



INSTITUTO DE INGENIEROS
C H I L E

CONTRIBUCIONES DE LA INGENIERÍA A LA PREVENCIÓN Y A LA RECUPERACIÓN ANTE DESASTRES NATURALES



INGENIERÍA Y DESASTRES – 2019

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Fundado en 1888

Miembro de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros (UPADI)

Miembro de la Federación Mundial de Organización de Ingenieros (FMOI) (WFEO)

Miembro de la American Society of Civil Engineers (ASCE)

Presidente

Luis Nario Matus

Primer Vicepresidente

Carlos Mercado H.

Segundo Vicepresidente

Ricardo Nicolau del Roure G.

Tesorero

Juan Carlos Barros M.

Protesorero

Iván Álvarez V.

Secretaria

Ximena Vargas M.

Prosecretaria

Silvana Cominetti C.

DIRECTORIO 2019

Iván Álvarez

Elías Arze

Marcial Baeza

Juan Carlos Barros

Sally Bendersky

Juan Enrique Cannobbio

Silvana Cominetti

Alex Chechilnitzky

Raúl Demangel

Álvaro Fischer

Andrés Fuentes

Javier García

Roberto Fuenzalida

Tomás Guendelman

Diego Hernández

Carlos Mercado

Germán Millán

Rodrigo Muñoz

Ricardo Nanjarí

Luis Nario

Ricardo Nicolau del Roure

Humberto Peña

Miguel Ropert

Manuel Ruz

Mauricio Sarrazin

Alejandro Steiner

Ximena Vargas

Luis Valenzuela

René Vásquez

Jorge Yutronic

Secretario General

Carlos Gauthier Thomas

SOCIEDADES ACADEMICAS MIEMBROS DEL INSTITUTO

ASOCIACION CHILENA DE SISMOLOGIA E INGENIERIA ANTISISMICA, ACHISINA.

Presidente: Rodolfo Saragoni H.

ASOCIACION INTERAMERICANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL - CAPITULO CHILENO, AIDIS.

Presidente: Alexander Chechilnitzky Z.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRAULICA, SOCHID.

Presidente: José Vargas B.

SOCIEDAD CHILENA DE GEOTECNIA, SOCHIGE.

Presidente: Daniela Pollak A.

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA DE TRANSPORTE, SOCHITRAN.

Presidente: Juan Carlos Herrera M.

PMI SANTIAGO CHILE CHAPTER

Presidente: Alfonso Barraza San M.

SOCIEDAD CHILENA DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA, SOCHEDI.

Presidente: Mario Letelier S.

COMISIONES DEL INSTITUTO

INGENIERÍA Y ÉTICA

Presidente: Elías Arze C.

PROSPECTIVAS DE LA INGENIERÍA.

Presidente: Jorge Yutronic F.

INGENIEROS EN LA HISTORIA PRESENTE.

Presidente: Ricardo Nanjarí R.

VISIÓN DEL NEGOCIO DEL COBRE

Presidente: Andrés Fuentes T.

INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LA VIDA

Presidente: Alejandro Steiner T.

ELECTROMOVILIDAD, OPORTUNIDADES PARA LA INGENIERÍA CHILENA

Presidente: Javier García M.

CONTRIBUCIONES DE LA INGENIERÍA A LA PREVENCIÓN Y A LA RECUPERACIÓN ANTE DESASTRES NATURALES

COMISIÓN INGENIERÍA Y DESASTRES – 2019

Presidenta: Silvana Cominetti Cotti-Cometti

Participantes: Juan Carlos Barros Monge
Mauro Grossi Pasche
Cristian Hermansen Rebolledo
Luis Nario Matus
Raúl Oberreuter Olivares
Patricio Pineda Nalli
Miguel Ropert Dokmanovic
Ximena Vargas Mesa

Agradecimientos

El Instituto de Ingenieros de Chile hace un especial reconocimiento a aquellas personas que aceptaron la invitación a compartir sus visiones e informar a la Comisión sobre los problemas, retos, fortalezas y debilidades del tema objeto de estudio de la Comisión. Ellos son:

Jorge Claude B., Vicepresidente Ejecutivo de la Asociación de Aseguradores de Chile; **Ramiro Mendoza**, ex Contralor General de la República; **Patricio Aceituno**, ex Decano Facultad de Cs. Fis. y Mat. Universidad de Chile; **Natalia Silva**, Jefa de la Unidad del Sistema Nacional de Protección Civil Onemi y **Dafne Núñez** de Onemi; **Natalia Vera**, Directora JICA Chile; **Manuel Carracedo**, Dirección de Puentes MOP y **Rodrigo Ortiz**, Socio GRD, Consultores en Gestión de Riesgos de Desastres.

También corresponde dejar constancia del reconocimiento del Instituto a la presidenta de la Comisión, ingeniera Silvana Cominetti Cotti-Cometti y a cada uno de los integrantes de ella: los ingenieros: Juan Carlos Barros Monge, Mauro Grossi Pasche, Cristian Hermansen Rebolledo, Luis Nario Matus, Raúl Oberreuter Olivares, Patricio Pineda Nalli, Miguel Ropert Dokmanovic y la ingeniera Ximena Vargas Mesa, por su asistencia y colaboración en las sesiones de trabajo y en la redacción del presente informe.

Finalmente, un reconocimiento al Ingeniero Sr. Raúl Uribe, Director de la Revista y Anales del Instituto, quien en su calidad de editor de las publicaciones de nuestra Corporación colaboró en la revisión del material que integra el presente informe. Se hace extensivo este reconocimiento al Sr. Carlos Gauthier, por el apoyo prestado al trabajo de la Comisión y al Sr. Uribe en su labor.

Resumen

En este Informe se abordan diversos temas relacionados con la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD), analizando la contribución que tiene la ingeniería en la disminución de los efectos de eventos potencialmente desastrosos, con foco en la mejora de la calidad de vida de la sociedad, apuntando al avance en el desarrollo del país. Se describe el significativo liderazgo que tiene la ingeniería en diferentes ámbitos de la GRD, indicando la importancia de aumentar aún más dicho liderazgo, por el alto impacto que tiene.

En este Informe se discute el Proyecto de Ley que establece el Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil, y crea la Agencia Nacional de Protección. La Comisión, tras realizar un análisis crítico de esta propuesta, resalta la urgente necesidad de promulgar esta ley a la brevedad, para entregar una institucionalidad al país en esta materia, asignando los recursos que se requieren para su implementación. De no contar con esta ley, el país corre riesgos al no estar suficientemente preparado, no pudiendo avanzar hacia los niveles adecuados de resiliencia ante desastres naturales que el país necesita tener.

Se aborda también la gobernanza en el ámbito de la GRD, señalando la necesidad de un modelo descentralizado en materia de gestión de emergencias, funcionando desde lo local, con apoyo del nivel central. Un ejemplo de las dificultades que se originan por una gestión centralizada, han sido las descoordinaciones ocurridas en el reciente mega-incendio en Aysén, que, en febrero de 2019, alcanzó cerca de 16.000 hectáreas de bosque nativo quemado.

Tras un diagnóstico de la situación de la GRD a nivel mundial y a nivel nacional, se indican acciones que la ingeniería puede ejercer para reducir el riesgo de desastres, desde la disminución a la exposición a las amenazas, a la disminución de la vulnerabilidad ante las mismas.

Se realiza un análisis en el que se modelan las posibles condiciones futuras a que estará expuesto el país ante el cambio climático que está ocurriendo, y sus impactos sobre nuevas y diferentes situaciones de riesgo que pueden suceder en las distintas regiones del país. Se concluye que la situación de los desastres naturales causados por eventos climáticos será cada vez de mayor impacto en el corto y en el mediano plazo. El país debe estar preparado para enfrentar los nuevos posibles escenarios, para afrontar la emergencia desde la prevención y la mitigación de eventos catastróficos. La ingeniería aporta desde varios frentes, entre los que se encuentra el modelamiento científico del futuro, que permite desarrollar el diseño de soluciones preventivas.

Se muestran estadísticas de desastres naturales que han ocurrido en el mundo y con mayor detalle, se describen los desastres naturales ocurridos en Chile, analizando sus impactos desde el punto de vista económico –descritos como costos directos y como costos indirectos–, y desde el punto de vista de las pérdidas e impactos en las personas. La pérdida anual promedio por desastres en los últimos 30 años en Chile, se estima cercana al 1,26% del PIB nacional, lo que corresponde al valor más alto entre los países del G20. Si bien en números totales los desastres naturales afectan a otros países más que a Chile, el peso de las pérdidas respecto de su PIB es el más alto. Ello debe ser considerado al momento de diseñar políticas públicas relacionadas con desastres naturales.

Existen diferentes situaciones y proyectos que se han desarrollado en el país y que una vez construidos, han aumentado los riesgos de desastres, tales como: construcción de tranques de relave; construcción de viviendas en zonas precordilleranas; expansión de las ciudades sin las inversiones adecuadas para evacuación de aguas lluvias; existencia de normativa desactualizada y descoordinación entre normativas.

Por otra parte, se han desarrollado proyectos de mitigación del impacto de los desastres, tales como: preparación de la Norma “Diseño Estructural – Edificaciones en Áreas de Riesgo de Inundación por Tsunami y Seiche”; diseño de parques fluviales en zonas costeras; uso de aisladores sísmicos; construcción de piscinas decantadoras en zonas de riesgo de aluviones; desarrollo de planes reguladores que impiden la construcción en áreas de riesgo de inundación, tsunamis o erupciones volcánicas; reforzamiento de Infraestructura existente para mejorar las condiciones actuales, cumpliendo las exigencias de las normativas actuales y vigentes, especialmente en lo que se refiere al diseño sísmico; mejoramiento de suelo de fundación mediante compactación dinámica para la mitigación de riesgos sísmicos en suelos arenosos potencialmente licuables.

En la actualidad se están generando proyectos destinados a disminuir el riesgo de futuros desastres, tales como: construcción de parque inundable en el Zanjón de la Aguada; monitoreo de remociones en masa y eventos hidrometeorológicos en sectores críticos de la cuenca del Río de las Minas; construcción de muros aluvionales en las quebradas de Tarapacá.

En relación al diseño de proyectos de inversión, se detallan algunas acciones que se deben efectuar tras la detección de fallencias observadas ante la ocurrencia de eventos naturales, que se refieren a: análisis de los estándares de diseño y estudios después de un desastre, creando condiciones para que no se repitan fallas o se aminoren; fortalecimiento del comportamiento ético y la responsabilidad de los profesionales de la ingeniería civil en el cumplimiento de las normas; promoción de la discusión relacionada con decisiones de contratar, o no, seguros de infraestructura pública, que permitan disminuir los períodos de normalización de los servicios tras un desastre de importancia, considerando que lo primordial es potenciar al máximo las medidas preventivas para reducir el riesgo de desastres; mejoramiento de la resiliencia del sistema de energía y reducción de la probabilidad de daño de éste.

Se efectúa una descripción de la contribución de la Ingeniería Civil en la gestión del riesgo de desastres, en las fases de prevención, respuesta y reconstrucción post-desastre, a través de algunos ejemplos. En prevención se nombran por ejemplo: el diseño y construcción de obras de infraestructura dotadas con altos niveles de seguridad; la elaboración y en la innovación de materiales y sistemas constructivos para el diseño de viviendas y refugios; la revisión y evaluación de la vulnerabilidad de las estructuras, en especial de las edificaciones críticas; la determinación de los sistemas de reparación y refuerzo de estructuras que los requieren; el diseño y operación de redes de monitoreo de variables y sistemas de alerta temprana; el diseño y construcción de sistemas robustos de comunicaciones, y de producción, transporte y distribución de electricidad, combustibles y agua potable; incorporación de nuevos sistemas eléctricos redundantes, como es el caso específico de asegurar energía con sistemas de micro redes eléctricas. En la fase de respuesta, se ejemplifica la contribución de la Ingeniería Civil con ejemplos tales como: rol de inspección de daños estructurales; rol de inspección y eventualmente de autorización para la continuidad de la operación de obras civiles especiales; organización de las labores de inspección; elaboración de planes de acciones logísticas. Por último, en la etapa de reconstrucción, se presentan ejemplos tales como: elaboración de planes de continuidad de negocios; reconstrucción de viviendas e infraestructura; establecimiento de protocolos de coordinación de acciones y organización de la población; fortalecer la resiliencia generando planes de adaptación; aprendizaje post-desastre para la mejora en el futuro.

Durante el proceso académico formal, la formación del Ingeniero Civil chileno debe considerar la GRD como un objetivo o competencia transversal en todas las especialidades. Se observa además un espacio interesante de formación de nuevas especialidades en esta área. Los ingenieros deben contar con capacidades de: prevención de daños ante eventos naturales; liderazgo en la mitigación

de los desastres naturales; desarrollar y construir infraestructuras cada vez menos vulnerables; balancear las fuerzas de la naturaleza y su explotación. Salvo un programa de Magíster (en la UDD), en Chile se ofrecen programas de postgrado y diplomas de postítulo relacionados con la GRD que van dirigidos a diferentes profesiones, y no específicamente a los Ingenieros Civiles.

La generación de conocimiento en el área de la GRD es fundamental para el avance y el desarrollo del área. Se han creado diferentes Centros de Investigación que abordan la GRD, alojados en las principales universidades chilenas, desde los que se ha ido ampliando la generación de conocimiento y su difusión. Los estudios que se están realizando se orientan principalmente a la caracterización de las amenazas y su prevención y a la respuesta ante los desastres. Las líneas de investigación se focalizan principalmente en áreas de planificación, logística, telecomunicaciones, redes, gestión, modelamiento y educación. Se recomienda la instalación de instancias de coordinación de estos Centros a fin de optimizar los recursos asignados, evitando duplicar estudios.

La tecnología constituye un factor de gran relevancia en la GRD, para el conocimiento, predicción y pronóstico de amenazas. Se puede, por ejemplo, modelar la elevación del terreno y realizar el recuento de amenazas y de elementos vulnerables de un territorio, lo que permite realizar mapas de vulnerabilidad y de riesgo. La transmisión oportuna de información ayuda a una adecuada respuesta de la población ante un evento que implica riesgo de desastre. Las transmisiones satelitales y las que se llevan a cabo por medio de fibra óptica, como la telefonía móvil, están siendo aplicadas en los sistemas de alerta. La tecnología por sí sola, sin embargo, no es suficiente, y es fundamental que su empleo, por parte de las personas encargadas, sea realizado de la manera más adecuada y objetiva. El acceso a las *TIC's* debe ser universal, con una expansión y democratización del acceso a ellas en todo el país.

La disponibilidad y el procesamiento adecuado de datos es un potente medio para la GRD. En el informe se describen varios ejemplos de la utilidad de los proyectos de *big data* que se han ido implementando para la GRD. El grado de inteligencia que se puede recoger es enorme y la introducción de nuevas tecnologías como el *big data* o el *data analytics* facilita aún más esta tarea. Es evidente la enorme oportunidad que tiene el país para desarrollar estos avances, aprovechando la formación que tienen los Ingenieros en el área de las ciencias y tecnologías.

La Ingeniería actúa en gran medida aplicando acciones sobre la vulnerabilidad. De entre estas acciones, es de la mayor relevancia el desarrollo de sistemas de aislación sísmica de base y de sistemas de disipación de energía, orientados a la disminución de los efectos de los terremotos sobre las estructuras, que ha tenido últimamente el país.

El Informe termina con 10 propuestas dirigidas a Autoridades del Gobierno, a las Instituciones de Ingeniería y a las Facultades de Ingeniería, las que se listan a continuación.

Propuestas a Autoridades del Gobierno

Propuesta 1: Institucionalidad - Esta Comisión considera que el Proyecto de Ley que establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y sustituye la Oficina Nacional de Emergencia se encuentra en una etapa de madurez y análisis avanzada. Si bien se requiere aún seguir con su discusión, ello debiera efectuarse con mayor celeridad, a fin de constituirse en ley lo antes posible. De esta forma, se entregaría al país una institucionalidad en esta materia, necesaria en la sociedad, en su actual etapa de desarrollo.

Se necesita con urgencia una decisión política de la Autoridad para para acelerar el trámite de este proyecto de ley que, una vez aprobado, debería asignar los recursos que se requieren para su implementación.

Propuesta 2: Estrategia de la GRD - debe considerar un nivel descentralizado de la prevención y la atención de los desastres, un nivel centralizado en el apoyo técnico, las políticas, las estrategias y el apoyo financiero, y el diseño e implementación de programas globales de inversión, orientados a la prevención y mitigación del riesgo de desastres.

Propuesta 3: Inversión en Seguros para Infraestructura Pública - instalar la discusión entre las autoridades y la sociedad civil, respecto de la decisión de usar o no el presupuesto nacional para asegurar las instalaciones públicas, considerando la importancia de potenciar al máximo las medidas preventivas para reducir el riesgo de desastres.

Abrir la discusión hacia la necesidad de generar obligatoriedad de seguros en viviendas individuales, ante algún tipo de desastre natural.

Propuesta 4: Revisión de consistencia y coherencia de la Reglamentación Existente.

Propuestas a Instituciones de Ingeniería

Propuesta 5: Acciones para la disminución de la exposición a las amenazas

Propuesta 6: Revisión de estándares de diseño, desarrollo de estudios para disminución de la exposición a las amenazas y para mitigación de efectos de eventos actuales y futuros, reforzamiento de la responsabilidad en el diseño, y mejora de la resiliencia en los sistemas de energía.

Propuesta 7: Búsqueda de soluciones innovadoras y mejoras a la luz de la GRD.

Propuestas a Facultades de Ingeniería

Propuesta 8: Formación de Ingenieros Civiles en la reducción de la vulnerabilidad.

Propuesta 9: Fortalecimiento de la Investigación de GRD en Ingeniería.

Propuesta 10: Formación de profesionales de la Ingeniería en el desarrollo y aplicación de tecnologías para la GRD. Fomento del acceso universal a las TIC's para contribuir directamente con la GRD, y expansión del acceso a las TIC's en el país.

Acrónimos

AACH	Asociación de Aseguradoras de Chile
AGCID	Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo
CIGIDEN	Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales
CITRID	Programa de Reducción de Riesgos y Desastres
CNID	Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo
CONAF	Corporación Nacional Forestal
DGA	Dirección General de Aguas
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas
FEES	Fondo de Estabilización Económica y Social
GRD	Gestión de Riesgos de Desastres
G20	Grupo de los 20 países industrializados y emergentes
ITReND	Instituto de Resiliencia frente a Desastres de Origen Natural
I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación
MINREL	Ministerio de Relaciones Exteriores
MOP	Ministerio de Obras Públicas
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ONEMI	Oficina Nacional de Emergencias
PIB	Producto interno bruto
PNRRD	Plataforma Nacional para la Reducción de Riesgo de Desastres
PNGRD	Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres
PRI	Plan Regulador Intercomunal
RRD	Reducción de Riesgo de Desastres
Sernageomin	Servicio Nacional de Geología y Minería
Serviu	Servicio de Vivienda y Urbanismo
TIC's	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UDD	Universidad del Desarrollo

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Objetivo	3
1.3	Metodología de trabajo.....	4
2.	DIAGNÓSTICO.....	5
2.1	Gestión de riesgos de desastres	5
2.2	Cambio climático y desastres naturales	7
2.3	Desastres naturales en el mundo	15
2.4	Desastres naturales en Chile	19
2.5	Gestión de riesgos de desastres (GRD) en Chile	28
3.	COMPROMISOS QUE HA ASUMIDO EL PAÍS.....	38
3.1	Estructura institucional.....	38
3.2	Proyecto de ley	38
3.3	Manejo de Desastres Basado en la Gestión Regional	41
3.4	Institucionalidad de I+D+i para la Resiliencia ante Desastres Naturales	42
3.5	Marco de Sendai 2015-2030.....	43
3.6	Plataforma Regional de GRD	43
4.	LA INGENIERÍA Y LA GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES.....	45
4.1	Estándares de Diseño, Planificación y Mantenimiento	45
4.2	Contribuciones de la Ingeniería en la Gestión del Riesgo de Desastre	47
4.3	Formación de Ingenieros en Reducción del Riesgo	49
4.4	Avances en la investigación de GRD en Ingeniería	52
4.5	Tecnologías para la GRD	55
5.	CONCLUSIONES	58
6.	PROPUESTAS	64
	A Autoridades del Gobierno.....	64
	Propuesta 1 (requiere LEY)	64
	Propuesta 2	64
	Propuesta 3	64
	Propuesta 4	65
	A Instituciones de Ingeniería.....	65
	Propuesta 5	65
	Propuesta 6	65
	Propuesta 7	67
	A Facultades de Ingeniería	67
	Propuesta 8	67
	Propuesta 9	67
	Propuesta 10.....	67
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
8.	ANEXO	70
	Glosario	70

Figuras

Figura 1. Evolución temporal del sistema de bajas presiones que azotó Chile durante julio de 2017, generando intensas marejadas.	8
Figura 2. Cambios proyectados en el percentil 10% de temperatura mínima diaria en invierno (junio a agosto) hacia 2030-2060, respecto del periodo 1985-2015. Panel a la izquierda muestra la climatología de esta variable en el periodo de referencia (1985-2015), igual en todos los modelos ajustados.	9
Figura 3. Cambios proyectados en el percentil 90% de temperatura máxima diaria en verano (diciembre a febrero) hacia el 2030-2060, respecto del periodo 1985-2015. Panel a la izquierda muestra la climatología de esta variable en el periodo de referencia (1985-2015), igual en todos los modelos ajustados. Fuente: (DGA, 2018)	10
Figura 4. Proyecciones de eventos de olas de calor en el periodo 2030-2060	11
Figura 5. Detalle de las proyecciones para la zona central.....	12
Figura 6. Cambios en la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos de precipitación en 1, 2 y 3 días.	13
Figura 7. Número de años con precipitación menor al percentil 20 de referencia. En blanco se señala aquellos sectores donde las condiciones se mantienen similares al periodo base. Áreas coloreadas indican sectores que verán un aumento en la frecuencia de años secos con respecto al periodo de línea base.	14
Figura 8. Diferencia de los valores promedios de precipitación media anual entre valores proyectados para el periodo 2030-2060 y los valores del periodo de referencia 1985-2015	15
Figura 9. N° de eventos y daños anuales por desastres naturales entre los años 2004 y 2015, a nivel mundial	18
Figura 10. Pérdidas, USD billones, según grupo de amenazas naturales entre los años 2004 y 2015	18
Figura 11. Daños anuales, USD billones, por desastres naturales según distribución geográfica. Años 2004 a 2015.....	19
Figura 12. Número de personas muertas y desaparecidas, según tipo de evento de origen natural, 2016 y 2017.....	22
Figura 13. Número de personas afectadas, según tipo de evento de origen natural en Chile, 2016 y 2017 ...	23
Figura 14. Número de personas damnificadas y heridas, según tipo de evento de origen natural en Chile, 2016 y 2017	23
Figura 15. Pérdidas en desastres en países G20 más países seleccionados como % del PIB, 1980-2011	24
Figura 16. Gastos solicitados en emergencias, registrados por ONEMI – Años 2011 – 2017	25

Tablas

Tabla 1 Mapa de los principales desastres de origen natural entre los años 2014-2017	20
Tabla 2 Personas fallecidas entre 1900 y 2015 por catástrofes naturales	21
Tabla 3 Personas fallecidas por terremotos entre 1900 y 2015	21
Tabla 4 Personas afectadas entre 1900 y 2015 por catástrofes naturales.....	22
Tabla 5 Pérdidas registradas entre 1900 y 2015	24

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En los últimos tiempos se ha detectado un aumento de desastres a nivel mundial, pero no hay estudios que indiquen la existencia de una relación directa entre el aumento de la ocurrencia de amenazas con el aumento de los desastres.

Los desastres son el resultado del cruce entre la amenaza¹, la vulnerabilidad² y la exposición. No habiendo evidencias de aumentos considerables de ocurrencia de amenazas, sería el aumento de la vulnerabilidad y de la exposición a la amenaza, lo que produce finalmente este aumento de los desastres. Ello evidentemente no es producto de causas naturales, sino que es a raíz de las decisiones del hombre.

El Banco Mundial ha estimado que, por cada dólar invertido en reducción de riesgos, a la larga se economizan entre 4 y 7 dólares que se habrían podido perder en un desastre³. Sin embargo, es difícil para una empresa o institución tomar la decisión de efectuar este tipo de inversión, toda vez que en esto hay elementos probabilísticos en juego, siempre difíciles de incorporar en decisiones de inversión. Ello, pues “si no ocurre nada”, este ahorro es difícil de visualizar y justificar (en Perú, la incorporación de la reducción de riesgos en las inversiones de desarrollo ha hecho posible alcanzar una relación costo-beneficio de 1:37).

Se observa que los desastres ocurridos en los últimos tiempos presentan variaciones importantes en su periodicidad y, además, su registro ha aumentado, lo que permite contar con estadísticas cada vez más completas. En el caso de definir condiciones futuras para el diseño de proyectos de infraestructura, la probabilidad de ocurrencia de eventos es un elemento fundamental que se considera para la definición, por ejemplo, de los períodos de retorno de eventos. Ello conlleva a la obligación de efectuar una revisión de los tiempos de ocurrencia y de la probabilidad de ocurrencia de los eventos, para las correspondientes definiciones normativas que rigen el diseño de ingeniería, así como también para la definición de políticas públicas que exijan la evaluación de los impactos de los eventos que presentan riesgos de desastre. Estas definiciones llevan a que las decisiones de inversión en seguridad se tomen a nivel país, no quedando entonces a criterio del sector privado.

Además, se observa que, tras la ocurrencia de un desastre, es común reconstruir la vulnerabilidad en el mismo lugar, igual o a veces incluso peor. Es fundamental por lo tanto enfocarse en evitar la reconstrucción de la vulnerabilidad existente. Así como la ingeniería tiene un alto impacto y responsabilidad en la prevención del riesgo de desastres, tiene también un gran ámbito de acción en una reconstrucción pensada para superar las vulnerabilidades existentes, aprovechando las lecciones aprendidas y relacionando diferentes áreas profesionales que aborden el problema en su totalidad, con consideraciones técnicas, sociales, de salud, comunicacionales, entre otras.

¹ La amenaza es un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa 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.

² La vulnerabilidad es un factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado.

³ Reducción del Riesgo de Desastres: Un Instrumento para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio- ISDR – United Nations International Strategies for Disaster Reductions; Unión Interparlamentaria

Otro elemento interesante de abordar en la discusión es el hecho que, a mayor inversión en medidas de mitigación, disminuye la percepción del riesgo, lo cual puede ser en sí mismo un elemento de riesgo⁴. Se deben generar sistemas que mantengan la adecuada alerta en la población, sin por otra parte asustar en exceso.

El rol que ha tenido el Estado y los nuevos desafíos

En el caso de Chile, tener un bajo porcentaje de superficie plana o de poca pendiente, implica que el 90% de su territorio presenta algún tipo de riesgo. Es así como en el país se gasta en promedio, el 1,2% del PIB - US\$ 3.000 millones al año - para superar emergencias. Esto muestra un Estado con un rol muy subsidiario, orientado básicamente hacia la superación de la emergencia.

El desafío para el país es mover el foco de la inversión hacia la reducción de desastres a nivel país, con decisiones tales como las indicadas anteriormente. Esto para el diseño de los nuevos proyectos de inversión, lo que generaría un impacto sustancial en el desarrollo del país. Tal cosa no significa que haya que dejar de gastar en superación de la emergencia, sino más bien, que hay que destinar parte de estos recursos hacia la reducción del riesgo de desastres. Urge avanzar en estas decisiones, que deberían ser direccionadas por definiciones de tipo estratégico en los más altos niveles del Estado.

Situación de la Gestión de Riesgos de Desastres en Chile

Tras la ocurrencia -hace ya casi una década- de uno de los mayores eventos sísmicos acaecidos en los últimos siglos en el país, como lo fue el terremoto del 27/F de 2010, pareciera que también en Chile los desastres se están volviendo cada vez más recurrentes. No solo terremotos y tsunamis, sino que también incendios, inundaciones, erupciones volcánicas, aluviones, entre otros.

Las instituciones han ido ganando en experiencia y se ha ido avanzando en muchas áreas, de tal manera que el país hoy cuenta con mayores herramientas para afrontar desastres, que hace unos años. En particular, la respuesta ante un desastre natural ha mostrado a un país que logra superar de manera adecuada las primeras etapas y disminuir en gran medida las pérdidas humanas. A nivel mundial, al igual que a nivel nacional, se observa que a lo largo de los años la cantidad de personas muertas ha ido disminuyendo a causa de los desastres, pero han ido aumentando los damnificados.

Por otra parte, en este avance que innegablemente ha experimentado Chile en su capacidad de afrontar los desastres, existen aún muchas temáticas que no han sido abordadas de manera sistemática y cabal para mitigar el riesgo de los desastres, con una consecuente disminución de pérdidas materiales y personas damnificadas. Hace falta afrontar la Gestión del Riesgo de Desastres -o más bien la "Intervención del Riesgo", tal como lo indica acertadamente Jaime Campos⁵, de manera coordinada entre las diversas instituciones hoy existentes. Ello permitiría potenciar la institucionalidad necesaria, enfocándose además en enfrentar las etapas de la reconstrucción de una manera que implique no solamente restituir las condiciones originales, sino que también genere mejoras que lleven a disminuir riesgos futuros.

⁴ Un ejemplo de ello se dio durante el terremoto y tsunami de Japón en 2011. La existencia de barreras anti-tsunami, generó una percepción de inexistencia del riesgo ante este evento, lo que disminuyó la reacción de las personas al sentirse seguras, con consecuencias desastrosas, pues las aguas sobrepasaron la altura de las barreras.

⁵ Campos, J. (23 de enero de 2018). Panel Gobernanza Regional. Charla Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Institucionalidad para enfrentar los desastres

Se refuerza como un elemento de la mayor relevancia -que debe resolver el país a la brevedad- el establecimiento de la institucionalidad para enfrentar los desastres. Hace más de siete años se está analizando en el Congreso Nacional el Proyecto de Ley que establece el Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil, y crea la Agencia Nacional de Protección Civil. En este trabajo se entregan más adelante los principales aspectos que presenta esta ley, que han sido ampliamente debatidos por las Comisiones del Senado y de la Cámara de Diputados, recibiendo la opinión de numerosos profesionales expertos de la academia, colegios profesionales y diversas instituciones nacionales.

Se considera que el Proyecto actualmente se encuentra en una etapa razonable de madurez y análisis, por lo que la Ley debiera ser promulgada lo antes posible. De esta forma, se entregaría al país una institucionalidad en esta materia, necesaria en la sociedad, en su actual etapa de desarrollo intermedio.

