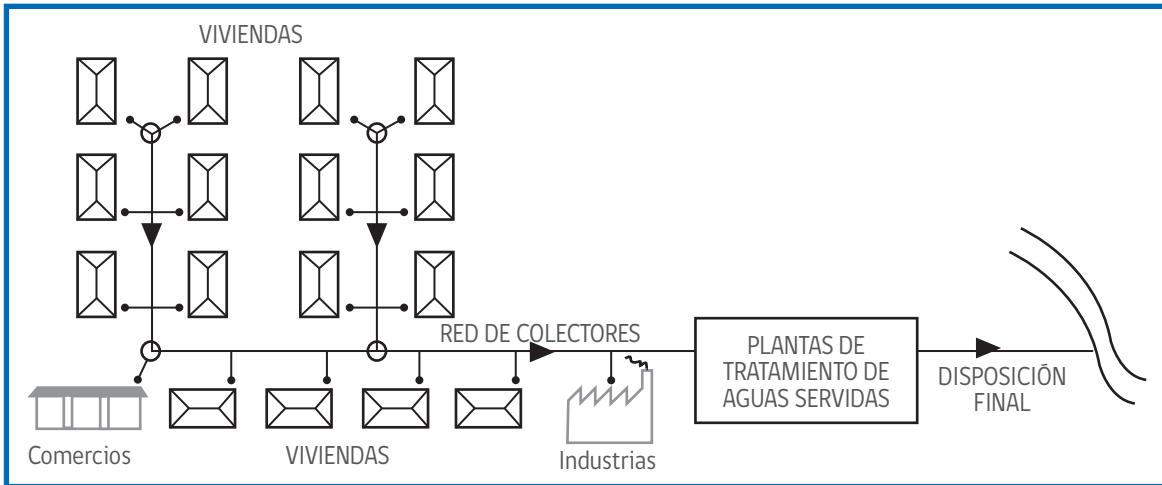
Fuente: Elaboración Propia

El Sistema de Alcantarillado⁷⁶ es una línea vital y tiene como características que el funcionamiento de este sistema depende de la interacción de sus componentes. Básicamente el sistema de alcantarillado, corresponde a un conjunto de tuberías construidas bajo tierra en la vía pública, que se denominan colectores públicos, interconectándose con las viviendas mediante uniones domiciliarias, cuya función es recoger y transportar las aguas servidas. Es decir este sistema es una red que es utilizada para recolección y transporte de aguas residuales o de los efluentes líquidos de las viviendas a través de un sistema de conductos. La ilustración esquematiza el sistema de alcantarillado.

76. ALCANTARILLADO DE BAJO COSTO EN EL SECTOR RURAL Preparado por ALLAN CARCAMO BRUNING. Revista de agua potable rural. www.aprchile.cl/pdfs/ALC_RURAL_ACB_p.pdf; Organización Panamericana de la Salud (2005) Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. Documento de trabajo, Lima, 2005

FIGURA Nº8

Esquema de un sistema de Alcantarillado



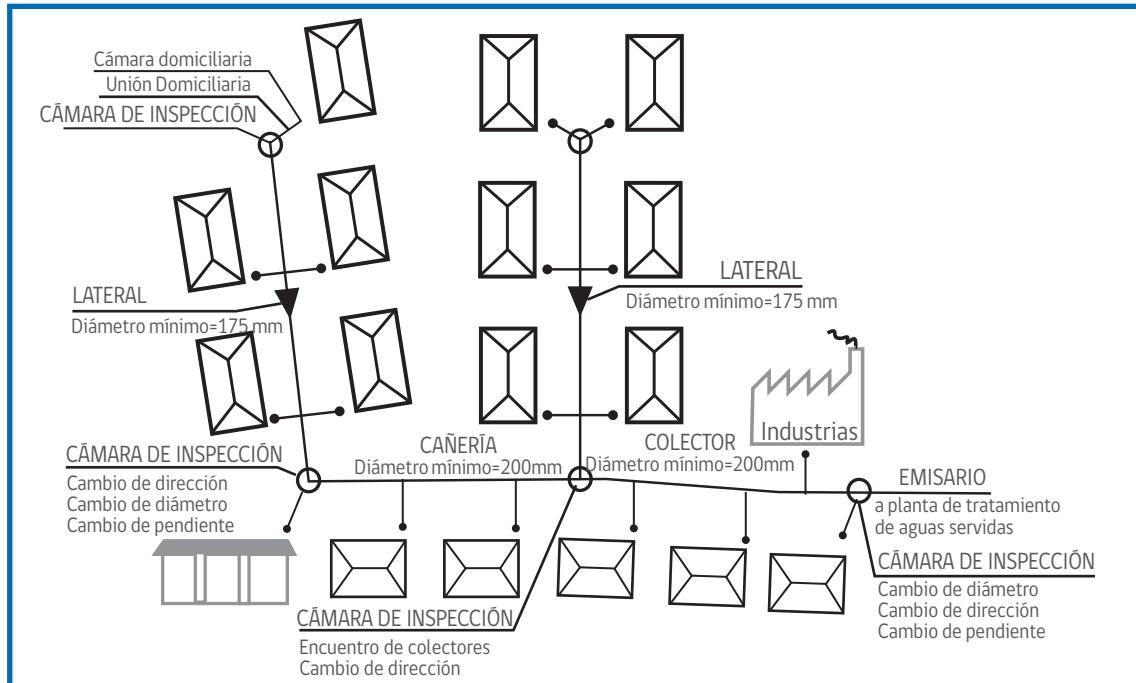
La descripción de los principales componentes de un sistema de alcantarillado en el sentido de circulación del agua, corresponde mencionar en primer lugar las acometidas que permiten integrar las aguas vertidas de las viviendas y edificios, luego están los laterales (colectores terciarios) que son conductos enterrados en la vía pública de pequeño tamaño que transportan el caudal hasta una cañería (colector secundario), estas corresponden a tuberías de mayor dimensión que recogen agua de los laterales (colectores terciarios) y que transportan el caudal hasta los colectores principales los cuales son las tuberías de mayor dimensión, estos reúnen grandes caudales hasta aportarlos a su destino final o aliviarlos antes de su incorporación a un emisario, los emisarios son conducciones que transportan las aguas reunidas por los colectores hasta la planta de tratamiento. Además de colectores y emisarios, otro elemento relevante son las

cámaras o pozos de inspección que permiten el acceso a las alcantarillas y colectores, para facilitar su mantenimiento, generalmente están contruidos de hormigón hecho en sitio o prefabricado.

Los colectores son esenciales en el sistema de alcantarillado, básicamente estos consisten en un conjunto de tuberías que se desarrollan por las vías públicas, colectan las aguas servidas de las viviendas y la conducen a una planta de tratamiento de aguas servidas. Los colectores se designan en orden de importancia como laterales, cañerías, colectores y emisarios. Al respecto, la ilustración muestra que los sistemas de alcantarillado se componen básicamente de colectores, y de cámaras de inspección. Las cuales van cambiando de dimensión a medida que el caudal se acerca al emisario en dirección a la planta de tratamiento.

FIGURA N°9

Esquema de una Red de Colectores



Nota: La figura muestra que las tuberías se diseñan en alineaciones rectas, con cámaras de inspección al comienzo de los nacientes, en los cambios de dirección, en los cambios de pendientes, en los cambios de diámetro, en los cambios de material, en la confluencia de dos o más tuberías, exceptuando los empalmes de uniones domiciliarias.

El sistema de carreteras y caminos, son vías que unen una localidad con otra y puede tener intersecciones con otras carreteras. En Chile para que una vía sea declarada camino público debe cumplir con dos condiciones: la primera, es que esta vía o conjunto de vías al interior de áreas urbanas unan un camino público con otro. La segunda es que se promulgue un decreto supremo en que se señale la calle o avenida en cuestión. En este sentido cada región cuenta con un decreto supremo que declara camino público⁷⁷ a determinadas vías urbanas. Asimismo varias regiones cuentan con decretos complementarios. En Chile La red vial está clasificada en 5 clases⁷⁸:

- A Caminos Nacionales
- B Caminos Regionales Primarios
- C Caminos Regionales Secundarios
- D Caminos Comunales Primarios
- E Caminos Comunales Secundarios

FOTO N°6

Loanco Chanco terremoto y maremotos 27 de febrero de 2010
(Fabiola Leiva C.)



77. Los caminos públicos son de administración del Ministerio de Obras Públicas DFL N°850 del 12/09/97, Ley de Caminos, Artículo 24°, Título III.

78. Manual de Carreteras 2010 Volumen 2.100 Dirección de Vialidad MOP

TABLA N°32

Algunas Componentes del Sistema de Análisis de los Sistemas de Carreteras

TIPO	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
CAMINO	Terreno	Es el espacio físico en que se construye el camino. La adquisición del terreno es una transacción de carácter legal, que no incluye ningún tipo de obra civil. El terreno puede haber sido del Estado, y si no, éste lo compra a propietarios privados, la adquisición es una transferencia y no supone cambio alguno en el valor del patrimonio nacional. En consecuencia, el terreno es parte del patrimonio general del país, pero no del patrimonio vial.
	Obras Básicas	Las obras básicas la constituyen la plataforma sobre la cual se construyen las capas de rodadura, cortes y terraplenes, obras de drenaje, etc. Las normas técnicas exigen que el camino tenga, entre otras características, pendientes suaves, curvas amplias y buena visibilidad para asegurar un viaje cómodo, seguro y económico, de acuerdo al estándar definido para dicho camino. Es probable que el terreno presente quebradas, grandes rocas, pendientes fuertes, masas o corrientes de agua u otros obstáculos naturales o artificiales. En esos casos, es necesario realizar obras (básicas) que alteren el terreno natural, tales como cortar cerros, rellenar depresiones y quebradas y construir obras de drenaje.
	Carpeta de Rodado	Las capas de rodadura permiten que la superficie del camino sea firme y plana, de modo que los vehículos puedan desplazarse en forma cómoda y segura. Las capas de rodadura son un conjunto de estratos especialmente diseñados para satisfacer los requisitos específicos de los caminos y del tránsito previsto. Sólo la capa superior de este conjunto queda visible para el usuario. Esta puede ser un pavimento de hormigón, de asfalto o de tratamiento superficial, o bien puede ser de grava o sólo de Tierra. Las capas restantes pueden ser de diferentes materiales y espesores, y sirven para dar apoyo, firmeza y durabilidad a la superficie visible. El conjunto de las capas de la rodadura es una parte costosa del camino, y es la que más rápidamente se deteriora si no se efectúa una conservación adecuada.
	Grandes Estructuras	Incluye puentes, viaductos, túneles, muros, etc. Los puentes y viaductos se desgastan con el uso (fatiga de los materiales) y necesitan ser reemplazados después de que un cierto número de vehículos ha hecho uso de ellos.

Fuente: Elaboración Propia

El sistema policial⁷⁹ se organiza en dos fuerzas la de Carabineros y la de Policía de Investigaciones de Chile. El análisis se centra en la primera. Carabineros es una institución policial de carácter militar y no deliberante. Depende administrativamente del Ministerio de Defensa Nacional. Carabineros tiene como finalidad básica la generación directa y prestación inmediata de los servicios policiales que propendan a la seguridad pública de la comunidad. Su característica distintiva consiste en que el servicio de seguridad pública lo genera la propia unidad o destacamento, con los recursos que le han sido asignados, y

luego la suministra directamente a los beneficiarios.⁸⁰

Por mandato de la Constitución Política del Estado y por disposición de su propia Ley Orgánica, Carabineros de Chile tiene un rol principal en la gestión de hacer prevalecer el respeto a las normas de convivencia y de restablecer el orden y la seguridad cuando tales normas son perturbadas o quebrantadas. En efecto, los artículos 2º, 3º y 4º de su Ley Orgánica (Nº 18.961) hacen énfasis en el Rol Preventivo que le corresponde, al señalar que es misión esencial de la Institución, desarrollar actividades tendientes a fortalecer su rol de policía preventiva. Esto es,

79. Mertz Catalina (2000) Experiencia comparada en la organización y administración de fuerzas policiales: Alemania, Canada, Chile, España, Estados Unidos e Inglaterra y Gales. Fundación Paz Ciudadana

80. Mideplan (s/i) Metodología de proyectos de vigilancia policial. Ministerio de Planificación y Cooperación, División de Planificación, Estudios e Inversión. Departamento de Inversiones.

ejercer presencia en la comunidad, resguardando la vida y bienes de las personas, creando de este modo condiciones de paz y equilibrio social que permitan el pleno desarrollo de la Nación. A lo anterior se agrega el Rol de Control del Orden Público, referido a las actividades que debe desarrollar Carabineros para restaurar el orden público quebrantado.

Carabineros depende directamente del Ministerio de Defensa Nacional, Ministerio del Interior y Seguridad Pública. La rectoría máxima de la Institución radica en la Dirección General, bajo cuya dependencia directa se ubica la Subdirección General, de la que a su vez dependen distintas Direcciones, una de las cuales es la Dirección Nacional de Seguridad y Orden Público. Este ámbito organizacional constituye el nivel

Estratégico o Directivo de la Institución, el primero de los dos niveles básicos que dan estructura a la Organización. En el otro nivel estructural, denominado Táctico u Operativo, se ubican, además de las unidades orgánicas dependientes de las demás Direcciones, las Jefaturas de Zona (con jurisdicción sobre una Región), Prefecturas (con jurisdicción sobre una o más Provincias y/o Comunas), Comisarías (con jurisdicción sobre una Comuna o, excepcionalmente, dos o más de ellas), Subcomisarías (con jurisdicción sobre una Comuna o parte de ella), Tenencias y Reténes, todas las cuales, bajo el mando de la Dirección Nacional de Seguridad y Orden Público, tienen por finalidad planificar, ejecutar y evaluar los servicios policiales para garantizar y mantener el orden público y la seguridad interior en todo el territorio nacional.

TABLA N°33

Algunos Componentes del Sistema Policial

INSTITUCIÓN	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	DESCRIPCIÓN
CARABINEROS DE CHILE	Cuartel	Se considera Cuartel a todo edificio, local o recinto destinado al funcionamiento de Altas reparticiones, Reparticiones, Unidades y destacamentos o cualquier otro servicio de Carabineros y las dependencias anexas o independientes en que funcionen dichos servicios.		
	Altas Reparticiones	Tendrán esta denominación la Dirección General, la Subdirección General, el Consejo Asesor Superior, las Direcciones, las Jefaturas de Zona de Inspección, la Prefectura General de Santiago y, en general, los organismos sin dotación de personal para el servicio policial, a cargo de un Oficial General de Orden y Seguridad.		
	Reparticiones	En esta denominación quedan comprendidas las Subdirecciones, los Departamentos, Secciones y Servicios de la Dirección General, las Prefecturas y Subprefecturas, el Instituto Superior, las Escuelas Institucionales, el hospital de Carabineros, y en general, los demás organismos sin dotación de personal para el servicio policial, a cargo de un Oficial Superior o Oficial Jefe, del grado de Teniente Coronel.		

TABLA N°33 (continuación)

Algunos Componentes del Sistema Policial

INSTITUCIÓN	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	DESCRIPCIÓN
CARABINEROS DE CHILE	Unidades	Estarán consideradas en esta clasificación las Comisarías, Subcomisarías, Grupos y Escuadrones de las Escuelas, Grupos de Instrucción y, en General, los organismos que cuenten con dotación de personal operativo para efectuar servicios policiales.	Comisarías	Son unidades básicas del servicio policial, comandadas por un Oficial Jefe del grado de Mayor y excepcionalmente por un Oficial Subalterno del grado de Capitán. Dependen Prefecturas o Subprefecturas.
			Subcomisarías	Son las unidades de características similares a las Comisarías pero de menor dotación, comandadas por un Oficial Subalterno del grado de Capitán. Dependen de las Comisarías.
	Destacamentos	Se comprenderán dentro de esta clasificación a las Tenencias, Reténes, Garitas y Avanzadas.	Tenencias	Son destacamentos comandados por un funcionario de los grados de Suboficial Mayor a Cabo, en lo posible graduado. Dependen de Comisarías, Subcomisarías o Tenencias.
			Reténes	

Fuente: Elaboración Propia

Los sistemas portuarios, aeroportuarios y ferrocarriles⁸¹ se organizan de acuerdo a sus propias características, el primero a través de la Dirección de Obras Portuarias es el órgano técnico y se puede caracterizar según su propiedad pueden ser: puertos estatales y puertos privados. Entendiendo como puertos estatales aquellos cuyas instalaciones pertenecen al Estado de Chile y puertos privados aquellos cuyas instalaciones son de propiedad privada; segundo según su uso pueden ser: puertos de uso público y puertos de uso privado. Entendiendo como puerto de uso público aquel que presta servicios indistintamente a cualquier usuario que lo requiera y que constituye una actividad independiente no accesoria

a la industria principal de su propietario. Por otra parte, se entiende como puerto de uso privado a aquel que ofrece un servicio exclusivo destinado a responder a las necesidades de la actividad principal de su propietario; y tercero según su destino o propósito: puertos comerciales, industriales, deportivos, pesqueros, militares, etc. Entendiendo que puerto comercial es todo aquel que tiene por misión fundamental ofrecer a los buques, las instalaciones necesarias para efectuar las operaciones de embarque y desembarque de mercancías y personas.⁸²

81. Del Río, P y Ulloa, D (2006) Sistema portuario de Chile 2005. Dirección Nacional de Obras Portuarias del Ministerio de Obras Públicas.

82. Enciclopedia General del Mar, Ediciones Garriga, Barcelona, 1968

El sistema aeroportuario a través de la Dirección General de Aeronáutica Civil es el órgano técnico y administra directamente el sistema Aeroportuario en Chile (aeropuertos y aeródromos), en general el sistema está compuesto por a) una red principal corresponde a los mayores terminales del país y gran parte de estos tienen conexión internacional; b) una red secundaria corresponde a aquellos terminales que sirven de apoyo a la red principal y centralizan el movimiento aéreo de las regiones en que están ubicados, son de carácter nacional; y c) y la red de pequeños aeródromos consta de pistas entre 700 y 1.000 m de longitud, asfaltadas o no pavimentadas, para ser usadas por aviones pequeños de hasta 15 pasajeros como servicio eventual o de recorrido especiales. Su objetivo es dar acceso a ciertas regiones

que no cuentan con otro medio de comunicación, por lo que tiende a ser más bien de carácter social antes que económico.

El sistema de ferrocarriles, a través de la empresa EFE, es la que administra el sistema y explotación de las redes, este sistema es por diseño, un sistema con menos grados de libertad que otros sistemas de transporte porque la circulación de los vehículos está restringida al eje de la vía. Adicionalmente, los trazados utilizan criterios de diseño relativamente conservadores tanto en lo que se refiere a la resistencia de la subestructura como a la geometría de la vía férrea porque los accidentes ferroviarios tienen elevados costos tanto en las personas como en los bienes materiales.

TABLA N°34

Algunas Componentes del Sistema Portuario, Aeroportuario y Ferrocarril

TIPO	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
AEROPUER- TO Y AERÓ- DROMOS	Pista	Corresponde a un área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves. La capacidad de la pista esta relacionada con la aptitud para acomodar aterrizajes y despegue de aviones.
	Calle de Rodaje	Vía definida en un aeródromo terrestre, establecida para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte del aeródromo, incluyendo: a) Calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave; b) Calle de rodaje en la plataforma; c) Calle de salida rápida.
	Plataforma de Estacionamiento de Aviones	Área definida, en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, reaprovisionamiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento. En la plataforma de estacionamiento de aviones se distinguen posiciones remotas y estructurales. Las primeras son aquellas en que el avión se ubica separado del edificio terminal, entrando y saliendo por sus propios medios a la posición de estacionamiento. En las posiciones estructurales el avión se estaciona frente al edificio terminal; en este caso el avión llega a estacionar por sus propios medios, sin embargo a la salida es remolcado hasta un punto en que puede operar por sus propios medios.
	Edificio Terminal o de Pasajeros	Principalmente los aeropuertos de la red principal y secundaria cuentan con instalaciones para el tráfico de personas. Pero esencialmente en el aeropuerto de la red principal existen áreas destinadas a la facturación, terminales para el embarque y desembarque, servicios comerciales y áreas para el estacionamiento de automóviles.