En relación con la labor que ha llevado adelante la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI) estos últimos años, se destaca el trabajo que se ha realizado, a partir del año 2012, por intermedio de la Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastre, que ha desarrollado el Plan Estratégico 2015-2018. Dicha labor se basó en la declaración en el Marco de Sendai:

“...Reconociendo el creciente impacto de los desastres y sus complejidades en numerosas partes del mundo, nos declaramos determinados a intensificar nuestros esfuerzos para fortalecer la reducción del riesgo de desastres en todo el mundo...”

“...aprobamos el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Tenemos el firme compromiso de aplicar el nuevo marco como guía para intensificar nuestros esfuerzos en el futuro. Hacemos un llamamiento a la acción de todas las partes interesadas, conscientes de que la realización del nuevo marco depende de nuestro incesante e infatigable esfuerzo colectivo para hacer que el mundo esté más seguro frente al riesgo de desastres en las próximas décadas en beneficio de las generaciones presentes y futuras...”

Con el trabajo de profesionales expertos de ONEMI y la participación de diversas instituciones de la sociedad, se ha logrado un trabajo meritorio, que permite al país ir constituyendo las bases sólidas que necesitamos para el avance en esta materia.

Desafíos del país para enfrentar los desastres

En base a lo discutido, los desafíos que hoy enfrenta el país se pueden resumir de la manera siguiente:

- Contar con una institucionalidad acorde con el país.
- Contar con presupuestos adecuados para las necesidades locales.
- Trabajar sobre la base de riesgos generalizados.
- Considerar que el desarrollo social, económico ambiental, no es sostenible sin la gestión de riesgos de desastres.

1.2 Objetivo

La Comisión de Ingeniería y Desastres aborda las temáticas que se plantean en esta introducción, con el fin de avanzar hacia un país con una visión moderna de la Gestión de Riesgos de Desastres (GRD), que se traduzca en la existencia de una institucionalidad establecida por una ley, apoyada por profesionales de diferentes áreas.

En particular, esta Comisión describe la contribución de la Ingeniería a la GRD que impacta en la disminución de los efectos de eventos potencialmente desastrosos, mejorando así la calidad de vida de la sociedad y apuntando al avance en el desarrollo del país.

La gestión de riesgos de desastres involucra muchas áreas profesionales, todas ellas relevantes y necesarias. En este contexto, la ingeniería aporta con un liderazgo en diferentes ámbitos, que se espera sean desarrollados cada vez más con mayor énfasis, comprendiendo su gran impacto en el bienestar de la sociedad.

1.3 Metodología de trabajo

Una vez formado el grupo de trabajo, se fijaron reuniones periódicas de la Comisión; en las sesiones de trabajo se recibió a diferentes actores ligados al tema en estudio, que hicieron presentaciones sobre las materias de su especialidad solicitadas por la Comisión, ellos son: **Jorge Claude B.**, Vicepresidente Ejecutivo de la Asociación de Aseguradores de Chile; **Ramiro Mendoza**, ex Contralor General de la República; **Patricio Aceituno**, ex Decano Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile; **Natalia Silva**, Jefa de la Unidad del Sistema Nacional de Protección Civil Onemi y **Dafne Nuñez** de Onemi; **Natalia Vera**, Directora JICA Chile; **Manuel Carracedo**, Dirección de Puentes MOP y **Rodrigo Ortiz**, Socio GRD, Consultores en Gestión de Riesgos de Desastres.

Las exposiciones realizadas por los invitados, junto con investigaciones bibliográficas efectuadas por los miembros de la Comisión, expuestas en las reuniones, contribuyeron a las discusiones, reflexiones y aportes que siguieron por parte de los miembros permanentes. Para elaborar este Informe, se realizó un diagnóstico de la situación de la gestión de riesgos de desastres (GRD) en el país, se identificaron los compromisos que ha asumido el país en esa área y se estableció el aporte de los ingenieros a la GRD.

En base a estos antecedentes, se elaboró un conjunto de propuestas dirigidas a mejorar la GRD del país, las que serán efectivas en tanto sean apropiadas e implementadas por aquellos organismos a quienes corresponde asumir los desafíos aquí planteados.

2. DIAGNÓSTICO

2.1 Gestión de riesgos de desastres

Zonas de impacto de las amenazas naturales

Es indispensable incorporar las amenazas naturales como una de las variables relevantes en todo proceso de planificación territorial. Las amenazas naturales se pueden clasificar en función del territorio que abarcan.

Esta clasificación permite planificar la gestión del desastre. A modo de ejemplo: los terremotos comprometen en general extensos territorios, las erupciones volcánicas afectan zonas más limitadas, las inundaciones y algunos tipos de remociones en masa como derrumbes, deslizamientos o avalanchas en general impactan zonas más reducidas, en tanto que las remociones en masa, del tipo flujo, pueden alcanzar territorios más extensos.

El tratamiento del desastre depende, en gran medida, de las extensiones comprometidas, pasando de una acción limitada a un nivel local, hasta una acción que compromete varias regiones⁶. En todos los casos, la prevención y la atención de los desastres debe ser tratada a nivel descentralizado para que sea operativa. En cambio, el apoyo técnico, las políticas, las estrategias, el apoyo financiero, entre otros, deben obedecer a definiciones centrales.

Acciones a implementar para la reducción del riesgo de desastres (RRD)

El riesgo de desastres es una situación de exposición y vulnerabilidad frente a una amenaza, por parte de asentamientos, obras o actividades humanas. Para evitar o disminuir el riesgo de desastres, hay que generar acciones que apunten hacia la amenaza y otras que apunten hacia la vulnerabilidad de la población expuesta.

Acciones sobre la amenaza y la exposición a la amenaza

En general, las amenazas naturales no se pueden impedir, pero, en algunos casos, es factible disminuir la exposición a la amenaza. A continuación, se plantean algunas acciones que se debieran implementar para evitar desastres ante diferentes amenazas:

- Tsunami
 - Gestionar la prevención, obligando el uso de mapas de riesgo de tsunami al formular los planos reguladores de las zonas costeras.
- Remociones en masa
 - Establecer zonificaciones en función de la exposición a esta amenaza.
- Inundaciones por desbordes de los cursos de agua
 - Aumentar la retención y la infiltración en la cuenca, especialmente aguas arriba de zonas urbanas.
 - Ampliar la capacidad de porteo de la canalización, modificando sus características hidráulicas (rugosidad, sección, pendiente).

⁶ Ferrando, F., 2009. En torno a los desastres “naturales”: tipología, conceptos y reflexiones. Revista INVI, 18(47)

- Reglamentar el uso y ocupación del suelo en las áreas naturalmente inundables.
- Impedir construcciones o alteraciones en cauces que afecten su comportamiento hidráulico, especialmente en épocas de crecidas.
- Establecer corredores paralelos a cauces con niveles de restricción específicos.
- Utilizar parques o áreas deportivas como zonas de inundación.
- Diseñar diques de protección.
- Anegamientos por aguas lluvias
 - Compensar las reducciones de permeabilidad de los suelos.
 - Reestablecer las vías naturales de drenaje.
 - Efectuar drenaje de los terrenos.
 - Localizar los asentamientos en lugares alejados de zonas bajas.
 - Diseñar sistemas locales de infiltración (zanjas, pozos, estanques, pavimentos porosos, pavimentos celulares).
 - Diseñar sistemas locales de almacenamiento (lagunas, estanques).
 - Mejorar el escurrimiento en vías públicas.
 - Mejorar los sistemas de drenaje urbanos primarios y secundarios (colectores, canales).

Acciones sobre la vulnerabilidad

La ingeniería tiene una gran responsabilidad en la disminución de la vulnerabilidad ante amenazas. Algunas acciones a tomar para disminuir la vulnerabilidad son las siguientes:

- Reducir, en lo posible, el nivel de exposición a la amenaza, evitando localizaciones en zonas con amenazas probables o frecuentes. Debería ser parte de las políticas de gestión de riesgos de desastres, la generación de un ordenamiento territorial adecuado, que tome en consideración la ocurrencia de eventos tales como la actividad volcánica, las remociones en masa y las inundaciones.
- En el caso de los sismos, el país está preparado y actúa sobre la resistencia, como producto de las reiteradas experiencias en este ámbito, lo que ha permitido contar con normativa adecuada para tener construcciones sismorresistentes.
- Estudiar y redefinir, si así se concluye, los periodos de retorno de los eventos para el diseño de infraestructura, en función de los cambios que se han ido produciendo, por causas naturales o antrópicas, así como en función de los mayores datos que actualmente puedan estar disponibles.
- Analizar las condiciones de vulnerabilidad de la infraestructura existente, ante las nuevas condiciones de ocurrencia de amenazas que se visualizan, rediseñando o reforzando los casos que así lo ameriten, para disminuir las vulnerabilidades existentes. Debe revisarse la situación que presenta la Región Metropolitana en relación con estructuras críticas que se ubican en zonas de fallas geológicas activas, como lo es la falla de San Ramón. Aunque esta falla no ha registrado ninguna actividad, incluso con los sismos más violentos registrados, puede ser conveniente revisar la situación de la planta de tratamiento de agua potable que atiende aproximadamente a 4 millones de personas y se ubica en las cercanías de dicha falla. Debe evaluarse la vulnerabilidad sísmica de dicha planta ante un evento de gran intensidad planteando las mejoras correspondientes, de ser necesarias, para evitar la suspensión del suministro de agua potable a la población.

2.2 Cambio climático y desastres naturales⁷

El cambio climático es un problema a nivel mundial, que ha estado siendo discutido recientemente dentro de la comunidad científica, desde donde se ha hecho énfasis en lo necesario que resulta tomar medidas inmediatas para restringir el aumento global de temperatura a un 1,5°C⁸. Este aumento generalizado de temperatura genera consecuencias sobre todo el sistema climático, y muchas veces es asociado a la ocurrencia de eventos extremos de diversa naturaleza: marejadas, olas de calor o frío, periodos de sequía o eventos de precipitación extrema entre otros.

Recientemente, en algunos países, se ha percibido un aumento de las temperaturas máximas diarias lo que ha causado importantes pérdidas de vidas humanas⁹; también se han reportado eventos significativos de bajas temperaturas¹⁰ lo que genera la pregunta si este tipo de situaciones pueden ocurrir en Chile en el futuro. Existe, además, la percepción general de que muchos eventos de sequías e inundaciones ocurridos en los últimos años son atribuibles al cambio climático. También, en ese mismo contexto, se han producido importantes eventos de marejadas que han afectado a las actividades y comunidades de sectores costeros de Chile.

En esta perspectiva, se analizan los impactos que el cambio climático puede originar en este tipo de desastres naturales. Para ello se examinan tanto las precipitaciones extremas de 1, 2 y 3 días, sobre un cierto valor umbral, ocurridas entre 1985 y 2015, como temperaturas extremas (máximas y mínimas) y las proyecciones escaladas que algunos modelos de circulación global indican para estas variables en el escenario denominado RCP8.5 (Representative Concentration Pathway) en el período 2030 a 2060.

Marejadas

De acuerdo a Campos¹¹ las marejadas pueden atribuirse a lo denominado mares de fondo o mares de viento. Estos últimos corresponden a aquellas cuyo origen es la fuerza del viento asociada a tormentas locales que causan oleaje de gran altura. Cuando los sistemas frontales, originados por eventos de intensas bajas presiones, generan mares de viento provenientes del noroeste en Chile continental, las ciudades costeras y puertos orientados hacia el norte se ven afectados por grandes olas. Igualmente, los anticiclones fríos migratorios, asociados a altas presiones y masas de aire frío, que originan fuertes vientos de componente sur (surazos) pueden ocasionar marejadas de mar, de viento en la costa chilena. También, algunas tormentas tropicales originadas en el Pacífico Sur pueden causar marejadas de mar de fondo en la costa.

⁷ Ximena Vargas y Tomás Gómez. Trabajo de investigación desarrollado para la Comisión Ingeniería y Desastres, del Instituto de Ingenieros de Chile, 2018

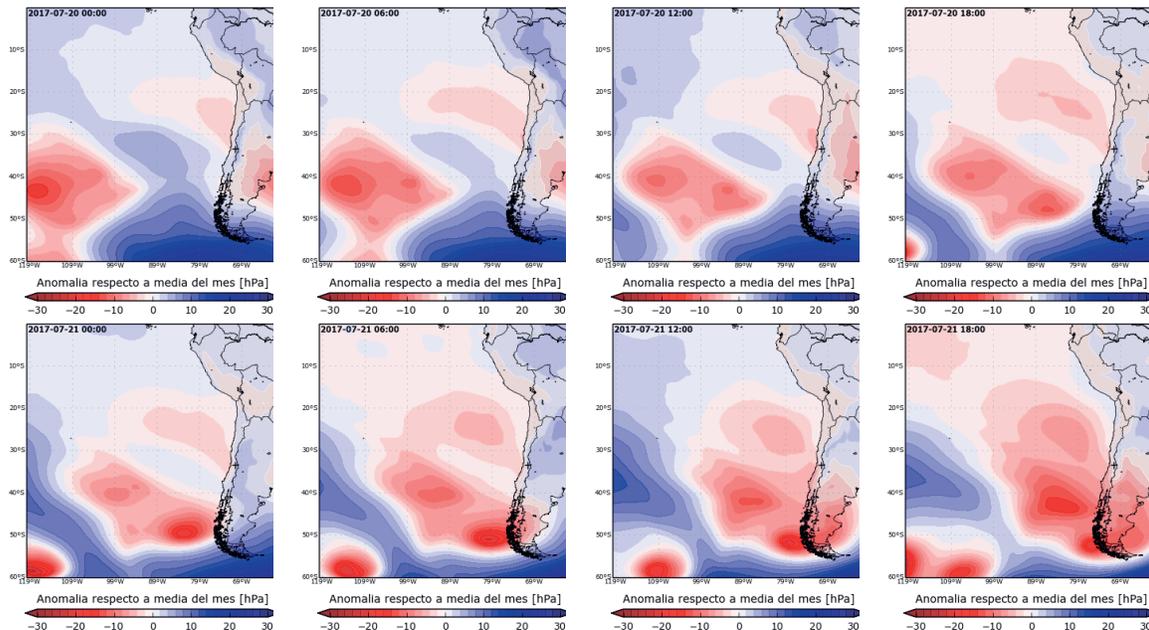
⁸ <https://www.ipcc.ch/sr15/>

⁹ <https://raulsohr.wordpress.com/tag/ola-de-calor/>

¹⁰ <http://www.cambioclimaticochile.cl/que-tan-crudo-sera-el-proximo-invierno-en-chile/>

¹¹ <http://blog.meteochile.gob.cl/2018/02/22/el-origen-de-las-marejadas-en-chile/>

Figura 1. Evolución temporal del sistema de bajas presiones que azotó Chile durante julio de 2017, generando intensas marejadas.



De acuerdo con lo anterior, se han analizado en forma preliminar los eventos de bajas presiones intensas que generan vientos del noroeste en Chile tomando como base el período 1980-2015. Para ello se ha utilizado el modelo de re-análisis ERA-Interim que entrega a nivel diario la información de las variables en una grilla de 80 Km; a modo de ejemplo se muestra en la figura 1 el mapa para el 20 y 21 de julio de 2017 cuando el Centro Meteorológico Marítimo de la Armada de Valparaíso alertó sobre marejadas desde Arica hasta el Golfo de Penas. Esto muestra la evolución temporal del sistema frontal de bajas presiones asociado al evento de marejadas.

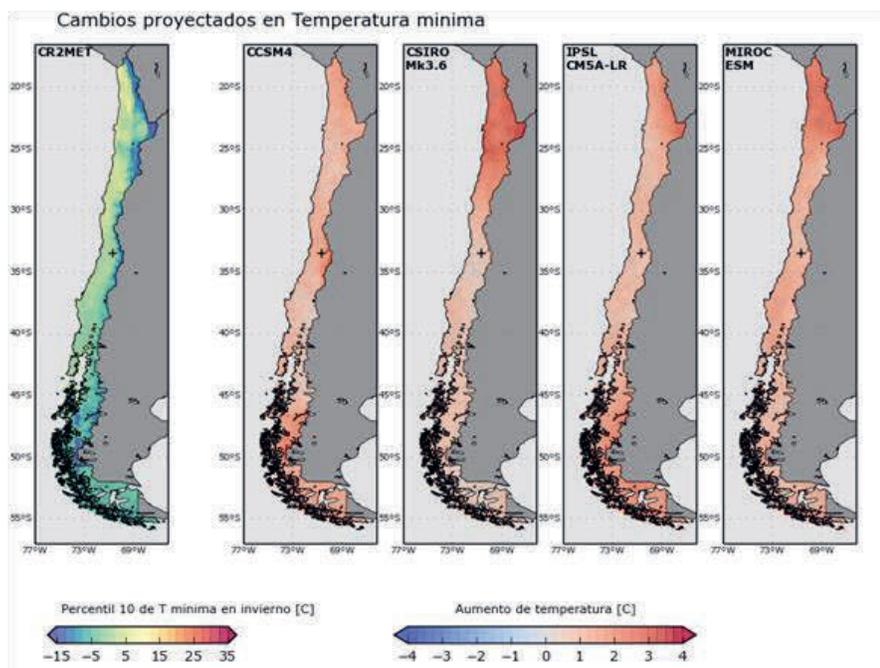
Una forma de evaluar potenciales amenazas de marejada en periodos futuros es estudiar esta variable en profundidad, en base a proyecciones de la misma en distintos modelos de circulación. Su vinculación con otras variables meteorológicas, que sirven como información adicional complementaria (Como, por ejemplo, la velocidad del viento a la altura donde se tiene la presión de 850hPa), permite identificar patrones asociados a generar este tipo de eventos. Utilizando la información de las proyecciones de los modelos de circulación global (GCM por sus siglas en inglés), se puede potencialmente evaluar con qué severidad y frecuencia se proyectan estos tipos de desastres en periodos futuros.

Olas de frío y calor

Una ola de calor o de frío es un episodio de temperaturas anormalmente altas o bajas que se mantienen durante varios días o semanas y que además afectan a una parte importante de la geografía de un país.

En este estudio, se definirá una ola de calor como un periodo de 3 días consecutivos en que las temperaturas máximas sobrepasen el percentil 90 con respecto a un periodo base. Análogamente, se define una ola de frío como un periodo de 3 días en que las temperaturas mínimas sean inferiores al percentil 10 de un periodo de referencia.

Figura 2. Cambios proyectados en el percentil 10% de temperatura mínima diaria en invierno (junio a agosto) hacia 2030-2060, respecto del periodo 1985-2015. Panel a la izquierda muestra la climatología de esta variable en el periodo de referencia (1985-2015), igual en todos los modelos ajustados.



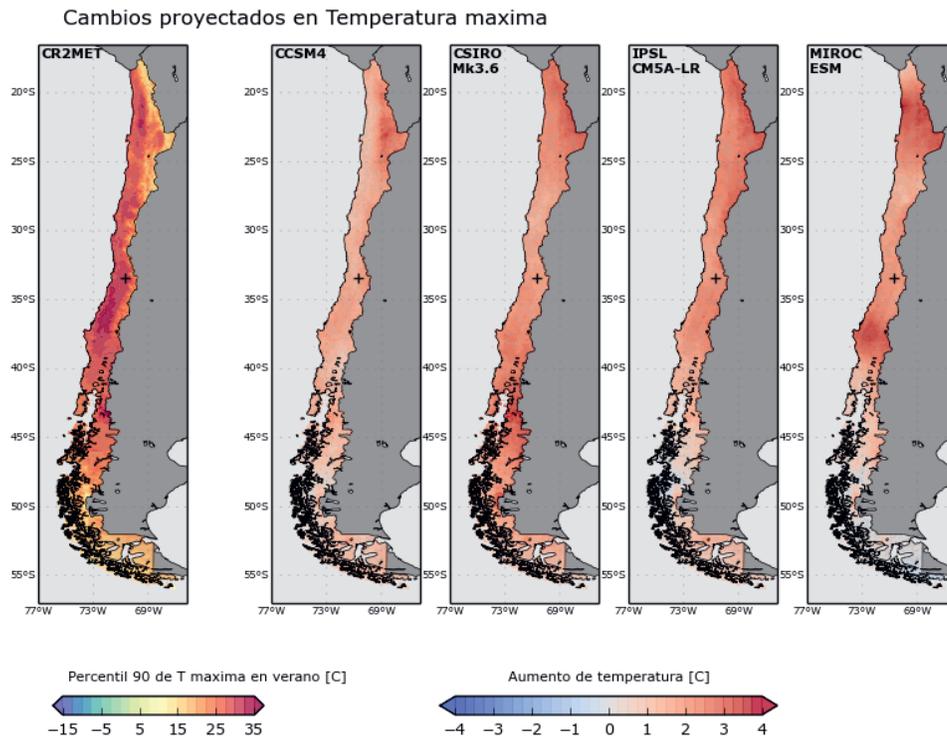
Para analizar este tipo de fenómenos, asociados a temperaturas extremas, se utilizan los modelos de circulación global CCSM4, CSIRO-MK3.6-0, IPSL-CM5A-LR y MIROC-ESM, seleccionados para representar distintas sensibilidades climáticas, variando desde baja hasta alta extrema, en el estudio de la Dirección General de Aguas (DGA, 2018)¹². Como referencia de valores extremos se utiliza la información del producto CR2MET, el cual entrega información para todo el periodo 1985-2015 en el territorio nacional continental, de temperaturas máximas y mínimas, a una escala de 0,05°. Los modelos de circulación global serán evaluados en el periodo 2030 a 2060, bajo un escenario RCP8.5, el que representa las condiciones más severas proyectadas.

El panel izquierdo de la figura 2 muestra los valores de referencia para el percentil 10 de la temperatura mínima en el periodo invernal, para el periodo 1985-2015. Los paneles posteriores presentan los aumentos que cuatro modelos de circulación global CCSM4 (de sensibilidad climática baja moderada), CSIRO-MK3.6-0 (sensibilidad baja extrema), IPSL-CM5A-LR (sensibilidad alta extrema) y MIROC-CSM (de sensibilidad climática alta moderada) proyectan para esta variable en el período 2030 a 2060. Todos los modelos proyectan cambios, consistentemente, de aumento de esta variable en el todo el territorio continental, aunque no homogéneamente. En principio, de acuerdo con estos resultados, se descartaría la ocurrencia de olas de frío en un futuro a mediano plazo.

La figura 3 es análoga a la figura anterior, pero para la temperatura máxima diaria, esta vez en el período de verano y asociada al percentil 90%. Se observa que todos los modelos proyectan un aumento de esta variable, lo que podría conducir a eventuales situaciones de olas de calor en el futuro. Algunos modelos proyectan incluso aumentos de 3°C, en particular en las regiones norte del país. En el sector de la Patagonia solo el modelo CSIRO-Mk3.6 presenta valores de aumento significativo, mientras que todos los otros presentan leves aumentos e incluso en el modelo MIROC leves disminuciones en el sector de Magallanes.

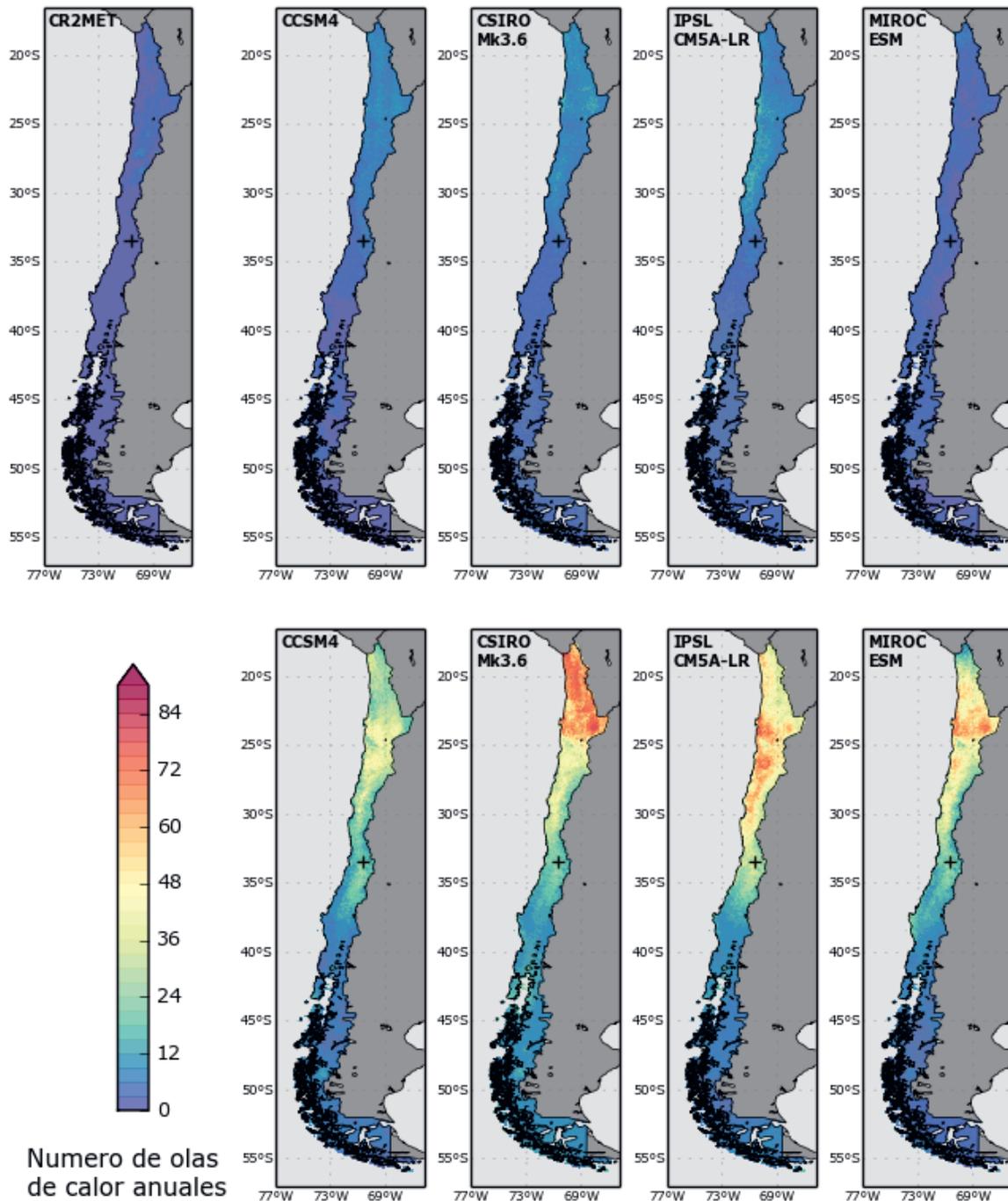
¹² Aplicación de la metodología de actualización del balance hídrico nacional en las cuencas de las macrozonas Norte y Centro.

Figura 3. Cambios proyectados en el percentil 90% de temperatura máxima diaria en verano (diciembre a febrero) hacia el 2030-2060, respecto del periodo 1985-2015. Panel a la izquierda muestra la climatología de esta variable en el periodo de referencia (1985-2015), igual en todos los modelos ajustados. Fuente: (DGA, 2018)



Considerando estas proyecciones, resulta interesante estudiar un poco más en profundidad las proyecciones de ocurrencia de las olas de calor. En este caso, se define una ola de calor como la ocurrencia de tres días consecutivos donde se supera el valor del percentil 90% de temperatura máxima diaria, que se tiene como referencia en el periodo 1985-2015. La figura 4 muestra en los paneles superiores el **promedio anual** de olas de calor estimadas para el periodo 1985-2015, tanto por la referencia de CR2MET, como para los valores de los modelos escalados. Se observa que en el periodo de referencia, el número de olas de calor es bastante bajo, menor incluso a 5 eventos de olas de calor por año. Algunos de los modelos tienden a estimar una mayor cantidad de olas de calor en las regiones septentrionales, llegando en algunos casos a 15 eventos medios por año. Estas diferencias entre los valores se explican en que los modelos no covarían necesariamente con el producto, y siguen su propio planteamiento climatológico.

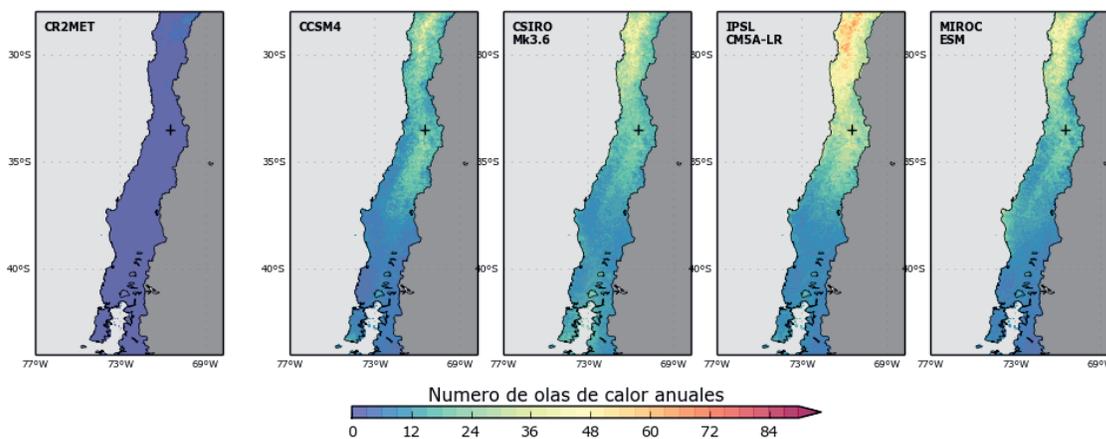
Figura 4. Proyecciones de eventos de olas de calor en el periodo 2030-2060



Los paneles inferiores de la figura muestran la proyección de olas de calor para el periodo de verano. Se observa un aumento significativo de los casos de olas de calor, en especial en el sector del norte, alcanzando valores de más de setenta eventos de ola de calor promedio por año, utilizando como criterio los valores de referencia del periodo 1985-2015. De particular interés resulta la región geográfica comprendida entre las latitudes 28° y 42°, donde se concentra la mayor parte de la población en Chile. Un acercamiento a esta zona se muestra en la figura 5 donde se aprecia que

aumentarían estos episodios de calor. Es necesario señalar que no se ha analizado la persistencia del valor de temperatura durante el día.