TABLA N°34 (continuación)

Algunas Componentes del Sistema Portuario, Aeroportuario y Ferrocarril

TIPO	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
PUERTOS	Sitio de Atraque	Construcción que se hace en la costa o ribera con el objeto de permitir el atraque de embarcaciones para la movilización de personas o carga, cualquiera sea la forma que tenga. Conjunto formado por una parte de la obra de atraque, de longitud adecuada a la nave de diseño y de la explanada que se establece tras aquélla.
	Área de Almacenamiento	Zona destinada a estancias prolongadas de mercancías, materiales y suministros permitiendo la acumulación de los mismos.
	Área de Operación	Zona destinada a la transferencia y manipulación de mercancías, materiales y suministros en las que no se produce acumulación duradera de éstos.
	Área de Servicio	Zona excluida del tráfico de mercancías, materiales y suministros. Será generalmente una zona destinada a habitabilidad, servicios administrativos, paseo o esparcimiento.
	Espigón	Estructura para la protección de la costa construida generalmente de forma perpendicular a la costa y destinada para retrasar el transporte litoral.
	Área de Grúas	Equipo de manipulación de mercancías por elevación, existen distintos tipos de grúas las principales son: i) grúa móvil: grúa montada sobre neumáticos u orugas, capaz de desplazarse por toda la superficie de forma no restringida; ii) Grúa portacontenedores: grúa pórtico en cuyo extremo lado del agua tiene una pluma abatible que permite el lanzamiento de un mecanismo de enganche de contenedores, posibilitando la carga y descarga directa de lo mismo desde o hacia una zona de evacuación o almacenamiento; iii) Grúa pórtico o de muelle: grúa capaz de desplazarse longitudinalmente sobre carriles a lo largo del muelle, en dirección paralela al carril, apoyando todas sus patas en el muelle y pudiendo girar sobre su eje vertical de forma completa.
	Infraestructura de Apoyo	Obras que son parte del proyecto que complementan a la infraestructura marítima, como son muros, explanadas, muelles, atracaderos, patios de trabajo, etc.
FERROCA- RRILES	Molo	Muro o terraplén que internándose desde la costa o ribera aguas adentro, sirve para la defensa o abrigo de cierto espacio de agua y que también puede ser utilizado para la movilización de carga o de pasajeros. Se considerará como muelle o atracadero, según sea apto para el atraque de embarcaciones mayores (muelle) o menores (atracadero).
	Vías	Es el elemento por los cuales se desplaza el tren.
	Estaciones	En general la ubicación de las estaciones está señalada por estudios de demanda, que a su vez están determinadas por la ubicación de los asentamientos urbanos. En los sistemas exclusivos de pasajeros, las estaciones requieren de desvíos y aparatos de maniobras que son funcionales sólo para el servicio (acceso a talleres y cocheras, trasposos para bucles de servicio parcial, vías de estacionamiento y, en caso de sistema de vías simple, desvíos para cruzamiento). Mientras que en otras estaciones, en cambio, son sólo paraderos en los cuales no se hace maniobra alguna, por lo que no tienen desviadores ni desvíos, limitándose los trenes a detenerse para dejar y tomar pasajeros. Este tipo de estaciones es más frecuente en sistemas de doble vía.
	Patios de Carga	Son esenciales en los sistemas de carga general, ya sea exclusivos o mixtos, algunas estaciones requerirán de patios de carga con sus respectivos desvíos y aparatos de maniobras, para dar acceso a las instalaciones de carga y descarga o de intercambio intermodal, además de los desvíos de cruzamiento, para cruzar lo trenes de mayor prioridad. Los desvíos de cruzamiento en sistemas de simple vía no tienen necesariamente que estar ubicados en estaciones de centros poblados, sino donde se requieran por razones de mayor eficiencia del tráfico.

Fuente: Elaboración Propia

El Sistema de Telecomunicaciones, en general obedece a las redes que soportan la prestación de los servicios de comunicación a los usuarios finales son de dos tipos. En primer lugar, las redes de servicio (telefonía fija, telefonía móvil, datos, e internet) que están constituidas por un conjunto de elementos de red llamados generalmente nodos o switches, y en segundo lugar las redes de acceso que conectan a los usuarios finales con dichas redes de servicio. Estas redes de acceso pueden ser de distintas tecnologías, ya sea alámbricas o inalámbricas.

La telefonía fija es un tipo de servicios en que se distinguen dos tipos de arquitectura que coexisten en mayor o menor medida, dependiendo del operador específico. En el primer tipo, predomina la formada por nodos o centrales telefónicas convencionales las que se interconectan a través de redes de transporte mayoritariamente de fibra óptica. La segunda arquitectura corresponde a la formada por centrales de tecnología IP⁸³ pertenecientes a las redes de nueva generación y que se conocen bajo el nombre de softswitch. Estos últimos se conectan directamente usando protocolos de red y transporte TCP/IP⁸⁴ a través de las redes de datos IP/MPLS⁸⁵ que finalmente usan la misma red de transporte de fibra óptica.

La telefonía móvil es una arquitectura de redes móviles que se dividen en dos, por un lado están las redes móviles de segunda generación (2G) y por el otro lado están las redes móviles de tercera generación (3G), actualmente ambas están siendo utilizadas por los principales operadores de telefonía móvil en Chile y las dos dependen de antenas para la propagación de su señal.

La internet se basa en sistema de proveedores de servicio de internet (ISP) corresponden a empresas que brindan conexión a internet a sus clientes. Dentro de cada ISP se pueden distinguir diferentes elementos de red utilizados para la prestación del servicio al usuario final. Entre ellos destacan los de uso común al universo común a los clientes, como los servidores de autenticación AAA (Accounting, Authentication, Authorization), servidor de nombres de dominios DNS, que efectúan la traducción entre la URL y la dirección IP real, el Firewall o cortafuego, y otros servidores que entregan servicios adicionales de valor agregado, como correos, antivirus, antispam, mensajería y otros. Un esquema de esta arquitectura se representa en la figura siguiente.

83. Protocolo de internet

84. TCP/IP son los dos protocolos de internet más importantes que la componen: Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP)

85. MultiprotocolLabelSwitching es un mecanismo de transporte de datos estándar. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.

FIGURA N°10

Análisis Arquitectura de Red

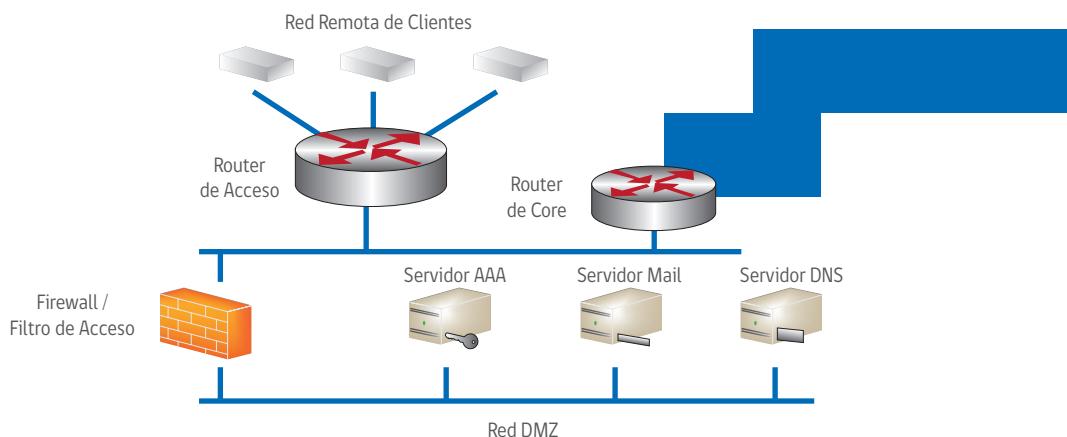


TABLA N°35

Algunas Componentes de los Sistemas de Telecomunicaciones

TIPO	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
TELEFONÍA FIJA	Centrales Telefónicas o Nodos	Son lugares que albergan los equipos de transmisión y conmutación que hacen posible la comunicación entre diferentes abonados. Las centrales se conectan entre sí mediante enlaces de comunicaciones entre centrales o enlaces intercentrales. Por lo tanto, en estos nodos finalizan líneas de abonados y se originan los enlaces de comunicaciones con otras centrales de igual o distinta jerarquía. Por consiguiente, este tipo de arquitectura presenta una cierta jerarquía de acuerdo a la clasificación tradicional de centrales locales, primarias y de tránsito de orden superior.
	Unidad Remota de Abonado (URA)	Son las conexiones entre la central local o de primer nivel jerárquico y los abonados.
	Softswitch	Corresponde al dispositivo principal en las redes de nueva generación, es el encargado de proporcionar el control de llamadas (señalización y gestión de servicios) procesamiento de llamadas y otros servicios sobre una red de conmutación de paquetes IP. Es decir, el servicio de telefonía fija que se brinda al usuario final se cursa por la red de datos IP en donde un softswitch centralizado cumple funciones de control y señalización. En definitiva, el Softswitch actúa como gestor en el momento de interconectar redes de telefonía tradicional con redes de conmutación de paquetes IP.
TELEFONÍA MÓVIL	Estaciones Transceptoras Base ó BTS (Base Transceiver Station)	Corresponde al elemento de la red que hace la conexión del sistema radiante con la parte fija o cableada de la red. La BTS se compone de receptores y transmisores (Transceptores), equipos de radio, antenas, torres de soporte, pararrayos, etc.
	Controlador de Estaciones Base ó BSC (Base Station Controller)	Corresponde a un nodo encargado de gestionar varias BTS en lo que es relativo a los recursos de radio, como la asignación, utilización y liberación de frecuencias, los traspasos (handover) y saltos de frecuencia.

TABLA N°35 (continuación)

Algunas Componentes de los Sistemas de Telecomunicaciones

TIPO	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
TELEFONÍA MÓVIL	Centro de Conmutación de Móviles ó MSC (Mobile Switching Center)	Este nodo es el encargado de realizar todas las acciones de control, conmutación y encaminamiento de las llamadas desde y hacia otros sistemas como el de telefonía pública conmutada PSTN (Public Switching Telephone Network), o hacia la misma u otras redes móviles. Este es el nodo central de una red móvil, es decir todas las llamadas desde redes externas hacia la red móvil y de la propia red móvil hacia teléfonos móviles y fijos llegan al MSC, quien realiza la conmutación y control de ellas. Además el MSC realiza a diferencia de un conmutador tradicional de telefonía fija, las acciones relativas al sustento de la movilidad. Es el encargado de los procedimientos para la localización y registro de abonados y su actualización, de los procedimientos del traspaso de llamadas, gestión de los protocolos de señalización. Una red móvil puede tener varios SC y cada uno de ellos atiende una zona geográfica distinta.
	Servidor de centro móvil de conmutación ó MSC-S	Este nodo se encarga de las funciones de movilidad y control de llamadas que efectúa un MSC tradicional. Como tal es responsable del control del establecimiento, mantención y terminación de las llamadas originadas y terminadas en el dominio de circuitos conmutados de la red móvil. También es el encargado de cambiar el formato de la señalización usuario-red al formato de señalización red-red (entre entidades del núcleo de red de conmutación).
	Puerta de Enlace de Medios CS-MGW (Circuit Switched Media Gateway)	Este nodo une la parte de transporte entre las redes de acceso y el núcleo de la red móvil, o si se quiere entre el BSC y el núcleo de la red.
INTERNET	Router de Acceso	Es un equipo informativo conectado a diferentes redes. Por cada red a la que está conectado, dispondrá de un interfaz de red y su correspondiente IP.
	Servidor Autenticación DNS	En español DNS significa Sistema de Nombre de Dominio. Es una base de datos distribuida y jerárquica que almacena información asociada a nombres de dominio en redes como internet. Este sistema asocia información variada con nombres de dominios asignado a cada uno de los participantes. Su función más importante, es traducir nombres inteligibles para los humanos en identificadores binarios asociados con los equipos conectados a la red, esto con el propósito de poder localizar y direccionar estos equipos mundialmente.
	Router de core	Es un router diseñado para operar en las principales conexiones troncales de internet. Para cumplir este rol el router debe estar disponible para apoyar múltiples interfaces de telecomunicación de alta velocidad y debe estar capacitado para enviar informe en paquete IP entre las redes.
	Servidor AAA (Automatización Autenticación y Accounting)	Se utilizan para una mayor seguridad en el acceso dentro de una VPN (Red Virtual) Remota.

Fuente: Elaboración Propia

El sistema de suministro eléctrico⁸⁶, se caracteriza por desarrollar las actividades de generación, transporte y distribución de electricidad son desarrolladas en Chile por el sector privado, cumpliendo el Estado una función reguladora, fiscalizadora y subsidiaria. En la industria eléctrica participan 26 empresas generadoras, 5 empresas transmisoras y 36 empresas distribuidoras. Las empresas distribuidoras tienen la obligación de dar servicio dentro de sus respectivas zonas de concesión. Mientras que las empresas generadoras y transmisoras, por su parte, tienen la obligación de coordinar la operación

de sus centrales y líneas de transmisión que funcionan interconectadas entre sí, con el fin de preservar la seguridad del sistema. En Chile existen cuatro sistemas interconectados, el del Norte Grande (SING), el Central (SIC), el de Aysén y el de Magallanes. En 2007 la capacidad instalada en los dos primeros representaba un 91% del total de generación. Además de acuerdo a la Comisión Nacional de Energía en el 2007 la participación energética en capacidad instalada en generación a nivel nacional era agua (38,2%) seguido por gas natural (36,8%), carbón (15,9%) y diesel (7,4%).

TABLA N°36

Descripción de los Subsistemas en Chile⁸⁷

SUBSISTEMA	DESCRIPCIÓN
Sistema Interconectado del Norte Grande (SING)	Este sistema cubre el territorio comprendido entre las ciudades de Arica y Antofagasta. Aproximadamente, el 90% del consumo del SING está compuesto por grandes clientes, mineros e industriales. Operan en el SING un total de 6 empresas de generación además por tratarse de un sistema predominantemente térmico el parque generador está constituido por unidades de generación a carbón, fuel, diesel y por centrales de ciclo combinado a gas natural y sólo existen dos unidades hidroeléctricas. Mientras que el sistema de transmisión está constituido, principalmente, por líneas eléctricas de propiedad de las empresas de generación, líneas eléctricas de los propios clientes y líneas eléctricas de las empresas cuyo giro es la transmisión de energía eléctrica. Por último, en el SING operan tres empresas de distribución de energía.
Sistema Interconectado Central (SIC)	Es el principal sistema eléctrico del país, entregando suministro eléctrico a más del 90% de la población del país con un 66,2% de la capacidad instalada en el país. El SIC se extiende desde la ciudad de Taltal por el norte, hasta la isla Grande de Chiloé por el sur. El SIC es un sistema hidro-térmico en el cual el 60,5% de su capacidad instalada está compuesta por centrales hidráulicas de embalse y pasada. Está integrado por 10 empresas generadoras y 3 empresas de transmisión, el parque generador está constituido en un 60,5% por centrales hidráulicas y en un 39,5% por centrales térmicas a carbón, fuel, diesel y de ciclo combinado a gas natural. El sistema de transmisión está constituido, principalmente, por las líneas eléctricas de propiedad de las empresas de generación más las líneas de las empresas cuyo giro es la transmisión de energía eléctrica. Mientras que operan 31 empresas en la distribución de energía.
Sistema de Aysén	Atiende el consumo eléctrico de la XI Región y es un sistema 76% térmico. Opera en él una sola empresa la cual desarrolla las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.
Sistema de Magallanes	Abastece la Región XII y está constituido por tres subsistemas eléctricos: Los sistemas de Punta Arenas, Puerto Natales y Puerto Porvenir siendo cada uno de ellos 100% térmicos. Opera en estos sistemas una sola empresa la cual desarrolla actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.
Sistema Isla de Pascua	Tiene un sistema eléctrico muy pequeño en relación al resto de los sistemas eléctricos del país. Dicho sistema eléctrico es propiedad de la empresa Sociedad Agrícola y Servicios Isla de Pascua Ltda. Dicha empresa en el área de electricidad, posee una única central eléctrica con la cual abastece los requerimientos eléctricos de la isla.

Fuente: Elaboración Propia

86. Borregard N y Katz R. (2009) Opciones para la matriz Energética Eléctrica. Insumos para la discusión. Fundación Futuro Latinoamericano y Fundación Avina

87. www.cne.cl/

TABLA N°37

Algunos Componentes del Sistema Eléctrico

SUBSISTEMAS	DESCRIPCIÓN
Generación de energía eléctrica	Consiste en la transformación de alguna energía no eléctrica (eólica, térmica, lumínica, etc.) en energía eléctrica, las instalaciones industriales que ejecutan dicha transformación se denominan centrales eléctricas. Es decir, una central eléctrica es una instalación que utiliza una fuente de energía primaria para hacer girar una turbina y alternador los cuales generan electricidad. Las centrales pueden clasificarse en termoeléctricas (combustibles fósiles, biomasa, nucleares, etc.), hidroeléctricas, eólicas, etc.
Transmisión de energía eléctrica	Consiste en el transporte de la energía generando hasta las subestaciones de transformación. Para transportar energía eléctrica a través de largas distancias los volúmenes producidos son transformados elevando su nivel de tensión. Esto se realiza porque para un determinado nivel de potencia a transmitir el elevar el voltaje reduce la intensidad de corriente eléctrica que circulará y de esta forma se minimizan las pérdidas. Por lo tanto, la transmisión de energía eléctrica se realiza mediante líneas de alta tensión. Esta línea está constituida por el elemento conductor (cobre o aluminio) y por elementos de soporte (torres de alta tensión).
Distribución de energía eléctrica	Consiste en el transporte de energía desde las subestaciones de transformación hacia los puntos de consumo. La red de distribución cuenta con líneas de distintas tensiones que se reducen hasta los valores utilizables por los usuarios. La distribución de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación se realiza en dos etapas: La primera está constituida por la red de reparto, que parte de la subestación de transformación hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. La segunda etapa la constituye la red de distribución, esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo (población, gran industria, etc.), une estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación, que en definitiva son la última etapa del suministro en media tensión, ya que las tensiones a la salida de estos centros es de baja tensión.
Subestaciones de transformación	Son instalaciones transformadoras que se encuentran junto a las centrales generadoras y en la periferia de las diversas zonas de consumo aquí reducen la tensión de la electricidad desde la tensión de transporte (alta tensión) a la distribución (media tensión).
Centros de Transformación	Son instalaciones dotadas de transformadores encargados de efectuar el traspaso de la tensión de distribución (media tensión) a la tensión de los usuarios.

Fuente: Elaboración Propia

El sistema de combustibles y sustancias peligrosas⁸⁸ es relevante en el ámbito de los hidrocarburos principalmente para la producción de energía en Chile, según la Comisión Nacional de Energía, el consumo neto de hidrocarburos correspondió al 67% del consumo primario de energía del 2007. En donde, el consumo neto de petróleo y sus derivados llegó a un 41%, mientras que el de gas natural correspondió al 16%. En este apartado se analiza la industria del petróleo y del gas natural.

En cuanto a la estructura de la industria del petróleo la tabla muestra que se puede subdividir en exploración, extracción, producción de petróleo crudo y refinación del petróleo crudo, almacenamiento y transporte de combustibles, distribución de combustibles a nivel mayorista y nivel minorista.

88. Saavedra y Agostini (2009) La Industria del Petróleo en Chile. Documento de trabajo. Facultad de Economía y Negocios. Universidad Alberto Hurtado./ Informe Estadístico Superintendencia Electricidad y Combustibles

En la estructura para el gas natural⁸⁹, Chile se divide en cuatro zonas que reciben gas natural de fuentes independientes: el Norte, el centro, el Sur y la región de Magallanes. En todas ellas se importa gas desde Argentina. Sólo la región de Magallanes es abastecida parcialmente con producción nacional. El gas natural se transporta por gasoductos y luego se distribuye por redes. En términos gruesos, la red de distribución se puede dividir en primaria, secundaria y terciaria. El gasoducto tiene un diámetro de 24 pulgadas y está enterrado a lo menos a un metro de profundidad, pero ésta puede llegar hasta 10 metros en caso de cruces especiales, tales como cursos de agua. Su instalación considera un corredor de 15 metros de ancho.

Las sustancias peligrosas se definen según la Norma Nch/382 como aquella que por su naturaleza, produce o puede producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal y a elementos materiales tales como instalaciones, maquinarias, edificios, entre otros. Los criterios que normalmente definen la peligrosidad son la inflamabilidad, corrosividad, reactividad toxicidad, patogenicidad y radioactividad.

FOTO N°7

Cauquenes Maule, Terremoto 27 de febrero de 2010.
(Fabiola Leiva C.)



89. Se le llama "gas natural" a un conjunto de gases de origen fósil, principalmente metano, que se encuentra en el subsuelo continental o marino en estado líquido o gaseoso./ www.agnchile.cl Asociación de Distribuidores de Gas Natural/ Fosco, C. y E. Saavedra (2003a), "Estructura de la Industria y Relaciones Patrimoniales del Gas Natural en Chile", Documento de Investigación I-147, ILADES-Universidad Alberto Hurtado

TABLA N°38

Algunos Componentes para Combustible y Sustancias Peligrosas

TIPO	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
PETRÓLEO	Exploración y extracción	En Chile la Empresa Nacional de Petróleo (ENAP) es la única empresa que produce y refina petróleo crudo. En Chile todos los yacimientos petrolíferos que se encuentren en el territorio nacional son propiedad del Estado, sin embargo la importancia del petróleo doméstico en el mercado es menor (1,2% de participación) ya que la gran mayoría del consumo interno se satisface con importaciones.
	Refinación	La producción interna es realizada exclusivamente por ENAP con plantas propias, la que se complementa con importaciones que realizan la misma ENAP y algunos distribuidores mayoristas.
	Almacenamiento	El almacenamiento de productos derivados del petróleo, principalmente combustibles líquidos, la principal empresa es la ex - Empresa Almacenadora de Combustibles Ltda. (ex EMALCO), filial de ENAP, que almacena hidrocarburos tanto a empresas filiales de ENAP como a terceros. Sin embargo, existen varias empresas que cuentan con almacenamiento propio como es el caso de COPEC, SHELL y ESSO.
	Transporte	Los productos refinados son transportados a los clientes mayoristas a través de oleoductos, barcos o camiones. Gran parte de los oleoductos son propiedad de SONACOL, cuyos ductos se concentran en el centro del país. En la práctica, más del 70% de los productos refinados destinados al mercado nacional se transportan a través de la red de oleoductos ubicada, principalmente, en la zona central del país. Por otro lado, existen 34 terminales marítimas relacionados con hidrocarburos distribuidos a lo largo de todo Chile, pero ubicados principalmente en las regiones no abastecidas por oleoductos.
	Distribución mayorista	En la Distribución de combustibles líquidos participan un número pequeño de empresas privadas, las que comercializan tanto los derivados de petróleo refinados por ENAP como los importados.
	Distribución minorista	La venta al consumidor final se realiza a través de estaciones de servicio.
GAS	Red Primaria	Se ocupa para trasladar gas desde el gasoducto hacia los puntos locales de distribución.
	Red Secundaria	Traslada gas desde la red primaria a los puntos de distribución locales.
	Red Terciaria	La red terciaria lleva el gas desde los nodos hacia los consumidores finales. La tubería es de polietileno y la presión es de cuatro bares (baja presión).
	Estaciones de válvula	Son estaciones controladas remotamente que miden el flujo, presión y temperatura en el gasoducto.
	Estaciones de recepción	En los puntos de recepción se recibe el gas que será distribuido en la región.
SUSTANCIAS PELIGROSAS	Explosivos	i) Materiales que presentan un riesgo de explosión de toda la masa (se entiende de manera prácticamente instantánea a la totalidad de la carga); ii) Materiales que presentan un riesgo de proyección pero no un riesgo de explosión de toda la masa; iii) Materiales que presentan un riesgo de incendio y un riesgo que produzca pequeños efectos de onda, choque o proyección, o ambos efectos, pero no un riesgo de explosión de toda la masa. (Se incluyen materiales cuya combustión da lugar a una radiación térmica considerable y/o arden sucesivamente); iv) Materiales muy insensibles que presentan un riesgo de explosión de toda la masa; v) Sustancia de detonación extremadamente insensibles.
	Gases inflamables, no inflamables y venenosos	i) Gas inflamable; ii) Gas comprimido no inflamable, no venenoso; iii) Gas venenoso por la inhalación (tóxico); iv) Material peligroso cuando está mojado.

TABLA N°38 (continuación)

Algunos Componentes para Combustible y Sustancias Peligrosas

TIPO	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
SUSTANCIAS PELIGROSAS	Líquidos inflamables	i) Líquidos con punto de inflamabilidad bajo; ii) Líquidos con punto de inflamabilidad medio (Comprende los líquidos cuyo punto de inflamabilidad es igual o superior a 18 °C e inferior a 23 °C; iii) Líquidos con punto de inflamación elevado. Comprende los líquidos cuyo punto de inflamabilidad es igual o superior a 23 °C pero no superior a 61 °C.
	Líquidos inflamables y con combustión espontánea	i) Sólidos inflamables; ii) Sólidos espontáneamente combustibles, es decir, materiales que pueden experimentar combustión espontánea; iii) Peligro al contacto con el agua o con el aire, es decir, materiales que al contacto con el agua o con el aire, desprenden gases inflamables.
	Oxidantes y peróxidos orgánicos	i) Materiales oxidantes, es decir que sin ser necesariamente combustibles en sí mismos pueden (liberando oxígeno o por procesos análogos), acrecentar el riesgo de incendio y otros materiales con los que entren en contacto; ii) Materiales peróxidos orgánicos, es decir, materiales orgánicos de estructura bivalente O-O en los que uno o ambos átomos de hidrógeno han sido reemplazados por radicales orgánicos que pueden experimentar una descomposición exotérmica auto acelerada. Estos materiales presentan las siguientes características son susceptibles de experimentar descomposición explosiva, de arder rápidamente, son sensibles al impacto o al frotamiento y reaccionan peligrosamente con otras sustancias y producen lesiones en los ojos.
	Materiales venenosos (tóxicos) e infecciosos	i) Materiales venenosos de los grupos de peligro I y II, es decir, materiales que pueden causar muerte o pueden producir efectos gravemente perjudiciales para la salud del ser humano si se ingieren o se inhalan o si entran en contacto con la piel; ii) Materiales nocivos del grupo de peligro II; iii) Material infeccioso que contenga microorganismos patógenos.
	Radioactivos	Cualquier material que emite radiaciones en forma espontánea, como por ejemplo el yodo radiactivo, cobalto, uranio, plutonio, etc. En este sentido la norma NCh 2120/7 Of. 89 ha definido las sustancias consideradas radioactivas.
	Corrosivos	Materiales sólidos o líquidos que en su estado natural tienen en común la propiedad de causar lesiones más o menos graves en los tejidos vivos. Si se produce un escape de uno de estos materiales pueden deteriorar otras mercancías o causar desperfectos en el sistema de transporte.
	Materiales peligrosos misceláneos	Esta clase posee características especiales, básicamente en ésta se ubican todos los materiales que por sus características no se pueden clasificar en las ocho clases anteriores.

Fuente: Elaboración Propia

Las oficinas públicas son instalaciones indispensables debido a que su funcionalidad resulta estratégica frente a diversos desastres naturales. Estas oficinas en periodos de emergencia cumplen la función de coordinar y ejecutar gran parte de las tareas de manejo de la emergencia, por lo tanto, estas oficinas deben permanecer operativas durante la emergencia.

a) Instituciones Públicas de Gobierno Interior

Intendencia: a nivel regional la entidad competente es la intendencia la cual tiene como responsabilidades básicas establecer las orientaciones básicas, ejercer la dirección general y brindar apoyo técnico y financiero complementario a los niveles inferiores Provincial y Local en materia de emergencias. Sus instalaciones se encuentran en las capitales regionales estas instalaciones la mayoría de las veces albergan a la oficina regional de emergencia responsables de coordinar las acciones de prevención y reacción ante las emergencias a nivel regional.

Gobernación Provincial: esta entidad tiene la responsabilidad de promover la prevención y atención de desastres en los municipios de su ámbito, coordinar la oferta de apoyo técnico y preparar la atención de emergencias que superen las capacidades municipales. Además la gobernación es un órgano desconcentrado territorialmente de la intendencia y es la entidad que le corresponde la administración de la provincia. A su vez, a esta entidad le corresponde ejercer, de acuerdo a las instrucciones del intendente, la supervigilancia de los servicios públicos existentes en la provincia y otras funciones establecidas por la ley. Sus instalaciones se encuentran en las capitales provinciales, estas instalaciones en la mayoría de los casos albergan a la oficina provincial de emergencia responsables de coordinar las acciones de prevención y reacción ante las emergencias a nivel provincial.

b) Instituciones Públicas de Administración Territorial

Gobierno Regional: Es el órgano encargado de la administración superior de la región y está compuesto por el Presidente y Ejecutivo (Intendente) del Gobierno Regional y su respectivo Consejo Regional, sus competencias están orientadas al desarrollo económico social y cultural de la región junto una de sus principales competencias son las contenidas en su artículo 16 letra a) y f)⁹⁰. Sus instalaciones se encuentran en las capitales regionales.

Municipalidad: Es el órgano responsable de la administración comunal en materias de desarrollo económico, social y cultural. Está compuesto por el Alcalde y el Concejo Municipal. Las administraciones municipales tiene la prioridad en materia de gestión del riesgo, porque los riesgos nacen en el ámbito local para ello sus principales atribuciones⁹¹ se establecen en el art. 3 letra a), b) y e) además del art. 4 letra i). Sus instalaciones se encuentran en las capitales comunales. Estas albergan las oficinas comunales de emergencia responsables de coordinar las acciones de prevención y reacción ante las emergencias a nivel comunal.

90. Art. 16 letra f): Adoptar las medidas necesarias para enfrentar situaciones de emergencia o catástrofe, en conformidad a la ley, y desarrollar programas de prevención y protección ante situaciones de desastre, sin perjuicio de las atribuciones de las autoridades nacionales competentes

91. Ver ley 18.695

El sistema de emergencia principalmente compuesto por el cuerpo de bomberos, es relevante porque proporciona uno de los principales recursos humanos para atender la emergencia (incendios, rescate o salvamente) generada por un desastre natural. Cada cuerpo de bomberos es una corporación privada, con personalidad jurídica y estatutos propios. Estos cuerpos están ampliamente distribuidos por tanto son diferentes entre sí, tanto por la diversidad de emergencias que deben atender, como por el tamaño y características de la comunidad a la que sirven, de la cual obtienen los recursos humanos y una parte fundamental del financiamiento. Sin embargo, todos tienen la misma organización básica

- a) **Compañía de bomberos⁹²:** es la célula básica de la organización bomberil en el País, actualmente hay alrededor de 1.100 en todo el país. Su máxima autoridad es el Director y las acciones operativas de respuesta a la emergencia están a cargo del Capitán. En una localidad pequeña, el Cuerpo de Bomberos tendrá sólo una Compañía, pero en la mayoría de los casos habrá dos o más. Las compañías deben ser autosuficiente en cuanto a recursos: cuartel, carro, equipos de comunicaciones y material de trabajo.
- b) **Cuerpos de Bomberos⁹³:** Desarrollan su labor en una o más comunas y en la actualidad ya suman 307 Cuerpos de Bomberos en todo el país. Las Compañías dependen del respectivo cuerpo de bomberos, la autoridad máxima de cada cuerpo de bomberos es su directorio, encabezado por su superintendente en quien residen los poderes administrativos. Él es el representante legal y asume las relaciones con las autoridades públicas y de otras instituciones. Por su parte, las acciones operativas están a cargo del Comandante, al que corresponde dirigir las acciones de respuesta a la emergencia.

El sistema de represas o acumulación de agua son las fuentes de acumulación de agua sean estas para energía hidroeléctrica o para depósito de agua, son de vital importancia para el normal funcionamiento de las actividades económicas y de la población. Además si estas instalaciones se encuentran localizadas aguas arriba de un poblado, las consecuencias que pudiese tener la fractura del muro o dique de contención pueden ser desastrosas para la población. La acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río que cierra total o parcialmente su cauce es un embalse. Los embalses pueden ser naturales o artificiales, en los embalses artificiales la barrera fabricada con hormigón, piedra o materiales sueltos se denomina represa. El embalsamiento de agua generalmente es destinada a riego, canalización del riego y la producción de energía. En Chile se puede definir como embalses mayores aquellos que tienen una capacidad máxima de 50.000 m³ o muros con más de 5 m de altura.

92. www.bomberos.cl

93. www.bomberos.cl

TABLA N°39

Algunas Componentes de Análisis para los Sistemas de Acumulación

	TIPO	DESCRIPCIÓN
FUNCIÓN	Filtrantes o Diques de Retención	Tiene la función de retener sólidos transportados por torrentes en áreas montañosas, permitiendo el paso del agua.
	Control de avenidas	Tiene la función de laminar el caudal de las avenidas torrenciales, con objeto de no generar daño en los terrenos ubicados aguas abajo.
	Derivación	Tiene la función de elevar la cota del agua para hacer factible su derivación, controlando la sedimentación del cauce de forma que no se obstruyan las bocatomas de derivación.
	Almacenamiento	Tiene la función de almacenar el agua para un uso regulado en irrigación, generación eléctrica, abastecimiento a poblaciones, recreación o navegación, formando grandes vasos o lagunas artificiales. Por lo tanto, las de mayor capacidad de embalse y mayor altura de cortina corresponden a este objetivo.
	Relaves	Tiene la función de retener los desechos sólidos y líquidos de la explotación minera que son almacenados para su decantación. De igual forma que las represas hidráulicas cuentan con una cortina y vertedero sin embargo, en vez de tener bocatoma poseen un sistema para extraer los líquidos.
ESTRUCTURA	de Gravedad	Son represas en las que su propio peso es el encargado de resistir el empuje del agua. Esta constituye la represa de mayor durabilidad y que menor mantenimiento requiere.
	de Bóveda	Son represas en las que su propia forma es la encargada de resistir el empuje del agua. Esta constituye la represa más innovadora en cuanto al diseño y que menor cantidad de hormigón se necesita para su construcción.
MATERIALES	Hormigón	Estas represas al estar hechas de hormigón las construcciones son más estables y duraderas. Generalmente las represas de gravedad o bóveda están hechas de este material.
	Material Suelto	Estas represas son menos costosas, regularmente los materiales utilizados en estas represas son piedras, gravas, arenas, limos y arcillas. Aunque los de mayor uso son piedras y gravas, estos materiales pueden generar la resistencia necesaria para contrarrestar el empuje de las aguas.
	Enrocamiento	En este tipo de represa el elemento de retención del agua es una pared conformada con fragmentos de roca de distintos tamaños, en donde el elemento impermeable es un muro de hormigón que está por el lado del embalse.

Fuente: Elaboración Propia

Los terminales de buses es un lugar diseñado donde buses urbanos o interurbanos se estacionan temporalmente para recoger y dejar pasajeros. A pesar que los terminales pueden ser públicos o privados, estos se consideran edificios de uso público, por lo tanto las edificaciones construidas al interior de terminales deben satisfacer las condiciones relativas a edificios de uso público. La localización de los terminales de buses a menudo obedece a consideraciones relativas a los usos del suelo permitido, la relación con las vías de acceso, y la relación con el origen y/o destino del servicio. Respecto a los usos del suelo está permitido el emplazamiento de terminales, la normativa permite terminales sólo donde expresamente los instrumentos de planificación territorial admitan suelo para terminales de buses de acuerdo a la capacidad vial y productivas del entorno.

- a. **Depósito de buses:** Inmueble destinado a guardar los buses una vez que han concluido sus servicios. El número de vehículos usuarios del terminal no podrá ser superior a la flota de diseño, esto es, el número máximo de vehículos para el cual fue proyectado el terminal.
- b. **Área de estacionamiento, maniobra y circulación:** Los terminales de buses cuentan con un área mínima para el estacionamiento, maniobra y circulación interna de los buses. Asimismo, los depósitos de buses también cuentan con un área mínima para estacionamiento y un área mínima de maniobra y circulación que se determinan de forma independiente⁹⁴.
- c. **Áreas de almacenamiento y expendio de combustibles:** Los terminales de buses pueden contar con estanques para almacenamiento de combustibles y áreas para el expendio de los mismos, para servir exclusivamente a los vehículos que usan el terminal, para ello deben cumplir con la normativa.
- d. **Infraestructura física:** Los terminales pueden contar con distintos tipos de equipamiento para la atención de pasajeros y personal de servicio, el cual estará supeditado al número de buses que hagan uso del terminal y del tipo de buses de que se trate. Sin embargo, gran parte de los terminales cuentan con un área de servicios edificada para efectos tales como administración, servicios higiénicos y alimentación.

94. La parte de la superficie de terreno neto que se destine a maniobra y circulación de los vehículos deberá ser segregada del resto del área mediante soleras y pavimentarse de acuerdo con las exigencias contempladas en la presente Ordenanza general urbanismo y construcción.

E. ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN

La exposición refleja la posición geográfica del sistema en relación a una amenaza, esta variable permite identificar el sistema o componente que puede ser afectado por una amenaza, a esta exposición se le denominará exposición física. La importancia del análisis de exposición radica en que permite discriminar rápidamente la parte del sistema o componentes que se verá afectada y avanzar en el análisis de vulnerabilidad con respecto de la amenaza descartando a aquellos que no estén expuestos. En trabajos de microzonificación se puede considerar también como exposición la disposición u orientación espacial de la infraestructura.

El método para el análisis de riesgo corresponde a un conjunto de decisiones que se toman secuencialmente mediante procesos de discriminación y focalización. Un sistema o parte de él al estar expuesto se tenderá a focalizar el análisis al revisar la exposición de cada una de las componentes que se encuentra en el área de influencia de la amenaza y mediante un proceso de discriminación se descartan aquellas que no se encuentran expuestas. Lo anterior arroja como resultado a través de este "matching" o traslape las componentes (hospital, escuela, puente, etc.) sobre las cuales se realizará el análisis de vulnerabilidad. Para determinar los componentes que están expuestos se integra en un sistema de información geográfica (SIG) el mapa de influencia de la amenaza con los polígonos donde se encuentran el o los sistemas de análisis, el área de intersección de estas dos variables mostrará la exposición del sistema y sus componentes a la amenaza natural para diversas magnitudes que la caracteriza.

La construcción de un SIG con estas características requiere de conocimientos básicos del programa Arc Gis u otro de similares características. Adicionalmente es necesario contar con mapas bases, modelos digitales de terreno o cartografía digital relativos al sistema analizar. Una vez que se procesa la información y se obtiene la ubicación geográfica de los componentes del sistema respecto del área de influencia de una amenaza en particular.