Figura 5. Detalle de las proyecciones para la zona central

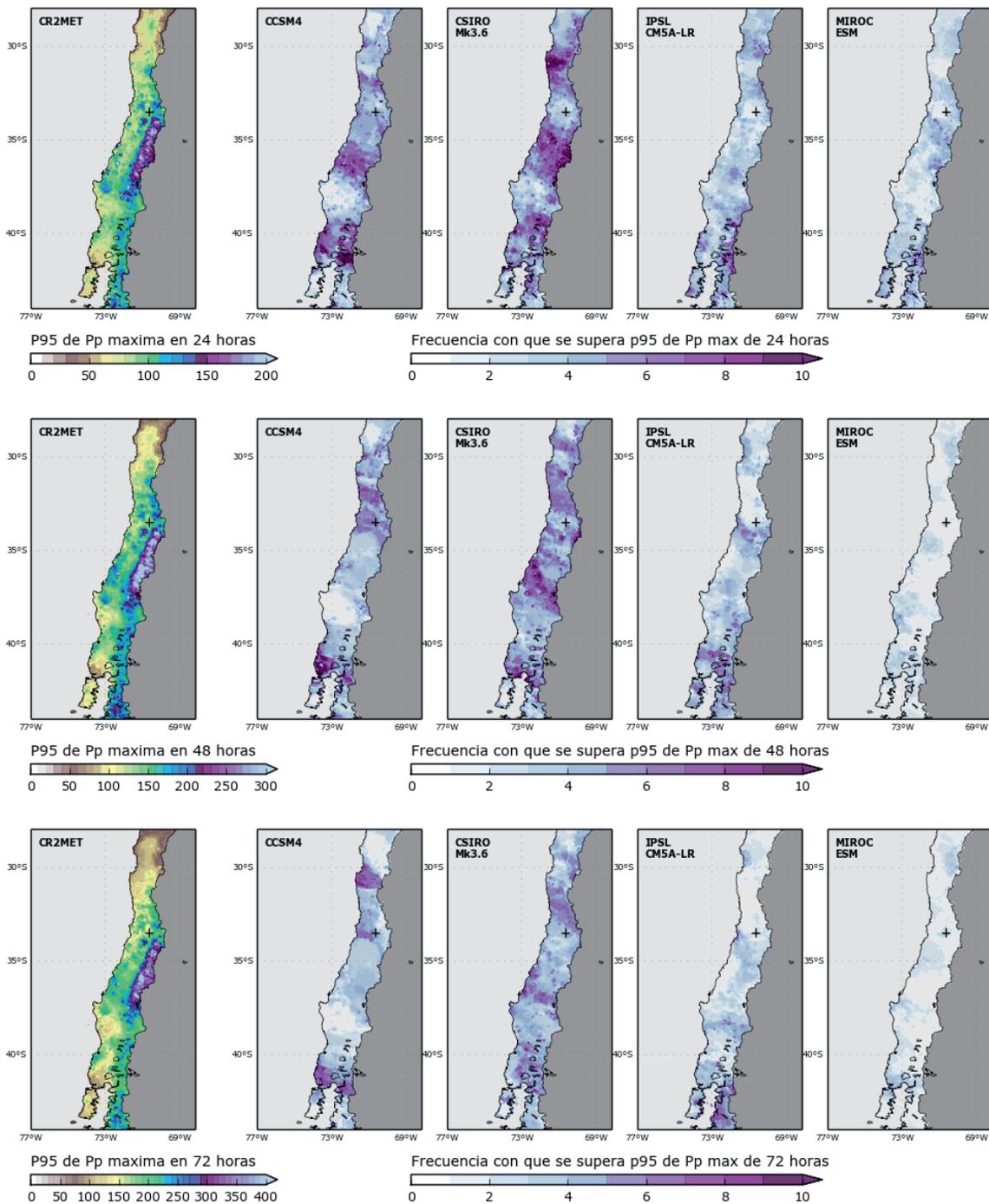


Inundaciones y sequías

Para el análisis del aumento de la severidad de inundaciones, se analizan los cambios que pueden producirse en las precipitaciones máximas en 1, 2 y 3 días, asociadas al percentil 95%. Adoptando los modelos de circulación global ya señalados, se presenta en la figura 6 la frecuencia absoluta con que se supera, en cada una de las proyecciones, en el período futuro cercano 2030 a 2060 para la misma zona indicada en los acápites anteriores, para las precipitaciones máximas en 1 día (panel superior), en 2 días (panel central) y en 3 días (panel inferior). Notar que dado el percentil estudiado y la longitud del periodo de tiempo, es esperable que este valor se supere al menos una vez, por lo que esto no representaría mayores cambios con respecto a la situación de línea base. Estas zonas se demarcan por un contorno blanco en dicha figura. Sin embargo, todo valor superior a este, apunta a un cambio en la frecuencia con que ocurriría este valor extremo.

Se aprecia que, en general, habría un aumento significativo de eventos con mayores magnitudes de precipitación especialmente a nivel diario mientras que para las tormentas de mayor duración (3 días) hay dos modelos IPSL y MROC que indican que no sería tan significativo.

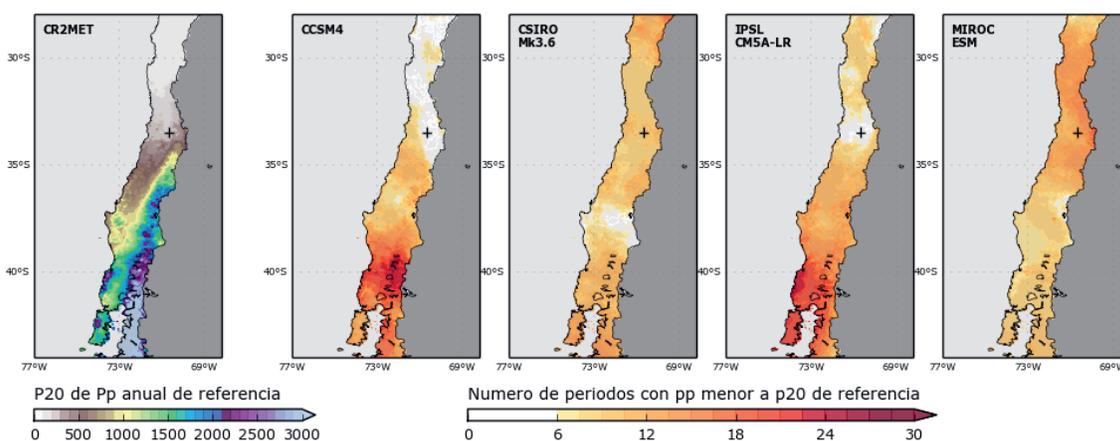
Figura 6. Cambios en la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos de precipitación en 1, 2 y 3 días.



Un año muy seco puede definirse en relación con valores de referencia como aquel donde el valor de la precipitación media anual es menor o igual al 80% de los valores (percentil 20). La Figura 7. muestra la cantidad de años en las proyecciones de los mismos modelos utilizados anteriormente, para el periodo 2030-2060, que muestran valores anuales menores al valor de referencia utilizado para determinar que un año sea considerado muy seco. Debido a la longitud del periodo de análisis, que haya 6 años o menos con valores medios sería lo estadísticamente esperable. Las zonas donde

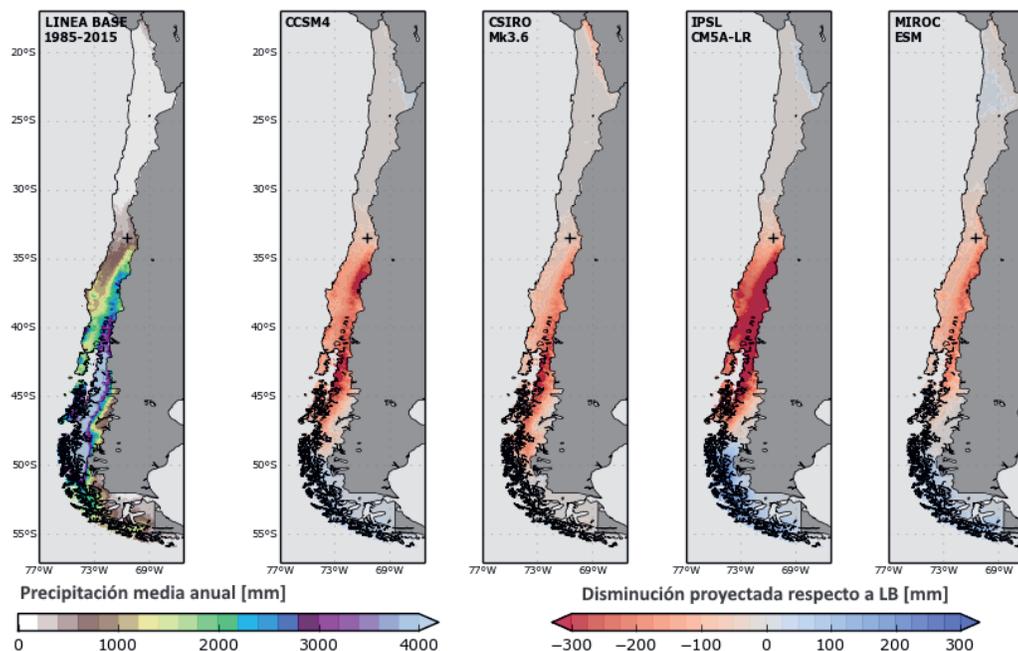
eso se cumple se muestran en blanco en dicha figura. Si la cantidad de años, en que no se supera el valor de referencia de año muy seco, es superior a seis, esto quiere decir que las proyecciones pronostican una mayor cantidad de periodos de baja precipitación. En particular, de los cuatro modelos estudiados, se identifican dos patrones similares. El modelo CCSM4 y el IPSL-CM5A-LR pronostican al menos casi el doble de años de sequía desde aproximadamente Rancagua hacia el sur, mientras que para la parte norte, o bien no se pronostican cambios significativos en la cantidad de años muy secos, o solo aumentos ligeros. Resulta interesante notar que, en particular, Santiago no muestra una mayor cantidad de años particularmente secos, mientras que sectores de Valdivia al sur casi cuadruplican la cantidad de años secos. Por otro lado, los modelos CSIRO-MK3.6 y MIROC-ESM si bien muestran un patrón general de aumento de años secos, no se observan proyecciones de aumento de los valores extremos tan drásticos como en los otros modelos.

Figura 7. Número de años con precipitación menor al percentil 20 de referencia. En blanco se señala aquellos sectores donde las condiciones se mantienen similares al periodo base. Áreas coloreadas indican sectores que verán un aumento en la frecuencia de años secos con respecto al periodo de línea base.



Es importante distinguir que proyecciones menores de aumentos en la cantidad de años muy secos no necesariamente implica una buena disponibilidad hídrica. Podría ocurrir que los montos medios y altos de precipitación disminuyan, sin que se afecte mucho la cantidad de precipitación que cae en un año seco. Por ello, se muestran los cambios de precipitación media anual en la figura 8.

Figura 8. Diferencia de los valores promedios de precipitación media anual entre valores proyectados para el periodo 2030-2060 y los valores del periodo de referencia 1985-2015



Conclusiones sobre impacto del cambio climático en desastres naturales

Todos estos resultados indican que, cualquiera sea el modelo de cambio global que se utilice, las condiciones que han sido consideradas en la definición de las normas de diseño, actualmente existentes, experimentarán variaciones importantes en el futuro. Normativas de diseño cuyos criterios fueron definidos en base a condiciones anteriores que ahora, están cambiando; requieren ser analizadas bajo el lente del cambio climático y sus efectos futuros. La ingeniería debe responder con celeridad a estos cambios, y debe estar preparada para implementar modificaciones en la infraestructura existente ante las nuevas solicitudes esperadas.

Las estadísticas mostradas, en conjunto con los resultados del análisis expuesto en este Informe, hacen vislumbrar que la situación de los desastres naturales causados por eventos climáticos será cada vez de mayor impacto en el corto y en el mediano plazo. Es relevante tener un país que esté preparado para enfrentar los nuevos posibles escenarios, para afrontar la emergencia, pero sobre todo para prevenir y mitigar eventos catastróficos. Para ello la Ingeniería debe estar absolutamente presente, modelando científicamente el futuro y planteando soluciones preventivas adecuadas y en los tiempos oportunos.

2.3 Desastres naturales en el mundo

Identificación de Desastres Naturales Acaecidos en 2017 en el Mundo¹³

A continuación, se presenta una lista de los eventos con características de catástrofe que ocurrieron durante el año 2017 a nivel mundial, lo que permite visualizar una imagen global de los desastres que ocurren de manera periódica.

¹³ Noticieros Televisa / desde: cdmx, México / noviembre 3, 2017

Según estimaciones preliminares de la Compañía suiza de reaseguradores Swiss Re, las pérdidas económicas por catástrofes naturales y desastres causados por el hombre suman USD 306.000 millones en 2017, contra USD 188.000 millones en 2016¹⁴.

Sismos

- Sismo de 7,0 grados en Jiuzhaigou, China, causó 25 víctimas mortales.
- Sismo de 5,7 grados en centro de Italia, causó más de 30 muertos.
- Sismo de 8,1 grados en Chiapas, casi 100 muertos, 1.479.576 damnificados.
- Sismo de 7,1 grados en Morelos, Ciudad de México y Puebla. 228 muertos, más de 40 edificios colapsaron.

Inundaciones y deslaves de masas de tierra ocasionados por el escurrimiento violento de las aguas

- Desborde de río Brahmaputra por fuertes lluvias en el norte de India: 85 personas murieron y más de 500 mil se quedaron sin hogar.
- Inundaciones en Sri Lanka, causadas por poderoso monzón. Precipitaciones superaron los 500 mm en menos de 24 horas. Más de 600 mil personas desplazadas, más de 200 muertos y 80 desaparecidos.
- Fuertes precipitaciones en América Latina. En Colombia y Perú los deslaves causaron más de 400 víctimas mortales.
- Deslaves causados por precipitaciones en Bangladesh: más de 100 muertos y cuantiosas pérdidas materiales.
- Deslaves en el Congo, Etiopia y Sierra Leona: más de 800 muertos, miles de desaparecidos y millones de personas vulnerables frente a enfermedades (cólera, malaria, dengue).

Sequías

- Tres grandes sequías han causado muerte y hambruna en América (Sao Paulo, peor sequía en los últimos cien años) y en África.
- Somalia, la sequía ha causado que la mitad de la población del país -cerca de seis millones de personas- esté en riesgo de falta de alimentos y agua para consumo humano. Más de un millón de niños necesitarán tratamiento por malnutrición en este año y casi dos millones de personas han huido del país por las sequías.
- California, las sequías llevan más de seis años agudizándose.
- Solamente en 2016, más de 100 millones de árboles han muerto. Y esto ha aumentado el riesgo de incendios forestales.

Huracanes

- Huracán Harvey, categoría cuatro, es el que causó más precipitaciones en la historia de Estados Unidos. Más de 90 muertos.
- Huracán Irma, categoría cinco, causó estragos en Barbuda, Saint Barthélemy, Saint Martin, Anguilla, y las Islas Vírgenes. 134 muertos.
- Huracán María, el más devastador en República Dominicana y en Puerto Rico. 94 muertos y considerables daños materiales en todo El Caribe.

¹⁴ AFP, 20 de diciembre 2017, 12:05 p.m.

Olas de calor

- Sur de Europa (Italia, Francia, Croacia, España, Grecia y Turquía). Las temperaturas llegaron a más de 40° y causaron la muerte directa de, al menos, 5 personas.
- Estados Unidos, una ola de calor azotó el oeste del país causando incendios forestales y temperaturas récord. En las Vegas se registró, por ejemplo, una temperatura que superó los 47°.
- Pakistán, las temperaturas llegaron a superar los 50°. Hubo sequías, daños en cosechas y víctimas mortales.

Incendios Forestales

Los incendios forestales y la deforestación pueden llevar a un aumento de muertes y enfermedades, y un impacto económico muy negativo. Pueden afectar las fuentes de agua, la biodiversidad y la liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera. Según estadísticas del Ministerio del Medio Ambiente, en Chile los incendios ocurridos durante el año 2017 fueron la principal fuente de gases efecto invernadero. La pérdida de áreas forestales debido a los incendios sigue en aumento en los últimos años, alcanzando los 29,7 millones de hectáreas en 2016, según Informe de Global Forest Watch¹⁵. Este aumento se explica por los efectos de:

- La Corriente del Niño, que ha sido la segunda más intensa jamás registrada y creó condiciones muy secas en los trópicos.
- El cambio climático.
- Mala gestión de los suelos, como la deforestación relacionada con la agricultura, la tala de árboles y la minería.

Durante los años 2017 y 2018, se destaca la ocurrencia de los siguientes incendios forestales:

- Chile: se quemó una superficie total de 587.000 hectáreas, 11 muertos, y más de 86.050 afectados (heridos, afectados y damnificados), según datos de ONEMI, 2017.
- Península Ibérica: se produjo uno de los peores incendios forestales de la historia: se quemó una superficie de más de 500.000 hectáreas, y perecieron más de 100 personas en España y Portugal, 2017.
- Rusia: se quemaron 12.000 hectáreas en un día, 2017.
- EE.UU.: se quemaron 62.000 hectáreas en California. Hubo 85 muertos y 249 desaparecidos. 13.696 casas unifamiliares destruidas, 276 edificios multifamiliares, 528 edificios comerciales y 4.293 estructuras pequeñas de otro tipo¹⁶, 2018.

Daños por Desastres Naturales a Nivel Mundial, entre los Años 2004 Y 2015

A continuación, se presenta la situación de los efectos de los desastres naturales, a través de estadísticas recabadas del Informe Idom¹⁷, que muestra la evolución de los daños y la cantidad de eventos acaecidos entre los años 2004 y 2015. Estos datos ayudan a obtener una visión de la composición de los desastres naturales y de las regiones donde más se han generado impactos.

En las figuras siguientes, se muestran el número de eventos y las pérdidas totales, y las pérdidas según el tipo de amenaza, ocurridos en el mundo entre los años 2004 y 2015. El comportamiento

¹⁵ https://www.tendencias21.net/Escalada-de-los-incendios-forestales-en-todo-el-mundo_a44223.html

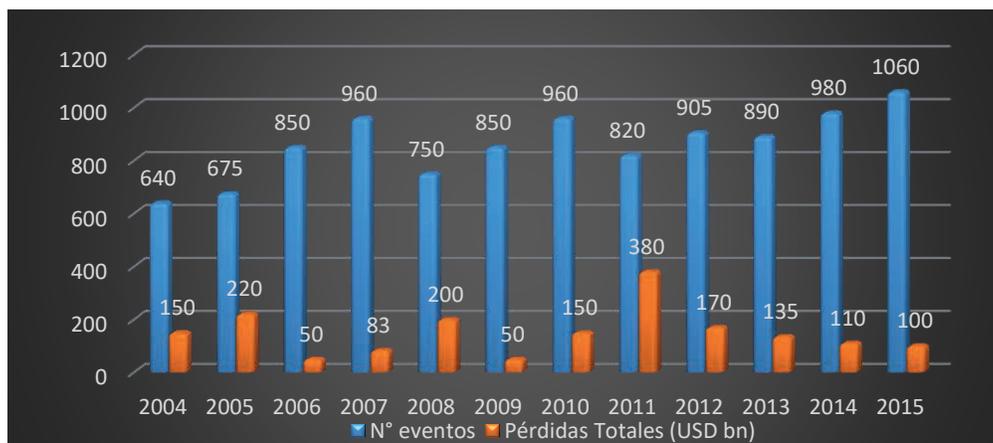
¹⁶ https://elpais.com/internacional/2018/11/25/actualidad/1543164306_183666.html

¹⁷ IDOM, Consultoría sobre dimensionamiento del mercado de desastres naturales: impacto y tamaño en Chile y el mundo. Versión 2.0, 31 de marzo de 2017.

del número de eventos es de tipo “dientes de sierra”, en tramos de 3 a 5 años. Sin embargo, se observa una tendencia creciente, en el total de los años analizados.

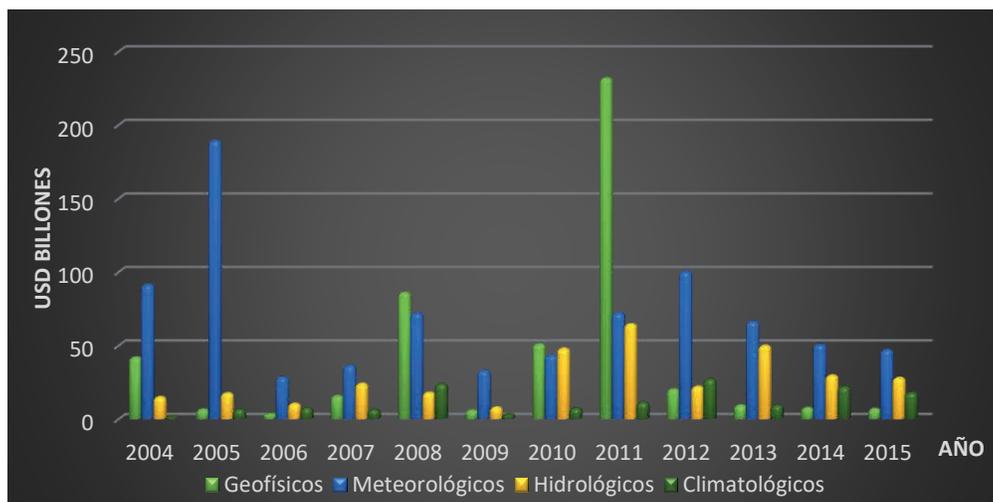
El comportamiento de las pérdidas no sigue una tendencia definida, lo que se explica porque dependen de la magnitud y del impacto del evento en sí. Entre 2004 y 2015 los daños por desastres naturales han promediado USD 150.000 millones anuales. Los mayores gastos, de USD 70.000 millones anuales, corresponden a los causados por fenómenos meteorológicos -los que por el cambio climático irán aumentando aún más – y a los causados por efectos geofísicos, USD 40.000 millones anuales. Estos últimos pueden llegar a significar gastos muy grandes en tan solo un año. Es así como en el 2011, las pérdidas por desastres geofísicos llegaron a USD 231.800 millones en un año.

Figura 9. N° de eventos y daños anuales por desastres naturales entre los años 2004 y 2015, a nivel mundial



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Informe Idom

Figura 10. Pérdidas, USD billones, según grupo de amenazas naturales entre los años 2004 y 2015

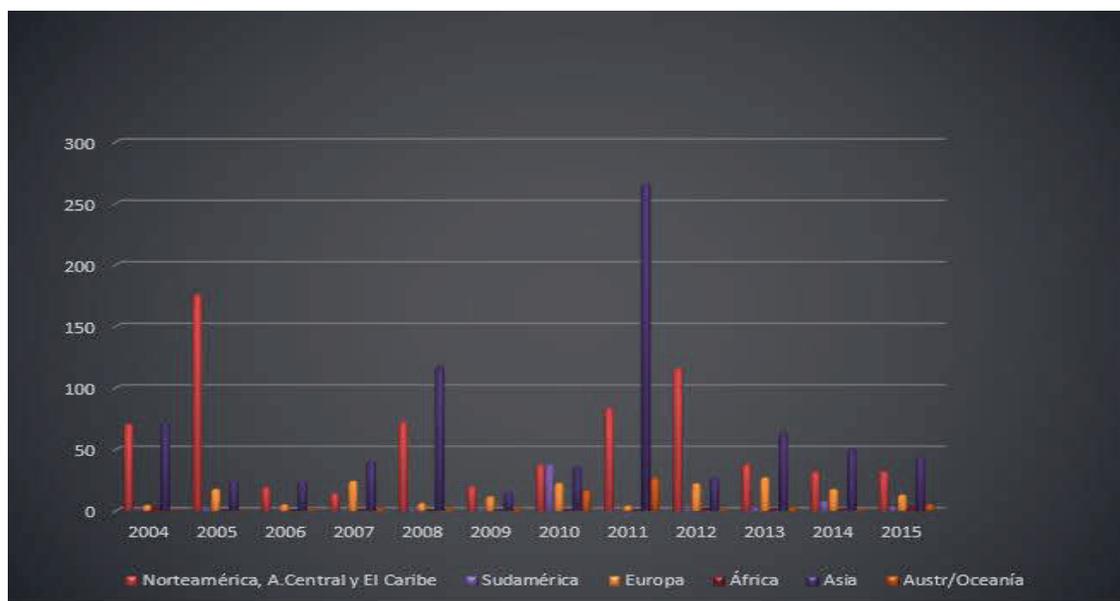


Fuente: Elaboración propia en base a datos de Informe Idom

Los daños totales, desagregados según la distribución geográfica, se muestran en el gráfico siguiente. Asia tuvo gastos promedio de USD 65.000 millones anuales, y Norteamérica, Centroamérica y El Caribe, un promedio de USD 60.000 millones anuales. Ambas regiones son las que han tenido los mayores gastos entre 2004 y 2015, y representan el 83% del gasto total por daños debido a desastres naturales. Norteamérica, Centroamérica y El Caribe experimentaron los mayores

gastos en 2005, en tanto Asia experimentó el mayor gasto en el año 2011. Sudamérica ha tenido gastos menores a los continentes ya nombrados, marcando un máximo en 2010, causado por el terremoto de Chile.

Figura 11. Daños anuales, USD billones, por desastres naturales según distribución geográfica. Años 2004 a 2015



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Informe Idom

2.4 Desastres naturales en Chile

Chile está expuesto periódicamente a diferentes fenómenos naturales que tienen distintos impactos en la población y en la economía. Los principales fenómenos que han tenido el mayor impacto a lo largo de la historia de Chile han sido los terremotos y los tsunamis que se originan luego de estos eventos.

Principales desastres naturales en Chile, entre 2014 y 2017

Un mapa de los desastres naturales en Chile ocurridos entre los años 2014 y 2017, en las diferentes regiones del país, tal como se muestra en la Tabla 1, permite observar que éstos no son exclusivos de algunas zonas en particular, y son provocados por diferentes causas, como terremotos, aluviones, tsunamis, incendios forestales, marejadas, erupciones volcánicas, entre otras.

Región	Año	Fecha	Desastre
Tarapacá	2014	1 de abril	Terremoto Iquique
		2 de abril	Terremoto Iquique
Antofagasta	2015	9 de agosto	Aluvión Tocopilla
Atacama	2015	25 de marzo	Aluviones en Región de Atacama
		2017	25 de febrero
Coquimbo	2015	12 y 13 de mayo	Intensas lluvias y bajada de quebradas en Región de Atacama
		16 de septiembre	Terremoto y tsunami Región de Coquimbo
		2017	15 al 30 de enero
		12 y 13 de mayo	Intensas lluvias y bajada de quebradas en Región de Coquimbo

Valparaíso	2014	12 de abril	Incendio en Valparaíso
	2015	8 de agosto	Marejadas en Región de Valparaíso
	2017	15 al 30 de enero	Incendios forestales en la Región de Valparaíso
		25 de febrero	Aluviones en Los Andes
		17 de junio	Fuertes marejadas y socavones en Viña del Mar
Metropolitana	2016	16 y 17 abril	Lluvias en la pre cordillera Región Metropolitana
			Santiago sin agua potable por 48 horas
	2017	25 de febrero	Aluviones en Cajón del Maipo
		26 de febrero	Santiago sin agua potable por 48 horas por lluvias pre cordillera
O'Higgins	2017	15 al 30 de enero	Incendios forestales en Región de O'Higgins
Maule	2017	15 al 30 de enero	Incendios forestales en Región de Maule
		17 de junio	Desborde de ríos e inundaciones en Región de Maule
Biobío	2017	15 al 30 de enero	Incendios forestales en Región del Biobío
		17 de junio	Desborde de los ríos e inundaciones en Región del Biobío
Araucanía	2015	3 de marzo	Erupción volcán Villarrica
Los Lagos	2015	30 de abril	Erupción volcán Calbuco
	2016	25 de diciembre	Terremoto en Chiloé
	2017	16 de diciembre	Aluvión en poblado Santa Lucía, Región de los Lagos

Tabla 1 Mapa de los principales desastres de origen natural entre los años 2014-2017

Fuente: Informe "La OCDE mira a Chile". Plan Chile 30/30

Evaluación de los Daños por Desastres Naturales en Chile

En el año 2017, la Consultora Idom¹⁸ realizó un estudio a solicitud del Gobierno, con el objeto de determinar el impacto que habían tenido en el país los desastres naturales. Este estudio, cuyas principales conclusiones se indican en este capítulo, utiliza información recabada de fuentes internacionales, como el catastro de pérdidas por desastres naturales EM-DAT¹⁹, del *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED)*²⁰, asociado a la Universidad de Lovaina, en Bélgica y fuentes nacionales como los registros de ONEMI y otras instituciones gubernamentales chilenas.

En el análisis se consideran solamente aquellos eventos que hayan ocasionado más de 10 muertes, o más de 100 afectados, haber derivado en una declaración de emergencia, o bien haberse requerido una petición de ayuda internacional.

En este capítulo se presenta el impacto que han tenido en el país los principales fenómenos naturales que se han presentado en la historia de Chile y en los últimos años, sobre las personas y los daños económicos que han causado.

Daños directos debido a desastres naturales

En un desastre natural se pueden distinguir efectos directos de este sobre la población y sobre la economía del país. Existen, por una parte, personas que fallecen a consecuencia de estos eventos y también quienes se ven afectados de diferente forma, ya sea debido a que quedan lesionados o

¹⁸ IDOM. Consultoría sobre dimensionamiento del mercado de desastres naturales: Impacto y tamaño en Chile y el mundo. versión 2.0 - 31 de marzo de 2017.

¹⁹ <https://www.emdat.be/>

²⁰ Este catastro contiene datos de más de 18.000 desastres ocurridos en el mundo desde 1900 hasta la actualidad

resultan damnificados. Los desastres naturales generan, además, daños sobre bienes muebles e inmuebles que pueden ser valorizados.

ONEMI entrega en sus informes estadísticos anuales, datos de daños a las personas, causados por los desastres naturales, categorizados como: a) personas afectadas, b) personas damnificadas, heridas y damnificadas laboralmente, y c) personas muertas y desaparecidas.

Personas fallecidas por tipo de desastre

Periodo 1900 - 2015

Según los antecedentes de ONEMI, entre el año 1900 y el año 2015, fallecieron 59.104 personas como consecuencia de los desastres naturales. El 97,02% de ellas a consecuencia de algún sismo o de sus efectos posteriores. En la siguiente tabla se muestra el número de personas fallecidas en este período, para cada tipo de desastre y el porcentaje que ellas representan del total.