TABLA N°40

Análisis de Exposición

ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN DE LAS COMPONENTES DEL SISTEMA					
AMENAZAS Y TERRITORIO		COMPONENTES DEL SISTEMA			
TIPO DE AMENAZA	ÁREAS (S) AMENAZA	LOC. COMP. 1	LOC. COMP. 2	LOC. COMP. 3	LOC. COMP. 4
Amenaza 1	Polig1, polig 2, etc.	si / no	si / no	si / no	si / no
Amenaza 2	Polig1, polig 2, etc.	si / no	si / no	si / no	si / no
Amenaza 3	Polig1, polig 2, etc.	si / no	si / no	si / no	si / no
Amenaza 4	Polig1, polig 2, etc.	si / no	si / no	si / no	si / no
Amenaza 5	Polig1, polig 2, etc.	si / no	si / no	si / no	si / no
Amenaza 6	Polig1, polig 2, etc.	si / no	si / no	si / no	si / no
Amenaza 7	Polig1, polig 2, etc.	si / no	si / no	si / no	si / no
Amenaza 8	Polig1, polig 2, etc.	si / no	si / no	si / no	si / no

Fuente: Elaboración Propia

análisis

sin análisis

Entonces la vulnerabilidad será la medida del nivel de cambio posible de sufrir por parte de un sistema ante la ocurrencia de una amenaza. Para ello es necesario la construcción de una función de vulnerabilidad en base a factores inherentes o propios del sistema y de factores externos vinculados al mismo. Juntos hacen que un sistema esté en mejores condiciones de adaptación que otro de acuerdo según tipo de amenaza. De allí se desprende que un sistema es más vulnerable mientras reúna mayores condiciones tanto de entorno, físicas y funcionales que tiendan a ser cambiadas ante la ocurrencia de un evento.

La construcción de la función de vulnerabilidad se realizada sobre 3 factores, el primero que consideraremos será el entorno, este corresponde a elementos como ubicación, topografía, suelo y condiciones geográficas del ambiente, condiciones locales, con el fin de verificar si estos espacios donde se emplaza las componentes o sistemas son frágiles por razones naturales, este análisis se puede ver en detalle estudiando el sistema in-situ y también se puede encontrar en los planos de emplazamiento del proyecto de ingeniería, un análisis de este tipo permite mayor certeza en los resultados finales.

La función es otro factor que se debe considerar, este corresponde a la identidad propia que tiene el sistema en estudio, implica un análisis del tipo de servicio que presta, su organización (estratégica, táctica y operativa), distinción de componentes que lo conforman, relaciones entre las componentes, análisis jerárquico de toma de decisiones, cobertura, análisis de redundancia, entre otras. Este análisis permite estimar el comportamiento futuro del sistema ante la eventual ocurrencia de un fenómeno natural extremo. A modo de explicación se presentan dos ejemplos uno para el sistema de salud y otro para el sistema de educación.

TABLA N°40-A

Sistema de Salud:

VULNERABILIDAD FUNCIONAL SALUD		
SEGÚN NIVEL DE COMPLEJIDAD		
Tipo de Establecimiento	Cualitativo	Cuantitativo
Consultorio	Muy bajo	0,2-0,35
Hospital Tipo iv	Bajo	0,36-0,51
Hospital Tipo iii	Media	0,52-0,67
Hospital Tipo ii	Alta	0,68-0,83
Hospital Tipo i	Muy alta	0,84-1

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N°40-B

Sistema de Educación

VULNERABILIDAD FUNCIONAL EDUCACIÓN		
SEGÚN NÚMERO DE ALUMNOS POR ESTABLECIMIENTO		
Nº Alumnos Matriculados	Cualitativo	Cuantitativo
0-100	Muy Bajo	0,2-0,35
101-250	Bajo	0,36-0,51
251-500	Media	0,52-0,67
501 - 999	Alta	0,68-0,83
>1000	Muy Alta	0,84-1

Fuente: Elaboración Propia

El factor físico, conocido como análisis de infraestructura y equipamiento, este análisis corresponde principalmente a un análisis de los elementos estructurales y no estructurales que conforman la infraestructura que contiene la componente del sistema. A modo de ejemplo, en edificaciones los elementos estructurales se reconocen porque deben resistir las fuerzas de gravedad, de viento, sismos y otros tipos de carga, es decir, son las columnas, vigas, marcos, pisos, paredes, muros y cimentaciones y el cielo, paredes livianas, ventanas entre otros se consideran como no estructurales. Para un análisis detallado o con el objeto de recabar información se debe acceder a los proyectos de ingeniería que se han utilizado para construir la infraestructura en estudio (carretera, hospital, escuela, etc), ante la ausencia de ellos se puede utilizar información secundaria sobre vida útil, antigüedad, estado de los inmuebles, etc.

Los elementos de análisis de la vulnerabilidad física consideran la vulnerabilidad estructural y no estructural la primera se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños en aquellas partes de la infraestructura que mantienen la mantienen en pie.⁹⁶ Mientras que vulnerabilidad no estructural se refiere a aquellos componentes de una infraestructura que están unidos a las partes estructurales como elementos arquitectónicos,⁹⁷ que cumplen funciones esenciales en el edificio como instalaciones básicas⁹⁸ o que simplemente están dentro de las edificaciones como equipos y mobiliarios.⁹⁹ Básicamente, la diferencia en el análisis

de vulnerabilidad estructural y no estructural es que una instalación puede quedar bien desde el punto de vista estructural pero por daños no estructurales puede quedar inhabilitada. Es decir para que una red o instalación continúe cumpliendo sus funciones debe contar con los elementos estructurales y no estructurales. Además fallas no estructurales pueden también afectar a la estructura en sí misma. Otra importante diferencia es que los elementos no estructurales pueden verse afectados por eventos naturales de menor intensidad y más frecuentes. Mientras elementos No estructurales se ven afectados bajo eventos naturales menos frecuentes pero de mayor intensidad.

La función de vulnerabilidad de los sistemas se construye a raíz de la relación que se produce entre las amenazas naturales (terremotos, maremotos, volcanismo e inundaciones) y la propia susceptibilidad de los sistemas, a menudo es esta susceptibilidad la que origina o multiplican los efectos de las amenazas. En este sentido, la ecuación de vulnerabilidad en instalaciones o redes implica incorporar la evaluación de los factores, tales como entorno $V(E_{mi})$, VE que corresponde a la vulnerabilidad física y equivale la suma de las vulnerabilidades estructurales $V(E_{smi})$ y no estructurales $V(N_{emi})$ y funcionales $V(F_{mi})$. Por lo tanto para alcanzar la vulnerabilidad en los sistemas que se encuentran expuestos se puede decir que corresponde a la suma de las vulnerabilidad de los factores, como se presenta en la fórmula siguiente:

$$f(V_{mi}) = V(E_{mi}) + VE(V(E_{smi}) + V(N_{emi})) + V(F_{mi})$$

96. Por ejemplo en una edificación pueden ser los cimientos, columnas, muros, vigas y losas

97. Por ejemplo ventanas, puertas, techos, tabiques, etc.

98. Por ejemplo aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.

99. Por ejemplo equipos técnico, muebles, etc.

La accesibilidad y existencia de la información es el principal problema en Chile para construir análisis de riesgo. La cantidad y precisión de la información está relacionada directamente con la calidad de los escenarios diseñados y la obtención de resultados con menor incertidumbre. Es por lo anterior es que se recomienda en la construcción de la función de vulnerabilidad incorporar todos elementos que describan los factores y ante la ausencia o falta de información se le asigne un valor a la vulnerabilidad entre (0,5 y 1) bajo la premisa que ante la ausencia de información no se conoce el comportamiento del factor ante la ocurrencia de una amenaza. En estos casos ante una política de reducción de riesgo permitiría avanzar en la construcción de la información para tener mayor certeza de la real vulnerabilidad.

La vulnerabilidad física y en particular la vulnerabilidad estructural corresponde a la parte más sustantiva en el análisis de la Vulnerabilidad Total. El objetivo de analizar variables físicas se sustenta en el supuesto de que estas variables inciden en mayor medida en la el funcionamiento del sistema y en la cuantificación del riesgo debido a que tanto instalaciones y redes dependen mayoritariamente de la capacidad de resistencia física ante la amenaza.

Adicionalmente el análisis de la vulnerabilidad estructural se sustenta en el principio de vulnerabilidad intrínseca de los sistemas, es decir, se pone énfasis en las debilidades que pudiera presentar cada uno de los componentes identificados, los cuales son capaces de ocasionar disfuncionamientos más o menos graves en los sistemas frente a una amenaza. Al respecto, se entiende por vulnerabilidad intrínseca del sistema la suma de las vulnerabilidades de los principales factores físicos de la infraestructura como materialidad, altura, año de creación, vida útil, entre otros.

En este análisis cada uno de estos elementos obtiene un valor de acuerdo a los criterios utilizados, cuya suma permite establecer los niveles de vulnerabilidad intrínseca para cada componente. Por consiguiente ésta corresponde a una valoración acumulada que es proporcional a la suma de los valores de vulnerabilidad obtenidos por cada variable analizada, por ende, aquellos componentes que presentan una mayor vulnerabilidad global serán los componentes que acumulan elevadas vulnerabilidades particulares.

El nivel de vulnerabilidad estructural se establece por medio de una escala que va entre 0 y 1, donde 1 corresponde al nivel máximo de vulnerabilidad. Este nivel de vulnerabilidad se construye por medio de la valoración de distintos factores relacionados tanto con las características del sistema que se estudia, como así también con las características de la amenaza, por ejemplo la vulnerabilidad estructural variará dependiendo si la amenaza es sísmica o de inundación. Adicionalmente es recomendable generar factores de ponderación adecuados al contexto territorial, porque dos instalaciones o redes de similares características físicas pueden presentar diferente niveles de vulnerabilidad de acuerdo a las condiciones del territorio. La escala de valoración de los niveles de vulnerabilidad como se puede apreciar en la Tabla N° 41 va de Muy Baja a Muy Alta.

TABLA N°41

Categorías en el Análisis del Nivel de Vulnerabilidad

MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
ESTRATIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN	NIVEL	
Muy Baja	A	Los efectos esperados en la componente ante la ocurrencia de un evento solo son observables en la interrupción temporal del servicio (minutos/horas).	0.2 - 0.35	
Baja	B	Los efectos esperados en la componente son del tipo No Estructural, con interrupción de la prestación del bien o servicio de forma discontinua a lo más una semana y sujeto a reparaciones menores.	0.36 - 0.51	
Media	C	Los efectos esperados en la componente son del tipo No estructural pero se interrumpe el servicio/bien por semanas menos de un mes sujeto a reparaciones mayores de la componente.	0.52 - 0.67	
Alta	D	Los efectos esperados en la componente son del tipo Estructural, se interrumpe la prestación del bien o servicio por meses con objeto de reponer la funcionalidad e infraestructura.	0.68 - 0.83	
Muy Alta	E	Los efectos esperados de los sistemas son Estructurales y el servicio/bien se interrumpe por más de un año por reposición total.	0.84 - 1	

Fuente: Elaboración Propia

FACTORES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

El análisis de vulnerabilidad sísmica debe incluir factores, tales como, materialidad, año de construcción (existencia o no de norma antisísmica) y número de pisos (fallas en diseño). A lo anteriormente señalado se pueden incorporar factores que permitan una mayor precisión como pueden ser vida útil, estado o nivel de deterioro, información de diseño, año de construcción y norma vigente, entre otros. Los factores seleccionados en cualquier ejercicio implican manejar ciertos supuestos, en el caso de ejemplo que se presenta a continuación los supuestos se encuentran en la Tabla N° 42

TABLA N°42

Supuestos para establecer niveles de vulnerabilidad sísmica

FACTORES	SUPUESTO
Materialidad	A mayor resistencia mecánica, menor vulnerabilidad
	A mayor control de proceso constructivos, menor vulnerabilidad
	A mayor proceso de carácter artesanal, mayor vulnerabilidad
Año de construcción	A mayor edad de la construcción, mayor vulnerabilidad
Número de pisos	A mayor altura, mayor vulnerabilidad

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de no existir información sobre el proyecto de diseño se suele utilizar para el análisis de vulnerabilidad el tipo de materialidad esencial, para ello, en general se utilizan parámetros de la Escala Sísmica Europea¹⁰⁰ (EMS-98)¹⁰¹ lo que permite realizar una estimación de la vulnerabilidad de distintos tipo de materialidades, esta

escala permite clasificar la materialidad de acuerdo a su resistencia frente a sismos. De acuerdo a la clasificación del Cuadro “A” corresponde a clases más vulnerable, mientras “F” corresponde a edificaciones totalmente resistente (ver Tabla N°43).

TABLA N°43

Diferenciación de Edificaciones de Acuerdo a Clases de Vulnerabilidad

TIPO DE ESTRUCTURA		CLASES DE VULNERABILIDAD					
		A	B	C	D	E	F
Mampostería	Piedra suelta o canto rodado	■	■	■	■	■	■
	Adobe (ladrillos de tierra)	■	■	■	■	■	■
	Mampostería	■	■	■	■	■	■
	Sillería	■	■	■	■	■	■
	Sin armar, de ladrillos o bloques	■	■	■	■	■	■
	Sin armar, con forjados de HA	■	■	■	■	■	■
	Armada o confinada	■	■	■	■	■	■
Hormigón Armado (HA)	Estructura sin diseño sismorresistente (DSR)	■	■	■	■	■	■
	Estructura con nivel medio de DSR	■	■	■	■	■	■
	Estructura con nivel alto de DSR	■	■	■	■	■	■
	Muro sin DSR	■	■	■	■	■	■
	Muros con nivel medio de DSR	■	■	■	■	■	■
	Muros con nivel alto de DSR	■	■	■	■	■	■
Acero	Estructura de acero	■	■	■	■	■	■
Madera	Estructura de madera	■	■	■	■	■	■

■ Clase de vulnerabilidad más probable ■ Rango probable ■ Rango de casos menos probables, excepcionales.

Fuente: http://www.earthquakes.bgs.ac.uk/macroseismics/ems_synopsis.htm

100. Escala aplicada a diversos estudios en Chile sobre vulnerabilidad sísmica (Proteger 2010, región de Coquimbo cooperación JICA- MIDEPLAN)

101. Grünthal G. Edit. (2008) Escala Macrosísmica Europea 1998. Comisión Sismológica Europea. Grupo de Trabajo sobre Escalas Macrosísmicas Sub-comisión de Ingeniería Sísmica

El proceso de selección de los parámetros y valoración se debe recurrir a consulta de expertos o modelos previamente aceptados. Posterior a trabajo de definir los niveles de vulnerabilidad se confecciona la tabla incluyendo los

factores y valores previamente definidos a modo de ejemplo se construye una tabla con los factores seleccionados, materialidad, altura y periodo de construcción.

TABLA N°44

Valores para Establecer Niveles de Vulnerabilidad Sísmica en Instalaciones

MATERIALIDAD	VALOR	PERIODO DE CONSTRUCCIÓN	VALOR	ALTURA	VALOR
ADOBE	0,33	0-1949	0,33	7 PISOS	0,33
PERFIL METÁLICO	0,27	1950-1959	0,33	6 PISOS	0,33
MADERA	0,27	1960-1969	0,27	5 PISOS	0,27
ALBAÑILERÍA	0,20	1970-1979	0,27	4 PISOS	0,20
ELEMENTOS PREFABRICADOS	0,13	1980-1989	0,20	3 PISOS	0,20
HORMIGÓN ARMADO	0,07	1990-1999	0,13	2 PISOS	0,13
ACERO	0,07	>2000	0,07	1 PISOS	0,07

Fuente: Elaboración propia sobre la base del EMS-98

Los factores seleccionados en la Tabla N° 44 establece el nivel de vulnerabilidad sísmica en instalaciones y proporciona un valor de vulnerabilidad particular que conjuntamente suministra un valor total, el que arroja como resultado un nivel de vulnerabilidad para cada componente del sistema analizado, es necesario indicar también que se puede mediante consulta a experto, catalogo, modelo o conocimiento empírico un peso específico distinto para cada factor según su importancia o influencia, a modo de ejemplo materialidad en términos relativos tiene mayor influencia sobre la altura, corresponderá entonces a la primera un mayor peso relativo para el cálculo final de la vulnerabilidad de la componente. En otras palabras se obtiene un valor para el factor materialidad, periodo de construcción y altura los cuales analizados conjuntamente permiten establecer un nivel de vulnerabilidad para cada componente del sistema analizado.

FACTORES DE VULNERABILIDAD INUNDACIÓN

En el análisis de vulnerabilidad respecto de la inundación se considerarán factores similares a los utilizados para la amenaza sísmica, es decir, materialidad, vida útil, altura y periodo de construcción. Sin embargo, se recomienda tener cuidado con el sentido dado en cada uno de los supuestos, dado que el comportamiento del factor elegido puede presentar comportamientos distintos ante amenazas de distinta naturaleza. En el caso del factor altura, el supuesto utilizado para el factor altura en el análisis de vulnerabilidad por inundación es "a mayor altura menor vulnerabilidad a los efectos de la inundación", es decir el sentido es diferente al análisis de vulnerabilidad sísmica.

TABLA N°45

Supuestos para Niveles de Vulnerabilidad por Inundaciones

FACTORES	SUPUESTO
Materialidad	A mayor resistencia mecánica, menor vulnerabilidad
	A mayor control de proceso constructivos, menor vulnerabilidad
	A mayor proceso de carácter artesanal, mayor vulnerabilidad
Vida útil	Entre peor es el estado de conservación, mayor vulnerabilidad
Altura	A mayor altura menor vulnerabilidad
Periodo de construcción	A mayor edad de la construcción, mayor vulnerabilidad

Fuente: Elaboración Propia

La elaboración de la tabla de análisis deberá incorporar todos los factores que sean pertinentes a la amenaza sobre la cual se realiza el análisis, ésta se adecuará a la información con que se cuente. En el caso de algunas componentes es necesario recurrir a los proyectos de diseño por ejemplo, en el análisis

de vulnerabilidad de un puente, este por diseño se pudo haber construido en base a crecida media en un periodo de tiempo y no en crecida máxima esta diferencia en el análisis deberá reflejar que un puente construido en base a crecida media será más vulnerable que otro construido en base a crecida máxima.

TABLA N°46

Valores Estimados

VIDA ÚTIL	VALOR	MATERIALIDAD	VALOR	PERIODO DE CONSTRUCCIÓN	VALOR	ALTURA	VALOR
<0	0,25	Adobe	0,25	0-1949	0,25	1 PISOS	0,25
1/29	0,20	Perfil metálico	0,20	1950-1959	0,25	2 PISOS	0,20
30/49	0,15	Madera	0,20	1960-1969	0,20	3 PISOS	0,15
50/69	0,10	Albañilería	0,15	1970-1979	0,20	4 PISOS	0,10
>70	0,05	Elementos prefabricados	0,10	1980-1989	0,15	5 PISOS	0,10
		Hormigón armado	0,05	1990-1999	0,10	6 PISOS	0,05
		Acero	0,05	>2000	0,05	7 PISOS	0,05

Fuente: Elaboración Propia

FACTORES DE VULNERABILIDAD VOLCÁNICA

El análisis de vulnerabilidad respecto de una amenaza volcánica es sumamente complejo dado la multiplicidad de fenómenos que se originan mediante una erupción, Entre las principales amenazas que se mencionan se encuentran la caída de piroclastos, dispersión de ceniza, lava, deslizamiento

de laderas, deformación del terreno, terremotos o temblores volcánicos, etc. Si bien por el solo hecho de contener una variada gama de amenazas, en términos metodológicos seguiremos utilizando los mismos factores dado que ellos incidirán fuertemente en el análisis de vulnerabilidad.

TABLA N°47

Supuestos para establecer niveles de vulnerabilidad volcánica

FACTORES	SUPUESTO
Materialidad	A mayor resistencia mecánica, menor vulnerabilidad
	A mayor control de proceso constructivos, menor vulnerabilidad
	A mayor proceso de carácter artesanal, mayor vulnerabilidad
Vida útil	Entre peor es el estado de conservación, mayor vulnerabilidad
Periodo de construcción	A mayor edad de la construcción, mayor vulnerabilidad

Fuente: Elaboración Propia

En el análisis de vulnerabilidad el nivel de influencia de la amenaza volcánica tiende a ser mayor comparativamente con la sísmica y la inundación. Sin embargo, para este análisis se debería utilizar un modelo multi-amenaza o para cada amenaza un análisis de vulnerabilidad distinto

incidiendo esto en la ponderación o valorización de los factores. Porque no tiene la misma incidencia un flujo de lava que una nube de ceniza frente a una estructura de acero. A modo de ejemplo se establecen algunos parámetros para caída de roca y ceniza.