Tipo de desastre	Nro. de Fallecidos	Porcentaje
Terremotos	57.345	97,02%
Deslizamiento	314	0,53%
Inundación	1.438	2,43%
Incendio forestal	7	0,01%
Totales	59.104	100,00%

Tabla 2 Personas fallecidas entre 1900 y 2015 por catástrofes naturales

Fuente: ONEMI

En el total de víctimas fatales indicadas en la tabla anterior es necesario considerar que 55.000 de ellas, o sea el 95,9% del total, fallecieron en tres eventos: el terremoto de Chillán de 1939 (52,3%), el terremoto de Valparaíso de 1906 (34,9%) y el terremoto de Valdivia en 1960 (8,7%), tal como se muestra en la siguiente tabla.

Terremoto	Nro. de Fallecidos	Porcentaje
Chillán (1939)	30.000	52,3%
Valparaíso (1906)	20.000	34,9%
Valdivia (1960)	5.000	8,7%
Otros	2.345	4,1%
Totales	57.345	100,0%

Tabla 3 Personas fallecidas por terremotos entre 1900 y 2015

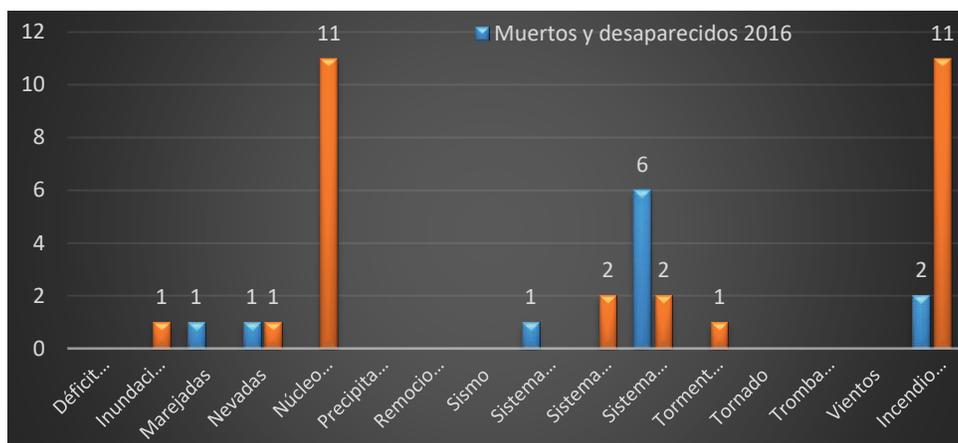
Fuente: ONEMI

Periodo 2016 - 2017

En este período, a pesar de haber existido eventos sísmicos, a diferencia de lo ocurrido en el año 2010, estos no han generado impactos relevantes a nivel de víctimas o damnificados, por lo que la situación de personas fallecidas y desaparecidas ha cambiado sustancialmente.

En el año 2016, el sistema frontal fue el que tuvo el mayor número de personas muertas y desaparecidas (6), en tanto que, en el año 2017, el mayor número de personas en esta situación se debió a dos fenómenos: núcleo frío en altura, que costó la vida a 11 personas e incendios forestales que significó la muerte de 11 personas. Esto se muestra en la figura siguiente.

Figura 12. Número de personas muertas y desaparecidas, según tipo de evento de origen natural, 2016 y 2017



Fuente: elaboración propia, en base a datos de Informes Estadísticos Anuales 2016 y 2017, ONEMI

Personas afectadas, y personas damnificadas y heridas, por tipo de desastre

Periodo 1900 - 2015

Según los antecedentes de ONEMI, entre el año 1900 y el año 2015, se vieron afectadas, por los diferentes desastres ocurridos en el país, un total de 27.814.777 personas.

El 65,6% de ellas, como consecuencia de inundaciones y 31,6%, a consecuencia de sismos o sus efectos posteriores²¹.

En la siguiente tabla se muestra el número de personas afectadas en este período, para cada tipo de desastre, y el porcentaje que ellas representan del total.

Tipo de desastre	Nro. de Afectados	Porcentaje
Terremotos	8.794.806	31,6%
Actividad volcánica	9.545	0,0%
Deslizamiento	479.384	1,7%
Inundación	18.250.466	65,6%
Incendio forestal	280.576	1,0%
Totales	27.814.777	100,0%

Tabla 4 Personas afectadas entre 1900 y 2015 por catástrofes naturales

Fuente: ONEMI

Periodo 2016 - 2017

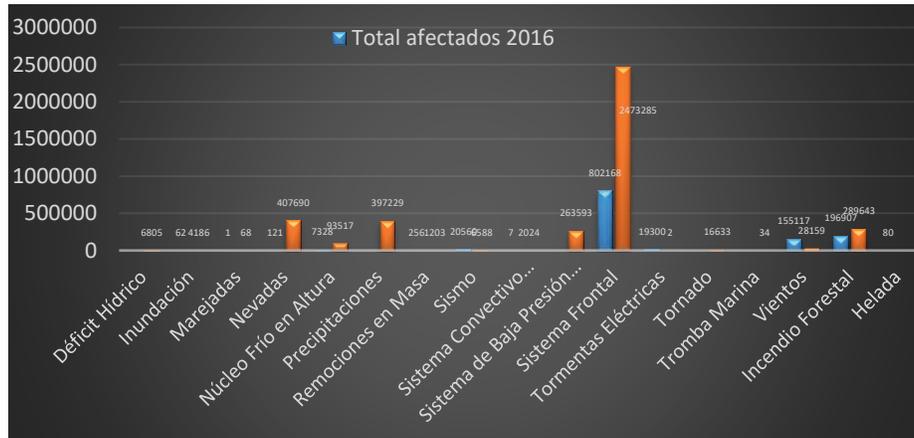
En relación con las personas afectadas, así como con las personas damnificadas y heridas, la situación es similar a la indicada anteriormente. A pesar de haber existido eventos sísmicos en este periodo, estos no han generado impactos significativos.

En el año 2016, el sistema frontal fue el que tuvo el mayor número de personas afectadas o damnificadas en el año, en tanto que en el año 2017 el mayor número de personas en esta situación

²¹ El número de afectados por inundación indicados en la tabla corresponde al que reporta ONEMI, de 18 millones y difiere de manera importante de los valores repostados por otras instituciones como EM-DAT, lo que se debe a la forma en la cada institución contabiliza a los afectados.

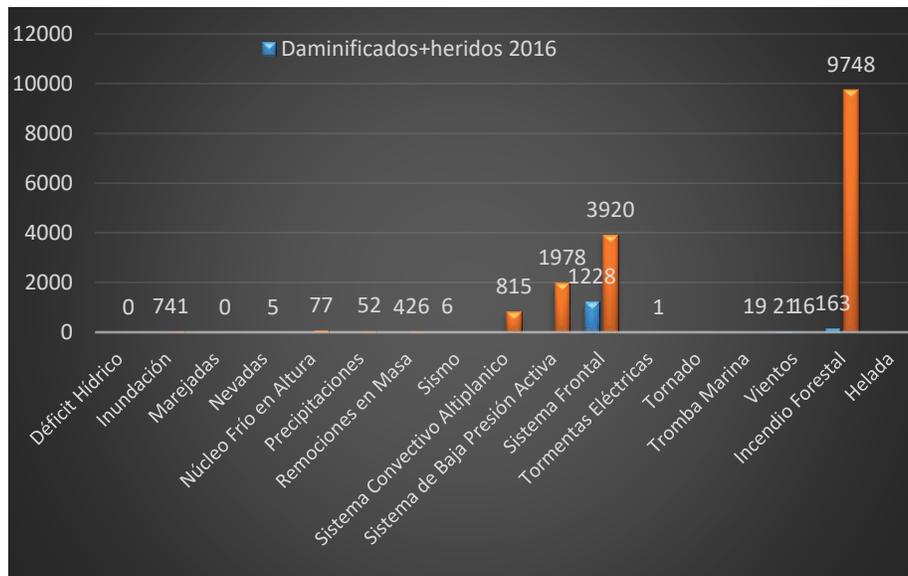
se debió a los mismos fenómenos anteriores: incendios forestales²² y sistema frontal. Esto se muestra en las figuras siguientes.

Figura 13. Número de personas afectadas, según tipo de evento de origen natural en Chile, 2016 y 2017



Fuente: elaboración propia, en base a datos de Informes Estadísticos Anuales 2016 y 2017, ONEMI

Figura 14. Número de personas damnificadas y heridas, según tipo de evento de origen natural en Chile, 2016 y 2017



Fuente: elaboración propia, en base a datos de Informes Estadísticos Anuales 2016 y 2017, ONEMI

Valor económico calculado de las pérdidas registradas en Chile

Entre el año 1900 y el año 2015, según antecedentes de ONEMI, el total de daños registrados por desastres naturales fue de USD 48.206 millones. El 73,0% del total corresponde a pérdidas generadas por sismos o por los efectos posteriores de ellos. En la siguiente tabla se muestra el valor de las pérdidas registradas en Chile, entre 1900 y 2015.

²² En el año 2017, los incendios forestales de 2017, con múltiples focos en las zonas centro y sur de Chile, durante enero y febrero de 2017, contabilizan un área quemada de 587.000 hectáreas, 11 muertos, y más de 86.050 afectados (heridos, afectados y damnificados), según datos de ONEMI, 2017.

Tipo desastre	Total de daños MM USD	Porcentaje
Terremotos	48.206	73,0%
Actividad volcánica	44	0,1%
Deslizamiento	1.662	2,5%
Inundación	252	0,4%
Sequía	14.445	21,9%
Incendio forestal	1.412	2,1%
Totales	66.021	100,0%

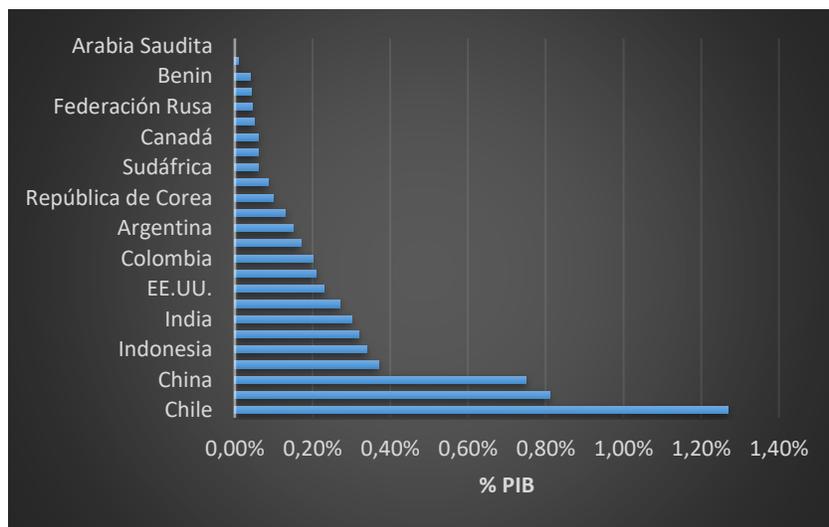
Tabla 5 Pérdidas registradas entre 1900 y 2015

Fuente: ONEMI

El valor calculado por ONEMI difiere del valor determinado por otras instituciones como EM-DAT, que entregan un valor cercano a USD 70.000 millones, debido a la metodología utilizada para determinar éstas y la calidad de la información disponible²³.

La OCDE estima que la pérdida por desastres en Chile entre los años 1980-2011 fue cercana al 1,26% del PIB nacional, correspondiente al valor más alto entre los países del G20, lo que se muestra en la figura siguiente. Este indicador muestra que, si bien los desastres naturales afectan a otros países y regiones más que a Chile en números totales, el peso de las pérdidas en relación con su PIB, es el más alto. Este sin dudas es un indicador que hay que considerar al definir las políticas públicas relacionadas con desastres naturales.

Figura 15. Pérdidas en desastres en países G20 más países seleccionados como % del PIB, 1980-2011



Fuente: Datos de SVS-OCDE (SVS, 2011)

²³ A modo de ejemplo, en el caso del terremoto de Chillán de 1939, se experimentaban en el país diversos problemas económicos derivados de la crisis del salitre y la gran depresión mundial que comenzó en el año 1929, por lo que la atención estaba centrada en esos aspectos más que en la cuantificación de los daños.

Evaluación de las pérdidas por el terremoto de febrero de 2010

El terremoto de febrero de 2010 (27F), significó la muerte de 531 personas y la presunta desgracia de 56 de ellas²⁵. En este evento, se vieron afectados más de 900 pueblos y comunidades rurales y costeras.

El daño económico directo lo estimó el Gobierno de Chile en 29.663 millones de dólares, equivalente al 18% del PIB del año 2009. La Asociación de Aseguradoras de Chile (AACH) efectuó en el año 2012 un balance respecto a los efectos del terremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010 e indicó que este sector financió US\$ 7.520 millones de dólares para la recuperación de los daños del sector privado, restauración y reconstrucción de viviendas y edificios y compensación de gastos sectoriales a industrias y actividades económicas, reparación de construcciones y equipamientos, y por cese de actividad o lucro cesante, representando este valor el 25,1% de las pérdidas económicas totales.

Los sectores más afectados fueron vivienda, con 370.000 viviendas destruidas o dañadas, salud, con 133 hospitales dañados - que representan el 71% de la red hospitalaria-, infraestructura, con 211 puentes destruidos o dañados, y educación, con más de 6.168 unidades afectadas, representando el 74% de ellas y afectando a más de dos millones de alumnos.

Gastos en actuaciones de emergencia documentados por ONEMI

El impacto económico que tienen los diversos eventos naturales se puede medir considerando el ítem gastos solicitados en emergencias registrados por ONEMI.

Si bien estos montos no representan los impactos económicos reales que han generado los diferentes eventos, es posible efectuar ciertas comparaciones, por constituir una información sistematizada que se entrega anualmente, que permite efectuar un análisis de la situación.

Figura 16. Gastos solicitados en emergencias, registrados por ONEMI – Años 2011 – 2017



Fuente: Elaboración propia con datos de: años 2011 a 2015: Informe Idom. Años 2016 y 2017: Informes Estadísticos anuales, 2016 y 2017, ONEMI

En la figura anterior se puede observar que entre los años 2011 y 2017 la sequía ha implicado el mayor gasto solicitado por emergencia, llegando a significar más de la mitad de todos los gastos en estos años (32,4%), y siendo el año 2015 el de mayor gasto (60,9% del gasto total en estos años). El gasto de la sequía se debe fundamentalmente al suministro de agua mediante camiones aljibe y a instalaciones de almacenamiento para comunidades. Desde el año 2010 el territorio comprendido entre Coquimbo y la Araucanía ha experimentado un déficit de precipitaciones cercano al 30%, lo

que ha sido clasificado como una “megasequía” debido a su persistencia temporal y extensión espacial. Al menos un 25% del déficit hídrico se atribuye al cambio climático²⁴.

El 25,5% del gasto solicitado entre 2011 y 2017 ha sido por causa de los incendios forestales. Los incendios ocurridos entre las regiones de Coquimbo y La Araucanía en enero de 2017, significaron un gasto de \$17.404 millones, según informe de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) -\$15.615 millones según ONEMI-. Este incendio fue uno de los más grandes del mundo en el siglo XXI, y arrasó con una superficie de 587.000 hectáreas. Durante el año 2017, se destinó además un total de \$25.488 millones para emergencias causadas por sequía, lo que corresponde al 36,9% de los \$41.488 millones destinados durante dicho año (informe anual de ONEMI, 2017). Los recursos destinados a los incendios forestales y a la sequía, significaron un 99% del gasto destinado a emergencias durante el año 2017.

Impactos Indirectos Asociados a Desastres Naturales

Además de la dificultad de determinar el costo de una catástrofe, en cuanto al gasto que ello implica, en respuesta ante la emergencia y a la reconstrucción, de parte de privados y del Estado, se agregan costos indirectos, muy difíciles de cuantificar, pero que deben ser considerados, aunque sea de manera cualitativa. A continuación, se detallan los efectos más relevantes, no pudiendo agotar en todo caso la cantidad de impactos adicionales que produce un desastre.

Impactos ambientales y sectoriales

El impacto ambiental tras una catástrofe natural, contiene muchos elementos intangibles, que no pueden cuantificarse. Sin embargo, se puede asociar un valor, estimando, por ejemplo, el costo de reconstrucción de un área natural o ecosistema dañado, siendo en todo caso una parte del impacto completo. Hay además impactos secundarios causados por determinados sectores que, por sus características, afectan otras áreas y no se pueden cuantificar de manera directa.

Sector eléctrico

La sociedad actual presenta una altísima dependencia de la continuidad del servicio eléctrico, para la prestación de servicios esenciales como agua, gas, comunicaciones y de infraestructura. Los fenómenos naturales, como lluvias con vientos huracanados, incendios forestales, deslizamientos de tierra, tormentas con descargas eléctricas o terremotos, representan grandes problemas para la generación y distribución de energía eléctrica, debido a que pueden causar graves daños a la infraestructura, con consecuentes cortes en el suministro.

Actualmente las redes eléctricas de potencia forman grandes sistemas de alta complejidad técnica, geográficamente extendidas, y con diferentes grados de conectividad, lo que transforma la seguridad del suministro eléctrico en un desafío mayor. Rudnick²⁵ plantea que no hay una respuesta única para proteger la infraestructura eléctrica ante grandes desastres naturales. Básicamente se deben lograr sistemas más resilientes y robustos frente a futuras amenazas, con nuevas tecnologías y normas de gestión.

²⁴ Consultoría sobre Dimensionamiento del Mercado de Desastres Naturales: Impacto y Tamaño en Chile y el Mundo. Idom, Versión 31 de Marzo de 2017.

²⁵ Rudnick Hugh, Profesor Titular Departamento de Ingeniería Eléctrica, Pontificia Universidad Católica de Chile, “Gestión de desastres en los sistemas eléctricos de potencia”, Taller Latinoamericano TOPSEP, República Dominicana, 29 junio-1 julio 2011.

Incendios forestales

La superficie quemada en los últimos 40 años (antes del año 2017), registrada por CONAF fue de 54.000 hectáreas anuales de diversa masa forestal, a lo que hay que sumar 587.000 hectáreas quemadas en 2017. Se perdió gran cantidad de flora y fauna nativa, que se estima tardará más de 20 años en recuperarse.

Terremotos y tsunamis

- Terremoto de 1985 en San Antonio: el molo de abrigo se derrumbó y su reconstrucción ha durado unos 30 años. Es posiblemente el mayor daño sufrido por un puerto en Chile. Este hecho hace avanzar hacia la GRD del sector portuario, tomando seguros, que han permitido cubrir costos en puertos dañados por terremotos posteriores.
- Terremoto de 2007 en Antofagasta: se produjo la suspensión de actividad durante ocho horas, afectando la producción.
- Terremoto 2007 en Tocopilla: se produjo un apagón de 10 horas. Se registraron roturas de equipos. La recuperación de la demanda duró unos 3 días.
- Terremoto de 2010 en Maule: tras el tsunami provocado por el terremoto del 2010, se produjo una alta mortalidad de organismos en las zonas costeras. Ello generó cambios en la actividad económica local como turismo y pesca artesanal. En general, se constató que tras aproximadamente dos años los ecosistemas se habían recuperado. Por otra parte, el terremoto generó daños e impactos en la industria y entornos urbanos, tales como vertidos incontrolados a cursos de agua debidos a fallas de tratamiento de aguas servidas, rotura de emisarios, contaminación por derrames, problemas en la gestión de escombros, que fueron acopiados y dispuestos, por ejemplo, en humedales, playas y otros entornos naturales frágiles. Otros daños indirectos, como la suspensión de la producción industrial, el aumento de costos logísticos, etc., han sido valorados por el Gobierno de Chile en USD 5.340 millones, en los sectores industria, pesca y turismo, y USD 1.601 millones en el sector energía. El tsunami afectó a la central Bocamina, en la región de Biobío. El sector de la generación perdió 4.126 MW de potencia en el momento del terremoto. Además, quedaron 600 MW de capacidad fuera de servicio. En transmisión y distribución de energía, los principales daños se produjeron por la caída de torres y postes.
- Terremoto de 2014 en Arica y Parinacota, y Tarapacá: la Mina de Cerro Colorado sufrió un corte de suministro eléctrico de varios días, lo que alteró su producción. En otras zonas se registraron daños a cables y postes, pero el suministro no se suspendió.
- Tsunami de 2015, en puerto de Coquimbo: este puerto fue infrautilizado durante aproximadamente seis meses. La evaluación de los daños consistió en el costo del acondicionamiento de la dársena y en los costos indirectos de transportes de cargas desviados. En su reemplazo se utilizaron los Puertos de Mejillones, Antofagasta y Valparaíso, para la salida de mineral de cobre, con lo que al menos no se afectó la exportación del mineral.

Impacto en las Cuentas Nacionales

El proceso de reconstrucción, en gran medida, ha sido financiado por el Estado. A modo de ejemplo, luego del 27F/2010, el Gobierno acudió a las siguientes fuentes de financiamiento:

- Reasignaciones de presupuesto y ahorro por austeridad.
- Cambios legales destinados al aumento de la recaudación.
- Aumento de la recaudación tributaria debido a la menor evasión.
- Aumento de la recaudación tributaria debido al crecimiento económico y alto precio del cobre.
- Ley N° 20.444 que crea el Fondo Nacional de Reconstrucción, publicada el 28 de mayo de 2010.

- Uso del Fondo de la Ley Reservada del Cobre.
- Venta de activos prescindibles.
- Endeudamiento interno y externo.
- Uso del Fondo de Estabilización Económica y Social (FEES).

2.5 Gestión de riesgos de desastres (GRD) en Chile

Hasta ahora la GRD que se ha efectuado en Chile ha sido un tipo más cercano a una Gestión Reactiva, con algunos elementos de Gestión Correctiva, como lo muestran por ejemplo las Normas sísmicas, reubicación de comunidades en riesgo, existencia de seguros indexados para prevenir daños futuros, reforzamiento de algunas construcciones, o estructuración del Sistema Nacional de Protección Civil.

La visión más actual, hacia donde el país está avanzando, es la de una Gestión Prospectiva, considerando, por ejemplo, elementos tales como:

- Incorporación de instrumentos de planificación territorial tales como mapas de riesgo, con identificación de zonas de amenazas o de riesgo. No existen leyes vigentes que regulen el asentamiento humano en zonas de riesgo.
- Nueva Institucionalidad en GRD que lleve a transformar comunidades vulnerables en comunidades resilientes, para lo cual hay que considerar la reducción del riesgo de desastre, desarrollo sustentable y cambio climático.
- Empoderamiento de los gobiernos Locales.
- Fortalecimiento y creación de políticas de reconstrucción, con foco en la disminución o eliminación de la vulnerabilidad existente antes del desastre.

El hombre puede incrementar o generar las amenazas naturales, al romper el equilibrio del medio ambiente, y a su vez puede reducir los efectos de mitigación de los efectos provenientes de eventos naturales.

El país cuenta con aprobación de proyectos de mediana y gran magnitud mediante las leyes medioambientales. Sin embargo, en proyectos menores, no se aplican estas leyes en la generalidad de los casos, quedando una zona sin las regulaciones necesarias para evitar efectos de riesgos de desastres.

A continuación, se describen algunos ejemplos en los que se han desarrollado proyectos que han aumentado el riesgo de desastres y de otros que, al incorporar desde su inicio las variables de riesgos, han disminuido este.

Proyectos y situaciones que han producido impactos negativos aumentando los riesgos de desastres

Existen diferentes proyectos que se han desarrollado en el país y que una vez construidos, han aumentado los riesgos de desastres. Lo anterior a causa de que muchos de estos proyectos datan de periodos anteriores (siglo XX), o bien la legislación vigente no consideró el riesgo. Algunos de ellos se mencionan a continuación.

Construcción de tranques de relave

El desarrollo de plantas procesadoras de minerales requiere la construcción de tranques de relaves para almacenar los excedentes de la operación. Estos, una vez que completan su capacidad quedan instalados de forma permanente en el mismo lugar, ya que en el momento en que fueron

autorizados, no existían leyes que obligaran a las empresas a realizar tareas de mitigación que permitieran disminuir el impacto ambiental y el riesgo que ellos generan.

Un ejemplo del riesgo que implica esta situación fue lo que ocurrió en el año 1993, con el tranque de relaves que poseía la Mina Disputada de Las Condes, hoy operada por Angloamerican. En ese año, en medio de fuertes temporales que afectaron a Santiago, el tranque de relaves que poseía el yacimiento Los Bronces, ubicado cerca de Lo Barnechea, corrió el riesgo de colapsar. Al constatarse la gravedad de la amenaza, la empresa se vio obligada a construir un nuevo tranque, en la zona de Til Til y bajar a ese lugar los antiguos y los nuevos relaves.

Construcción de viviendas en zonas de riesgo

En Chile, aunque se tenga conocimiento del riesgo de la ocurrencia de desastres naturales en una localidad específica, se insiste en localizar asentamientos en dicho lugar. Ello ocurre, en algunos casos, a causa de la inexistencia o la desactualización de instrumentos de ordenamiento territorial adecuados, y en otros casos, por una falla en la aplicación de dichos instrumentos. A modo de ejemplo, se pueden citar: poblaciones marginales localizadas en cauces fluviales; edificaciones "autorizadas" de viviendas de alto valor en la pre cordillera de Santiago de Chile, que desestabilizan las laderas de los cerros, lo que puede desencadenar deslizamientos de tierra, con riesgo de aluviones hacia aguas abajo; áreas urbanas en zonas de escurrimiento natural de aguas lluvias, creando condiciones favorables para inundaciones y eventuales movimientos de tierra en masa, entre otros.

Un ejemplo de ello lo constituye la edificación de viviendas en quebradas, en las que al presentarse frentes de mal tiempo y al estar obstruidas las zonas de escurrimiento natural de aguas lluvias, se producen represamientos que acumulan agua, que luego cae sobre las casas. Esta situación ocurrió en la Quebrada de Macul en 1993 y en menor escala, en el camino entre El Arrayán y Farellones, en el año 2009.

Construcción de infraestructura y viviendas sobre fallas geológicas activas

Es necesario investigar con mayor detalle cuál es la real posibilidad de que las fallas detectadas tengan un potencial de actividad. Para eso se requiere un estudio sistemático de las fallas detectadas en la cercanía de las áreas pobladas, sobre todo considerando que en el territorio nacional es posible identificar una importante cantidad de fallas. Deben asignarse recursos para que estas investigaciones Geotécnicas contribuyan a esclarecer las zonas de riesgo real.

Expansión no planificada de las ciudades

Al expandirse las ciudades y construirse viviendas en lugares que eran utilizados por los cursos de agua, si es que no se considera en esta expansión la evacuación de las aguas lluvias, tenderán a producirse inundaciones, en periodos de lluvia intensa, causando grandes daños a la infraestructura pública, viviendas, vehículos y otros bienes tanto privados como públicos, afectando a las personas en sus desplazamientos y salud.

Entre los años 1980 y 1990, muchas ciudades en Chile experimentaron una fuerte expansión, sin realizarse en ellas las inversiones requeridas para la evacuación de aguas lluvias, sufriendo por ello frecuentes inundaciones. La solución se abordó en el año 1997 con la aprobación de la Ley N° 19.525, "Sobre Regulación de los Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias". En este cuerpo legal se creó la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, a la que se le entregaron atribuciones en Aguas Lluvias y, posteriormente, también se le otorgaron facultades sobre los

Cauces Naturales y el Agua Potable Rural. Esta entidad desarrolló, posteriormente, Planes Maestros de Aguas Lluvia en ciudades y centros poblados de más de 50.000 habitantes. La no construcción de drenaje de los sistemas de evacuación de aguas lluvias en las extensiones urbanas produce importantes inundaciones en periodos de lluvia intensa, con grandes daños a infraestructura pública, a las viviendas, a los vehículos y otros bienes tanto privados como públicos. A la fecha se ha materializado solo el 22% de los planes de drenaje urbano requeridos, y se considera que al año 2025 se alcanzará a cubrir el 50%. Es fundamental la implementación de ordenamiento territorial, que desincentive nuevas construcciones en zonas con alto de riesgo de inundación. EL problema es que los planes de aguas lluvias y de control aluvional no están financiados (hay un déficit de inversión de USD 3.200 en infraestructura para la evacuación de las aguas lluvia, según Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), por lo que se requerirá de varias décadas para su completa implementación ²⁶.

Teniendo en cuenta que los costos involucrados en ese tipo de obras, además de los escenarios muy diferentes que se presentan a lo largo del país, es factible resolver estas problemáticas evaluando alternativas de soluciones intermedias, que pueden llegar a ser más económicas. Por ejemplo, se puede incluir en los proyectos de cualquier obra, ya sea edificio o de infraestructura, un capítulo que explicita las consideraciones que se han tenido con respecto a inundaciones o lluvias extrema: a veces basta subir la cota cero unos cuantos centímetros sobre el terreno circundante o diseñar las rampas con un lomo de camello.

Aisladores en transformadores de alta tensión

La falla de aisladores de subestaciones, debido a la falta de actualización de normas sísmicas de aisladores en transformadores de subestaciones eléctricas de alta tensión, ha provocado *black out* en casos de terremotos de Tocopilla en 2007, lo que se repitió en el terremoto del Maule en 2010. A fines de 2018 CIGRE-Chile por iniciativa propia, presentó una propuesta de “Requisitos sísmicos para instalaciones eléctricas de alta tensión” a las autoridades de energía, pero ya han transcurrido más de 10 años de un problema recurrente, que no ha sido solucionado.

Incendios forestales

En las plantaciones forestales no se han actualizado las normas de espacios cortafuego considerando los efectos del cambio climático y las sequías recurrentes, como tampoco se ha desarrollado un plan amplio de combate de incendio.

Las empresas eléctricas que obtienen servidumbre eléctrica para sus líneas eléctricas no realizan el despeje de vegetación bajo sus líneas de transmisión. Si llegan a producirse cortes de cables o chispas por contacto de cables, se pueden originar incendios.

Construcción en zonas inundables

Se detecta una grave incoherencia de la normativa existente para construir en zonas inundables. Daniel Guzmán G.²⁷, llama la atención respecto de los vacíos normativos que permiten que se construya en “zonas de riesgo” cercanas a cauces inundables. Plantea que la existencia de normas contradictorias que dan espacio para su interpretación por parte de las autoridades, la falta de

²⁶ Peña Humberto. INFRAESTRUCTURA CRÍTICA PARA EL DESARROLLO - BASES PARA UN CHILE SOSTENIBLE – 2016-2025. CCHC- Capítulo Recursos Hídricos

²⁷ <https://ciperchile.cl/2016/05/04/construccion-en-zonas-inundables-los-vacios-legales-que-favorecen-al-negocio-inmobiliario/>

mayor fiscalización por parte de las autoridades, y las presiones por parte del negocio inmobiliario, favorecen la edificación en zonas inundables.