TABLA N°48

Valores Estimados

VIDA ÚTIL	VALOR	MATERIALIDAD	VALOR	PERIODO DE CONSTRUCCIÓN	VALOR
<0 años	0,33	ADOBE	0,33	0-1949	0,33
1 - 29 años	0,27	PERFIL METÁLICO	0,33	1950-1959	0,33
30 -49 años	0,20	MADERA	0,33	1960-1969	0,33
50- 69 años	0,13	ALBAÑILERÍA	0,20	1970-1979	0,27
>70 años	0,07	ELEMENTOS PREFABRICADOS	0,13	1980-1989	0,20
		HORMIGÓN ARMADO	0,07	1990-1999	0,13
		ACERO	0,07	>2000	0,07

FACTORES DE VULNERABILIDAD TSUNAMI

El tsunami o maremoto es una sucesión de olas de gran amplitud generadas por un movimiento vertical del océano. En caso de tsunami solo por exposición, la infraestructura tiende a ser vulnerable si se encuentra a menos de 20 metros sobre el nivel del mar y en una distancia horizontal entre 800 y 1000 metros aproximadamente, sin duda lo anterior fuertemente dependiente del entorno y características geográficas locales,

como los cursos de agua como río, esteros y quebradas facilitan que el tsunami se interne tierra adentro o en caso contrario zonas de altas pendientes o escarpados que evitan su propagación. Por lo tanto el contexto territorial es igualmente importante que en el caso de vulnerabilidad de inundación y los factores tiendan a ser similares. Por lo tanto, factores como materialidad, vida útil, altura y periodo de construcción son fundamentales para establecer el nivel de vulnerabilidad respecto de los tsunamis.

TABLA N°49

Supuesto para establecer niveles de vulnerabilidad para Maremotos

FACTORES	SUPUESTO
Materialidad	A mayor resistencia mecánica, menor vulnerabilidad A mayor control de proceso constructivos, menor vulnerabilidad A mayor proceso de carácter artesanal, mayor vulnerabilidad
Vida útil	Entre peor es el estado de conservación, mayor vulnerabilidad
Altura	A mayor altura menor vulnerabilidad
Periodo de construcción	A mayor edad de la construcción, mayor vulnerabilidad

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla N° 50 muestra la valoración de cada factor seleccionado para establecer vulnerabilidad estructural ante tsunami. Sin embargo, esta escala de valoración

puede variar en la medida que se incorporen nuevos factores o mediante distintos criterios de ponderación vinculados al contexto territorial.

TABLA N°50

Valores para establecer vulnerabilidad

VIDA ÚTIL (AÑOS)	VALOR	MATERIALIDAD	VALOR	PERIODO DE CONSTRUCCIÓN	VALOR	ALTURA (PISOS)	VALOR
< 0	0,25	Adobe	0,25	0-1949	0,25	1	0,25
1 -29	0,20	Perfil metálico	0,20	1950-1959	0,25	2	0,20
30 - 49	0,15	Madera	0,20	1960-1969	0,20	3	0,15
50 -69	0,10	Albañilería	0,15	1970-1979	0,20	4	0,10
>70	0,05	Elementos prefabricados	0,10	1980-1989	0,15	5	0,10
		Hormigón armado	0,05	1990-1999	0,10	6	0,05
		Acero	0,05	>2000	0,05	7	0,05

Fuente: Elaboración Propia

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE SISTEMAS

La identificación de los factores que caracterizan la vulnerabilidad ante una determinada amenaza permiten construir lo que se ha denominado la función de vulnerabilidad, es necesario recordar que en este ejemplo se han considerado solo factores asociados a la infraestructura, debiendo el análisis de la vulnerabilidad además considerar otros factores asociados a las condiciones de entorno de la componente como a los factores asociados a la funcionalidad. En un análisis más detallado requerirá por parte del equipo planificador incorporar variables de entorno y funcionales y seguir idéntico procedimiento. Es posible también incorporar ponderaciones (ψ) en base a la importancia relativa que tienen al interior de la función de vulnerabilidad los elementos físicos, funcionales y de entorno.

$$f(Vmi)^{102} = \psi_1 V(Emi) + \psi_2 VE(V(ESmi) + V(NEmi)) + \psi_3 V(Fmi)$$

Para comprender adecuadamente el método de análisis de vulnerabilidad se toma como ejemplo hipotético un sistema de salud (red de establecimientos), en la tabla es un ejemplo que permite evidenciar los niveles de vulnerabilidad sísmica en instalaciones de salud a nivel regional. Este ejemplo muestra como solo algunos solo algunas componentes del sistema de salud (establecimientos) se encuentran expuestos a amenaza sísmica y cuáles son los niveles de vulnerabilidad respectivos en base a la aplicación de los factores.

102. $V(Emi)$ factores de entorno; $V(ESmi)$ físicos de la infraestructura o instalación sean estos estructurales y $V(NEmi)$ no estructurales y por último $V(Fmi)$ factores funcionales.

FOTO N°8

Loanco Chanco terremoto y maremotos 27 de febrero de 2010 (Fabiola Leiva C.)



TABLA N°51

Vulnerabilidad Sísmica de Instalaciones de Salud a Nivel Regional

COMPONENTES	COMPONENTES A NIVEL REGIONAL	EXPOSICIÓN	MATERIALIDAD (DOMINANTE)	PERIODO DE CONSTRUCCIÓN	ALTURA (PISOS)	VULNERABILIDAD INTRÍNSECA	NIVEL DE VULNERABILIDAD
Posta de Salud Rural (PSR)	PSR (1)	Si / No	0,27	0,33	0,07	0,67	Media
	PSR (2)	Si / No					No expuesto
	PSR (3)	Si / No					No expuesto
	PSR (4)	Si / No	0,13	0,2	0,07	0,4	Baja
Consultorio General Urbano (CGU)	CGU (1)	Si / No	0,13	0,7	0,7	0,27	Muy Baja
	CGU (2)	Si / No					No expuesto
	CGU (3)	Si / No	0,2	0,27	0,7	0,54	Media
	CGU (4)	Si / No	0,07	0,07	0,07	0,21	Muy Baja
Consultorio General Rural (CGR)	CGR (1)	Si / No	0,33	0,27	0,07	0,67	Media
	CGR (2)	Si / No					No expuesto
	CGR (3)	Si / No					No expuesto
	CGR (4)	Si / No	0,07	0,2	0,07	0,34	Muy Baja
Centro de Atención Familiar (CESFAM)	CESFAM (1)	Si / No	0,2	0,2	0,07	0,47	Baja
	CESFAM (2)	Si / No					No expuesto
	CESFAM (3)	Si / No	0,07	0,07	0,07	0,21	Muy Baja
Servicio de Atención Primaria de Urgencia (SAPU)	SAPU (1)	Si / No	0,13	0,13	0,07	0,33	Muy Baja
	SAPU (2)	Si / No					No expuesto
	SAPU (3)	Si / No					No expuesto
Hospital tipo I (HT1)	HT1 (1)	Si / No					No expuesto
	HT1 (2)	Si / No	0,07	0,27	0,33	0,67	Media
Hospital tipo II (HT2)	HT2 (1)	Si / No					No expuesto
	HT2 (2)	Si / No	0,07	0,2	0,27	0,54	Media
Hospital tipo III (HT3)	HT3 (1)	Si / No					No expuesto
Hospital tipo IV (HT4)	HT4 (1)	Si / No	0,07	0,07	0,33	0,47	Baja

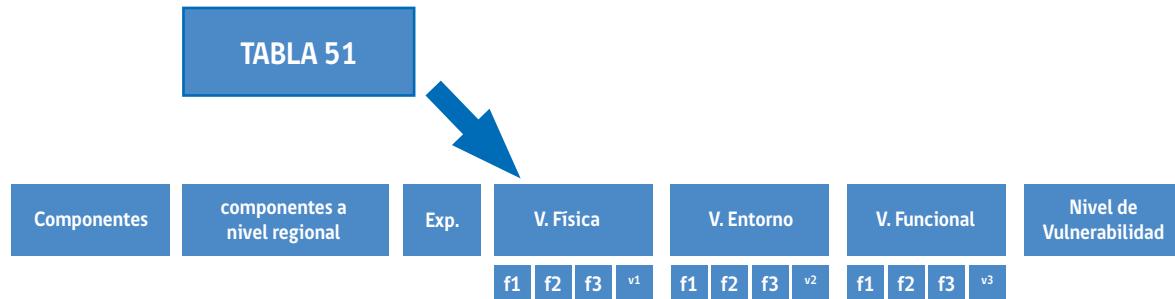
Fuente: Elaboración Propia

En el análisis propuesto se puede verificar que el sistema está compuesto de 24 componentes, de las cuales 12 presentan niveles de vulnerabilidad entre baja y media previa aplicación de los factores predefinidos, este procedimiento se aplicará para las tres componentes consideradas para el análisis de vulnerabilidad como se indica en la figura N°10. El método presente en este nivel dos opciones, la primera a través de establecer un criterio

de corte por nivel de vulnerabilidad un nuevo análisis sobre las componentes que permitan mayor precisión sobre los resultados y conocimiento del comportamiento del sistema ante una amenaza, lo que implicará la búsqueda o generación de nueva información relevante para el análisis y en segundo lugar mediante el mismo proceso de corte seleccionar las componentes sobre las cuales se realizarán el análisis de escenario.

Fig. N°11

Análisis de Vulnerabilidad Agregada



G. Definición de Escenarios

En el análisis de riesgo una de las herramientas más utilizadas es el análisis de escenarios, la utilización de escenarios permitirá la identificación y priorización de potenciales desastres o la predefinición de eventos naturales que cumplan ciertas características asociadas a magnitud, intensidad, localización, periodo de retorno, tasa de excedencia o probabilidad de ocurrencia. La aplicación de esta herramienta es básica y fundamental para el tomador de decisiones, dado que proporciona una base para el análisis formal, pero realista del riesgo y finalmente permitirá avanzar sobre planes y proyectos que permitan la reducción del riesgo.

Generalmente en los distintos análisis se utilizan a lo menos 2 escenarios denominados como “peor escenario¹⁰³” y “escenario más probable¹⁰⁴”, para el análisis de riesgo el escenario está dado por los parámetros característicos mencionados en el párrafo anterior en este caso el o los escenarios estarán definidos entorno a la probabilidad de ocurrencia, es decir, el inverso del periodo de retorno de un evento de una magnitud o intensidad dada, como se puede apreciar en la tabla adjunta.

103. Peor escenario, significa considerar la ocurrencia del peor evento posible ya sea considerando su intensidad, magnitud o característica fundamental según el tipo de amenaza independiente del periodo de retorno.

104. Escenario Probable, este escenario considera la ocurrencia de un evento más probable considerando un periodo de retorno dado de acuerdo a la magnitud, intensidad o variable característica de la amenaza a estudiar.

Tabla N° 52

Definición de Escenarios en términos de probabilidad de ocurrencia

PARÁMETRO				
PERIODO DE RETORNO	MG1/INT1	MG2/INT2	MG3/INT3	MG4/INT4
T1	P(M)			
T2	P(M)	P(M)		
T3	P(M)		P(M)	
T4	P(M)			P(M)
T5	P(M)			P(M)

Fuente: Elaboración Propia

Lo escenarios de la tabla N°52 se pueden expresar de las siguientes formas:

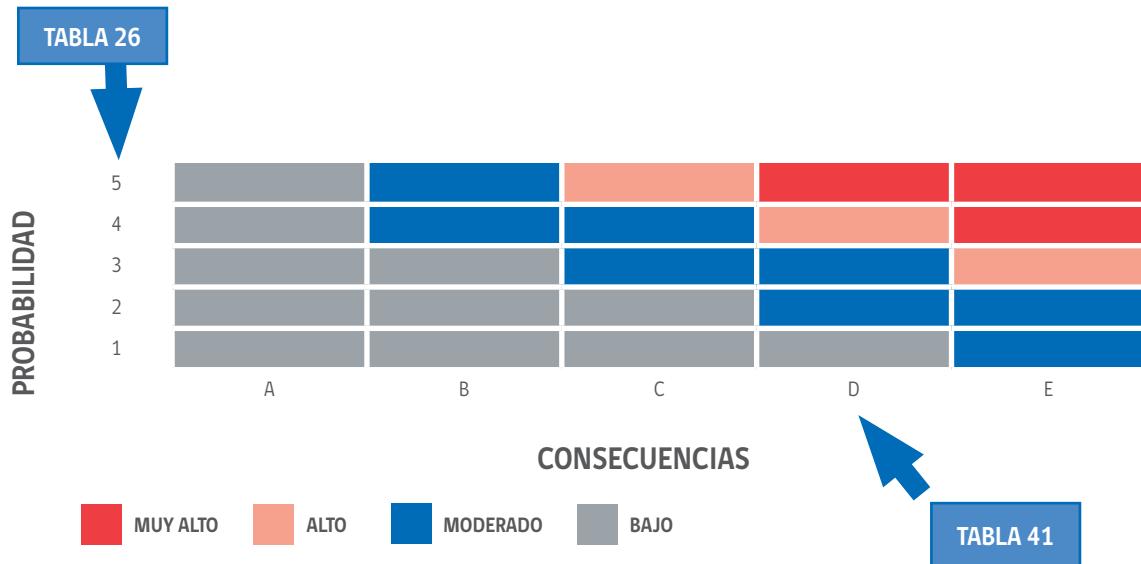
- a) Es probable (muy probable, poco probable, etc.) que en el periodo de un año ocurra una amenaza del tipo (M) de magnitud o intensidad (i).
- b) La probabilidad que ocurra en el periodo de un año la amenaza del tipo (M) de intensidad o magnitud (i) es de P(M).

H. Estimación del Riesgo

El análisis de riesgo corresponde entonces a la elaboración de diversos escenarios, es decir, plantear la ocurrencia de un evento potencialmente dañino en un periodo determinado de tiempo en parte o la totalidad de un territorio (comuna, provincia, región) sobre un sistema o componente expuesto. Con el objeto de facilitar el análisis se utilizará la representación en una tabla de doble entrada entre la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente dañino para los sistemas en estudio y sus consecuencias sobre las componentes del sistema.

Fig. N°12

Tabla de Análisis de Riesgo



El análisis de riesgo en términos cualitativos se puede desarrollar asociando los elementos incorporados en la figura N°12 y la descripción presentada en la tabla N° 53, en el ámbito de la planificación nos permitirá focalizar y avanzar con mas detalles sobre los elementos prioritarios o predefinir un nivel de riesgo aceptable. Al definir uno o más escenarios corresponde a revisar el comportamiento del sistema y se procede a la confección de la siguiente tabla de análisis que nos permitirá identificar el nivel de riesgo (índice de riesgo) en el que se encuentran cada una de las componentes, a modo de ejemplo se continúa con el sistema de salud, dado lo anterior se debe recordar que los parámetros identificados en las consecuencias provienen del análisis de vulnerabilidad y el escenario se ha identificado según lo establecido en la tabla N°51.

Tabla Nº 53

Análisis de Riesgo Sísmico por Sistema

COMPONENTES	COMPONENTES A NIVEL REGIONAL	CONSECUENCIAS		ESCENARIO SISMO 7° RICHTER		ÍNDICE DE RIESGO	
Posta de Salud Rural (PSR)	PSR (1)	0,67	Media	0,1	Bastante Probable	0,067	Moderado
	PSR (2)	0	No expuesto				
	PSR (3)	0	No expuesto				
	PSR (4)	0,4	Baja	0,1	Bastante Probable	0,04	Moderado
Consultorio General Urbano	CGU (1)	0,27	Muy baja	0,1	Bastante Probable	0,027	Bajo
	CGU (2)	0	No expuesto				
	CGU (3)	0,54	Media	0,1	Bastante Probable	0,054	Moderado
	CGU (4)	0,21	Muy baja	0,1	Bastante Probable	0,021	Bajo
Consultorio General Rural (CGR)	CGR (1)	0,67	Media	0,1	Bastante Probable	0,067	Moderado
	CGR (2)	0	No expuesto				
	CGR (3)	0	No expuesto				
	CGR (4)	0,34	Muy baja	0,1	Bastante Probable	0,034	Bajo
Centro de Atención Familiar (CESFAM)	CESFAM (1)	0,47	Baja	0,1	Bastante Probable	0,047	Moderado
	CESFAM (2)	0	No expuesto				
	CESFAM (3)	0,21	Muy baja	0,1	Bastante Probable	0,021	Bajo
Centro de Atención Primaria de Urgencia (SAPU)	SAPU (1)	0,33	Muy baja	0,1	Bastante Probable	0,033	Bajo
	SAPU (2)	0	No expuesto				
	SAPU (3)	0	No expuesto				
Hospital tipo I (HT1)	HT1 (1)	0	No expuesto				
	HT1 (2)	0,67	Media	0,1	Bastante Probable	0,067	Moderado
Hospital tipo II (HT2)	HT2 (1)	0	No expuesto	0,1			
	HT2 (2)	0,54	Media	0,1	Bastante Probable	0,054	Moderado
Hospital tipo III (HT3)	HT3 (1)	0	No expuesto				
Hospital tipo IV (HTs)	HT4 (1)	0,47	Baja	0,1	Bastante Probable	0,047	Moderado

Fuente: Elaboración Propia

En el análisis cuantitativo del riesgo se requiere avanzar en la aplicación de la relación entre la amenaza y la vulnerabilidad expresada en la fórmula ($R = A * V$), donde la amenaza esta expresada como la probabilidad de ocurrencia y la vulnerabilidad corresponderá a la proporción de la perdida tanto

del bien como de las producidas por la ausencia del servicio en término de recursos financieros, para ello se requerirá el valor del bien, generalmente como valor el costo de la inversión a valor presente más un valor asociado a las pérdidas por la no prestación del servicio. A modo de ejemplo ver Tabla N° 54.

TABLA N° 54

Ej. Riesgo Sistema Año

COMPONENTES	COMPONENTES A NIVEL REGIONAL	VALOR DEL BIEN (M\$)	ÍNDICE DE RIESGO		RIESGO ESTIMADO AÑO
Posta de Salud Rural (PSR)	PSR (1)	70.000	0,067	Moderado	4.690
	PSR (4)	80.000	0,04	Moderado	3.200
Consultorio General Urbano (CGU)	CGU (1)	200.000	0,027	Bajo	5.400
	CGU (3)	500.000	0,054	Moderado	27.000
	CGU (4)	450.000	0,021	Bajo	9.450
Consultorio General Rural (CGR)	CGR (1)	340.000	0,067	Moderado	22.780
	CGR (4)	170.000	0,034	Bajo	5.780
Centro de Atención Familiar (CESFAM)	CESFAM (1)	150.000	0,047	Moderado	7.050
	CESFAM (3)	170.000	0,021	Bajo	3.570
Servicio de Atención Primaria de Urgencia (SAPU)	SAPU (1)	35.000	0,033	Bajo	1.155
	HT1 (2)	1.200.000	0,067	Moderado	80.400
	HT2 (2)	2.500.000	0,054	Moderado	135.000
Hospital tipo IV (HT4)	HT4 (1)	13.000.000	0,047	Moderado	611.000
RIESGO DEL SISTEMA M\$					916.475

Fuente: Elaboración Propia

Ante un déficit de información sobre los valores tanto del bien a valor presente como las pérdidas producto de la no prestación del servicio, se puede recurrir entonces a valores asociados a inversión inicial del bien que permitirán una aproximación a valores reales mientras se construye la información faltante o más precisa, en la Tabla N° 54 antes mencionada solo se utiliza el monto de inversión inicial de las componentes.

Con el objeto de sistematizar la información que permite una mirada global de la región se recomienda una presentación o la construcción de tablas como la indicada a continuación, la información contenida permitirá al equipo de planificación avanzar en la priorización de los sistemas sobre los cuales se deberá trabajar en una política de reducción de riesgo según las alternativas que se visualicen en el análisis costo beneficio de la sección siguiente.