Las normas indican que se pueden autorizar construcciones en “zonas de riesgo”, siempre que *“la solicitud del permiso de edificación, se acompañe de un estudio fundado, elaborado por un profesional especialista y aprobado por el organismo competente que determine las acciones que deberán ejecutarse para su utilización”*²⁸. En esta frase, se han marcado en negrita tres elementos cuya definición dificulta la aplicación de un único criterio entre los funcionarios de las Seremi de Vivienda, Seruvi, Ministerio de Obras Públicas (MOP) y direcciones de obras municipales (DOM).

De acuerdo con el MOP, el organismo que tiene la responsabilidad de analizar los “estudios fundados” elaborados por un especialista, para la autorización de construir en terrenos adyacentes a cursos de agua, es la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP (DOH)²⁹. Sin embargo, al mismo tiempo, el artículo N° 97 de la Ley Orgánica del MOP, *prohíbe construir viviendas en suelos periódicamente inundables*³⁰. Esta prohibición anula la facultad de la DOH para definir o disminuir las franjas de restricción cuando se trata de autorizar proyectos de viviendas. Claramente aquí se detecta una inconsistencia entre normativas, que debe ser resuelta a la brevedad, pues no hay claridad de cuál es el **organismo competente** para autorizar la construcción de viviendas en cercanías de cauces. Además, es necesario generar definiciones más específicas, que permitan tener claridad acerca de las competencias que debe tener el **profesional especialista** que elabore el estudio fundado, así como la definición de lo que significa dicho **estudio fundado**.

Algunos Proyectos que requieren especial atención en una perspectiva de riesgos de desastres

En base a la información recopilada durante el trabajo de la Comisión, se detalla a continuación la visión relativa a la situación de los puentes en Chile. Actualmente, son aproximadamente 6.000 los puentes que forman parte de la infraestructura pública en Chile. Ha habido bastantes casos en que se ha experimentado situaciones de colapso, cuyas causas son una conjunción de eventos naturales con la intervención del hombre. Se han ido presentando situaciones de socavación generadas por la extracción de áridos, aguas arriba o aguas abajo. En ambos casos se producen daños a este tipo de infraestructura, al momento de producirse aumentos de caudales causados por efectos naturales. Es así como han ocurrido caídas de puentes, particularmente ferroviarios. Se han detectado también fallas por desgaste de los materiales, pues antiguamente no se consideraba el factor de fatiga de materiales en el diseño de puentes.

Según datos oficiales, actualmente hay 13 puentes en condición crítica de posible colapso, pero realmente son muchos más. Las medidas tomadas se han orientado a aumentar los requisitos de diseño de los puentes nuevos y a reemplazar algunos elementos particulares de puentes existentes, pero no se han tomado medidas de mayor envergadura relacionadas con la prevención de riesgo de colapsos o fallas. Hay infraestructura que está llegando a su vida útil y sin embargo no hay ingeniería de mantenimiento en el MOP.

Para prevenir futuros desastres asociados al colapso de puentes, se propone constituir una institucionalidad transversal que involucre a varios Ministerios, generando una obligación de actuar

²⁸ <http://www.minvu.cl/>

²⁹ <http://www.mop.cl/Faq/Paginas/DetalleFAQ.aspx?item=101>

³⁰ <http://www.leychile.cl/N?i=97993&f=2014-06-09&p=>

mediante la prevención, con una mantención rutinaria de los puentes que permita dar respuestas adecuadas y oportunas ante emergencias.

Tranques de Relave

En el III Seminario Internacional de Minería y Sustentabilidad³¹, el ingeniero civil Señor Luis Valenzuela plantó la necesidad de llevar los depósitos de relave y los tranques que los contienen, a niveles aceptables de riesgo, determinados por la industria y la sociedad, instalando el tema de la seguridad de los depósitos de relaves al más alto nivel de las empresas mineras. Para enfrentar los riesgos, se debe ir más allá de las exigencias legales existentes en el país, que en general apuntan al cumplimiento de condiciones mínimas. Se debe considerar, como una exigencia ética, la incorporación de todas las recomendaciones y buenas prácticas internacionales, en el diseño, construcción y gestión de relaves. Ello redundaría directamente en mantener la confianza en la ingeniería, la que tras un desastre puede verse afectada negativamente.

Valenzuela plantea las siguientes actividades básicas para disminuir el riesgo:

- Tener una ingeniería, construcción y operación, adecuadas, que no solo cumplan con la legislación local, sino que vayan más allá y cumplan con las mejores prácticas a nivel internacional, incluyendo el análisis de riesgo.
- Instalar monitoreo instrumental de medición de posibles cambios en las condiciones para poder reaccionar a tiempo.
- Contar con una organización humana que posibilite y facilite el control y la toma de decisiones, así como las medidas correctivas a tiempo.
- Efectuar de forma permanente el análisis del riesgo, lo que permite administrar el riesgo y realizar los cambios necesarios a tiempo.

Proyectos de mitigación del impacto de los desastres naturales

Existen diferentes proyectos que se han desarrollado en el país, para mitigar el impacto de los desastres, luego de ocurrido algún evento que ha significado la pérdida de vidas humanas o daños importantes a la propiedad. Algunos de ellos se mencionan a continuación.

Normas

Se prepara la Norma Chilena NCh3363 “Diseño Estructural – Edificaciones en Áreas de Riesgo de Inundación por Tsunami y *Seiche*” que establece los requisitos mínimos de diseño estructural, complementarios a los exigidos en otras normas, para edificaciones que se construyan en las zonas inundables por tsunamis. Indica que las edificaciones emplazadas en zonas de riesgo de inundación y destinadas a la habitación se deben proteger construyéndolas elevadas sobre estructuras de soporte o sobre un relleno protegido, o bien en terreno natural no perturbado, de modo que la zona destinada a la habitación se ubique sobre la cota de inundación. Las edificaciones emplazadas en zonas de riesgo de inundación y no destinadas a la habitación deberán construirse considerando dejar el paso del agua sin mayores obstáculos, o la estructura hermética con paredes impermeables al paso del agua y con componentes estructurales que tengan la capacidad de resistir cargas

³¹<https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2019/05/luis-valenzuela-debemos-llevar-los-relaves-a-un-nivel-de-riesgo-socialmente-aceptable>

hidrostáticas e hidrodinámicas y los efectos de flotabilidad debido a la inundación, o bien tabiques colapsables bajo carga de tsunami que no pongan en riesgo la estructura principal de la edificación

Parques fluviales en zonas costeras

Luego del terremoto de febrero del año 2010, considerando el impacto que tuvo el tsunami que se originó, se diseñaron en diferentes localidades costeras, parques inundables que permiten cierta contención frente a eventos futuros, moderando de esta forma el impacto en la población y los bienes.

Uno de ellos es el Parque Fluvial de Constitución, cuya primera etapa se inauguró en enero pasado, luego de casi nueve años de ocurrido el desastre. Esta ciudad, luego del 27F fue impactada por olas entre 6 y 12 metros de altura, que ingresaron por el río Maule, dejando un total de 172 muertos, cientos de damnificados y grandes daños. La construcción de este parque permitirá que los habitantes estén más protegidos ante un futuro tsunami. Esta obra, que será una barrera natural ante crecidas del río, ha demandado una inversión de casi \$8 mil millones.

Sistemas de Protección sísmica

En Chile ha ido creciendo el número de estructuras que están incorporando sistemas de protección sísmica para la reducción de la respuesta sísmica. Se están usando cada vez más en proyectos de edificación de departamentos para vivienda y oficina, puentes y obras industriales. En el año 2017, se contabilizaron 111 edificios con protección sísmica en Chile, siendo que en el año 2010 eran solamente 13. Se tienen 19 hospitales, 37 edificios residenciales, 32 inmuebles de oficinas, 13 construcciones industriales, 7 edificios educacionales y 3 templos.

Un ejemplo de esto es el sistema de aislamiento sísmico del Hospital Militar, que es uno de los edificios más grandes del mundo, construidos con esta tecnología. En una superficie cercana a 50 mil metros cuadrados, están instalados 164 aisladores sísmicos, con cargas máximas verticales de 800 toneladas. Estos aisladores, están ubicados en el cielo del primer subterráneo y están formados por láminas de goma y acero intercaladas, que, en conjunto, permiten que el edificio sea rígido en la dirección vertical y se deforme en la dirección horizontal. Este desarrollo está cambiando la forma en que se construye en Chile y próximamente en el resto de los países que son afectados periódicamente por sismos.

Entre los edificios construidos con sistemas de protección sísmica se pueden nombrar, entre otros, los edificios de ONEMI, Ciencia y Tecnología de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Hospital Clínico U. de los Andes, Hospital de Antofagasta, Hospital de Talca, Parque Araucano, Minvu Serviu Antofagasta, Cerro Colorado - Torre A y Torre B, ACHS Viña del Mar, Cámara Chilena de la Construcción, CIO Chuquicamata de Codelco, Centro Anacleto Angelini, Centro de Distribución Sodimac lo Espejo, Clínica Cruz Blanca, DUOC UC Santiago Centro, y Titanium.

Piscinas decantadoras

En diferentes lugares del país han ocurrido aludes, que han tenido un importante impacto en la población y en los bienes públicos y privados. En algunos de estos, se han desarrollado obras de mitigación, para evitar que esta situación ocurra nuevamente. Dos de ellos se mencionan a continuación.

Quebrada de Macul

El 3 de mayo de 1993, debido a precipitaciones en altura, con temperaturas mayores a los 15°C que derritieron la nieve, se produjo un aluvión en la zona de la Quebrada de Macul, entre las comunas de Peñalolén y La Florida.

Este arrasó con poblaciones del sector de La Higuera, en la comuna de La Florida, dejando como consecuencia un total de 26 personas muertas, 8 desaparecidas y más de 30.000 damnificados. Los daños materiales representaron alrededor de 400 viviendas destruidas y más de 5.000 viviendas con daños de gran magnitud.

Con el objeto de evitar que ocurriera nuevamente un fenómeno similar, se creó una zona de exclusión para la construcción en un radio cercano a la quebrada y su cauce y se construyeron, en la sección media del cauce, en un tramo aproximado de 1.600 metros, siete piscinas decantadoras, separadas entre sí, por seis zonas de terraplenes, que son mantenidas periódicamente por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), extrayendo el material que se deposita en ellas, para mantener su volumen original.

Antofagasta

En Antofagasta, el 18 de junio de 1991, se presentó un frente de mal tiempo con lluvias que provocaron flujos de barro y piedras en el casco urbano de la ciudad. Este aluvión arrastró cinco millones de toneladas de agua y lodo que arrasaron el centro y norte de la ciudad a una velocidad de treinta kilómetros por hora. Este fenómeno dejó como consecuencia un total de 91 personas fallecidas, 19 desaparecidas, destrucción de 700 viviendas, daños de consideración en instalaciones urbanas y en otras 4.000 viviendas y paralización de más de 100 empresas.

Luego de este evento, se han construido en los últimos 15 años un total de 15 sistemas de control aluvional en las quebradas de Antofagasta, Tocopilla y Taltal. Estos han ayudado a impedir la ocurrencia de tragedias similares, ante grandes precipitaciones ocurridas en lapsos pequeños de tiempo. La construcción de estos sistemas ha significado a la fecha una inversión de más de \$ 70.000 millones.

Desarrollo de planes reguladores

En algunas ciudades, se han modificado los planes reguladores de construcción, impidiéndose la construcción en áreas que impliquen riesgo para la comunidad tales como lugares que se puedan inundar ante crecidas de los ríos, zonas que puedan verse afectadas por tsunamis o lugares que puedan ser afectados por erupciones volcánicas.

En algunas ciudades del norte de Chile se han modificado los planes reguladores de construcción, impidiendo construir en zonas de inundación ante crecidas de los ríos, y mejorando los cauces de estos ríos para ir corrigiendo su capacidad ante las grandes crecidas. Como ejemplo, el Plan Regulador de Ovalle, de 2013, plantea “solucionar los problemas de inundación que afectan la ribera y parte de la ciudad ante eventos de crecidas con un proyecto de defensa fluvial que considera la construcción de un enrocado de una extensión de 7,5 km entre el puente La Chimba y el balneario El Peñón”. Además, el proyecto de defensas fluviales recomienda que el área al sur y al oriente de la defensa fluvial sólo tenga usos agrícolas, deportivos o recreacional y en ningún caso destinado a viviendas.

Un ejemplo fallido de esta situación fue el desarrollo del Plan Intercomunal de Villarrica Pucón. En esta zona, en la novena región, se ubica el volcán Villarrica y está sometida a diferentes fenómenos naturales: volcanismos, sismicidad de origen tectónico y volcánico e inclemencias climáticas, fenómenos que generan otras manifestaciones tales como lahares o avalanchas volcánicas, flujos de lava, precipitaciones de ceniza, deslizamientos, hundimientos, flujos de barro y aluviones, entre otros, características que hacen que esta zona sea vulnerable. Debido a ello, la autoridad regional decidió, en el año 1998, incorporar una zonificación de riesgos, en el Plan Intercomunal de Villarrica Pucón (PRI). Esta permitiría entregar mejores condiciones para el desarrollo turístico y también mayores niveles de seguridad a los habitantes, entregando reglas claras a quienes debían tomar decisiones de inversión.

El PRI terminó de desarrollarse seis años después, tras un largo proceso de discusión, análisis y participación de la comunidad y de los municipios involucrados. En los tribunales de Temuco se interpusieron sin embargo más de cien recursos en contra de las modificaciones que imponía el PRI y la Contraloría finalmente, lo rechazó.

Esta situación dejó de manifiesto que en el desarrollo de los planes reguladores existirán diferentes visiones, unas de corto plazo, orientadas a generar ingresos y otras, más de largo plazo, centrada en la protección de las personas.

Reforzamiento de Infraestructura Existente

A mediados del año 2018, se llamó a licitación la realización del estudio y diseño del “Mejoramiento del Puente Capuchinos de Viña del Mar, en Avenida España”. Este puente se encuentra deteriorado por el paso de los años, y se pretende conservar y prolongar su vida útil, con un proyecto de inversión que resuelva y mejore las condiciones actuales, cumpliendo las exigencias de las normativas actuales y vigentes, especialmente en lo que se refiere al diseño sísmico.

Mejoramiento de suelo de fundación

Proyectos en que se realizó compactación dinámica o de impacto, del suelo, antes del terremoto del 2010. Su uso más común en Chile es para la mitigación de riesgos sísmicos en suelos arenosos potencialmente licuables. En Concepción, Talcahuano y la ampliación de puerto de Lirquén se ha empleado esta técnica. Los edificios de departamentos entre el cerro Chepe y el puente Llacolén frente al río Biobío en el sector de Pedro del Río Zañartu, Concepción, fueron construidos como parte del proyecto de Mejoramiento de la Ribera Norte del río Biobío³². Estos edificios fueron fundados exitosamente sobre suelos mejorados por compactación dinámica, no reportándose daños tras el terremoto 27/F.

Proyectos en desarrollo y propuestas que buscan reducir los riesgos de desastres

Existen proyectos que se están desarrollando en el país (algunos, de manera aislada), que se espera contribuyan a disminuir el riesgo de futuros desastres. El país debe contar con programas globales orientados a la prevención y mitigación del riesgo de desastres, de los que se desprendan estos proyectos de inversión. La Subdirección de Defensas Fluviales, Aguas Lluvias de la DOH/MOP, por ejemplo, tiene programas de este tipo que se encuentran asociados a sus correspondientes niveles de inversión. Algunos proyectos se mencionan a continuación.

³² <http://web2.ucsc.cl/~avillalobos/otras/introconcepcion.pdf>

Construcción de parque inundable La Aguada

El Zanjón de la Aguada, ubicado en Santiago, entre las comunas de San Miguel y San Joaquín, es, luego del Mapocho, el segundo cauce natural más importante de Santiago. Recibe las aguas lluvias de 21 comunas, tiene una longitud total de 27 kilómetros y en su recorrido, entre la Quebrada de Macul y el río Mapocho, atraviesa nueve comunas: Peñalolén, Macul, La Florida, San Joaquín, San Miguel, Pedro Aguirre Cerda, Cerrillos, Estación Central y Maipú.

Durante muchos años el Zanjón de la Aguada fue sinónimo de acumulación de basura en su cauce e inundaciones en los periodos de invierno, situación que era cada vez más frecuente; por ello, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) encargó a los arquitectos Pablo Allard y José Rozas desarrollar una obra que mitigara las inundaciones y fuera un aporte a la ciudad como parte del “Plan Maestro de Evacuación de Aguas Lluvias para Santiago”.

El proyecto, que fue presentado en el año 2007, como parte del Legado Bicentenario, consiste en la construcción de un parque, en el lecho del Zanjón, que se inunda a medida que aumentan las lluvias y luego, se vacía, al disminuir éstas.

Este parque comprende un total de 41 hectáreas en 4,7 km de extensión, entre las avenidas Vicuña Mackenna y Club Hípico y será capaz de retener una crecida mayor que la crecida anual de un período de ocurrencia 1: en 100 años.

La construcción del parque empezó a fines del año 2010 y se extenderá hasta el año 2021, fecha en la que se espera se inaugure el último de los cinco tramos en que se dividió el parque.

Monitoreo en Río Las Minas de Punta Arenas³³

El 11 de marzo de 2012, se produjo el desborde del Río de Las Minas, en Punta Arenas, dañando las casas del Barrio Croata, oficinas y locales comerciales del centro de Punta Arenas.

A raíz de ello, el Consejo Regional de Magallanes y la Antártica Chilena, está desarrollando un proyecto, con el apoyo de Sernageomin, para “transferir, adaptar y aplicar tecnología, y conocimientos en sistemas de monitoreo de remociones en masa y eventos hidrometeorológicos en sectores críticos de la cuenca del Río de las Minas, estableciendo el comportamiento base, de zonas específicas en la cuenca”.

Este proyecto contempla un monto de inversión de \$740 millones y un cronograma de instalación de 2 años y contempla la ejecución de cuatro actividades:

- Formar capital humano en el monitoreo de remociones en masa y eventos hidrometeorológicos.
- Adaptar e implementar un piloto de tecnología de monitoreo.
- Generar los protocolos de modelos y análisis de información proveniente del monitoreo, que den respuesta a las condiciones particulares de la cuenca del río de Las Minas.
- Difundir a instituciones públicas y privadas, el sistema de monitoreo y sus potenciales usos en la gestión del riesgo de desastres naturales y ordenamiento territorial.

Muros Aluvionales en Tarapacá^{34 35}

Se ha dado inicio a la construcción de muros aluvionales en las quebradas de la región de Tarapacá, para reducir el impacto de posibles aluviones causados por las lluvias del invierno altiplánico. El

³³ <https://laprensaaustral.cl/opinion/inversiones-en-el-cauce-del-rio-de-las-minas/>

³⁴ <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=556538>

³⁵ <https://www.latercera.com/nacional/noticia/proyectan-invertir-6-mil-millones-muros-aluvionales-iquique/396705/>

proyecto tiene un costo total de USD 10 millones. Considera obras de control aluvional consistentes en presas con muros de entre seis y nueve metros de altura, para contener potenciales escurrimientos generados por la lluvia, y obras de evacuación de aguas ubicadas en el coronamiento de los muros.

Ejemplos de buenas prácticas, mejoras y gestión de GRD

A continuación, se señalan algunos ejemplos de pequeñas acciones - algunas actualmente aplicadas y otras que debieran implementarse - que no siempre significan grandes inversiones, y que sin embargo pueden generar impactos importantes en la mejora de la gestión de riesgos de desastres.

- Instalar pequeñas baterías de respaldo recargables o UPS para mantener funcionando los semáforos en casos de corte de suministro parciales o de *black out*.
- Instalar una organización bien estructurada de las empresas de electricidad, desarrollando una preparación estandarizada para enfrentar coordinada y eficientemente las emergencias.
- Fortalecer la fiscalización de cumplimientos de normativa que obliga a efectuar controles y mantenciones periódicas en los sistemas eléctricos y de gas.
- Construir terrazas, aguas arriba de las quebradas, de forma de ser primera la contención ante avalanchas en periodos de fuertes precipitaciones.
- Usar aisladores sísmicos para la reducción de la respuesta sísmica de las estructuras.
- Construir estructuras para la contención de eventos aluvionales y definir vías de evacuación de las aguas en la zona urbana.
- Definir vías de evacuación de personas, en zonas costeras, frente a la ocurrencia de tsunamis.

3. COMPROMISOS QUE HA ASUMIDO EL PAÍS

3.1 Estructura institucional

En Chile, la estructura institucional para la emergencia se ha concentrado principalmente en el manejo de la respuesta, siendo que la tendencia internacional en esta materia ha evolucionado desde estrategias para el manejo de desastres hacia estrategias para la reducción del riesgo de desastres, enfocadas en factores subyacentes al riesgo y en la vulnerabilidad de la población.

Ello implica enfocarse en prevenir, mitigar y reducir el daño humano y material en una emergencia. Luego del terremoto y maremoto del 27 de febrero de 2010 en Chile Central, quedó en evidencia la carencia de instituciones y procedimientos adecuados para enfrentar emergencias de grandes magnitudes.

3.2 Proyecto de ley

En el año 2011 ingresó al Congreso el “Proyecto de Ley que Establece el Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil y crea la Agencia Nacional de Protección Civil”, título que fue sustituido en la indicación del 14 de enero de 2019 por “Proyecto de Ley que establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y sustituye la Oficina Nacional de Emergencia”³⁶. A la fecha, el país no cuenta con una legislación actualizada, pues aún no se ha logrado aprobar este proyecto de Ley. Han ocurrido nuevos desastres tras el Terremoto y Tsunami de 2010, sin que se termine de discutir y aprobar el proyecto de Ley ingresado al Congreso el año 2011. Si bien se han registrado modificaciones al proyecto original, a la fecha dicha ley aún no se ha materializado.

Nueva institucionalidad. El nuevo Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres, propuesto en este proyecto de ley y su última indicación, recoge los principios de prevención, apoyo mutuo, coordinación, transparencia, participación, escalabilidad, y oportunidad. Se crean Comités nacionales, regionales y comunales para la GRD.

Servicio Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Servicio descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, supervisado por el Presidente de la República a través del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, mediante la coordinación de la Subsecretaría del Interior. Entre sus funciones, están proponer la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, formular normativa e Instrumentos de GRD, coordinar y supervisar la ejecución de los Instrumentos de GRD en los niveles nacional, regional, y comunal. Además, debe asesorar y apoyar en el desarrollo de capacidades para la GRD, declarar y difundir alertas de emergencia, y establecer los estándares mínimos para la adquisición, actualización y renovación de las redes de comunicaciones de emergencia.

Comité Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Está encargado de la planificación y la coordinación del Sistema a nivel nacional. Sus funciones radican en proponer al Presidente de la

³⁶ Indicación N° 373-366, Retira y formula indicaciones al Proyecto de ley que establece el Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil y crea la Agencia Nacional de Protección Civil (boletín N° 7550-06), 14 de enero 2019

República, para su aprobación, la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, aprobar el Plan Estratégico Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, el Plan Nacional de Emergencia, y coordinar los Comités Regionales. Está constituido por el Ministro del Interior y Seguridad Pública, quien lo preside, por los Ministros de Defensa Nacional, de Hacienda, de Educación, de Obras Públicas, de Salud, de Vivienda y Urbanismo, de Transportes y Telecomunicaciones, de Energía, y de Medio Ambiente, por el Subsecretario del Interior, el Jefe del Estado Mayor Conjunto, y el Director Nacional del Servicio Nacional de GRD. En las Fases de Respuesta y Recuperación, son integrantes permanentes el General Director de Carabineros de Chile y el Director General de la Policía de Investigaciones de Chile.

Comité Regional para la Gestión del Riesgo de Desastres, sus funciones son aprobar el Plan Regional para la Reducción del Riesgo de Desastres, y el Plan Regional de Emergencia, recomendar al Servicio proyectos a ser financiados con cargo al programa de GRD, y coordinar los Comités Comunales. Está constituido por un Delegado Presidencial Regional, quien lo presidirá, el Director Regional del Servicio, el Gobernador Regional, los Secretarios Regionales Ministeriales de la región, la autoridad militar que designe el Ministro de Defensa Nacional, y el representante de las Fuerzas de Orden y Seguridad Pública que designe el Ministro del Interior y Seguridad Pública.

Comité Comunal para la Gestión del Riesgo de Desastres, con funciones en labores de coordinación y planificación en las Fases de Mitigación y Preparación. Este Comité está integrado por el Alcalde, quien lo preside, el Jefe de la Unidad de GRD de la comuna, y la o las autoridades de las Fuerzas de Orden y Seguridad Pública de la comuna.

Rol de la Defensa Nacional

El Ministerio de Defensa Nacional es responsable de la coordinación y ejecución, en las materias que le correspondan a su sector, de la Política Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, del Plan Estratégico Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, y del Plan Nacional de Emergencia. Además, es responsable de elaborar los planes y los protocolos de operación para la participación coordinada de las Fuerzas Armadas que actuarán en todas las fases del ciclo del riesgo de desastres. Las Fuerzas Armadas forman parte del Sistema.

Mapas de Amenaza y de Riesgo

Se explicitan los Mapas de Amenaza y de Riesgo, en lo que dice relación con su elaboración, su utilización, y la obligatoriedad de su aplicación en instrumentos de planificación territorial. Los mapas deben ser incorporados a los Planes para la GRD de los niveles regional y comunal, y serán vinculantes para la elaboración de los instrumentos de planificación territorial, además de la Planificación del Borde Costero, el Ordenamiento Territorial y el Manejo Integrado de Cuencas.

Por otra parte, los Mapas de Riesgo, son considerados como instrumentos de diagnóstico de los escenarios de riesgos que relacionan vulnerabilidad, elementos y sistemas expuestos a amenazas, sobre una porción del territorio en un momento dado.

Niveles de emergencia

El proyecto de ley define los conceptos de Amenaza, Emergencia, Gestión del Riesgo de Desastres, Reducción del Riesgo de Desastres, y Vulnerabilidad.

Indica los siguientes Niveles de Emergencia:

- ✓ Emergencia Menor, situación de alcance comunal.
- ✓ Emergencia Mayor, situación de alcance regional.

- ✓ Desastre, situación de alcance regional o mayor, que requiere de refuerzos o apoyos desde otras zonas del país, bajo una coordinación de nivel nacional.
- ✓ Catástrofe, situación de alcance regional o mayor, que requiere de asistencia internacional, como apoyo a las capacidades del país, bajo una coordinación de nivel nacional.

Fases del ciclo de Riesgo de Desastres

Se definen las siguientes fases del ciclo de Riesgo de Desastres:

- ✓ Fase de Mitigación; Fase de Preparación -que comprende la Alerta, consistente en un estado de monitoreo y atención permanente.
- ✓ Fase de Respuesta.
- ✓ Fase de Recuperación -que comprende la Rehabilitación y la Reconstrucción.

Comentarios al proyecto de ley

Comentarios Generales

Este proyecto de ley, presentado al Parlamento el año 2011 y en su última modificación del año 2019, permite desarrollar por primera vez en el país, una institucionalidad que aborde la prevención, la planificación, la reacción y la recuperación ante los desastres naturales. Como se sabe, Chile enfrenta periódicamente desastres naturales de diversa naturaleza, y este proyecto de ley va en el sentido correcto de abordar esta materia, responsable e institucionalmente, pasando de la reacción a la prevención, para mitigar y reducir el daño humano y material que se produce. Sin embargo, a la fecha no se ha transformado en ley, manteniéndose en el parlamento en las comisiones. Se necesita con urgencia una decisión política de la autoridad para acelerar el trámite de este proyecto de ley que, una vez aprobado, debería asignar los recursos que se requieren para su implementación. De no contar con esta ley, el país corre riesgos al no estar suficientemente preparado, no pudiendo avanzar hacia los niveles adecuados de resiliencia ante desastres naturales que el país necesita tener.

Rodrigo Cienfuegos³⁷ en un artículo reciente, muestra la necesidad de incorporar indicaciones a la ley, agregando elementos que fomenten la evaluación prospectiva del riesgo de desastres y su mitigación. Ello, según indica Cienfuegos, dado que este proyecto de ley presenta un desbalance hacia la respuesta de emergencia, la recuperación y la preparación, respecto de la mitigación.

En otros países, el organismo rector cumple, además de las tareas señaladas, una función de promover la incorporación de los temas de riesgo en el conjunto de la normativa y el funcionamiento del Estado. Este sería un elemento importante a ser incorporado en la discusión del proyecto de ley.

Comentarios Particulares

En relación con la función del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres, de asesorar y apoyar en el desarrollo de capacidades para la GRD, se puede decir que, de todas las instancias y comités mencionados en la ley, es mediante esta función donde el Sistema debe acercarse a la población. No solo porque de esa manera se crea la conciencia de la importancia de la prevención a nivel individual, sino porque los síntomas de una anomalía que puede transformarse en una emergencia son detectados por las personas, radicadas y conocedoras del territorio donde se está constatando la anomalía.

³⁷ “Sobre la mitigación del riesgo de desastres”, Dr. Rodrigo Cienfuegos, Director del Centro de Excelencia Fondap Cigiden, académico de la Escuela de Ingeniería UC, El Mercurio, 28 febrero 2019

Comités Regionales: la preparación de la Estrategia Regional de Protección Civil es un tema que debe prepararse desde ya y no esperar a la tramitación de la Ley. Sin lugar a duda esta es una tarea que la actual ONEMI ha encarado. Debe incluirse en el legado a solicitar a la ONEMI, la entrega de dichas Estrategias, sin perjuicio de que al aprobarse la Ley se introduzcan las modificaciones y ajustes que correspondan. Los Comités Regionales deben establecer, a través de los alcaldes, representantes en cada villorrio o poblado y que, capacitados en forma básica, sean los observadores del entorno que les es familiar y comuniquen, según la línea establecida, una amenaza eventual. Obviamente las amenazas de sismos o Tsunamis quedan radicadas en los organismos que disponen de los medios para ello. Pero quedan las observaciones del fuego, aumento del escurrimiento de cursos de agua, embalsamiento de agua por circunstancias no previstas, vientos, desplazamiento de la fauna local, variaciones de la isoterma, deslizamientos de tierra en caminos etc.

Registros: la Ley debe dejar claramente establecido dónde radica la responsabilidad de mantener un Archivo con la descripción de los eventos ocurridos en el cual consten las medidas que se adoptaron y los resultados, buenos y malos, de las gestiones realizadas.

Artículo 42º del proyecto de Ley: sobre los Planos Reguladores Comunales y en los apartados b) y c) se establecen plazos perentorios para la evacuación de informes. No así en la letra a) donde solo se dice que el proyecto del instrumento de planificación deberá contar con aprobación del Concejo. Sin desconocer que establecer un Plano Regulador es una ardua tarea, debe establecerse un plazo a cumplir por el Concejo Municipal, plazo que podrá depender de la superficie de la comuna y del número de sus habitantes.

3.3 Manejo de Desastres Basado en la Gestión Regional

La Fundación “Chile Descentralizado... Desarrollado”, presidida por Heinrich von Baer, en su libro *Descentralización 2.0*³⁸ presentado a fines del año 2017 con el apoyo del Senado y Cámara de Diputados, trata en algunos de sus capítulos ejemplos del manejo de desastres basado en la gestión regional.

En uno de sus capítulos: “Chile, país de emergencias: el desafío de gestión descentralizada y articulada”, redactado por Michel de L’Herbe, trata el tema de las ventajas de una gestión local, señalando que los desastres son sociales y se producen por problemas de gestión frente a los fenómenos naturales, requiriéndose una mirada de orden más social y modelos de gestión de emergencia.

Indica que el conocimiento local es esencial para una adecuada gestión social y que existe una relación compleja entre las autoridades nacionales y locales debido al centralismo del país. Cita como ejemplo de gestión local el Campamento Esperanza en el rescate de los 33 mineros de Atacama, donde la gestión local (cuatro municipios) fue exitosa en la creación y funcionamiento de dicho campamento, pero esas experiencias no se incorporaron a las prácticas nacionales. En la gestión de emergencia se debe tener en cuenta la experiencia de las personas y no solamente la cuantificación centralizada.

Concluye este capítulo señalando la necesidad de un modelo descentralizado en materia de seguridad pública y gestión de emergencias centrado en las personas, desde lo local con apoyo del nivel central.

³⁸ DESCENTRALIZACIÓN 2.0 Construyendo la gobernanza regional que Chile necesita: un desafío país. Ediciones Universidad de La Frontera. 2017

Otro de sus capítulos referentes a desastres es: "Aprendizajes de los mega incendios: paisaje forestal en mosaicos y gestión descentralizada" redactado por Luis Otero. Se analizan en especial los incendios forestales del año 2017, que se produjeron, entre otras causas, por un proceso de forestación homogéneo y continuo dirigido en forma centralizada y sin planificación a escala local. En el texto indica también que las falencias están en la prevención, en la planificación del paisaje local, y en la educación y capacitación de las comunidades locales.

En otro ámbito, los alcaldes del país también han salido a expresar su opinión en relación con la institucionalidad actual y el centralismo existente, que generan diversas problemáticas de coordinación y gobernanza. En la primera reunión de alcaldes sostenido el año 2018, denominada Urban 20, y desarrollada en el contexto del G20³⁹, Michael Berkowiz, presidente de 100 Ciudades Resilientes, plantea que Santiago debería tener una sola autoridad, en vez de muchos alcaldes. Indica que *"...eso ayudaría a tomar medidas en forma más coordinada y, por ende, a aumentar la resiliencia..."* y agrega que la clave no solo está en la infraestructura, sino además en el nivel de cohesión de las comunidades y en una buena gobernanza. Por otra parte, Félix Allende, administrador regional de la Región Metropolitana de Santiago, expresa que la gobernanza dispersa es un problema que se da en muchos lugares del mundo, indicando *"...el centralismo es un denominador común en varias ciudades del mundo, lo que dificulta la implementación de las medidas para mejorar la resiliencia...Esto incluye la dificultad de acceso a financiamiento específico, una de las grandes tareas que tiene el país..."*.

Un ejemplo actual de las dificultades de coordinación - que se indican son a causa del centralismo - se ha dado en el reciente mega-incendio en la región de Aysén, que, a febrero de 2019, alcanza cerca de 16.000 hectáreas de bosque nativo quemado. Se han generado críticas al actuar de las autoridades, entre las cuales las del alcalde de Cochrane, Patricio Ulloa, quien acusó que la región es *"el patio trasero de Chile"*, y criticó al Gobierno de que *"no se han destinado todos los medios necesarios para contener el avance del fuego"*⁴⁰. También el senador por la región de Aysén, David Sandoval, criticó la manera en que operaron los equipos técnicos enviados por el Gobierno para enfrentar los incendios en la zona, indicando que hubo falla de coordinación y comunicación. También criticó que el jefe regional de Onemi *"...llegó a los siete días después del siniestro, a instalarse a la zona"*⁴¹.

Es prioritario generar la discusión en torno a la mejor gobernanza para la gestión de los desastres naturales, buscando la correcta ecuación que equilibre políticas y estrategias nacionales, con una eficiente implementación de acciones y respuestas ante eventos en las regiones.

3.4 Institucionalidad de I+D+i para la Resiliencia ante Desastres Naturales

En enero de 2016 se constituyó la Comisión para la Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN), impulsada por el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID). Su misión consistió en proponer una estrategia de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) para transformar a Chile en líder mundial en su resiliencia ante los desastres naturales. Uno de los resultados de esta comisión, fue la detección de la necesidad de crear una institucionalidad en I+D+i en resiliencia. En 2018 se crea el Instituto de Resiliencia ante Desastres de Origen Natural, ITRenD. Entre sus metas,

³⁹ El Mercurio, 31 octubre de 2018

⁴⁰ <https://www.24horas.cl/videos/nacional/alcalde-de-cochrane-y-danos-por-incendio-forestal-espero-que-el-presidente-venga-a-la-region-de-aysen--3104475>

⁴¹ <https://www.latercera.com/nacional/noticia/megaincendio-aysen-se-acerca-superar-record-destruccion-ultimos-21-anos/535876/>

plantea que Chile llegue a ser un ejemplo de la “...creación de soluciones originales a través de una nueva industria de la resiliencia, quintuplicar la cantidad de investigadores en esta materia y hasta crear un *endowment* nacional con el ahorro que generaría invertir en prevención (2,3 pesos usados en reconstrucción se ahorran por cada peso invertido en prevención) ...”.

Los focos de ITRenD estarán puestos en:

- Disminuir a través de la I+D+i el gasto en desastres en el país en un mínimo de un 50%, que actualmente representa un costo anual promedio de 1,2% del PIB.
- Construir una infraestructura pública de datos, abierta, que centralice todos los datos nuevos e históricos, y la información más relevante en temas de resiliencia.
- Aumentar el número de personas dedicadas a la I+D en áreas asociadas a la resiliencia.
- Lograr una cultura de colaboración y confianza en el ámbito de la resiliencia, generando sinergias entre grupos de investigadores, integrando tecnológicamente las capacidades experimentales en resiliencia existentes, e implementando laboratorios de frontera para realizar estudios de los fenómenos a escala apropiada y de primer nivel.
- Desarrollar políticas públicas para la resiliencia basadas en I+D+i orientada a las problemáticas del ámbito público con: a) investigación para la mejora de normativas para una mayor resiliencia, b) aprendizaje histórico de los desastres, c) diálogo con las comunidades, ampliando su participación activa.
- Desarrollo de una industria tecnológica en resiliencia de tamaño mayor al 1% del PIB, motivando a nuevas generaciones de emprendedores a resolver problemáticas en torno a la resiliencia.

3.5 Marco de Sendai 2015-2030

Chile adhirió en marzo de 2015 al Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD), que busca prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducirlos existentes y a su vez, que se prevengan y reduzca la exposición a las amenazas y vulnerabilidad a los desastres, se aumente la preparación para la respuesta y la recuperación, y de ese modo reforzar el desarrollo de comunidades y territorios más resilientes. Dada la decisión de Estado que se tomó, corresponde diseñar las herramientas y recursos necesarios para la implementación de una política acorde a los objetivos trazados.

3.6 Plataforma Regional de GRD

Mediante el trabajo conjunto de diferentes instituciones, lideradas y coordinadas por la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, ONEMI, Chile asume, el año 2015, el desafío de avanzar en dos ejes: una Plataforma Nacional para la Reducción de Riesgo de Desastres (PNRRD) y la elaboración de una Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD). Esta política se basa en el Marco de Sendai, al que Chile adhirió junto a 187 países, y que establece un plan y objetivos, con ejes prioritarios para el periodo 2015-2030.

Los 4 ejes prioritarios que plantea esta política son:

- Comprensión del riesgo de desastres.
- Reforzar la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar el riesgo de desastres.
- Invertir en la reducción del riesgo de desastres para lograr resiliencia.
- Reforzar la preparación de desastres para una respuesta eficaz, y mejorar la recuperación, rehabilitación y reconstrucción.

Se consideran en este acuerdo siete Metas Globales:

- Reducir la mortalidad por desastres.
- Reducir el número de afectados.
- Reducir las pérdidas económicas en relación al PIB.
- Reducir los daños a infraestructura crítica y estratégica.
- Incrementar el número de países con Estrategias para la GRD al 2020.
- Mejorar la cooperación internacional de países desarrollados a través de un soporte sustentable.
- Mejorar la disponibilidad de Sistemas de Alerta Temprana e información de riesgos y sus evaluaciones a la población.

Siguiendo estas directrices, ONEMI desarrolló y publicó el año 2015 su Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. De la misma forma presentó un número de acciones estratégicas necesarias, orientadas sobre todo a preparar los presupuestos y luego la factibilidad de financiamiento para las labores que se plantean. Por ejemplo, se plantea incorporar estas políticas de GRD en todos los niveles de la división político administrativa del país. También garantizar espacios de participación para la sociedad civil organizada y el sector privado en las etapas de la GRD. Asimismo, se plantea fortalecer los sistemas de monitoreo y de alerta temprana.

El año 2016 se constituyó formalmente la Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, como organismo asesor de ONEMI, iniciando sus labores con los Objetivos Estratégicos trazados. Este es un esfuerzo que busca generar sinergia entre los actores de instituciones, sector público y privado, y miembros de la academia.

4. LA INGENIERÍA Y LA GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES

4.1 Estándares de Diseño, Planificación y Mantenimiento

El análisis de los desastres debe considerar no solamente los efectos en el diseño de la construcción, sino también en la planificación, la operación y su incidencia en la ciudadanía, y debe existir un seguimiento de las condiciones de riesgo a medida que transcurre su vida útil. Es así como los diseños no pueden ser estáticos, y en muchos casos debieran contemplar su actualización en forma periódica, con modificaciones en las construcciones existentes, sean estas mineras, industriales, sanitarias, educacionales, eléctricas, obras públicas, comerciales o habitacionales.

Los desastres afectan y dejan experiencias no solamente en el diseño de la construcción sino principalmente en la operación y la rápida vuelta a la normalidad. Por ello, no se deben forzar los diseños al límite y con cumplimientos mínimos. En base a la experiencia y al conocimiento que se va adquiriendo, el ingeniero debe tener la responsabilidad ética de considerar, por ejemplo, los efectos del cambio climático: sequías, inundaciones, marejadas, temperaturas ambientales más altas que afectan el funcionamiento de equipos, lluvias intensas que superan las estructuras de protección de las instalaciones, disminución de caudales y de nieve que impactan en la rentabilidad de los proyectos hidroeléctricos.

El cambio climático debe ser considerado en la toma de decisiones sobre desastres. Los criterios que están siendo usados para analizar la respuesta a los desastres, y que están asociados a la incertidumbre climática, es la incorporación de metodologías orientadas a la construcción de indicadores de robustez, resiliencia, flexibilidad y confiabilidad en la toma de decisiones.

En algunos casos se observa que ciertos estándares de diseño no se encuentran actualizados a las condiciones presentes y futuras de seguridad y bienestar de los usuarios, lo que dificulta y atrasa la recuperación de las instalaciones después de un evento natural. En general las empresas constructoras y de inspección técnica han abordado de manera muy adecuada todo lo relacionado con el tema estructural. Sin embargo, es necesario avanzar en mejorar en el comportamiento de obras interiores, de climatización, de eficiencia energética, de habitabilidad de sus ocupantes, etc., siempre en función de sus ocupantes. Ello se puede ejemplificar al describir que muchas veces las zonas seguras de evacuación se definen en la calle, donde existen tendidos eléctricos, de telecomunicaciones, transformadores aéreos, luminarias, que pueden caer y afectar a los evacuados de los edificios.

Por otra parte, la evaluación de los servicios públicos, tales como agua, gas, electricidad, antenas de telefonía móvil, etc., se realiza considerando situaciones de normalidad durante su construcción y operación, pero no se realiza análisis de su comportamiento en condiciones de terremotos, incendios forestales, marejadas o inundaciones. Existe además gran lentitud en la actualización de algunas normas de diseño. Como ejemplo, se puede comentar que fallas en aisladores de subestaciones ocurridas en el terremoto de 2007 en Tocopilla, se repitieron en el terremoto de 2010 en Maule, pues las normas sísmicas a esa fecha no habían sido actualizadas aún. Ello se debe, principalmente, al hecho que el proceso de estudio, aprobación y reglamentación legal por parte de la autoridad es bastante demoroso. Sin embargo, es importante reconocer que, tras el terremoto de 2010, estos procesos se han acelerado de manera considerable, contando en la actualidad con

normativa actualizada con la que tanto los ingenieros estructurales como de otras especialidades, trabajan, incluyendo nuevas normas para equipos, y estructuras secundarias.

Acciones a desarrollar ante algunas falencias observadas.

Estándares de diseño y estudios

En general se observan bajos niveles de inversión en servicios, así como la existencia de algunos estándares antiguos, no acordes con las condiciones actuales y futuras, considerando tanto las variables externas, como también las variables propias de una estructura existente – por ejemplo, una estructura que cumplió su vida útil, o que fue dañada por eventos anteriores, entre otros-. Debe existir la obligación de evaluar la vulnerabilidad de estructuras críticas y patrimoniales, de los servicios de agua, electricidad, gas, y generar planes de restauración o reforzamiento de este tipo de estructuras.

Debe existir la obligación de realizar estudios después de un desastre provocado por la naturaleza, así como de crear las condiciones para que no se repitan estas fallas o por último que se aminoren a futuro. En general se reconstruye en las mismas condiciones originales. Por esta razón, en el siguiente evento las fallas son más severas y con tiempos de interrupción más prolongados, afectando la calidad de vida de los usuarios.

Por otra parte, falta efectuar estudios adecuados del efecto de la urbanización en los cauces naturales, de los cambios de pendientes que se realizan en los terrenos, así como de la capacidad de las calles como vías de evacuación en caso de incendios forestales, inundaciones o derrumbes. Además, al construir habitaciones, industrias o comercio en pendientes o cerros, no se planifica el comportamiento futuro del terreno, y a menudo no se definen límites a la construcción, relacionados con estas variables.

Responsabilidad en el diseño

El comportamiento ético y la responsabilidad de los profesionales de la ingeniería civil en el cumplimiento de las normas no debe cumplirse solamente por un tema formal -para evadir responsabilidades-, sino que debe considerar el compromiso de incorporar toda información adicional proveniente de distintas áreas, e interactuar con éstas para mejorar el diseño y construcción, a objeto de diseñar instalaciones que soporten las distintas contingencias que pueden afectar un proyecto durante su ciclo de vida.

Inversión en seguros

En inversión privada se ha avanzado en el mercado de seguros para las distintas etapas de la construcción y de su responsabilidad legal, lo cual permite tener rapidez y fondos para reconstruir o reparar las obras dañadas por desastres naturales. Sin embargo, en inversión pública no se aprecia la contratación de seguros, lo que implica largos períodos con obras que no vuelven a la operación normal tras un desastre de importancia.

La decisión del Estado de usar o no el presupuesto para asegurar sus instalaciones, debe constituirse en un tema de discusión de las autoridades y de la sociedad civil, pues las posibles fallas de la infraestructura pública ante un desastre, y la demora en su reparación o reconstrucción, pueden afectar la calidad de vida de gran cantidad de personas. Dentro de esta discusión, debe tenerse claridad que lo primordial es potenciar al máximo las medidas preventivas para reducir el riesgo de desastres.

Desde el 27-F, en diferentes regiones del país se han tenido que efectuar varias reconstrucciones, a causa de incendios forestales, terremotos, aluviones, deslizamientos, inundaciones, y, últimamente, de tornados y trombas (región de Bio-Bio, año 2019). Debido a la frecuencia con que el Ministerio de Vivienda debe asumir el costo de procesos de reconstrucción, está estudiando la contratación de seguros, a nivel zonal, o individual para cada casa, observando el sistema de seguros norteamericano que tienen los Estados afectados por tornados. La Asociación de Aseguradoras de Chile también ha planteado la necesidad de asegurar los hospitales, escuelas y edificios patrimoniales, lo que evitaría aumentar impuestos para hacer frente a la reconstrucción ante las catástrofes. En Estados Unidos es obligatorio para cada vivienda contar con una póliza que cubra daños ante tornados y otros eventos climáticos como incendios o inundaciones. Los gobiernos estatales también aseguran obras públicas, como carreteras, hospitales y escuelas, para financiar su reparación.

Resiliencia en el sistema de energía

El impacto de los desastres en el sistema de energía puede reducirse mejorando su resiliencia y reduciendo la probabilidad de daño. Rudnick⁴² indica que la resiliencia no sólo depende de los equipos, los códigos de construcción y las tecnologías, sino que principalmente de una organización bien estructurada de las empresas de electricidad, para abordar las emergencias con respuestas estandarizadas. Plantea además que la resiliencia se basa en principios que consideran contar con sistemas: a) flexibles y capaces de manejar y ajustarse a eventos sorpresivos; b) con capacidad mayor que sus necesidades, para poder utilizarla en emergencias; c) con un grado de traslape de funciones que permita tener operando las funciones vitales, mientras los elementos redundantes asumen nuevas funciones; d) con realimentación entre sus partes, orientando cambios y permitiendo el aprendizaje; e) con alternativas de diversificación de los requerimientos del recurso y su forma de entrega, para compensar las fallas de suministro; f) con movimiento de recursos más rápido de lo que se requiere, que permite mayor disponibilidad en un tiempo dado.

4.2 Contribuciones de la Ingeniería en la Gestión del Riesgo de Desastre

En el ámbito de la gestión de riesgos de desastres, es muy importante planificar adecuadamente las acciones que se deberán realizar en las fases de prevención, respuesta y reconstrucción post-desastre. Esto significa, definir en forma clara y detallada, el conjunto de acciones que se realizarán en cada fase, el momento en que éstas se llevarán a cabo y los responsables de su realización. Siendo la planificación una de las áreas fundamentales de la ingeniería, su aporte a la GRD se vuelve relevante.

Se describen a continuación algunos ejemplos de actividades y roles que juega la Ingeniería Civil en la gestión del riesgo de desastres, en las fases de prevención, respuesta y reconstrucción post-desastre.

⁴² Rudnick Hugh, Profesor Titular Departamento de Ingeniería Eléctrica, Pontificia Universidad Católica de Chile, "Gestión de desastres en los sistemas eléctricos de potencia", Taller Latinoamericano TOPSEP, República Dominicana, 29 junio-1 julio 2011

Participación de la Ingeniería Civil en la prevención de desastres

- La Ingeniería Civil es fundamental en la prevención de riesgos de desastres, al ser responsable del diseño y construcción de obras de infraestructura dotadas con altos niveles de seguridad. Los procesos de diseño y de construcción se realizan cumpliendo las normas de cálculo, especificaciones de construcción y control de calidad, para entregar altos niveles de seguridad.
- Los Ingenieros Civiles también aportan en la elaboración y en la innovación de materiales y sistemas constructivos para el diseño de viviendas y refugios para ser utilizados por la población afectada por el desastre.
- Los Ingenieros Civiles realizan labores periódicas de revisión y evaluación de la vulnerabilidad de las estructuras, en especial de las edificaciones críticas, que no pueden fallar ante un desastre.
- El Ingeniero Civil, tras la evaluación, determina los sistemas de reparación y refuerzo que las edificaciones y estructuras en general requieren, para evitar colapsos ante eventos de desastre, y permitir la continuidad de su operación.
- La Ingeniería aporta al diseño y operación de redes de monitoreo de variables y sistemas de alerta temprana y de comunicación efectiva hacia la comunidad.
- La Ingeniería aporta al diseño y construcción de sistemas robustos de comunicaciones, y de producción, transporte y distribución de electricidad, combustibles y agua potable.
- El desarrollo de estándares de construcción que permitan asegurar y mantener en operación los servicios esenciales en puntos críticos tales como hospitales, escuelas y reparticiones públicas (líneas de vida), es un rol esencial de los Ingenieros Civiles.
- Los Ingenieros tienen la capacidad de generar propuestas de modelos y planes de mitigación y de prevención de daños.
- Los Ingenieros Civiles de diferentes especialidades son responsables del diseño de sistemas redundantes, como, por ejemplo, redes viales, sistemas de comunicación, de transporte, servicios en general.
- Los Ingenieros Civiles Eléctricos incorporan nuevos sistemas eléctricos redundantes, como es el caso específico de asegurar energía con sistemas de micro redes eléctricas.

Participación de la Ingeniería Civil en la respuesta tras un desastre

- Tras la ocurrencia de un desastre natural, el Ingeniero Civil asume un rol inmediato de inspección de daños estructurales, tomando decisiones para evitar mayores daños y colaborando en el restablecimiento de los servicios primarios (agua, drenajes, energía eléctrica, vialidad, comunicaciones).
- El Ingeniero Civil asume un rol importante de inspección y eventualmente de autorización para la continuidad de la operación de obras civiles especiales, como helipuertos, pistas de aeropuerto, túneles de carreteras y puentes, hospitales, etc.
- El Ingeniero Civil organiza las labores de inspección; si corresponde, da las instrucciones de remoción y prevención durante los rescates.
- Los Ingenieros Civiles Industriales, elaboran planes de acciones logísticas para optimizar el direccionamiento de la ayuda, posterior al desastre.

Participación de la Ingeniería Civil en la reconstrucción post-desastre

- Los Ingenieros Civiles, especialmente Industriales, están llamados a elaborar planes de continuidad de negocios para la recuperación rápida de las economías locales.

- Los Ingenieros Civiles se abocan a la reconstrucción de viviendas e infraestructura en general, tras la ocurrencia de un desastre.
- Los Ingenieros Civiles de diferentes especialidades tienen las competencias para actuar en el establecimiento de protocolos para el manejo de la situación post-desastre que consideren, desde la coordinación de las acciones de los equipos de emergencia y organización de la población civil, hasta la logística y coordinación para el transporte y distribución de ayuda hacia los lugares afectados.
- Los Ingenieros Civiles de diferentes especialidades deben fortalecer el concepto de resiliencia, generando planes de adaptación, tales como, por ejemplo, la reubicación de población en zonas de menor amenaza.
- Los Ingenieros Civiles de diferentes especialidades deben sacar enseñanzas post-desastre para la mejora de futuros planes.

4.3 Formación de Ingenieros en Reducción del Riesgo

Ante el aumento de los desastres naturales que se observa en la actualidad, se vuelve imperioso que, en la formación del Ingeniero Civil, exista un enfoque con esta perspectiva, donde se tomen en consideración los riesgos, se evalúen y se analicen proyectos de mitigación de sus impactos. Se abre por lo demás, un espacio importante para la formación de nuevas especialidades en el ámbito de la ingeniería.

A nivel general, se necesita que los ingenieros cuenten con:

- Capacidad de prevención de daños ante eventos naturales, a nivel de planificación, de proyecto, de diseño, y de operaciones.
- Capacidad para asumir un liderazgo en su comunidad, en el gobierno y en la región, en la mitigación de los desastres naturales.
- Capacidad para desarrollar y construir infraestructuras menos vulnerables a los eventos naturales y causados.
- Capacidad para balancear las fuerzas de la naturaleza y su explotación.

Programas ofertados en América Latina

Existen diferentes niveles de formación en estas áreas. A continuación, se describen algunos programas académicos que entregan algunas universidades latinoamericanas.

Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

Gestión de Riesgo de Desastres. Cátedra complementaria obligatoria para estudiantes de Ingeniería Civil. Se dicta una cátedra complementaria, obligatoria, de GRD, en su Programa de Ingeniería Civil, que debe ser cursada como parte del plan de estudios de la carrera. Es interesante observar que esta oferta se fundamenta en la existencia, a nivel país, de su Política de Educación para la Gestión del Riesgo de Desastre (es importante resaltar que la Ley de Desastres de Colombia es la más desarrollada de la Región). La cátedra incluye conceptos, estrategias, políticas e instrumentos que permitan intervenir en la GRD, y aborda la reducción del riesgo apuntando hacia un verdadero “Desarrollo Sostenible”.

Fundación Universidad de Popayán, Colombia

Especialización en Gestión del Riesgo de Desastres Integrada a la Planificación Territorial. Esta especialización se basa en la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, respecto a la integración de la gestión del riesgo en la planificación territorial y del desarrollo. La duración del programa es de 2 ciclos. Se forman expertos capaces de incorporar acciones propias de la gestión prospectiva o anticipada del riesgo de desastres, en los procesos de planificación territorial, de manera que se fortalezcan la sostenibilidad y resiliencia urbana. El programa está dirigido a todo tipo de profesionales.

Universidad Autónoma de Guerrero, México

Licenciatura en Ingeniería en Prevención de Desastres y Protección Civil. Programa de 9 semestres de duración, dirigido a la formación de profesionales con capacidad de prever e identificar agentes de riesgos para la sociedad tanto naturales como antrópicos, que se desempeñan en instituciones gubernamentales relacionadas con prevención de desastres y protección civil, con el estudio del medio ambiente, o con dirección de obras civiles e hidráulicas. También se pueden desempeñar en empresas dedicadas a la explotación de recursos forestales, empresas mineras dedicadas a la exploración y explotación de minerales, o empresas Constructoras (presas y carreteras).

Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador

Ingeniero de Gestión del Riesgo. Programa de pregrado, que entrega el título profesional de Ingeniero de Gestión del Riesgo. Este profesional contribuye al análisis de riesgo, aplica estrategias y alternativas para la reducción del riesgo, el manejo de eventos adversos y la recuperación post desastres. Es líder competente en: gestión ante situaciones de riesgo y desastre; investigación para la gestión del riesgo, educación y promoción de una cultura de prevención de riesgos de desastres. En el ámbito laboral, este profesional tiene que enfrentar situaciones de riesgos y desastres, haciendo prevención, mitigación, preparación, respuesta y recuperación de la población y territorio ante los impactos de los eventos adversos.

Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Diploma de Postítulo “Gestión para la Reducción del Riesgo”. Programa de 16 semanas de duración, dirigido a profesionales del sector público, privado y de la sociedad civil. Introduce en el conocimiento teórico y evaluación del riesgo de desastres y en el mejoramiento de las condiciones de resiliencia y desarrollo sostenible de los territorios. Los objetivos son: comprensión del riesgo como un fenómeno integral y holístico; identificación, evaluación y análisis del riesgo de forma holística, integral, inclusiva y con enfoque de derecho; gestión del riesgo prospectiva en el contexto del desarrollo, buscando reducir los factores subyacentes del riesgo; incremento de la resiliencia social y territorial.

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

En colaboración con la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID). Diploma en Gestión, Ingeniería y Ciencias para la Resiliencia a los Desastres- CITRID. Dirigido a estudiantes de Bolivia, Guatemala, Perú, República Dominicana, Ecuador, El Salvador y Chile. Se enmarca en el programa de becas de cooperación Sur-Sur. Busca introducir a los estudiantes en el conocimiento teórico y evaluación del riesgo de desastres, así como en el mejoramiento de las condiciones de resiliencia y desarrollo sostenible de los territorios.

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Curso en Peligro de remociones en masa y avalanchas de nieve. Este curso, organizado por el Departamento de Geología, de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, tiene como objetivo entregar las herramientas para identificar, evaluar y zonificar los peligros de remoción en masa y avalanchas de nieve. Está orientado a la capacitación de profesionales Geólogos, Ingenieros Civiles (Geotécnicos, Hidráulicos o en Obras Civiles con experiencia en Geología), Ingenieros de Minas y Geógrafos Físicos.

Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política – Instituto de Geografía.

Diplomado en Reducción del Riesgo de Desastres: prevención y gestión. Diplomado que entrega herramientas para el estudio de los riesgos naturales y su articulación con instrumentos de planificación territorial, la elaboración de planes de emergencia y el proceso de reconstrucción para la ciudad resiliente. Dirigido a profesionales de variadas disciplinas. Se enfoca a la aplicación de métodos de análisis y representación espacial para distintos tipos de riesgos naturales y su aplicación en planificación territorial y la gestión del riesgo. Se identifica la relación entre los desastres y la planificación para ciudades sustentables.

Universidad del Desarrollo, Facultad de Ingeniería – Magíster en Gestión de Desastres.

Programa de carácter profesional, orientado a complementar la formación ingenieril, con un énfasis en el modelamiento de procesos dentro de las organizaciones y cuantificación del riesgo por desastres naturales. Se entrega un conocimiento amplio y actualizado en el ámbito de la gestión de desastres, identificando y analizando las relaciones entre las variables relevantes que permiten la formulación, evaluación y gestión de proyectos exitosos. Se entregan las siguientes salidas intermedias: Diplomado en Operaciones en Contextos de Desastre; Diplomado en Coordinación y Continuidad Operacional en Desastres; Diplomado en Gestión y Asistencia en Desastres; Postítulo en Gestión y Seguridad del Desastre

Ministerio de Relaciones Exteriores, AGCID, Chile

Proyecto Kizuna "Programa de Capacitación de Recursos Humanos para Latinoamérica y el Caribe en Reducción de Riesgo de Desastres". Programa desarrollado por los gobiernos de Chile y Japón, a partir de 2015, para formar a 2.000 profesionales latinoamericanos, entregando conocimientos en distintos niveles de formación. El proyecto Kizuna pone especial énfasis en la creación de una red a nivel regional en reducción de riesgos de desastres, en que Chile es un centro de perfeccionamiento de profesionales provenientes de países de Latinoamérica y el Caribe.

Actualmente participan, además de la AGCID del MINREL, las universidades de Chile, Católica de Chile, Católica de Valparaíso, y de Valparaíso, así como también las instituciones siguientes: CONAF, Bomberos, Ministerio de Obras Públicas, y ONEMI.

Los programas que se ofrecen dentro de este marco son: Magíster en Ingeniería Estructural y Geotecnia; Diploma de Postítulo en Sismología; Diplomado en Tsunamis en la Costa de América Latina y el Caribe; Summer Institute en Investigación para la Mitigación de Impacto de Terremotos y Tsunamis; Gestión en Protección contra Incendios Forestales; Evaluación rápida post-desastre de la seguridad en edificaciones; Criterios sísmicos en estructuras de puentes; Equipos comunitarios de respuesta de emergencias – experiencias de trabajo con la comunidad; Seminario y Curso Internacional "Salud mental en Gestión de Riesgos de Desastres"; Seminario 120 años de relaciones

diplomáticas Chile-Japón; Rescate Urbano I & II; Desarrollo de Planes para la Gestión de la Continuidad de Negocios Portuarios

4.4 Avances en la investigación de GRD en Ingeniería

La generación de conocimiento en el área de la GRD es fundamental para el avance y el desarrollo del área. A continuación, se muestra un ejemplo de algunos temas que están siendo investigados actualmente en las diferentes facultades de ingeniería y en CIGIDEN.