TABLA N° 55

Evaluación de Riesgo Regional

FACTORES DE RIESGO				RIESGO		
AMENAZA			VULNERABILIDAD			
TIPO	M	T	P(M)	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	DAÑO (M\$)
Sísmica				Sistema 1	Componentes y tipo de daño	M\$
				Sistema 2		
				Sistema 3		
				Sistema 4		
Maremoto				Sistema 1		
				Sistema 2		
				Sistema 3		
				Sistema 4		
				Sistema 5		
Inundación				Sistema 1		
				Sistema 2		
				Sistema 7		
				Sistema 8		
				Sistema 9		
Volcánica				Sistema 1		
				Sistema 2		
				Sistema 10		
				Sistema 11		
				Sistema 12		
TOTAL RIESGO REGIÓN						M\$

M: Magnitud

T: Período de Retorno

P(M): Probabilidad de Ocurrencia

J. Análisis Costo Beneficio

A partir de un análisis geográfico de la distribución espacial de los desastres naturales –desagregando por tipo y magnitud de desastre a nivel regional– y la cuantificación asociada al riesgo se puede priorizar los niveles de intervención, esta metodología permitirá identificar la destrucción recurrente de activos por desastres naturales lo cual facilitará una gestión y planificación territorial de largo plazo, al estimar la demanda futura de recursos por instrumento de prevención de desastres. Básicamente de este análisis surgirán propuestas concretas de inversión (obras de infraestructura) y financiamiento (créditos, seguros, otros) para que los asentamientos humanos se adapten a las amenazas actuales y futuras.

Un proyecto de inversión, en cualquier área de la economía, implica normalmente la distribución en el tiempo de los beneficios y de los costos asociados al mismo. En otras palabras, significa la distribución en un horizonte temporal de los bienes y servicios que se asignan al proyecto y los que se obtienen del mismo. Por lo tanto, cuando llega el momento de contrastar estos flujos ubicados en diferentes momentos del tiempo, un problema a resolver es cómo hacerlos comparables. En efecto, si se acepta como un hecho que disponer hoy de un bien significa una magnitud de bienestar mayor que disponer de esa misma cantidad pero en el futuro y que incurrir en un cierto costo hoy nos significa un sacrificio mayor que tomar ese mismo costo en el futuro, entonces sencillamente no podremos considerar con el mismo valor unidades monetarias localizadas en diferentes momentos del horizonte temporal. Necesitamos entonces un procedimiento para llevar todas estas unidades monetarias, cada una de las cuales tiene un valor diferente dependiendo del momento en que se presenta,

a una misma unidad de medida, es decir, que nos permita transformarlas a todas en cantidades comparables.

Con este propósito utilizamos un parámetro que nos permite realizar esta transformación, de tal forma que \$1 futuro se convierta en una cierta cantidad de pesos de hoy o, de otra forma, que \$1 de hoy lo podamos trasladar a una cierta cantidad de pesos futuros. Este parámetro es la tasa de interés que, finalmente, es un “precio relativo” entre el valor que se le asigna a un peso de hoy con respecto al valor que tiene en el futuro.

Llamemos V_i al valor monetario que ocurre en el período i a consecuencia del proyecto, de tal forma que existe una secuencia de flujos, que pueden ser positivos o negativos, en un horizonte temporal de n períodos. Si ahora queremos sumar algebraicamente estos flujos, tendremos que tener cuidado en transformar cada uno de ellos mediante la tasa de interés¹⁰⁵, r , con el propósito de llevarlos a todos a una misma unidad de medida, es decir, a pesos de un mismo momento. Si el momento elegido es el actual, entonces, escribiremos:

$$VA = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{V_i}{(1+r)^i} \quad (1)$$

105. La elección de la tasa de interés es importante en los análisis que consideren horizontes temporales amplios. Desde la política pública resulta útil considerar varias tasas para identificar las opciones y alternativas (Galindo 2009). Al considerar escenarios de análisis hay que considerar diversos escenarios probabilísticos que incorporen el riesgo y la incertidumbre. (CEPAL 2011)

Si ahora llamamos B_i al beneficio o ingreso (flujo positivo) generado por el proyecto en el período i y C_i al costo o egreso (flujo negativo) provocado por el proyecto en período i , entonces, el flujo o beneficio neto en cada período será:

$$BN_i = B_i - C_i \quad (2)$$

Por lo tanto, aplicando la ecuación (1), tendremos que el Valor Actual de los Beneficios Netos (VABN) del proyecto será:

$$VABN = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{(B_i - C_i)}{(1+r)^i} = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{BN}{(1+r)^i} \quad (3)$$

En el análisis costo beneficio de un proyecto, un propósito central es emitir un "veredicto" acerca de la conveniencia o no de su ejecución. Este juicio debe basarse en un criterio que dé un fundamento aceptable a la decisión que se tome. El criterio que aquí tomaremos como válido e infalible es que el VABN sea mayor o igual a cero. De acuerdo con dicho criterio, una inversión es rentable sólo si el valor actual del flujo de ingresos es mayor que el valor actual del flujo de costos cuando éstos se actualizan haciendo uso de la tasa de interés pertinente para el inversionista¹⁰⁶. Es decir:

$$VABN = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{(B_i - C_i)}{(1+r)^i} = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{B_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=0}^{i=n} \frac{C_i}{(1+r)^i} \geq 0 \quad (4)$$

106. Ello expresa el rédito que se obtendría si en su lugar de invertir el dinero en el proyecto se invirtiera en una actividad alternativa. Para ello se usa la tasa de interés como el rendimiento de referencia del capital. Cfr. Fontaine (1999: 71). Debe señalarse que cuando se trate de la evaluación social de un proyecto, tanto este parámetro como los otros precios que se utilicen para valorar los flujos, deberán referirse a los valores sociales y no de mercado, si se considera que existen distorsiones o externalidades que justifiquen este ajuste.

Si el $VABN > 0$, entonces el flujo de ingresos del proyecto es mayor al flujo de sus costos y, por lo tanto, la realización del proyecto es económicamente razonable.

FACTIBILIDAD DE UN PROYECTO

211. Una forma simplificada de exponer la expresión anterior es suponer que se cumplen dos condiciones. La primera, el horizonte temporal del proyecto es infinito, es decir, los flujos se presentan en forma indefinida. La segunda, los flujos son uniformes en el tiempo a partir del período 1, es decir, los ingresos o beneficios son del mismo monto en cada período posterior al inicial y otro tanto sucede con los costos o egresos, de tal forma que los beneficios netos de cada período también serán uniformes. Si ahora suponemos que en el primer período sólo se presentan costos, es decir, $C_0 = 0$, entonces la ecuación (4) queda:

$$VABN = -C_0 + \frac{(B - C)}{r} = -C_0 + \frac{BN}{r} \geq 0 \quad (3)$$

donde C_0 es el costo de la inversión inicial.

FACTIBILIDAD DE UN PROYECTO CON DESASTRE

La evaluación financiera para la reducción del riesgo de desastres se basa en los fundamentos del análisis costo-beneficio que hemos presentado en forma sintética, en el cual un proyecto de inversión se evalúa con base en el criterio de Valor Actual de los Beneficios Netos ($VABN$). En esta sección, extendaremos la expresión anterior al escenario probable de que se presente la ocurrencia de un desastre en el año d . En el caso de que presente el evento señalado, habrá dos efectos que tendremos que considerar en la determinación del $VABN$.

En primer lugar, el desastre significará daños sobre la obra que está en curso o en operación, de tal manera que será necesario reparar la misma, incurriendo en los costos necesarios para este propósito. Supondremos que el costo de la reconstrucción del desastre ocurrido en el año d , R_d , se realiza en ese mismo período y finaliza durante el mismo año d . Este es un supuesto extremadamente simplificador, porque frecuentemente los gastos de reconstrucción estarán distribuidos en el tiempo.

En segundo lugar, el desastre implicará que los beneficios y costos del proyecto que se habían estimado inicialmente para el año d efectivamente no se presenten, de tal forma que $B_d=0$ y $C_d=0$. Aquí estamos suponiendo que la interrupción repentina de la marcha del proyecto que se presenta en el período d a consecuencia del desastre, sólo afectará los ingresos y egresos de ese período, sin incidir en los beneficios netos de los siguientes períodos. Sin embargo, esto puede no ser así, en primer lugar, si la reconstrucción lleva más de un período y, en segundo lugar, si los beneficios de la obra no retoman inmediatamente la senda que traían antes del desastre. Entonces, el cálculo del $VABN$ debe modificarse para considerar estos dos ajustes. A partir de la expresión (3), podemos escribir:

$$VABN = -C_0 + \frac{(B - C)}{r} - \frac{R_d}{(1+r)^d} - \frac{(B_d - C_d)}{(1+r)^d} \geq 0 \quad (4)$$

donde R_d es el costo de la reconstrucción del desastre ocurrido en el año d , mientras que B_d y C_d son los ingresos y los costos del proyecto en el año d .

Por tanto, mientras el tercer término del lado derecho de la fórmula representa el valor presente de los costos de la reconstrucción, que son una función de los daños o pérdidas directas, el cuarto término representa el valor presente de las pérdidas (o pérdidas indirectas) debido a la disminución de los ingresos netos del proyecto correspondientes al período d por la interrupción productiva ocasionada por el desastre. De esta forma, el costo del desastre (reconstrucción más pérdidas)¹⁰⁷ puede formularse de la siguiente manera:

$$CD = \frac{R_d}{(1+r)^d} - \frac{(B_d - C_d)}{(1+r)^d} \quad (5)$$

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN DESASTRE

Los flujos de la ecuación (4) están expresados de forma tal que permiten conocer el $VABN$ bajo el supuesto que ocurra efectivamente el desastre. Sin embargo, para un análisis que nos acerca más al hecho reconocido de que éste es un evento sobre el que no se tiene certeza, es más sensato trabajar con probabilidades. Por ello, a la ecuación (4) se le debe incorporar el riesgo o probabilidad de ocurrencia de una amenaza durante la vida útil del proyecto que pueda

107. La estimación del costo del desastre puede ser controversial si se considera que éste puede obtenerse ya sea como: i) la suma del valor de los daños a valor de libros (incluyendo depreciación) más pérdidas; ii) la suma del valor de los daños a valor de reposición (al nivel de precios de un minuto previo al desastre) más pérdidas; iii) la suma del valor de los daños a valor post-desastre (esto es, con distorsión de precios) más pérdidas; iv) la suma del costo de la reconstrucción más las pérdidas, en donde el costo de la reconstrucción es una función del valor de los daños pero incluye mejoras a la calidad y/o variaciones en la cantidad de los activos dañados.

alterar el valor de los costos e ingresos. Así, el cálculo del $VABN$ esperado incorporando la probabilidad de daño causado por una amenaza puede expresarse de acuerdo con la expresión (6):¹⁰⁸

$$E(VABN_{cd}) = p(VABN - CD) + (1 - p) VABN \quad (6)$$

La variable CD es la suma de los costos de la reconstrucción ocasionada por los daños potenciales de una amenaza más las pérdidas de beneficios sociales debido a la disrupción de actividades provocadas por la misma amenaza y p su probabilidad de ocurrencia asociada. Si abrimos los paréntesis, nos queda:

$$E(VABN_{cd}) = VABN - p CD \quad (6')$$

Al presentarse múltiples amenazas podemos expandir la fórmula (6). Una opción es suponer que se trata de eventos distintos que se pueden presentar con diferente probabilidad a lo largo de la vida útil del proyecto; otra opción es suponer que se trata del mismo evento, pero que se presenta cíclicamente cada cierta cantidad de períodos con una probabilidad dada. En ambos escenarios, la ecuación nos queda:

$$E(VABN_{cd}) = (1 - p_1 - p_2 - \dots - p_n) VABN + p_1 (VABN - CD_1) + p_2 (VABN - CD_2) + \dots + p_n (VABN - CD_n) \quad (7)$$

donde las p_i ($i = 1, 2, \dots, n$) corresponden a la probabilidad de ocurrencia de la amenaza que se puede presentar en el período i .

En consecuencia, la variable CD_i representa el potencial costo para el proyecto debido a la amenaza potencial que se puede presentar en el período i , identificada con el mismo subíndice. Si ahora abrimos los paréntesis en la expresión (7), nos queda

$$E(VABN_{cd}) = VABN - p_1 CD_1 - p_2 CD_2 - \dots - p_n CD_n \quad (7')$$

En otros términos,

$$E(VABN_{cd}) = \sum_{i=0}^n \left[\frac{B_i}{(1+r)^i} - \frac{C_i}{(1+r)^i} \right] - \sum_{i=0}^n p_i CD_i \quad (8)$$

Observemos que el primer término de la expresión es el $VABN$ del proyecto que se estimaría sin tomar en cuenta el riesgo del desastre. A lo anterior aún es necesario agregarle externalidades e intangibles. Las externalidades comprenden la cuantificación del daño potencial que el proyecto de inversión puede ocasionar a la región en la que se implementa. Dicho daño se calcula con base en la probabilidad de ocurrencia de un evento dañino a la región multiplicado por las pérdidas potenciales expresadas a valor presente.

108. Cfr. CAPRADE (2009: 49).

Por tanto, los daños por externalidades se descuentan del $VABN$; los beneficios por externalidades (o externalidades positivas) se suman al $VABN$ (por lo que se deben sumar las externalidades netas). Los intangibles, por su parte, son impactos (positivos y negativos) ocasionados por el proyecto y que no pueden cuantificarse fácilmente. La importancia de estos radica en que poseen cualidades que pueden inclinar la balanza a favor o en contra de la ejecución del proyecto. Así, agregando a la ecuación anterior las externalidades y los intangibles, se llega a la siguiente fórmula:

$$E(VABN_{cd}) = \sum_{i=0}^n \left[\frac{B_i}{(1+r)^i} - \frac{C_i}{(1+r)^i} \right] - \sum_{i=0}^n p_i CD_i + ext + int \quad (9)$$

Hasta ahora estas fórmulas nos permiten conocer el valor del beneficio neto del producto incluyendo el costo de las pérdidas ocasionadas por probables amenazas naturales.

IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTOS DE REDUCCIÓN DE RIESGO

Para un análisis de los beneficios derivados de la aplicación de instrumentos de atenuación del riesgo se puede verificar al formular el cálculo de los beneficios de un proyecto con y sin instrumentos de reducción del riesgo, de lo cual dependerá también la decisión de implementar o no dichos instrumentos por el tomador de decisión.

En la siguiente fórmula se incorporan los valores incrementales en los costos de la inversión inicial, denotados por el término C_0' , así como el valor presente de los costos de operación y mantenimiento en los que adicionalmente incurrirá el proyecto a lo largo de su vida útil derivados de

la mayor inversión inicial (COM). Además, en el cálculo del $VABN$ del proyecto deberá considerarse el hecho de que si se reducen los riesgos con estos costos adicionales se tendrán los beneficios derivados de la no ocurrencia del desastre. Entonces, a partir de la ecuación (8), podemos escribir:

$$E(VABN_{sd}) = \sum_{i=0}^n \frac{(B_i - C_i)}{(1+r)^i} - \sum_{i=0}^n p_i CD_i - \left[\Delta C_0 + \sum_{i=0}^n \frac{\Delta(COM)_i}{(1+r)^i} \right] + \sum_{i=0}^n p_i CD_i \quad (10)$$

Es decir,

$$E(VABN_{sd}) = E(VABN_{cd}) - \left[\Delta C_0 + \sum_{i=0}^n \frac{\Delta(COM)_i}{(1+r)^i} \right] + \sum_{i=0}^n p_i CD_i \quad (10')$$

La mayor inversión inicial corresponde a los mayores costos que una construcción más resistente a desastres ocasiona, se supone que se realizan plenamente durante el período inicial. El incremental de costos de operación y mantenimiento refleja el hecho de que una mayor inversión inicial demanda generalmente un mayor gasto en esos rubros durante todos los períodos de implementación del proyecto. Por lo tanto, se observarán estos incrementos a lo largo de toda la vida útil del proyecto. Por ejemplo, en el caso de una presa hidroeléctrica ello equivaldría a la construcción de una cortina de embalse más ancha y gruesa que la necesaria para solamente contener el agua, de forma tal que la obra reforzada (retrofitting) soporte terremotos de hasta 9 grados Richter sin sufrir daño alguno. Ello, además de una mayor demanda de materiales de construcción, trae consigo costos de mantenimiento y operación incrementados a lo largo de toda la vida útil de la obra. El último término de la fórmula (10) representa el costo del desastre no ocurrido sobre el proyecto.

Para tomar la decisión entre dejar que el desastre ocasione los costos esperados (una vez asegurado que no hay pérdidas de vidas humanas) o invertir en reducción del riesgo, la siguiente fórmula es buen criterio de decisión:

$$\Delta C_0 + \sum_{i=0}^n \frac{\Delta COM_i}{(1+r)^i} \leq \sum_{i=0}^n p_i CD_i \quad (11)$$

En síntesis, si el valor presente de los beneficios esperados de las medidas de prevención, que son costos del desastres que se evitarían con las mismas, son superiores al valor presente de los costos de realizar dichas acciones, entonces conviene llevar a cabo estas medidas. A continuación discutiremos esta formulación en el marco de diferentes escenarios, que tienen que ver con el tipo de amenaza de la que se trata y su probable periodicidad.

PRIMER ESCENARIO DE ANÁLISIS

En este primer escenario se presentan los elementos básicos de argumentación acerca de la evaluación de un proyecto con y sin medidas de prevención del riesgo de un desastre. Supongamos que el proyecto tiene una vida finita de n años, que para este ejercicio consideramos igual a 20 ($n=20$). En el año 0 se representa el valor negativo del flujo del BN correspondiente a la inversión inicial C_0 , sin que en contraparte haya beneficios (ingresos). En el año 1 comienza el flujo positivo de ingresos netos, mismos que aumentan a partir del año 2. Entre año y año tiene lugar un aumento de los beneficios netos en una magnitud constante. Este incremento se atribuye a dos factores. Por un lado, existen aumentos en la productividad del proyecto, debido a una mejora en su administración a través del horizonte temporal del mismo. Por

otro lado, se supone que las necesidades (demanda) sociales del servicio que presta el proyecto se incrementan con el tiempo debido sencillamente a un crecimiento vegetativo de la población involucrada en el mismo. Concretamente, los beneficios crecen conforme a una función lineal del tiempo:

$$BN_t = BN_1 + \beta t \quad (t = 2, 3, \dots, 20)$$

El beneficio del período 1 es un dato y es el punto de partida de los beneficios esperados en los años siguientes. El costo inicial del proyecto, es decir, la inversión necesaria para realizar el mismo, se presenta en el período 0, en un solo año, de tal forma que $BN_0 = -C_0$. El crecimiento anual del beneficio se puede desglosar en dos componentes:

$$\beta = \beta_1 + \beta_2$$

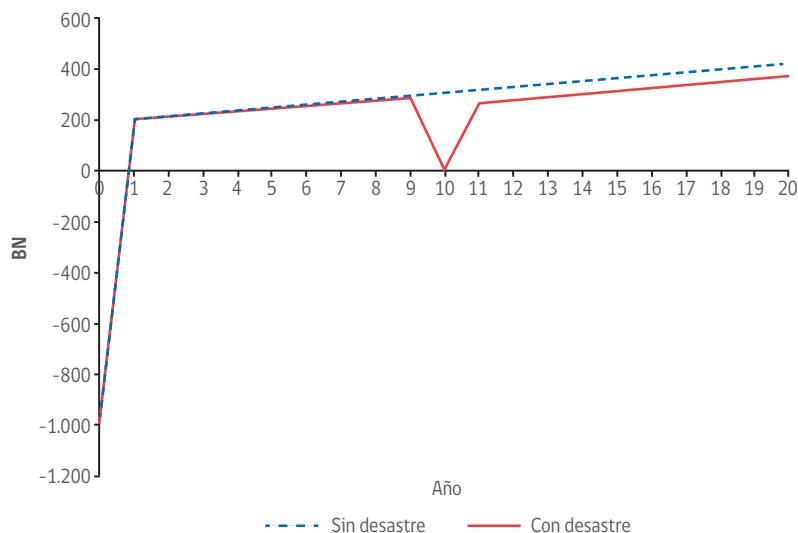
β_1 : Tasa de crecimiento de los beneficios debido al crecimiento poblacional vegetativo;

β_2 : Tasa de crecimiento de los beneficios debido al crecimiento de la productividad del proyecto.