Facultades de Ingeniería en Iberoamérica

En el año 2018, se realizó en Iquique el 1^{er} Encuentro Iberoamericano de Facultades de Ingeniería en la Gestión de Desastres Naturales, INGEDEN 2018.

PREVENCIÓN	RESPUESTA	MITIGACIÓN
Desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana como Herramientas de Gestión del Riesgo: el Nuevo Sistema de Predicción y Alarma de Tsunamis (SIPAT) de CHILE. Patricio Catalán UTFSM, Chile	Logística Humanitaria: Modelos para evacuación, abastecimiento de agua potable y embotellada y aplicaciones móviles para la toma de datos. Raúl Zúñiga Director T-Logistik, UNAP, Chile	Análisis, Control y Mitigación de Riesgos en Alta Montaña en la Séptima Región, Propuestas de Desarrollo Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Juan Figueroa y Mario Guiachetti, UCM, Chile, MOP, Chile
Método de Reducción de Incertidumbre Basado en Algoritmos Evolutivos y Paralelismo Orientado a la Predicción y Prevención de Desastres Naturales. Miguel Méndez Garabetti, Universidad Atlántida, Argentina	Simulación Multi-Método de Evacuación ante Erupción Volcánica: Representación Homeostática de la Toma de Decisiones. Marcel Faverau UNAB, Chile	Mitigación del Riesgo Volcánico en el Norte de Chile: Ejemplos a partir de Investigación Multidisciplinaria. Felipe Aguilera. UCN, CIGIDEN, Chile
Modelo de Interdicción de Instalaciones Peligrosas Frente a Eventos Natech en Zonas Urbanas Densamente Pobladas. Natalia Sepúlveda, UNAB, Chile	Sigen: Simulación para la Gestión y Entrenamiento ante Situaciones de Emergencia Diego Urrutia UCN, Chile	
Desarrollo de las Redes Académicas en Chile y América Latina, infraestructuras digitales críticas para la investigación, articulación y colaboración ante desastres naturales. Paola Arellano REUNA, Chile	Descentralización en el manejo de Riesgos y desastres naturales Sr. Miguel Ángel Quezada Intendente – Región I de Tarapacá, Chile	
"El sistema PESTAL (Política, Economy, Social, Technology, Ambiental y Legal), en la educación en ingeniería: caso América Latina". Preparación Metodológica para la construcción del nuevo Plan de Desarrollo de ASIBEI 2019-2023. José Carlos Quadrado, Julio César Cañón R., ASIBEI	Horas que hacen la Diferencia: Planificación y Acción en el Abastecimiento de Elementos de Primera Necesidad ante un Desastre Natural. Lorena Bearzotti, PUCV, Chile	
Actualización Índice de Comunas Prioritarias para la Gestión del Riesgo de Desastres: un Aporte a la Toma de Decisiones. Fabiola Barrenechea, UBO, Chile	Modelo de Localización de Refugios y Bodegas, con Pre-Posicionamiento de Stock, Considerando el Comportamiento de Evacuación a Nivel de Hogar de la Población. Francisca Carrera, UNAB, Chile	
La Gestión de Desastres Naturales en Terminales Portuarios. Lorena Bearzotti, PUCV, Chile	Telecomunicaciones Frente a Catástrofes: Innovación Disruptiva al Servicio de la Comunidad. Barbarita Lara UTFSM, Chile	
Escenarios Tsunamigénicos Plausibles para la Brecha Sísmica del Sur de Perú y Norte de Chile: una Aproximación Híbrida para la Estimación de Amenaza de Tsunami. Juan González UCN, CIGIDEN, Chile	Casa FENIX - For Emergency Post_Natural Impact Extreme, una Iniciativa Académica Multidisciplinaria y Multisectorial Nina Hormazábal, UTFSM, Chile	
Unap Local Network, Una Lente para Observar bajo la Tierra desde Tarapacá. Carlos Tasara UNAP, CHILE		

Evolución Espacio-Temporal de la Deformación y Sismicidad Durante la Última Década en Chile: Implicaciones para el Riesgo Sísmico y la Mecánica de Grandes Terremotos. Marcos Moreno. UdeC, CIGIDEN, Chile		
Reducción del Riesgo de Desastres a través de la Concientización. Paola Moraga PUCV, Chile		

Tabla 6 Temas presentados en el 1^{er} Encuentro Iberoamericano de Facultades de Ingeniería en la Gestión de Desastres Naturales, INGEDEN 2018

Según se desprende del temario, los estudios que se están llevando a cabo se refieren principalmente a la prevención y la respuesta ante los desastres. No se observan estudios orientados a la reconstrucción, y los estudios orientados a la mitigación de los efectos de los desastres son más reducidos en cantidad.

Las líneas de investigación se orientan hacia áreas de planificación, logística, telecomunicaciones, redes, gestión, modelamiento, educación, entre otras. Es relevante el hecho que las facultades de ingeniería de Iberoamérica promuevan la investigación en la Gestión de Desastres Naturales, impulsando de esta manera el avance de la generación del conocimiento en este ámbito.

Ingeniería Portuaria

De 28 trabajos presentados en el VIII SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA Y OPERACIÓN PORTUARIA, SIOP 2018⁴³, se presentan a continuación los títulos de 13 trabajos que están enfocados al estudio de los riesgos en zonas portuarias.

TÍTULO	AUTOR/ES	INSTITUCIÓN/ES
Análisis y efecto de la atipicidad del evento de oleaje extremo de agosto de 2015.	Andrés Puelma, Benjamín Carrióna, Tomás Cuevasa.	PRDW Consulting Port and Coastal Engineers, Santiago, Chile
Desarrollo de un Disipador de Energía Friccional Autocentrante para Mejorar la Respuesta de una Defensa Portuaria.	Nelson Maureiraa, Mauricio Villagrana, Diego Sanzanaa, Alexis Friza, Claudio Arroyo.	Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile
Detección de Tsunamis a través del Campo Magnético Local.	Carlos Torresa, Ignacia Calisto, Dante Figueroa.	Departamento de Geofísica, Universidad de Concepción, Concepción, Chile
Aplicación de un Análisis de Identificabilidad en un Modelo de Defensa Portuaria para Disminuir la Incertidumbre en la Respuesta Dinámica de la Defensa ante Escenarios Eventuales	Mauricio Villagrana, Rolando Ramirez, Nelson Maureirasa, Nelson Enrique Muñoza.	Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile.
Propuesta de una Metodología de Análisis de Riesgo de Daños en la Maquinaria de un Puerto ante la Ocurrencia de un Tsunami por Sismo de Origen Cercano, Analizado para el Puerto de Iquique.	Carolina Segovia López, Felipe Caselli Benaventeb	Ingeniera Civil Oceánica (E) UV. b Profesor Guía
Simulación hidrodinámica de la deriva de contenedores en el puerto de Arica: aproximación estocástica de escenarios tsunamigénicos plausibles.	Gubler Otárola, Juan González, Gabriel González, Luis Zamorano	Instituto Nacional de Hidráulica, Peñaflo, Santiago, Chile, Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile, Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN CONICYT/ FONDAP/15110017), Santiago, Chile.

⁴³ SIOP Talcahuano 2018, VIII Seminario Internacional de Ingeniería y Operación Portuaria, Puertos para el Futuro, Abstracts de los Trabajos Presentados en SIOP 2018

Propuesta metodológica: Análisis de Riesgo en el terminal 2 de Puerto de Valparaíso ante el escenario de 1730, para la elaboración de Estrategias de Continuidad.	Pablo Andrés Pedraza Cabrera	Ingeniero de Proyectos, GHD, Santiago, Chile
Validación de modelo WaveWatch III en aguas someras, sector piloto Bahía de Cartagena.	Felipe Lucero, Rodrigo Cienfuegos, Leandro Suárez, Sergio Navarrete, Randy Finkea, Jessica Bonicelli, Patricio Catalán	MERIC -MarineEnergy Research & Innovation Center, Santiago, Chile. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN). Estación Costera de Investigaciones Marinas (ECIM), Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Obras Civiles, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.
Influencia del cambio climático en el diseño hipotético de una defensa costera en Avenida Perú, Viña del Mar.	Javiera Mora González, Patricio Winckler Grez	Ingeniero Civil Oceánico, Universidad de Valparaíso, Santiago, Chile, Académico, Escuela de Ingeniería Civil Oceánica, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile
Análisis y discusión del riesgo de tsunamis en las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar	Mauricio Reyes G.	Afiliación autor Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile
Ingeniería de tsunamis para aplicaciones portuarias. Algunos ejemplos.	Patricio Winckler Grez., Mauricio Reyes Gallardo, Ignacio Sepúlveda Oyarzún, Matías Alday González	Escuela de Ingeniería Civil Oceánica, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile Escuela de Ingeniería Civil Oceánica, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, United States LOPS Ifremer, Brest, Francia
Desarrollo de un Sistema de Alerta de Marejadas en la Bahía de Valparaíso	Mauricio Molina, Cristian Parra, Daniela Villalobos, Daphne Vargas, Carlos Tapia, Sebastián Correa, Francisco Pinto, Ariel González, Francisca Quijada, Daniela Manosalva	Académico Escuela de Ingeniería Civil Oceánica, Universidad de Valparaíso, Chile Ingeniero Civil. Estudiante Escuela de Ingeniería Civil Oceánica, Universidad de Valparaíso, Chile Ingeniero Civil Informático Ingeniero Civil Oceánico
Propuesta de una Escala para Categorizar el Impacto de Marejadas	Mauricio Molina, Daniela Villalobos, Daphne Vargas, Rodrigo Campos, Cristian Parra, Ariel González, Francisca Quijada	Académico Escuela de Ingeniería Civil Oceánica, Universidad de Valparaíso, Chile, Estudiante Escuela de Ingeniería Civil Oceánica, Universidad de Valparaíso, Chile Ingeniero Civil Oceánico Ingeniero Civil

Tabla 7 Temas presentados en el VIII SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA Y OPERACIÓN PORTUARIA, SIOP 2018

Como se puede observar de este listado, gran parte de los estudios están orientados a la caracterización de las amenazas y a su prevención, quedando espacio para la investigación en la respuesta, la reconstrucción y la mitigación del desastre.

Centros de Estudios

CIGIDEN

El Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres, CIGIDEN, integrado por la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad Andrés Bello, la Universidad Técnica

Federico Santa María y la Universidad Católica del Norte, cuyo propósito es generar conocimiento para evitar que los eventos extremos de la naturaleza se transformen en desastres.

El equipo multidisciplinario e integrado del Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres, CIGIDEN, está compuesto por investigadores y profesionales de diversas áreas disciplinarias, como ciencias de la tierra, ingenierías, ciencias sociales, geografía, economía, diseño, arquitectura, urbanismo y comunicaciones, que desarrollan las siguientes líneas de investigación:

- Amenazas por procesos de aguas superficiales.
- Amenazas por procesos de tierra sólida.
- Riesgo y resiliencia en sistemas complejos y redes.
- Cultura del desastre y gobernanza del riesgo.
- Tecnologías emergentes y comunicación para la reducción del riesgo de desastres.
- Evaluación socioeconómica para la mitigación del riesgo de infraestructura crítica.

A la fecha CIGIDEN cuenta con 24 investigadores, desarrollando 13 proyectos, y ha generado un total de 121 publicaciones, siendo referentes en el área de desastres a nivel nacional e internacional.

CITRID

El Programa de Reducción de Riesgos y Desastres, CITRID, de la Universidad de Chile, creado en 2016, promueve la docencia, formación, coordinación, integración, fomento, desarrollo y divulgación de los saberes y prácticas para la reducción de los riesgos socio-naturales, con un enfoque integrador, holístico, transversal, en temas de la reducción de los riesgos socio-naturales en sus distintas fases: caracterización de amenazas, prevención, mitigación, respuesta, recuperación y reconstrucción.

El objetivo de CITRID es generar I+D+i para aportar a la generación de políticas públicas de Estado, que aporten inteligencia al sistema en todas sus fases y respecto a distintos tipos de amenazas.

Las líneas de investigación actuales son:

- Teoría del Riesgo.
- Resiliencia.
- Evaluación del Riesgo.
- Gobernanza.

A la fecha se ha generado un total de 11 publicaciones, producto de las investigaciones realizadas.

4.5 Tecnologías para la GRD

La tecnología constituye un factor de gran relevancia en la GRD, para el conocimiento, predicción y pronóstico de amenazas. Hay tecnologías convencionales - radio, televisión, y telefonía fija-, y no convencionales - satélites, radiocomunicaciones, Internet, telefonía móvil, fibra óptica, sistemas de posicionamiento global (GPS), correo electrónico, sistemas de información geográfica (SIG), y aplicaciones de informática y telemática-, todas ellas de alta relevancia en la GRD.

Tecnologías tales como GPS, satelital, y de sistemas de información geográfica, son fundamentales para la GRD en todas sus etapas, incluyendo el estudio y monitoreo de amenazas. Con estas tecnologías se puede, por ejemplo, modelar la elevación del terreno y realizar el recuento de amenazas y de elementos vulnerables de un territorio, lo que permite realizar mapas de

vulnerabilidad y de riesgo. También se usan tecnologías tales como la instalación de sensores remotos para vigilar volcanes.

Utilización de Tecnologías en Sistemas de Información para la GRD

La información en situaciones de riesgos de desastres debe ser “oportuna, estar disponible, ser precisa en contenido, clara, y tener pertinencia cultural” es decir, respetando los grupos de personas que están siendo informadas.

Se emplean tecnologías convencionales y no convencionales para alertar oportunamente a la población con información de sus vulnerabilidades, preparándola para enfrentar eventos amenazantes y reducir sus vulnerabilidades.

La transmisión de información oportuna, ayuda a una adecuada respuesta de la población ante un evento que implica riesgo de desastre. Las transmisiones satelitales y las que se llevan a cabo por medio de fibra óptica, como la telefonía móvil, están siendo aplicadas en los sistemas de alerta. Las TIC impiden que un desastre sea mayor al alertar en forma muy rápida a otras comunidades, e inclusive países, que podrían ser impactados por amenazas en marcha como los tsunamis y los huracanes.

Hay que considerar, sin embargo, que las tecnologías muestran algunas debilidades en el ámbito de la GRD, como, por ejemplo, interrupciones en las telecomunicaciones a causa de los mismos eventos, lo que puede aumentar la vulnerabilidad de la población afectada. Por ello se destaca la relevancia del sistema creado por Barbarita Lara⁴⁴, Ingeniera informática de la UTFSM, quien ha sido galardonada incluso por el MIT, que la incluyó entre los innovadores menores de 35 años a nivel mundial. Barbarita Lara desarrolló el sistema de Información de Emergencia (SIE), que utiliza la infraestructura existente de radio FM, para, mediante un algoritmo de alta frecuencia que codifica la información sobre audio, distribuir la alerta sobre las ondas de radio, generando un puente entre el mundo analógico y digital.

Es necesario observar que el hecho de disponer de las tecnologías más avanzadas, no asegura por sí mismo el mejor manejo de los desastres. Es fundamental que quienes deben implementar las medidas, lo realicen correcta y oportunamente. No habrá TICs desarrolladas que tengan sentido si no se emplean de la manera más adecuada y objetiva.

Además, el acceso a las TICs debe ser universal, para contribuir directamente con la Gestión de Riesgo de Desastres. Se debe contar con una expansión y democratización del acceso a ellas en todos los rincones del país, lo que debe ser impulsado fundamentalmente por el Estado⁴⁵.

Utilización de “big data” en la GRD

La aplicación del procesamiento de datos masivos, *big data*, a la gestión de los desastres naturales se encuentra actualmente en desarrollo a nivel de investigación, aunque ya se ha implementado en diferentes situaciones de crisis⁴⁶.

La disponibilidad y el procesamiento adecuado de datos es un potente medio para la GRD. Un ejemplo de recopilación de información masiva, es la información satelital. Al relacionar dicha

⁴⁴ <https://www.emol.com/noticias/Tecnologia/2018/06/27/911368/Barbarita-Lara-la-primera-chilena-reconocida-por-el-MIT-entre-los-innovadores-menores-de-35-anos-a-nivel-mundial.html>

⁴⁵ Hacia la Sociedad de la Información y el Conocimiento, 2012, Las TIC y la Gestión del Riesgo a Desastres, Capítulo 8, Mario Fernández Arce, Alfredo Chavarría Córdova

⁴⁶ Pedro J. Zufiria, Miguel Luengo-Oroz, David Pastor, Luis Úbeda, profesores e investigadores de la UP, weblog de la Universidad Politécnica de Madrid, 11 OCTUBRE, 2017 <https://www.upm.es/e-politecnica/?p=8946>

información con datos de riesgos de inundaciones, o de deslizamientos de terreno, permite la prevención de posibles desastres naturales, o bien una mejor preparación, generando sistemas de alerta temprana. Información de este tipo también apoya una mejor respuesta, si se utiliza para optimizar la distribución de recursos mediante detección de zonas afectadas y de necesidades de la población y difundir la información. Por último, el cruce de este tipo de datos, con indicadores sociales, apoya la recuperación y mitigación del desastre. Una de las primeras aplicaciones del uso de *big data*, se realizó en el terremoto de Haití, en que se usó la información proveniente del uso de los teléfonos móviles. Se estimó la movilidad de la población, lo que permitió orientar de mejor manera el despliegue humanitario.

Actualmente hay grandes proyectos en marcha cuyo objetivo es la reducción del impacto de los desastres naturales, utilizando la gran cantidad de datos provenientes de imágenes satelitales en conjunto con gran cantidad de datos procedentes de otras fuentes, desde registros y estadísticas oficiales hasta las fotos y comentarios que los ciudadanos intercambian en redes sociales y foros abiertos⁴⁷. Las imágenes satelitales permiten recoger de forma rápida y con gran detalle un amplio rango de parámetros como la distribución y densidad de la población, el tipo de edificaciones e infraestructuras que existen, los recursos disponibles, el tipo de vegetación, la elevación y grado de inclinación del terreno, etc. Cruzando series históricas de imágenes satelitales, con datos recogidos *in situ*, se puede conocer, por ejemplo, qué zonas pueden verse afectadas por una inundación, en qué poblaciones e infraestructuras tendrá mayor impacto, qué áreas pueden sufrir deslizamientos del terreno, qué vías de evacuación se podrán utilizar, etc. El grado de inteligencia que se puede recoger es enorme y la introducción de nuevas tecnologías como el *big data* o el *data analytics* facilita aún más esta tarea.

Uno de los proyectos es liderado por la Agencia Espacial Europea (ESA). Se aprovecha la información obtenida desde el espacio, para reducir el impacto que provocan los grandes desastres naturales. Otro proyecto es liderado por la empresa española Indra⁴⁸, dedicada a promover el aprovechamiento de los datos para la reconstrucción y para efectuar estudios para la reducción de daños, por parte de bancos de desarrollo como el Banco Mundial.

En Chile, el país estará conectado por una red de fibra de alta velocidad, que la Red Universitaria Nacional (REUNA) está implementando a lo largo de todo el país, conectándose a través del océano Atlántico con Europa. Por otra parte, la Universidad de Chile ha presentado un plan de lanzamiento de nueve nanosatélites, que se suman al que está en órbita hace ya un año. Con esto se almacenarán y procesarán datos geoespaciales que, agregados a datos provenientes de otras fuentes y programas, generarán un gran repositorio de información.

⁴⁷ Big data e imágenes satelitales para reducir el impacto de desastres naturales, <https://www.esmartcity.es/2018/07/06/big-data-imagenes-satelitales-reducir-impacto-desastres-naturales>

⁴⁸ <https://www.europapress.es/economia/noticia-indra-trabaja-reducir-danos-causados-desastres-naturales-20181104110440.html>

5. CONCLUSIONES

Gestión de riesgos de desastres

Las amenazas naturales tales como terremotos, erupciones volcánicas, remociones en masa, entre otras, se pueden clasificar en función del territorio que abarcan y deben ser incorporadas como una de las variables relevantes en el proceso de planificación territorial.

El tratamiento de los desastres naturales depende, en gran medida, de las extensiones comprometidas, pasando de una acción limitada a un nivel local, hasta una acción que involucre varias regiones. En todos los casos, la prevención y la atención de los desastres debe ser tratada a nivel descentralizado para que sea operativa. En cambio, el apoyo técnico, las políticas, las estrategias, el apoyo financiero, entre otros, deben obedecer a definiciones centrales.

Para evitar o disminuir el riesgo de desastres, hay que generar acciones que apunten hacia la amenaza y otras que apunten hacia la vulnerabilidad de la población expuesta.

La exposición a las amenazas puede disminuirse realizando acciones como: desarrollar Mapas de Riesgo y utilizarlos en la formulación de los planos reguladores de las ciudades; establecer zonificaciones en base a la exposición a las amenazas; aumentar la retención e infiltración en las cuencas; ampliar la capacidad de porteo de las canalizaciones; reglamentar el uso y ocupación del suelo en las áreas inundables y en los cauces; establecer zonas de inundación; diseñar diques de protección y sistemas locales de infiltración o mejorar los sistemas de drenaje urbanos.

La ingeniería tiene una gran injerencia en la disminución de la vulnerabilidad ante amenazas, realizando acciones tales como: evitar asentar personas en zonas con amenazas probables o frecuentes; desarrollar normativas adecuadas y fiscalizar su cumplimiento; estudiar y redefinir, si es necesario, los periodos de retorno de los eventos para el diseño de infraestructura; analizar las condiciones de vulnerabilidad de la infraestructura existente ante las nuevas condiciones de ocurrencia de amenazas que se visualizan.

La gestión de riesgos de desastre debe aportar en mantener (sostenibilidad) la continuidad operacional (ciudades, pueblos, empresas industrias, instituciones), minimizando el riesgo de las personas y la infraestructura.

Cambio climático y desastres naturales

Los resultados presentados en el análisis de los efectos del cambio climático en Chile, indican con claridad que, cualquiera sea el modelo que se utilice, las condiciones consideradas en la definición de las normas de diseño actualmente existentes, van a experimentar variaciones considerables. Ello lleva a la necesidad de analizar la pertinencia de re-evaluar determinados criterios de diseño, como, por ejemplo, en normas de sobrecarga de nieve, en normas de cargas de viento, en el cálculo de sistemas de evacuación de aguas lluvias, en las características de oleajes a para el diseño de puertos y vías costeras, en las nuevas condiciones de los cursos de agua para diseño de puentes, diseño de badenes, diseño de obras de arte, entre otros.

La ingeniería ha de estar alerta a responder con celeridad a estos cambios, pero también debe estar preparada para implementar modificaciones en la infraestructura existente ante el aumento o la disminución de las nuevas solicitudes esperadas. Además, la normativa debe tener los

mecanismos para promover y facilitar la adaptación que sea necesaria desde el punto de vista de la ingeniería.

Desastres naturales en el mundo

Las pérdidas económicas causadas por las catástrofes naturales y por los desastres ocasionados por el hombre han ido aumentando significativamente en el mundo, en los últimos años. Entre éstas se encuentran: sismos, inundaciones y deslaves, sequías, huracanes, olas de calor y frío e incendios forestales, que han causado un gran número de muertes y han dejado damnificados a un importante número de personas. Los mayores gastos corresponden a los producidos por fenómenos meteorológicos, los que por el cambio climático irán aumentando aún más, y por efectos geofísicos. Estos últimos pueden llegar a significar gastos muy grandes en tan solo un año.

Desastres naturales en Chile

Chile está expuesto periódicamente a diferentes fenómenos naturales que tienen distintos impactos en la población y en la economía. Estos ocurren en las diferentes regiones del país y son provocados por diferentes causas, como terremotos, aluviones, tsunamis, incendios forestales, marejadas, erupciones volcánicas. Los fenómenos que han tenido el mayor impacto a lo largo de la historia de Chile han sido los terremotos y los tsunamis que se originan a continuación. Sin embargo, del análisis de los efectos del cambio climático, y en base a las estadísticas de los últimos años, se detecta que la situación de los desastres naturales causados por eventos climáticos será cada vez de mayor impacto en el corto y en el mediano plazo. Es relevante tener un país que esté preparado para enfrentar los nuevos posibles escenarios, para afrontar la emergencia, pero en especial para prevenir y mitigar eventos catastróficos. Para ello la Ingeniería debe absolutamente estar presente, modelando científicamente el futuro y planteando soluciones preventivas adecuadas y en los tiempos oportunos.

En un desastre natural se pueden distinguir efectos directos sobre la población y sobre la economía del país. Existen, por una parte, personas que fallecen a consecuencia de estos eventos y otras que se ven afectadas de diferente forma, ya sea debido a que quedan lesionadas o resultan damnificadas. Los desastres naturales generan, además, daños sobre bienes muebles e inmuebles que pueden ser valorizados. La OCDE estima que la pérdida por desastres en Chile entre los años 1980-2011 fue cercana al 1,26% del PIB nacional, correspondiente al valor más alto entre los países del G20.

Asimismo, los desastres naturales tienen efectos indirectos sobre la productividad del país, al quedar inhabilitadas las obras de infraestructura, al afectar el medio ambiente.

Finalmente, parte importante del proceso de reconstrucción debe ser financiado por el Estado, para lo cual es necesario efectuar: reasignaciones del presupuesto nacional, aumentar la recaudación, los Fondos de la Ley Reservada del Cobre, vender activos prescindibles, emitir deuda o utilizar el Fondo de Estabilización Económica y Social (FEES).

Gestión de riesgos de desastres (GRD) en Chile

Hasta el momento, la GRD que se ha efectuado en Chile ha sido un tipo más cercano a una Gestión Reactiva, con algunos elementos de Gestión Correctiva. La visión más actual, hacia donde el país está avanzando, es la de una Gestión Prospectiva, considerando elementos tales como:

- Incorporación de instrumentos de planificación territorial tales como mapas de riesgo, con identificación de zonas de amenazas o de riesgo.

- Nueva Institucionalidad en GRD para transformar comunidades vulnerables en comunidades resilientes, para lo cual hay que considerar reducción del riesgo de desastre, desarrollo sustentable y cambio climático.
- Empoderamiento de los gobiernos locales.
- Fortalecimiento y creación de políticas de reconstrucción, con foco en la disminución o eliminación de la vulnerabilidad existente antes del desastre.

Proyecto de ley

En el año 2011 se presentó al Parlamento el proyecto de ley que permite desarrollar una institucionalidad para la prevención, la planificación y la reacción ante los desastres naturales. A la fecha, sin embargo, este no se ha transformado en ley, manteniéndose en el Parlamento en las comisiones, tanto del Senado como en la Cámara de Diputados. Se necesita con urgencia una decisión política de la autoridad para para acelerar el trámite de este proyecto de ley, el que, una vez aprobado, debería asignar los recursos que se requieren para su implementación. De no contar con esta ley, el país corre riesgos al no estar suficientemente preparado, no pudiendo avanzar hacia los niveles adecuados de resiliencia ante desastres naturales que el país necesita tener.

Manejo de Desastres Basado en la Gestión Regional

En el año 2017, la Fundación “Chile Descentralizado... Desarrollado”, presentó una propuesta que propone el manejo de desastres basado en la gestión regional, aduciendo que los desastres son sociales y se producen por problemas de gestión frente a los fenómenos naturales, requiriéndose una mirada de orden más social y modelos de gestión de emergencia y que el conocimiento local es esencial para una adecuada gestión social y que existe una relación compleja entre las autoridades nacionales y locales debido al centralismo del país.

Institucionalidad de I+D+i para la Resiliencia ante Desastres Naturales

En enero de 2016 se constituyó la Comisión para la Resiliencia ante Desastres Naturales (CREDEN), impulsada por el Consejo Nacional de Innovación para el Desarrollo (CNID). Su misión consistió en proponer una estrategia de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) para transformar a Chile en líder mundial en su resiliencia ante los desastres naturales. Uno de los resultados de esta comisión, fue la detección de la necesidad de crear una institucionalidad en I+D+i en resiliencia, creándose en 2018, el Instituto de Resiliencia ante Desastres de Origen Natural, ITRenD que plantea entre sus metas, que Chile llegue a ser un ejemplo de la “...creación de soluciones originales a través de una nueva industria de la resiliencia, quintuplicar la cantidad de investigadores en esta materia y hasta crear un *endowment* nacional con el ahorro que generaría invertir en prevención (2,3 pesos usados en reconstrucción se ahorran por cada peso invertido en prevención) ...”.

Centros de Estudios

En el país existen Centros de Estudios en GRD, que aportan activamente a la I+D+i, generando conocimiento relevante, los que se detallan a continuación:

CIGIDEN, Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres, que desarrolla las siguientes líneas de investigación:

- Amenazas por procesos de aguas superficiales.
- Amenazas por procesos de tierra sólida.
- Riesgo y resiliencia en sistemas complejos y redes.

- Cultura del desastre y gobernanza del riesgo.
- Tecnologías emergentes y comunicación para la reducción del riesgo de desastres.
- Evaluación socioeconómica para la mitigación del riesgo de infraestructura crítica.

CITRID, Programa de Reducción de Riesgos y Desastres, que desarrolla las siguientes líneas de investigación:

- Teoría del Riesgo.
- Resiliencia.
- Evaluación del Riesgo.
- Gobernanza.

Los resultados de estas investigaciones tienen como objetivo principal, aportar al diseño de políticas públicas, para avanzar en la GRD que el país requiere.

Siendo de la mayor importancia la existencia de estos organismos de estudio, se debe también optimizar los recursos, evitando la posibilidad de duplicación de los trabajos que se realicen. Se sugiere que la asignación de los fondos públicos considere esta situación, priorizando la definición de áreas de competencia diferenciadas en cada organismo, y constituyendo instancias de coordinación y discusión entre estos.

Marco de Sendai 2015-2030 y Plataforma Regional de GRD

En el año 2015, Chile adhirió al Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD). Este busca prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres y reducir los existentes y a su vez, que se prevengan y reduzca la exposición a las amenazas y vulnerabilidad a los desastres, se aumente la preparación para la respuesta y la recuperación, y de ese modo reforzar el desarrollo de comunidades y territorios más resilientes.