Entonces, se puede definir una senda diferente para los beneficios por efecto de la tasa de crecimiento de la productividad β_2 , y otra para los beneficios totales, conforme a la tasa de crecimiento β . En la ilustración 1 se representa el comportamiento de los beneficios netos en este primer escenario. El eje horizontal indica el tiempo en años (t), el vertical es el beneficio neto (BN), es decir, la diferencia entre los ingresos y egresos del período. En la ilustración, la línea más elevada, inicialmente continua y posteriormente discontinua, describe el comportamiento en el tiempo de los beneficios netos esperados del proyecto, mientras que la línea continua ubicada más abajo representa la senda de los beneficios netos esperados si se presentara el desastre.

GRÁFICO N° 1

Beneficios Netos Esperados en la Situación sin Desastre y con Desastre



El análisis de escenario implica que en el año 10 tiene lugar un desastre, mismo que efectivamente reduce el valor del BN correspondiente a ese año. Se supone, en primer lugar, que los gastos de la reconstrucción se realizan durante ese mismo año y, en segundo lugar, que los daños significan que durante ese año el proyecto sufre una interrupción total, de tal forma que no se generará ni los beneficios ni los costos esperados del mismo. Entonces, debido a los gastos de la reconstrucción y a las pérdidas ocasionadas por una interrupción en la operación del proyecto a consecuencia de los daños, el BN para el año 10 disminuye al nivel BN_{10} .

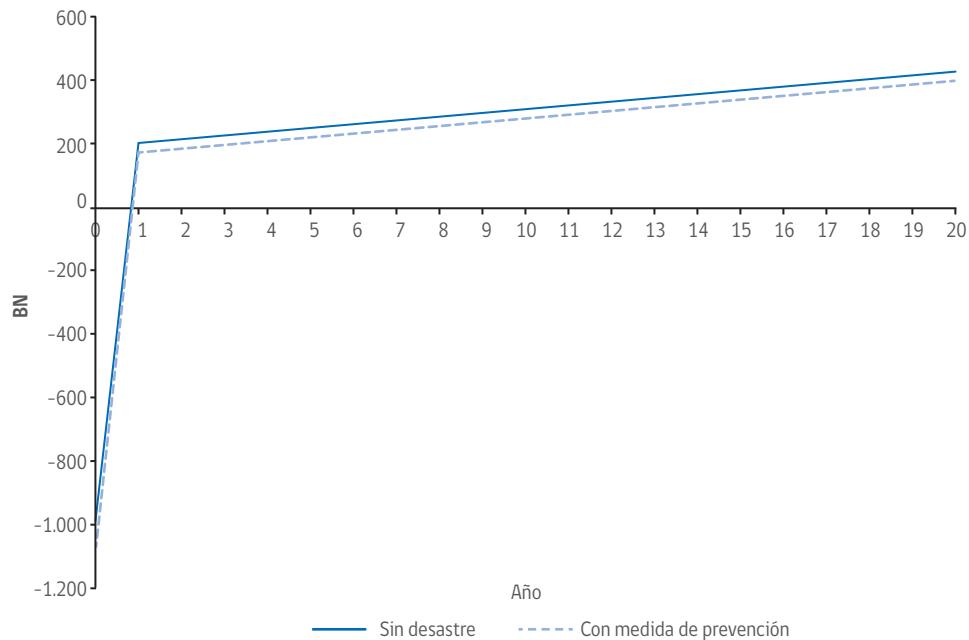
A su vez, en el año 11 tiene lugar una recuperación de los beneficios netos, pero equivalente a la misma magnitud que se supone para ese año tendrían los beneficios netos si sólo hubiesen crecido a la tasa de crecimiento vegetativo. En otras palabras, la ocurrencia del desastre implica que el proyecto

pierde todo el incremento de productividad que se habría logrado hasta ese año. A partir del año 12 los beneficios comienzan a crecer conforme a tasa de crecimiento total, de tal forma que los beneficios siguen una senda paralela a la línea estimada inicialmente sin desastre, pero a un nivel más bajo. La diferencia entre ambas sendas es un costo atribuible al desastre y será también, como veremos más adelante, un beneficio atribuible a las medidas de prevención del riesgo de dicho evento.

Si alternativamente el proyecto hubiera hecho una inversión inicial mayor en algún instrumento de reducción del riesgo de daños y pérdidas debido a la amenaza, cuyo desembolso adicional fuera equivalente a la diferencia entre C_0 y C'_0 , hubiera tenido un flujo de ingresos neto esperado equivalente a la línea punteada del gráfico 2, en lugar de la línea continua del escenario en que no hay inversión inicial en reducción del riesgo y se presenta el desastre.

GRÁFICO N° 2

Beneficios Netos Esperados con Desastre y con Medida de Prevención



Lo anterior tendría lugar bajo el supuesto de que el costo inicial adicional en reducción del riesgo reduce a cero los daños y pérdidas por desastres y la tasa de aumento de la productividad del proyecto es constante. Existen, además del costo adicional en la inversión inicial, costos incrementales de operación y mantenimiento a lo largo de la vida del proyecto, que suponemos no son compensados por un probable aumento en la productividad del proyecto asociado a la mayor inversión inicial. Con tal inversión en reducción del riesgo y los gastos de operación y mantenimiento adicionales, se hubieran evitado las disminuciones en el BN suscitada a partir del año 10 de nuestro hipotético caso. De esta forma, el valor presente de la diferencia entre la línea de BN continua y la punteada equivale a

la diferencia entre el valor del daño no generado por el desastre y el incremento en el costo inicial ($C_0' - C_0$) más los gastos de operación y mantenimiento incrementados, que corresponde a los últimos términos del lado derecho de la ecuación (10')

Si ahora contrastamos el comportamiento de los BN sin desastre con la senda de los BN cuando se toman medidas de prevención, observaremos que, además de los mayores costos de la inversión inicial, aparecerá una diferencia en los mismos a partir del año 1 en adelante debido a los mayores costos de operación y mantenimiento atribuible justamente al mayor nivel de la inversión inicial y sus implicaciones en la administración de la misma.

Finalmente, en el gráfico 3 mostramos la relación entre el valor actual de los beneficios esperados con desastre, $E(VABN_{cd})$, y la probabilidad de ocurrencia del desastre. A medida que asignemos un mayor valor a esta última,

menor será el valor actual de los beneficios netos esperados, puesto que mayor es la ponderación de los costos del desastre. En el Cuadro 1 se muestran los valores correspondientes a esta gráfica.

GRÁFICO N° 3

Valor Actual de los Beneficios Netos Esperados con Desastre

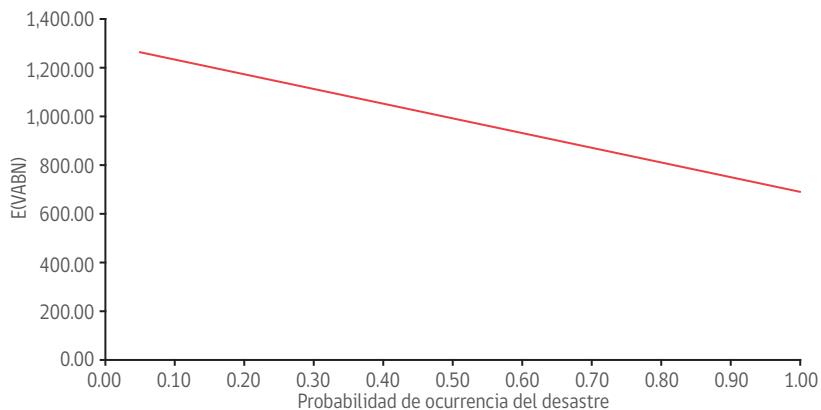


TABLA N° 56

Valor Actual de los Beneficios Netos Esperados con Desastre y Distintas Probabilidades

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL DESASTRE	E(VABN) SIN PREVENCIÓN
0.05	1,253.92
0.10	1,224.05
0.15	1,194.18
0.20	1,164.31
0.25	1,134.44
0.30	1,104.58
0.35	1,074.71
0.40	1,044.84
0.45	1,014.97
0.50	985.10
0.55	955.23
0.60	925.37
0.65	895.50
0.70	865.63
0.75	835.76
0.80	805.89
0.85	776.03
0.90	746.16
0.95	716.29
1.00	686.42

SEGUNDO ESCENARIO DE ANÁLISIS

En este segundo escenario se mantiene en general los supuestos anteriores, pero ahora se introducirá el hecho de que no se trata sólo de una amenaza que se presentará en un período dado, como en el primer escenario. Ahora se trata de eventos diferentes que se presentarán con una cierta probabilidad durante el horizonte temporal del proyecto. De esta forma supondremos que el desastre se puede presentar en los años 5, 10 y 15. En cada uno de estos años, el comportamiento de los costos del desastre será conforme a lo descrito en el escenario anterior.

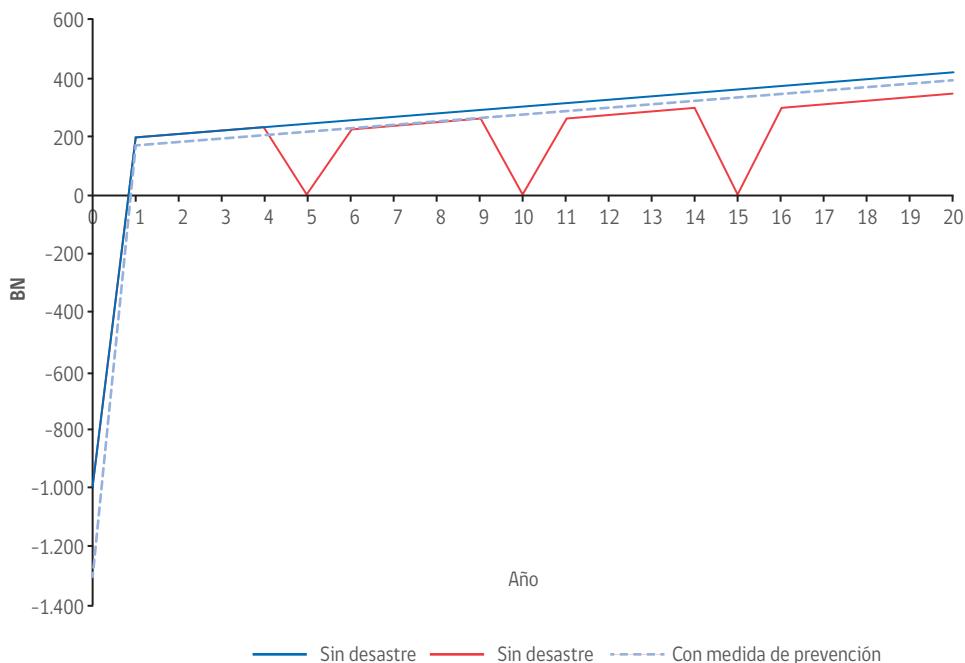
Un punto metodológico importante es tener presente que los costos del desastre de un evento particular se prolongan a través del tiempo, por lo tanto, cuando acontece el siguiente desastre, su costo deberá incluir sólo la diferencia entre la situación con el desastre anterior y el nuevo, puesto que es importante mantener separados los costos atribuibles a los diferentes eventos. Este escenario puede también aplicarse para el caso en que un mismo evento, por ejemplo, inundaciones, se puedan repetir cíclicamente en el horizonte temporal del proyecto. Para cada uno de estos eventos habrá una probabilidad y un costo del desastre.

Por otro lado, se puede suponer que las medidas de prevención implican costos adicionales que se comportarán de la misma manera que supusimos para el escenario anterior, es decir, integran un costo de inversión adicional en el período inicial y mayores costos por administración y operación. Además, supondremos que las medidas de prevención son únicas y para

todos los eventos, de tal forma que no es posible separarlas por desastre, ni en cuanto al costo inicial ni en los costos de operación y mantenimiento adicionales. En el gráfico 4 se presentan simultáneamente las sendas de *BN* de las tres alternativas planteadas: el proyecto sin desastres, el proyecto con desastre y el proyecto con medidas de prevención.

GRÁFICO Nº 4

Beneficios Netos Esperados sin Desastre, con Desastre y con Medida de Prevención



En este caso el valor presente de la diferencia entre los beneficios netos del proyecto con medidas de prevención y los del proyecto con desastre es la base para evaluar la conveniencia o no de las medidas de prevención. Conviene anotar una vez más, que los costos del desastre deberán ser ponderados por la probabilidad de que se presenten. Es decir, a medida que más probable es el evento, mayor será la probabilidad de que estas medidas sean económicamente rentables.

TERCER ESCENARIO DE ANÁLISIS

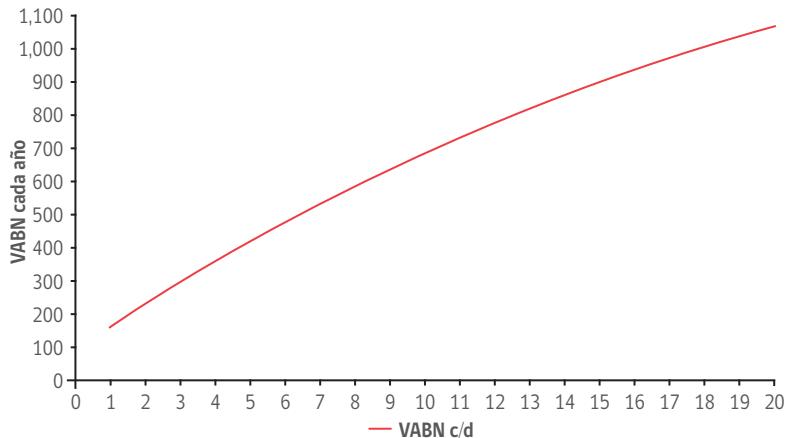
En este escenario el evento se presentará sólo una vez. En contraste con el escenario anterior, donde se presentan diferentes eventos o el mismo evento tiene un comportamiento cíclico que implica que se presenta más de una vez durante la vida útil del proyecto, en este caso el evento se presentará sólo una vez, pero no se especifica a priori cuándo será. Concretamente, en este escenario introduciremos el hecho de que hay desastres únicos cuya probabilidad de ocurrencia puede ser acumulativa a través del tiempo. Bajo este supuesto, el evento puede presentarse a partir del primer año, pero con una probabilidad muy baja. A medida que pasa el tiempo, la probabilidad se incrementa. Para cada año posible, que de hecho los relevantes son todos los años de vida útil del proyecto, el costo del desastre es diferente.

En efecto, por una parte, el costo de la reconstrucción podría ser diferente si la magnitud del desastre es mayor y esta última podría ir creciendo a medida que pasa el tiempo. Pero aún cuando se mantuviera constante el costo de la reconstrucción, por un lado, su valor presente disminuye a medida que pasa el tiempo y, por otro, la probabilidad de ocurrencia con que se lo pondera es diferente para cada año, de tal forma que, en el ejercicio, se tomará como supuesto que es creciente en el tiempo.

Por otra parte, la pérdida de beneficios netos será diferente dependiendo del momento en que se presenta el desastre. En efecto, este factor se manifiesta en un cambio de los beneficios netos del proyecto a partir del momento que se presenta el desastre, de tal forma que a medida que pasa el tiempo, menor es su valor presente. En consecuencia, para cada año del horizonte temporal del proyecto existe un costo del desastre, cuyo comportamiento dependerá del efecto combinado de los factores mencionados. En el gráfico 5 se muestra el valor actual de los beneficios netos si el desastre se presentara en cada año sucesivo, con una probabilidad creciente. En este ejercicio, el resultado es que cuanto más tarde en presentarse el evento, mayor será el VABN puesto que más lejano estaría el costo del desastre.

GRÁFICO N° 5

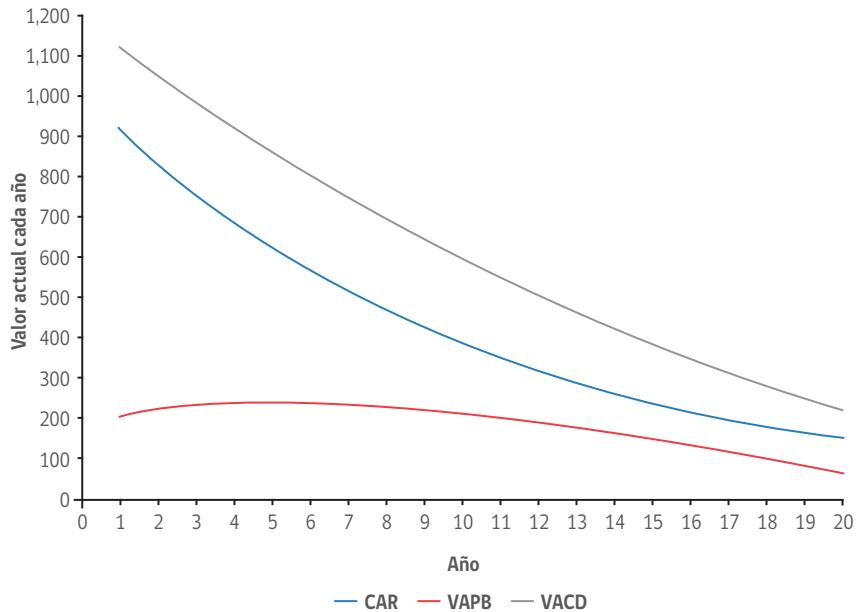
Valor Actual de Beneficios Netos con Desastre cada Año



El comportamiento de los costos presentes de la reconstrucción se pueden apreciar en el gráfico 6 y también de las pérdidas de beneficios en razón de la ocurrencia del desastre, es decir, ambos componentes de valor presente del costo del desastre. Mientras el primero disminuye sostenidamente a medida que transcurre el tiempo, el segundo muestra un incremento inicial para finalmente también disminuir en el tiempo. El resultado neta de la suma de estos dos componentes es que se observa una predominancia del primer efecto, de tal forma que el valor presente de los costos del desastre también disminuyen sostenidamente.

GRÁFICO Nº 6

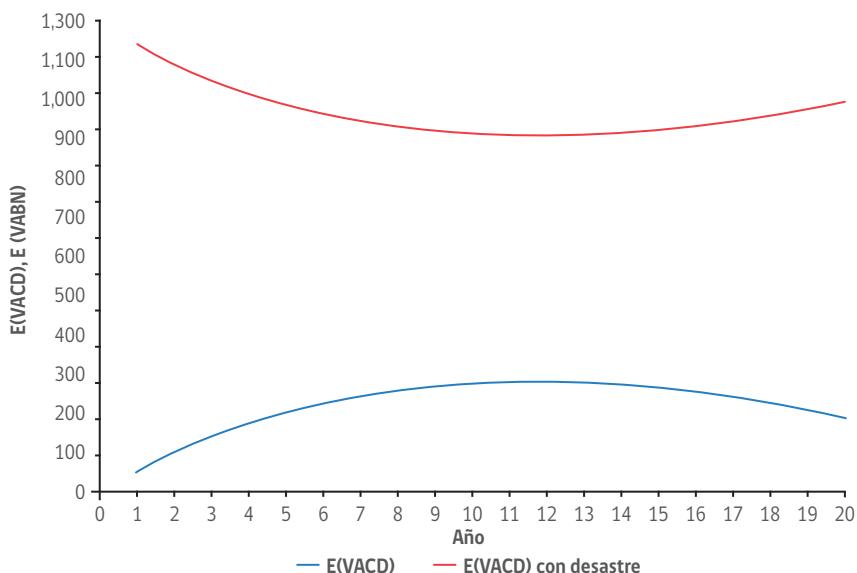
Costo Actual de la Reconstrucción, Valor Actual de la Pérdida de Beneficios y los Costos del Desastre



La evolución del valor actual de los costos esperados del desastre y el valor actual de los beneficios netos esperados con desastre se pueden apreciar en el gráfico 7; en ambos casos, el valor actual de los costos del desastre se ponderan por la probabilidad de ocurrencia, que se incrementa con el tiempo, es decir, es un factor que contribuye a incrementar la magnitud del valor presente a medida que pasa el tiempo.