En el año 2015, Chile asume el desafío de avanzar en dos ejes:

Desarrollar una Plataforma Nacional para la Reducción de Riesgo de Desastres (PNRRD).

Elaborar una Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD) con 4 ejes prioritarios: Comprensión del riesgo de desastres, Reforzar la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar el riesgo de desastres, Invertir en la reducción del riesgo de desastres para lograr resiliencia, reforzar la preparación de desastres para una respuesta eficaz, y mejorar la recuperación, rehabilitación y reconstrucción.

Además, ONEMI:

- En el año 2015, publicó su Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y presentó un grupo de acciones estratégicas necesarias, orientadas a preparar los presupuestos y luego la factibilidad de financiamiento para las labores que se plantean.
- El año 2016 se constituyó formalmente la Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, como organismo asesor de ONEMI, iniciando sus labores con los Objetivos Estratégicos trazados.

Estándares de Diseño y Mantenimiento

Gran parte de las acciones a tomar para disminuir la vulnerabilidad, está directamente asociada con decisiones en que interviene la ingeniería, teniendo ésta un papel preponderante en la reducción de los desastres naturales. Por otra parte, todo proyecto de inversión genera impactos en el medio ambiente, al modificar el equilibrio natural existente antes de su ejecución. Por ello se debe tener

en consideración el impacto que un proyecto de inversión genera en el riesgo de desastres, elaborando diseños y generando innovaciones que permitan avanzar en la prevención ante la amenaza de los eventos futuros.

Contribuciones de la Ingeniería en la Gestión del Riesgo de Desastre

La ingeniería civil cumple un rol muy importante en las diferentes fases de la gestión del riesgo de desastres: prevención, mitigación, respuesta y reconstrucción.

En la fase de prevención de desastres, los ingenieros son responsables de diseñar y construir obras de infraestructura con altos niveles de seguridad, verificando que se cumpla la normativa vigente y las especificaciones de construcción y control de calidad. Además, deben realizar revisiones periódicas de la vulnerabilidad de las estructuras, en especial de las edificaciones críticas, determinar los sistemas de reparación y refuerzo que las edificaciones y estructuras requieren para evitar colapsos ante eventos de desastre, diseñar, operar y monitorear redes y sistemas de alerta temprana y de comunicación efectiva, diseñar y construir sistemas robustos de comunicaciones, y de producción, transporte y distribución de electricidad, combustibles y agua potable, desarrollar estándares de construcción que permitan asegurar y mantener en operación los servicios esenciales en puntos críticos y preparar propuestas de modelos y planes de mitigación y de prevención de daños, diseñar sistemas redundantes: redes viales, sistemas de comunicación, de transporte, sistemas eléctricos.

En la fase de respuesta al desastre, los ingenieros asumen un rol de inspectores de daños estructurales, tomando decisiones para evitar mayores daños y colaborando al restablecimiento de los servicios primarios y eventualmente dando autorización para la continuidad de la operación de obras civiles especiales, como helipuertos, pistas de aeropuerto, túneles de carreteras y puentes, hospitales, dando instrucciones de remoción y prevención durante los rescates, elaborando planes de acciones logísticas para optimizar el direccionamiento de la ayuda, posterior al desastre.

En la fase de reconstrucción, los ingenieros están llamados a elaborar planes de continuidad de negocios para la recuperación rápida de las economías locales, abocarse a la reconstrucción de viviendas e infraestructura en general, establecer protocolos para el manejo de la situación post-desastre, generar planes de adaptación como, por ejemplo, reubicación de población en zonas de menor amenaza.

Formación de Ingenieros en Reducción de Vulnerabilidad

Actualmente varios países de América Latina ofrecen programas de pregrado, de perfeccionamiento y de postítulo, dirigidos a Ingenieros. En Chile, si bien se observa la existencia de una oferta de programas de formación en el ámbito de la gestión de riesgos de desastres, en general son dirigidos a profesionales de diferentes especialidades, y no están enfocados estrictamente a la formación especializada de Ingenieros Civiles.

Es importante reforzar la necesidad de formar, desde el pregrado, a los Ingenieros Civiles en la GRD. Ello, porque sus decisiones pueden impactar de manera relevante en diferentes situaciones de riesgo de desastres, en la prevención, respuesta y reconstrucción post-desastre. Los perfiles de egreso de los Ingenieros Civiles de las diferentes especialidades, debieran considerar la GRD como competencias transversales, las que se pueden lograr por medio de objetivos transversales definidos a lo largo de las carreras. Los Ingenieros Civiles deben tener una formación en GRD para enfocar los proyectos de desarrollo con una visión que considere siempre el impacto de los desastres naturales sobre el proyecto, así como el impacto del proyecto sobre la vulnerabilidad ante un desastre natural de la población.

Se requiere además, reforzar la creación de una mentalidad de cumplimiento de las normas, desde el enfoque de la GRD y no solamente desde su cumplimiento por motivos formales de responsabilidad profesional.

Avances en la investigación de GRD en Ingeniería

La investigación en GRD ha ido tomando cada vez mayor importancia en el área de la Ingeniería. Ello ha sido impulsado además con la asignación de fondos concursables para la investigación en el área de riesgos. De la revisión de las investigaciones que se están desarrollando en el país, se observa que la mayor parte de los estudios se relacionan principalmente con la caracterización de las amenazas, su prevención, y la respuesta ante los desastres. No se observan estudios orientados a la reconstrucción, y los estudios orientados a la mitigación de los efectos de los desastres son, en cantidad, bastante reducidos. Por otra parte, las líneas de investigación se orientan hacia áreas de planificación, logística, telecomunicaciones, redes, gestión, modelamiento y educación, entre otras.

Se debe aumentar la investigación en ámbitos de la respuesta, la reconstrucción y la mitigación del desastre.

En todo caso es importante relevar el hecho de que en las facultades de ingeniería de Iberoamérica se esté desarrollando investigación en la Gestión de Desastres Naturales, promoviendo así el avance de la generación del conocimiento en este ámbito.

Tecnologías para la GRD

Existe una necesidad urgente de contar con profesionales expertos en manejo de grandes volúmenes de información y en desarrollo de modelos predictivos, para su aprovechamiento en las políticas públicas. Estos profesionales deberían estar siendo formados en estas especialidades. Los Ingenieros Civiles, por su formación científica, tienen probablemente mayores competencias para abordar estos desafíos, por lo que sería de gran relevancia para el país ofrecer especializaciones en estas áreas.

Es fundamental que los encargados de implementar las medidas de información y manejo de desastres por medio de las TICs, lo realicen correcta y oportunamente. El desarrollo tecnológico debe ir de la mano de una alta preparación profesional de las personas que emplean las tecnologías existentes y emergentes.

El acceso a las TICs debe ser universal para contribuir directamente con la Gestión de Riesgo de Desastres. Por ello se debe contar con una expansión y democratización del acceso a ellas, en todos los rincones del país, lo que debe ser impulsado fundamentalmente por el Estado.

6. PROPUESTAS

A Autoridades del Gobierno

Propuesta 1 (requiere LEY)

Institucionalidad – Ley que establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y sustituye la Oficina Nacional de Emergencia.

Esta Comisión considera que el Proyecto de Ley que establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y sustituye la Oficina Nacional de Emergencia se encuentra en una etapa de madurez y análisis avanzada. Si bien se requiere aún seguir con su discusión, ello debiera efectuarse con mayor celeridad, a fin de constituirse en ley lo antes posible.

De esta forma, se entregaría al país una institucionalidad en esta materia, necesaria en la sociedad, en su actual etapa de desarrollo.

Se necesita con urgencia una decisión política de la Autoridad para acelerar el trámite de este proyecto, el que, una vez aprobado, debería asignar los recursos que se requieren para su implementación. De no contar con esta ley, el país corre riesgos al no estar suficientemente preparado, no pudiendo avanzar hacia los niveles adecuados de resiliencia ante desastres naturales que el país necesita tener.

Propuesta 2

Estrategia de la Gestión de Riesgos de Desastres, GRD

Se propone que en la Estrategia de la GRD se considere lo siguiente:

- La prevención y la atención de los desastres deben ser tratadas a nivel descentralizado para que sean operativas.
- El apoyo técnico, las políticas, las estrategias, el apoyo financiero, entre otros, deben obedecer a definiciones centrales.
- El diseño e implementación de programas globales de inversión, orientados a la prevención y mitigación del riesgo de desastres.

Propuesta 3

Inversión en Seguros para Infraestructura Pública

En la inversión pública no se aprecia la contratación de seguros, lo que implica largos períodos con obras que no vuelven a la operación normal tras un desastre de importancia.

Se propone instalar la discusión entre las autoridades y la sociedad civil, respecto de la decisión de incluir o no, en el presupuesto nacional, seguros para las instalaciones públicas, considerando que las posibles fallas de la infraestructura pública ante un desastre, pueden afectar la calidad de vida de gran cantidad de personas. Discusiones de esta índole, deben estar sustentadas en la obligación de desarrollar al máximo las medidas preventivas necesarias para reducir el riesgo de desastres. Para esto es fundamental contar, por ejemplo, con mapas de riesgos, con claridad en decisiones tales como: cuál es el nivel de riesgos que el país está dispuesto a aceptar para su desarrollo.

También será necesario abrir la discusión hacia la necesidad de generar obligatoriedad de contar con seguros en viviendas individuales, ante algún tipo de desastre natural.

Propuesta 4

Consistencia de la Reglamentación Existente

Ante la detección de algunos niveles de inconsistencia en diversas normativas de los organismos públicos responsables de aprobar proyectos de desarrollo, se propone efectuar una revisión de la coherencia y consistencia de las diversas reglamentaciones y normas, para evitar interpretaciones diferentes de la legislación.

A Instituciones de Ingeniería

Propuesta 5

Acciones para la disminución de la exposición a las amenazas

Se proponen las siguientes acciones:

- Estudiar y redefinir, si corresponde, los periodos de retorno de los eventos para el diseño de infraestructura.
- Analizar las condiciones de vulnerabilidad de la infraestructura existente, ante futuros eventos esperables.
- Establecer zonificaciones en función de la exposición a las amenazas.
- Desarrollar mapas de riesgos, actualizados tras cada desastre (mapas de riesgo dinámico).
- Utilizar los mapas de riesgos en la formulación de los planos reguladores de las ciudades.
- Aumentar la retención e infiltración en las cuencas.
- Ampliar la capacidad de porteo de las canalizaciones.
- Reglamentar el uso y ocupación del suelo en áreas inundables.
- Establecer zonas de inundación en los cauces.
- Diseñar diques de protección y sistemas locales de infiltración o mejora de los sistemas de drenaje urbanos.
- Desarrollar normativas adecuadas y fiscalizar su cumplimiento.
- Constituir una institucionalidad transversal que involucre a varios Ministerios, generando una obligación de actuar mediante la prevención, con miras a la mantención de la infraestructura (de transporte, hidráulica, urbana, edificios públicos, entre otros).

Propuesta 6

Diseño de Ingeniería

Estándares de diseño y estudios

En general se aprecia la existencia de estructuras que fueron construidas bajo estándares de diseño antiguos, no acordes con las condiciones actuales y futuras como, por ejemplo, de estructuras que cumplieron su vida útil, o que fueron dañadas por eventos anteriores.

Se propone:

- establecer la obligación de evaluar la vulnerabilidad de estructuras patrimoniales y críticas, de los servicios de agua, electricidad, gas, entre otros.

- generar planes de restauración o reforzamiento de este tipo de estructuras.
- establecer la obligación de realizar estudios después de un desastre provocado por la naturaleza, y desplegar las acciones necesarias para que no se repitan los daños o se aminoren a futuro, reconstruyendo en condiciones superiores a las originales.

Ante el avance de la urbanización en zonas de riesgo, como zonas inundables, zonas en pendiente, etc., se propone:

- efectuar estudios adecuados del efecto de la urbanización en los cauces naturales, de los cambios de pendientes que se realizan en los terrenos, y de la capacidad de caminos y calles como vías de evacuación en caso de incendios, inundaciones o derrumbes.
- evaluar el comportamiento futuro del terreno ante la construcción de viviendas, industrias o comercio en pendientes o cerros.
- definir límites a la construcción, relacionados con estas variables.

Ante los efectos que implica el cambio climático en las condiciones actuales y futuras, se propone:

- analizar la pertinencia de re-evaluar determinados criterios de diseño existentes en las normativas actuales, como, por ejemplo, en normas de sobrecarga de nieve, en normas de cargas de viento, en el cálculo de sistemas de evacuación de aguas lluvias, en las características de oleajes para el diseño de puertos y vías costeras, en las nuevas condiciones de los cursos de agua para diseño de puentes, diseño de badenes, diseño de obras de arte, entre otros.
- implementar modificaciones en la infraestructura existente ante las nuevas solicitudes esperadas.

Responsabilidad en el diseño

Ante la responsabilidad del Ingeniero Civil y su comportamiento ético, se indica que el cumplimiento de las normas no sea solamente por un tema formal -para evadir responsabilidades-, sino que considere la incorporación de toda información adicional proveniente de distintas áreas, para mejorar el diseño, construcción y gestión de proyectos, con el objeto de diseñar instalaciones que soporten las distintas contingencias que pueden afectar un proyecto durante su ciclo de vida.

Resiliencia en los sistemas de energía

Se plantea mejorar la resiliencia y reducir la probabilidad de daño en los sistemas de generación, transmisión y distribución de energía. Para ello, la instalación de una organización bien estructurada de las empresas de electricidad, para abordar las emergencias con respuestas estandarizadas, pasa a ser una decisión relevante.

Los sistemas eléctricos deben tener flexibilidad y holguras de capacidad para responder ante emergencias, operación automática ante fallas, redundancia en puntos críticos, y organización, recursos humanos capacitados, y materiales adecuados para atender eventos sorpresivos en forma oportuna y adecuada.

Propuesta 7

Incorporación del enfoque de la Gestión de Riesgos de Desastres, GRD, para la búsqueda de innovaciones y mejoras

La permanente incorporación del enfoque de la GRD en la actividad cotidiana del ingeniero, puede llevar a la introducción de pequeñas mejoras que impactan a veces de manera relevante en el comportamiento de los sistemas ante eventos de riesgo. Se propone inculcar el concepto y la importancia de la GRD a todos los profesionales de la ingeniería, de tal forma que en su actividad normal busquen generar mejoras tendientes a prevenir o mitigar los riesgos de desastre.

A Facultades de Ingeniería

Propuesta 8

Formación de Ingenieros Civiles en la reducción de la vulnerabilidad

Se debe reforzar la necesidad de impactar, desde la formación del pregrado, en la formación de los Ingenieros Civiles, en la GRD. Se propone que los perfiles de egreso de los Ingenieros Civiles de las diferentes especialidades, consideren el ámbito de la GRD como competencias transversales. Se requiere además reforzar la creación de una mentalidad de cumplimiento de las normas, desde el enfoque de la GRD y no solamente desde su cumplimiento por motivos formales de responsabilidad profesional. Lo anterior, reforzando en la formación la capacidad de una visión prospectiva, es decir, la capacidad de plantear la GRD en una visión de futuro considerando el de cambio de escenario, en 10 o 20 años, que involucra cambios de la población, de la tecnología, del clima, etc.

Propuesta 9

Investigación de GRD en Ingeniería

Se propone fortalecer la investigación de la GRD en Ingeniería, ampliando las áreas de estudio, que hoy se encuentran dirigidas principalmente hacia la prevención y hacia la respuesta (en menor grado), hacia la reconstrucción y la mitigación de los efectos de los desastres.

Propuesta 10

Tecnologías para la Gestión de Riesgos de Desastres, GRD

Se propone:

- formar profesionales expertos en manejo de grandes volúmenes de información y en desarrollo de modelos predictivos. En particular, aprovechar las competencias de los Ingenieros Civiles, para desarrollar especializaciones en estas áreas.
- desarrollar una alta preparación profesional en quienes emplean las tecnologías existentes y emergentes, para implementar correcta y oportunamente las medidas de información y manejo de desastres a través de las TIC's.
- fomentar el acceso a las TIC's universal para contribuir directamente con la GRD, con una expansión del acceso a las TIC's en todo el país.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- AFP, 20 de diciembre 2017, 12:05 p.m.
- 2.- Campos, J. (23 de enero de 2018). Panel Gobernanza Regional. Charla Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- 3.- Cienfuegos Rodrigo, Director del Centro de Excelencia Fondap, Cigiden, académico de la Escuela de Ingeniería UC, “Sobre la mitigación del riesgo de desastres”, El Mercurio, 28 febrero 2019
- 4.- DESCENTRALIZACIÓN 2.0 Construyendo la gobernanza regional que Chile necesita: un desafío país. Ediciones Universidad de La Frontera. 2017
- 5.- Ferrando, F., 2009. En torno a los desastres “naturales”: tipología, conceptos y reflexiones. Revista INVI, 18(47)
- 6.- Fernández Arce Mario, Chavarría Córdova Alfredo, “Hacia la Sociedad de la Información y el Conocimiento”, 2012, Las TIC y la Gestión del Riesgo a Desastres, Capítulo 8
- 7.- IDOM. Consultoría sobre dimensionamiento del mercado de desastres naturales: Impacto y tamaño en Chile y el mundo. Versión 2.0 - 31 de marzo de 2017.
- 8.- Indicación N° 373-366, Retira y formula indicaciones al Proyecto de ley que establece el Sistema Nacional de Emergencia y Protección Civil y crea la Agencia Nacional de Protección Civil (boletín N° 7550-06), 14 de enero 2019
- 9.- <http://blog.meteochile.gob.cl/2018/02/22/el-origen-de-las-marejadas-en-chile/>
- 10.- <http://web2.ucsc.cl/~avillalobos/otras/introconcepcion.pdf>
- 11.- <http://www.cambioclimaticochile.cl/que-tan-crudo-sera-el-proximo-invierno-en-chile/>
- 12.- <http://www.economaiynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=556538>
- 13.- <http://www.leychile.cl/N?i=97993&f=2014-06-09&p=>
- 14.- http://www.minvu.cl/opensite_20061113165630.aspx
- 15.- <http://www.mop.cl/Faq/Paginas/DetalleFAQ.aspx?item=101>
- 16.- <https://cipchile.cl/2016/05/04/construccion-en-zonas-inundables-los-vacios-legales-que-favorecen-al-negocio-inmobiliario/>
- 17.- https://elpais.com/internacional/2018/11/25/actualidad/1543164306_183666.html
- 18.- <https://www.esmartcity.es/2018/07/06/big-data-imagenes-satelitales-reducir-impacto-desastres-naturales>
- 19.- <https://laprensaaustral.cl/opinion/inversiones-en-el-cauce-del-rio-de-las-minas/>
- 20.- <https://raulsohr.wordpress.com/tag/ola-de-calor/>
- 21.- <https://www.emdat.be/>
- 22.- <https://www.emol.com/noticias/Tecnologia/2018/06/27/911368/Barbarita-Lara-la-primera-chilena-reconocida-por-el-MIT-entre-los-innovadores-menores-de-35-anos-a-nivel-mundial.html>
- 23.- <https://www.europapress.es/economia/noticia-indra-trabaja-reducir-danos-causados-desastres-naturales-20181104110440.html>
- 24.- <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- 25.- <https://www.latercera.com/nacional/noticia/megaincendio-aysen-se-acerca-superar-record-destruccion-ultimos-21-anos/535876/>
- 26.- <https://www.latercera.com/nacional/noticia/proyectan-invertir-6-mil-millones-muros-aluvionales-iquique/396705/>
- 27.- https://www.tendencias21.net/Escalada-de-los-incendios-forestales-en-todo-el-mundo_a44223.html
- 28.- <https://www.24horas.cl/videos/nacional/alcalde-de-cochrane-y-danos-por-incendio-forestal-esperoque-el-presidente-venga-a-la-region-de-aysen--31044751>
- 29.- Noticieros Televisa / desde: CDMX, México / noviembre 3, 2017
- 30.- Peña Humberto. INFRAESTRUCTURA CRÍTICA PARA EL DESARROLLO - BASES PARA UN CHILE SOSTENIBLE – 2016-2025. CCHC- Capítulo Recursos Hídricos
- 31.- Reducción del Riesgo de Desastres: Un Instrumento para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio- ISDR – United Nations International Strategies for Disaster Reductions; Unión Interparlamentaria

- 32.- Rudnick Hugh, Profesor Titular Departamento de Ingeniería Eléctrica, Pontificia Universidad Católica de Chile, "Gestión de desastres en los sistemas eléctricos de potencia", Taller Latinoamericano TOPSEP, República Dominicana, 29 junio-1 julio 2011
- 33.- <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2019/05/luis-valenzuela-debemos-llevar-los-relaves-a-un-nivel-de-riesgo-socialmente-aceptable>
- 34.- SIOP Talcahuano 2018, VIII Seminario Internacional de Ingeniería y Operación Portuaria, Puertos para el Futuro, Abstracts de los Trabajos Presentados en SIOP 2018
- 35.- Vargas Ximena y Gómez Tomás. Trabajo de investigación desarrollado para la Comisión Ingeniería y Desastres, del Instituto de Ingenieros de Chile, 2018
- 36.- Zufiria Pedro J., Luengo-Oroz Miguel, Pastor David, Úbeda Luis, profesores e investigadores de la UP, weblog de la Universidad Politécnica de Madrid, 11 OCTUBRE, 2017 <https://www.upm.es/e-politecnica/?p=8946>

8. ANEXO

Glosario⁴⁹

Alerta: es un estado declarado de atención, con el fin de tomar precauciones específicas, debido a la probable y cercana ocurrencia de un evento adverso. La declaración de alerta debe ser clara y comprensible; accesible, vale decir, difundida por el máximo de medios; inmediata, sin demora, puesto que cualquier retardo puede sugerir que el evento no es ni probable ni cercano, coherente, sin contradicciones, oficial, procedente de fuentes autorizadas (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Alerta temprana: conjunto de capacidades para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones se preparen y actúen en forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Amenaza: Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden 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 (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Capacidad de Respuesta: La capacidad de respuesta es “la habilidad de la población, las organizaciones y los sistemas, mediante el uso de los recursos y las destrezas disponibles, de enfrentar y gestionar condiciones adversas, situaciones de emergencia o desastres” (UNISDR- Terminología sobre Reducción Del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres).

Catástrofe: Es una situación de una alteración tal que resultan insuficientes los medios y recursos del país, siendo necesario el aporte de la comunidad internacional para responder a ello (ONEMI, 2010).

Coordinación: Armonización y sincronización de esfuerzos, individuales y de grupos, para el logro de un objetivo en común (ONEMI, 2002).

Cultura Preventiva: es la toma de conciencia por parte de las Autoridades, de los organismos que trabajan en el plano de las emergencias y de los ciudadanos como clave del éxito para enfrentar el impacto de los procesos naturales o aquellos que pueden ser provocados por el hombre, logrando una cultura de prevención y mitigación (UNISDR - Terminología sobre Reducción Del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres).

Desarrollo: son los esfuerzos dirigidos al desarrollo de habilidades humanas o infraestructuras sociales, dentro de una comunidad u organización, necesarios para reducir el nivel del riesgo. En términos generales, el desarrollo de capacidad también incluye, entre otros, el acrecentamiento de recursos institucionales, financieros y políticos, tales como la tecnología para diversos niveles y

⁴⁹ ONEMI, Academia de Protección Civil. Glosario

sectores de la sociedad (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Desastre: Es una interrupción grave del funcionamiento de una comunidad o sociedad que puede causar pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales generalizadas, y que excede la capacidad respuesta utilizando sus propios recursos (De las palabras a la acción: Guía para la implementación del Marco de Hyogo, 2005-2015).

Emergencia: es un evento causado por la naturaleza o por la actividad humana que produce una alteración en una comunidad, sistema o grupo, no superando su capacidad de respuesta frente al mismo (ONEMI 2010).

Escala de Mercalli: mide la intensidad del movimiento y está graduada de I a XII, de acuerdo a la percepción de las personas. A mayor intensidad mayor es el daño causado por el sismo (ONEMI, 2002).

Escala de Richter: mide la energía liberada (magnitud), mediante un sismógrafo que recoge la magnitud de cada vibración. Esta escala parte en 0 y carece de límites máximos, con un incremento de 30 veces en la energía liberada entre cada graduación (ONEMI, 2002).

Evacuación: una movilización organizada y supervisada de personas desde, áreas de riesgo o que representan una potencial amenaza, hacia las zonas de seguridad (ONEMI, 2011).

Gestión del Riesgo: es el enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales. La gestión del riesgo abarca la evaluación y el análisis del riesgo y la ejecución de estrategias y acciones para controlarlo y reducirlo (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Mitigación: La disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Plan: Es el marco de referencia que se basa en los objetivos, e incluye a los programas y proyectos que harán posible la consecución de los fines fijados. Expresión de objetivos y de los recursos, estrategias y actividades para lograrlos (USAID/OFDA, 2006).

Preparación: es el conjunto de actividades tendientes a la prevención, respuesta y recuperación de forma efectiva a los impactos de los eventos (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Prevención: La prevención involucra todas aquellas actividades previas a la ocurrencia de un evento adverso, a fin de evitarlo o suprimirlo definitivamente y, de no ser posible, reducir al máximo los efectos que sobre las personas, los bienes y el ambiente pueda llegar a provocar (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Reconstrucción: reparación y/o reemplazo, a mediano y largo plazo, de la infraestructura dañada y, en la restauración y/o perfeccionamiento de los sistemas de producción (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Recuperación: la restauración y el mejoramiento, cuando sea necesario, de los planteles, instalaciones, medios de sustento y condiciones de vida de las comunidades afectadas por los desastres, lo que incluye esfuerzos para reducir los factores del riesgo de desastres. Las tareas de

rehabilitación y reconstrucción dentro del proceso de recuperación comienzan inmediatamente después que ha finalizado la fase de emergencia, y deben basarse en estrategias y políticas preexistentes que faciliten el establecimiento de responsabilidades institucionales claras y permitan la participación pública (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Reducción del Riesgo de Desastre: es el concepto y la práctica de reducir el riesgo o la probabilidad de ocurrencia de desastres mediante esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres. Involucra la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad, una gestión pertinente de los suelos y del medio ambiente, la preparación ante los eventos adversos, etc. (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Rehabilitación: recuperación, en el corto plazo, de los servicios básicos e inicio de la reparación del daño físico, social y económico (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Resiliencia: es la capacidad de un sistema, sociedad o comunidad expuestos a una amenaza para resistir, absorber adaptarse y recuperarse de sus efectos de una manera oportuna y eficaz (UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Respuesta: es el suministro de servicios de emergencia y de asistencia pública durante o inmediatamente después de la ocurrencia de un desastre, con el propósito de salvar vidas, reducir los impactos a la salud, velar por la seguridad pública y satisfacer las necesidades básicas de subsistencia de la población afectada (UNISDR- Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastre, ISDR Estrategia Internacional para la Reducción del Riesgo de Desastres, 2009).

Riesgo: El riesgo es el resultado de la interacción entre amenazas y condiciones de vulnerabilidad (ONEMI, 2011).

Simulación: ejercicio práctico administrativo y de escritorio, realizado bajo situaciones ficticias controladas, en un escenario cerrado, con el propósito de provocar la toma de decisiones asociadas a un plan o procedimientos determinado, para entrenarlos y/o evaluar su efectividad (ONEMI, 2011).

Simulacro: ejercicio práctico en terreno, en el cual los participantes se acercan, lo más posible, a un escenario de crisis real, con el propósito de entrenar o evaluar la calidad de respuesta y grado de preparación alcanzados, de acuerdo con una planificación existente (ONEMI, 2011).

Vulnerabilidad: factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado (ONEMI, 2002).

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

San Martín N° 352 Santiago de Chile
Teléfonos (56-2) 26968647 – 26984028 – 26726997
Email: iing@iing.cl
www.iing.cl

CONSEJO CONSULTIVO

Raquel Alfaro Fernandois
Elías Arze Cyr
Marcial Baeza Setz
Juan Carlos Barros Monge
Bruno Behn Theune
Sergio Bitar Chacra
Mateo Budinich Diez
Juan Enrique Castro Cannobbio
Jorge Cauas Lama
Joaquín Cordua Sommer
Luis Court Mook
Alex Chechilnitzky Zwicky
Raúl Espinosa Wellmann
Álvaro Fischer Abeliuk
Roberto Fuenzalida González
Tristán Gálvez Escuti
Alejandro Gómez Arenal
Tomás Guendelman Bedrack
Diego Hernández Cabrera
Jaime Illanes Piedrabuena
Agustín León Tapia
Jorge López Bain
Jorge Mardones Acevedo
Carlos Mercado Herreros
Germán Millán Pérez
Guillermo Noguera Larraín
Luis Pinilla Bañados
Mauricio Sarrazin Arellano
Rodolfo Saragoni Huerta
Raúl Uribe Sawada
Luis Valenzuela Palomo
Solano Vega Vischi
Hans Weber Münnich
Andrés Weintraub Pohorille
Jorge Yutronic Fernández

INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

EMPRESAS SOCIAS

AGUAS ANDINAS S.A.
AGUAS NUEVAS S.A.
ALSTOM CHILE S.A.
ANGLO AMERICAN CHILE LTDA.
ANTOFAGASTA MINERALS S.A.
ARCADIS CHILE S.A.
ASOCIACIÓN DE CANALISTAS SOCIEDAD DEL CANAL DE MAIPO
BESALCO S.A.
CIA. GENERAL DE ELECTRICIDAD S.A.
CIA. DE PETRÓLEOS DE CHILE COPEC S.A.
COLBÚN S.A.
C y D INGENIERÍA.
EMPRESA CONSTRUCTORA GUZMÁN Y LARRAÍN LTDA.
EMPRESA CONSTRUCTORA BELFI S.A.
EMPRESA CONSTRUCTORA PRECON S.A.
EMPRESA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES S.A.
EMPRESAS CMPC S.A.
ENAEX S.A.
ENEL GENERACIÓN CHILE S.A.
FLUOR CHILE S.A.
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN SIGDO KOPPERS S.A.
JAIME ILLANES Y ASOCIADOS CONSULTORES S.A.
MINERA ESCONDIDA LTDA.
MINERA LUMINA COPPER CHILE S.A.
SOCIEDAD QUÍMICA Y MINERA DE CHILE S.A.
SUEZ MEDIOAMBIENTE CHILE S.A.

EMPRESAS DE INGENIERÍA COLABORADORAS

ACTIC CONSULTORES LTDA.
IEC INGENIERÍA S.A.
JRI INGENIERÍA S.A.
LEN Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
SYNEX INGENIEROS CONSULTORES LTDA.
ZAÑARTU INGENIEROS CONSULTORES SpA.