GRÁFICO N° 7

Valor Actual de los Costos de Desastre Esperado y Valor Actual de los Beneficios Netos Esperados con Desastre



Tendremos una secuencia de costos del desastre que, finalmente, deberá contrastarse con el costo actual de las medidas de prevención, para decidir si conviene o no realizar las mismas. El tipo de respuesta que podremos obtener en un primer acercamiento es, por ejemplo, que conviene realizar las acciones de prevención si el desastre se presenta antes del año X.

4. GLOSARIO

Análisis de riesgos naturales: Metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de amenazas potenciales y evaluación de condiciones existentes de vulnerabilidad que pudieran representar una amenaza potencial o daño a la población, propiedades, medios de subsistencia y al ambiente del cual dependen.

Amenaza Natural: Procesos o fenómenos naturales que tienen lugar en la biosfera y pueden resultar en un evento perjudicial y causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Las amenazas naturales se pueden clasificar por su origen en: geológicas, hidrometeorológicas o biológicas. Fenómenos amenazantes pueden variar en magnitud o intensidad, frecuencia, duración, extensión, velocidad de impacto, dispersión espacial y espaciamento temporal.

Amenaza Geológica: Procesos o fenómenos naturales que puedan causar pérdida de vida o daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. La amenaza geológica incluye procesos terrestres internos (endógenos) o de origen tectónico, tales como terremotos, tsunamis, actividad de fallas geológicas, actividad y emisiones volcánicas; así como procesos externos (exógenos) tales como movimientos en masa: deslizamientos, caídas de rocas, avalanchas, colapsos superficiales, licuefacción, suelos expansivos, deslizamientos marinos y subsidencias. Las amenazas geológicas pueden ser de naturaleza simple, secuencial o combinada en su origen y efectos.

Aceleración máxima del suelo (Peak Ground Acceleration, PGA): Corresponde a la aceleración máxima del suelo (Peak Ground Acceleration, PGA) no es una medida de la energía total (magnitud) de un terremoto, sino más bien de cuánto la tierra tiembla en un área geográfica determinada. El PGA se mide por instrumentos, tales como acelerógrafos.

Análisis determinístico: Considera que la determinación de los posibles valores de las variables sociales puede partir de hechos sujetos a situaciones determinísticas. Funciones de este tipo pueden obtenerse de las técnicas estadísticas de correlación.

Análisis probabilístico: Cuando se toman en cuenta los aspectos probabilísticos de una relación entre variables, en las regiones aparece la predisposición a la "aleatoriedad" asociada con la "certidumbre" y la "incertidumbre": ésta última puede ocurrir porque de un fenómeno se desconoce: 1) donde ocurrirá (espacialidad); 2) cuando ocurrirá (temporalidad); 3) como ocurrirá (magnitud); y 4) cuáles serán sus resultados (consecuencias).

Amenaza Hidrometeorológica: Procesos o fenómenos naturales de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico, que pueden causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Ejemplos de amenazas hidrometeorológicas son: inundaciones, flujos de lodo y detritos; ciclones tropicales, marejadas; rayos / truenos, tormentas de nieve, granizo, lluvia o de vientos y otras tormentas severas; permagel (suelo permanentemente congelado), avalanchas de nieve o hielo; sequía, desertificación, incendios forestales, temperaturas extremas, tormentas de arena o polvo.

Desastre: Situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento de la comunidad; representadas de forma diversa y diferenciada por, entre otras cosas, la pérdida de vida y salud de la población; la destrucción, pérdida o inutilización total o parcial de bienes de la colectividad y de los individuos así como daños severos en el ambiente, requiriendo de una respuesta inmediata de las autoridades y de la población para atender los afectados y restablecer umbrales aceptables de bienestar y oportunidades de vida.

Datum: Es el punto de origen de un elipsoide de referencia, desde donde se calcula un modelo matemático que nos permita representar un punto concreto en un mapa con sus valores de coordenadas.

Evaluación de riesgos naturales: El proceso de evaluación de riesgos se basa en una revisión tanto de las características de las amenazas, a saber: su ubicación, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad. Se debe dar especial consideración a la capacidad de enfrentar los diferentes escenarios de riesgo y medidas para reducir sus impactos.

Entorno: Medio en el cual se encuentra inserto el sistema o componente sobre el cual se realizará el análisis de riesgos.

Exposición: Corresponde al grado en que se relaciona la localización de un componente o sistema en estudio y el área donde existe probabilidad de ocurrencia de una amenaza.

Escala de Magnitud Richter: Se trata de una medida absoluta de la energía del temblor o terremoto expresada en movimiento o aceleración de las partículas del suelo. Se mide con instrumentos, es decir, es una valoración objetiva, instrumental, del sismo y se usa en este caso la escala de Richter, cuyos grados representan cantidades progresivamente multiplicadas de energía. Esta escala no tiene límite superior.

Escala de Intensidad Mercalli: Es la violencia con que se siente un sismo en diversos puntos de la zona afectada. La medición se realiza observando los efectos o daños producidos por el temblor en las construcciones, objetos, terreno y el impacto que provoca en las personas. Su valor depende de la distancia del epicentro, tipo de construcción, calidad del suelo o roca de la localidad y del lugar que ocupan las personas (por ejemplo, en un piso en altura u a nivel del suelo, etc.)

Escala de Intensidad Modificada de Mercalli (IMM): En la actualidad, para medir la intensidad, se emplea desde el 9 de Julio de 1961 la Escala IMM. Esta es una escala descriptiva de 12 grados. Los daños comienzan a partir del grado VI (seis).

Epicentro: El punto en la superficie de la Tierra ubicado directamente sobre el foco o hipocentro de un sismo.

Flujo Piroclástico: Se denomina así a la mezcla de gases y sólidos eyectados en algunas erupciones volcánicas que forma coladas piroclásticas (llamadas a veces, nubes piroclásticas o nubes ardientes). Este compuesto se produce cuando lava con alto contenido en gases disueltos (por ejemplo dióxidos, sulfuros o vapor de agua) se enfría y descomprime al alcanzar la superficie durante una erupción volcánica.

Gestión del riesgo: Proceso social complejo que conduce al planeamiento y aplicación de políticas, estrategias, instrumentos y medidas orientadas a impedir, reducir, prevenir y controlar los efectos adversos de fenómenos peligrosos sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente. Acciones integradas de reducción de riesgos a través de actividades de prevención, mitigación, preparación para, y atención de emergencias y recuperación post impacto.

Hipocentro: El punto en el interior de la Tierra, en el cual se da inicio a la ruptura que genera un sismo.

Intensidad: Medida cuantitativa y cualitativa de la severidad de un fenómeno en un sitio específico.

Intensidad Sísmica: Es una medida de los efectos producidos por un sismo en personas, animales, estructuras y terreno en un lugar particular. Los valores de Intensidad se denotan con números romanos en la Escala de Intensidades de Mercalli Modificada (Wood y Neumann, 1931) que clasifica los efectos sísmicos con doce niveles ascendentes en severidad. La intensidad no sólo depende de la fuerza del sismo (magnitud) sino que también de la distancia epicentral, la geología local, la naturaleza del terreno y el tipo de construcciones del lugar.

Índice de Explosividad Volcánica (IEV): Escala de 8 grados, con la que los vulcanólogos miden la magnitud de una erupción volcánica. El índice es el producto de la combinación de varios factores mensurables y/o apreciables de la actividad volcánica. Por ejemplo, se considera el volumen total de los productos expulsados por el volcán (lava, piroclastos, ceniza volcánica), altura alcanzada por la nube eruptiva, duración de erupción, inyección troposférica y estratosférica de productos expulsados, y algunos otros factores sintomáticos del nivel de explosividad.

Lahar: Son flujos de barro que se movilizan desde las laderas de los volcanes. Durante los últimos siglos, los lahares han destruido más propiedad pública o privada que cualquier proceso volcánico y han sido los causantes de la pérdidas de miles de vidas humanas.

Magnitud Sísmica: Es la energía real liberada en el foco o hipocentro del sismo. Se mide en la escala Richter.

Maremoto (movimiento suelo marino): Los terremotos muy grandes, cuyas zonas de ruptura están bajo el mar o en las cercanías de la costa, producen cambios de elevación en la superficie y el fondo oceánico. Estos cambios topográficos generan olas que se propagan a partir del epicentro y que pueden alcanzar alturas de varias decenas de metros sobre el nivel normal del mar.

Microzonificación: es un método que zonifica la amenaza a una escala mayor. Esto permite la incorporación de la información sobre las condiciones locales del sitio de interés en la evaluación de la amenaza, es decir considera las condiciones de entorno a la componente o sistema que se analiza.

Macrozonificación: esta metodología hace referencia al hecho de que no se consideran las condiciones locales en la determinación de los parámetros que identifican la amenaza.

Método cualitativo: Consiste en descripciones detalladas de situaciones, eventos, personas, interacciones y comportamientos que son observables.

Método cuantitativo: Cuando se aplican métodos cuantitativos se miden características o variables que pueden tomar valores numéricos y deben describirse para facilitar la búsqueda de posibles relaciones mediante el análisis estadístico.

Mapa Temático: Un mapa temático es un mapa en el que se destaca un tema específico preferentemente desarrollado sobre un mapa base o fuente. Para la elaboración del mapa temático, es necesario identificar la existencia de las fuentes y contar con la información sobre los fenómenos que vamos a considerar para la construcción del mapa.

Mapa Síntesis: El mapa síntesis corresponde a un mapa que resumen y contiene un conjunto de mapas asociados o necesarios (mapas elaborados en pasos precedentes), para el cumplimiento del objetivo propuesto para el análisis final de un área, fenómeno espacial o territorio.

Probabilidad de ocurrencia: corresponde a la posibilidad de ocurrencia de un determinado fenómeno y podría definirse como la proporción de veces que ocurriría dicho suceso si se repitiese un experimento o una observación en un número grande de ocasiones bajo condiciones similares.

Periodo de Retorno: es el tiempo esperado o tiempo medio entre dos sucesos improbables y con posibles efectos catastróficos.

Placas tectónicas: Una placa tectónica o placa litosférica es un fragmento de litosfera que se mueve como un bloque rígido sin presentar deformación interna sobre la astenósfera de la Tierra. La tectónica de placas es la teoría que explica la estructura y dinámica de la superficie de

la Tierra. Establece que la litosfera (la porción superior más fría y rígida de la Tierra) está fragmentada en una serie de placas que se desplazan sobre el manto terrestre. Esta teoría también describe el movimiento de las placas, sus direcciones e interacciones. La litosfera terrestre está dividida en placas grandes y en placas menores o microplacas. En los bordes de las placas se concentra actividad sísmica, volcánica y tectónica. Esto da lugar a la formación de grandes cadenas y cuencas.

Peligro: En el estudio de riesgo y para esta guía; representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural, que se anticipa puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, y los bienes y servicios. Se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido.

Riesgo: Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, y los elementos en riesgo

Riesgo Aceptable: Nivel de pérdidas, que una sociedad o comunidad considera aceptable, dadas sus existentes condiciones sociales, económicas, políticas, culturales y ambientales. En términos de ingeniería, el concepto de riesgo aceptable se usa también para definir medidas estructurales y / o no estructurales, implementadas a fin de reducir posibles daños sin que la población y propiedades sean afectadas, de acuerdo a códigos o "prácticas aceptadas" basadas, entre otras variables, en una probabilidad conocida sobre la ocurrencia de una determinada amenaza. ¡Error! Marcador no definido.

Sistemas estratégicos: Para esta guía un sistema es estratégico porque su funcionamiento es crucial antes, durante y después de sucedido el desastre natural, porque su estructura proporciona seguridad, porque alberga alta densidad poblacional, porque en caso de sufrir alguna falla o deterioro el sistema generaría numerosas muertes o lesiones o genera grandes daños que implicaría el desvío de grandes cantidades de recursos públicos a su reposición, entre otras.

Severidad: Daño causado por una amenaza generalmente relacionada a la intensidad del fenómeno.

Tasa de excedencia: La tasa de excedencia corresponde al número de eventos por unidad de tiempo que sobrepasan un cierto nivel de intensidad y magnitud.

Tsunami: Término derivado del japonés que significa literalmente ola de bahía. Ver definición de Maremoto.

Tefra: Es el material expulsado a través de la columna eruptiva tras una erupción volcánica. Se trata de magma que se fragmenta y se expulsa distribuyéndose por el viento en forma de material suelto. A estos fragmentos, sueltos o compactados, de los que se compone la Tefra se les denomina piroclastos, cuando su tamaño es mínimo, se convierten en ceniza.

Vulnerabilidad: Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 a 1 o pérdida total.

Vulnerabilidad Física: corresponde a la propensión al daño de los sistemas y componentes basado en sus características tanto estructurales (vigas, cadenas, otros) como no estructurales (ventanas, puertas, etc).

Vulnerabilidad Funcional: corresponde a la propensión al daño de los sistemas y componentes basado en sus características de organización como de prestación de servicios o bienes.

Valor actual del beneficio neto: Definición proveniente de las finanzas que se asocia al Valor Actual Neto (VAN) pero en donde se le incorpora un valor adicional de contar con el beneficio de un bien o servicio. Para la gestión de riesgo se asume que el valor actual de un beneficio debe ser calculada en función a la probabilidad de pérdida de este beneficio en el futuro de esta manera, es posible asignar valores a las obras estructurales de mitigación o preparación ante la probabilidad de pérdida de dicho beneficio.

5. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- ALBALA BERTRAND, J. (1993) Political economy of large natural disasters with special reference to developing countries. Clarendon Press. Oxford.
- ARGUELLO, M. (2002) De Yucatán a Darien. (disponible en www.desenredando.org)
- AYALA-CARCEDO, Francisco y OLCINA CANTOS, Jorge. Riesgos Naturales. Editorial Ariel. Barcelona, España. 1512 pp. 2002.
- BLAIKIE, PIERS ET AL. (1996) Vulnerabilidad: El entorno social, político y económico de los desastres. La Red. IT Perú. Tercer Mundo, Editores. Colombia.
- CABALLEROS, R. Y R. ZAPATA (1999) América Latina: el impacto de los desastres naturales en el desarrollo, 1972-1999. México, CEPAL.
- CALVO GARCÍA-TORNEL, Francisco. Sociedades y Territorios en Riesgo. Colección "La Estrella Polar", dirigida por Horacio Capel. Ediciones del Serbal. Barcelona, España. 186 pp. 2001.
- CARDONA O. D. (1996) "Manejo ambiental y prevención de desastres: dos temas asociados", Ciudades en riesgo, M A Fernández (Ed.), La RED, USAID.
- CARDONA, O. D. (2001) Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. España. (copia en www.desenredando.org)
- CARDONA, O.D. (2003). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y revisión necesaria para la gestión. (copia en www.desenredando.org)
- CENTRO REGIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE DESASTRES (CRID). Bibliodes: Prevenir Recompensa. no. 28. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. Glosario. San José, C.R. p.5. 1998.
- COMISIÓN NACIONAL DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS. Módulo de Capacitación: Desastres y Emergencias Tecnológicas. San José, C.R. p. 21
- CUNY, FRED. (1983) Disasters and development. Oxford University Press.
- HEWITT, K. (1983). "The idea of Calamity in a technocratic age" en Hewitt, K. (ed.) Interpretations of Calamity. Longman Press.
- PORTAL GEOGRAFÍA FÍSICA (PGF). Riesgo Natural. Desarrollado, modificado y actualizado por Octavio E. Rojas Vilches. Departamento de geografía de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía de la Universidad de Concepción. Concepción, Chile. Visitado el 7 de enero de 2009. Disponible en línea en: <http://www2.udec.cl/~ocrojas/riesgonatural.htm> Última actualización, domingo, 19 de abril de 2008.
- FORO CIUDADES PARA LA VIDA (FCPV). Manual N°2: Gestión Comunitaria de Riesgos. En cooperación con el Programa de la Naciones Unidas para Asentamientos Humanos. Lima Perú. 136 pp. 2002.

- LAVELL, ALLAN. (1996) "Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano: problemas y conceptos". En Fernández, María Augusta. Ciudades en riesgo. LA RED. USAID. Lima, Perú.
- LAVELL, A. Y E. FRANCO (1996). Estado, sociedad y la gestión de desastres en América Latina: en búsqueda del paradigma perdido. La Red, ITDG, Perú.
- LAVELL, ALLAN (1998) "Un encuentro con la verdad: los desastres en América Latina durante 1998" en Anuario Social y Político de América Latina y el Caribe, año 2. FLACSO. Nueva Sociedad.
- LAVELL, ALLAN. (1999). "Desastres en América Latina: avances teóricos y prácticos: 1990-1999" Anuario Social y Político de América Latina y el Caribe. FLACSO-Nueva Sociedad
- LAVELL, ALLAN et al. La Gestión Local del Riesgo: Nociones y Precisiones en torno al Concepto y la Práctica. CEPREDENAC-PNUD. 2003a.
- LAVELL, ALLAN et. al. La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), PNUD. 2003b.
- MASKREY, A. ED. (1993) Los desastres no son naturales. LA RED. Tercer Mundo Ed. Bogota.
- MASKREY, A. (1994). "Comunidad y desastres en América Latina: estrategias de intervención", en Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Allan Lavell (Ed.), LA RED, Tercer Mundo Editores, Bogotá.
- MASKREY, A. (1998). Navegando entre brumas. La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis del riesgo en América Latina. ITDG-Perú. LA RED. Tercer Mundo Ed. Bogotá.
- ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS (ONU). La Gestión del Riesgo de Desastres Hoy: contextos globales, herramientas locales. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD). Ginebra, Suiza. 206 pp. 2008.
- ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS (ONU). Vivir con el riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD). Ginebra, Suiza. 442 pp. 2004.
- PNUD (2003). Proyecto Estado de la Región. Segundo Informe del Estado de la Región. San José, Costa Rica (capítulo sobre el Desafío Ambiental, coordinado por Pascal Girot).
- SEN, A.K., (2000). Development as freedom. New York: Alfred A. Knopf.
- SERVICIO NACIONAL DE ESTUDIOS TERRITORIALES (SNET). Conceptos y Definiciones de Relevancia en la Gestión del Riesgo. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Nueva San Salvador, El Salvador. Visitado el 8 de enero de 2009. Disponible en línea en: <http://www.snet.gob.sv/Documentos/conceptos.htm> Marzo de 2002.
- PIERS BLAIKIE, TERRY CANNON, IAN DAVID, BEN WISNER. LA RED. Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. 1996.

WHITE, G. F. (1942). Human adjustment to floods: A geographical approach to the flood problem in the U.S. Research Paper 29, Department of Geography, University of Chicago.

WILCHES CHAUX, G. (1989). Desastres, Ecologismo y Formación Profesional. SENA, Popayán. Colombia.

WILCHES CHAUX, GUSTAVO. (1993) "La Vulnerabilidad Global". En Maskrey, A. (ed.) Los Desastres no son naturales. La Red. Tercer Mundo Editores, Colombia.

WILCHES CHAUX, G. (1998). Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, mecánico y soldador. Guía de La Red para la gestión local de los desastres.



NACIONES UNIDAS



DIVISIÓN DE POLÍTICAS Y ESTUDIOS

Morandé 115 Pisos 7, 10, 11 y 12.
Santiago, Chile
Fono (56-2) 636 36 00
www.subdere.gov.cl