Memoria 0037

Diagnostico, Caracterización y Sugerencias sobre Amenazas de origen Geológico en Chile. Subdivisión en seis grandes zonas geográficas continentales.

Johana Marchant Donoso.
Licenciada en Geografía.
Universidad de Chile.

RESUMEN.

Chile, en toda su extensión, es un país que se ve fuertemente influenciado por la actividad geológica. El conocimiento de como se generan cada uno de los eventos geológicos que son causantes de algún tipo de amenaza dentro de Chile, su análisis y su constante monitoreo para una evaluación periódica de su comportamiento, puede sentar precedentes para el desarrollo de acciones informadas de acuerdo al comportamiento geológico de la zona en cuestión. Se presenta aquí un diagnostico y caracterización de la situación geológica de Chile subdividida en seis zonas geográficas continentales principales (Norte Grande, Norte Chico, Centro, Sur, Patagonia Norte y Patagonia Sur), donde cada una da un escenario actual e informado sobre los eventos geológicos y las amenazas provenientes de ellos. Además, mediante la representación cartográfica de ellos será más fácil dimensionar y relacionar cada evento y amenaza geológica dentro del contexto Chileno. Al tener esta información y ser combinada con las experiencias sobre manejo, prevención y mitigación que se dan dentro y fuera del país, es posible hacer una selección de aquellas que se aplique de mejor forma a la diversidad del país y de acuerdo a cada una de las zonas geográficas generadas. Se tiene, así, un documento que presenta una base metodológica para la profundización de temas tanto en amenazas de origen geológicos como en una posible gestión de los riesgos provenientes de esta misma fuente, teniendo su foco incluso por temáticas relacionadas a la protección civil.

Palabras clave: Eventos geológicos, sismos, volcanes, tsunamis, amenazas de origen geológico, protección civil, experiencias nacionales, experiencias internacionales.

Diagnosis, Characterization and Suggestions on Threats of Geological origin in Chile. Subdivision in six big geographical continental zones.

ABSTRACT.

Chile, in all your extension, is a country that meets strongly influenced by the geological activity. The knowledge of since there are generated each of the geological events that are causers of some type of threat inside Chile, you) analysis and constant monitoring for a periodic evaluation of your behavior, it can sit precedents for the development of actions informed about agreement to the geological behavior of the zone in question. One presents here a diagnosis and characterization of the geological situation of Chile subdivided in six geographical continental principal zones (Big North, North Boy, Center, South, Patagonia North and Patagonia South), where each one gives a scene(stage) current and informed about the geological events and the threats from they. In addition, by means of the cartographic representation of them it will be easier to measure and to relate every event and geological threat inside the Chilean context. On having had this information and having been combined by the experiences on managing, prevention and mitigation that they give themselves inside and out of the country, it is possible to do a selection of those that are applied of better form to the diversity of the country and of I agree to each of the geographical generated zones. There is had, this way, a document that presents a methodological base for the deepening topic so much in threats of origin geological as in a possible management of the risks from the same source, taking your enclosed area as subject matters related to the civil protection.

Key words: *Geological events, earthquakes, volcanoes, tsunamis, threats of geological origin,* civil protection, national experiences, international experiences.

Profesor Guía: Francisco Fernando A.
Profesional a cargo: Fernando Díaz C.
25 Septiembre 2009

INTRODUCCIÓN.

Las condiciones que presenta y caracterizan a Chile, también lo determinan; un claro ejemplo de esto es la influencia de la actividad geológica en el territorio del país, especialmente sobre el antropizado.

Chile esta emplazado en una zona de particular actividad geológica, producida principalmente por la subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, lo que produce importantes eventos geológicos que afectan directamente al país, por ello resulta importante poner énfasis al dimensionar y tratarlos.

Particularmente para Chile se identifican dos principales eventos geológicos: los terremotos y las erupciones volcánicas, de los cuales se desprenden sus correspondientes amenazas. La existencia de amenazas se relaciona con la existencia también de vulnerabilidades, lo que sumado se expresa en el riesgo.

Otro dato importante es que en el Siglo XX, las personas afectadas por los peligros naturales durante los noventa (Decenio para la Reducción de los Desastres Naturales de las Naciones Unidas) ascendieron a 211 millones al año, superando en un 44% el volumen de población afectada cada año durante los años ochenta. Y lo peor: dos terceras partes de las victimas ocurridas por las amenazas naturales desarrollados durante el decenio de los años noventa pertenecían al mundo menos desarrollado. Estamos ante un problema social, de origen natural y de repercusión territorial. He aquí una primera aproximación a la expresión de riesgo natural (**(AYALA-CARCEDO & OLCINA. 2002)**. En datos duros esto seria que la cantidad de muertos solo en 2001 por desastres naturales fue de 39 mil 73, mientras que la cantidad de perjudicados por los terremotos en 2001 en todo el mundo fue de 19 millones. **(FERRANDO. 2003)**

Por lo anterior, se reconoce una necesidad de contar con un diagnostico que agrupe y relacione de forma adecuada la situación geológica del país, de forma que el posterior proceso de evaluación y creación de propuestas de acción sea de forma mas informada y que se encuentren dirigidas hacia los puntos donde sean necesarios. Además el complementar este diagnostico con sugerencias para su manejo en experiencias internacionales del análisis de los riesgos geológico, presentan el complemento inicial para un buen manejo de las amenazas geológicas en Chile.

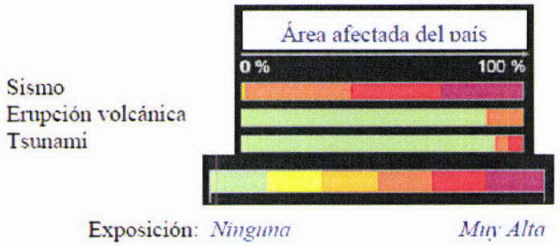
Se debe realizar un diagnostico de los Amenazas Naturales de origen Geológico, el cual será de gran utilidad al identificar la información sobre la que se estructurara el mismo. Es importante aclarar que no se consideran aquí otros fenómenos geológicos -tales como suelos expansivos, levantamiento y subsidencia- que son menos comunes, menos peligrosos o menos sujetos a evaluación general y a mitigación **(OEA, 1993)**. Además dentro de la consideración de la ONEMI solo se contabilizan como riesgos geológicos los movimientos sísmicos y sus derivados, entre estos los tsunamis y otras manifestaciones similares, las erupciones volcánicas, y los fenómenos de remoción en masa que pueden ser gatillados por los movimientos sísmicos, por lo cual este diagnostico se abocara a ellos y sus efectos en el territorio.

La elaboración del diagnostico servirá de base para mejorar la actual gestión respecto de este tipo de riesgos, el diseño y empleo de medidas en torno a estos eventos en forma efectiva y rápida. De forma conjunta también se espera obtener de este, y producto de este, una recopilación lo mas actualizada posible sobre la situación geológica de Chile e identificar las amenazas geológicas presentes en el. Se realizara un análisis histórico de los eventos geológicos en el país y se complementara su conocimiento con estudios anteriores ligados a estos fenómenos. Una vez obtenidos los resultados anteriores se generaran las correspondientes cartografías para cada una de las zonas de análisis propuestas. Finalmente, teniéndose todo lo anterior se compararan las experiencias nacionales e internacionales para considerar aquellas que se adecuen mejor a la situación diagnosticada para ser propuestas para el manejo de este tipo de amenazas.

ANTECEDENTES.

Chile continental, entre el océano Pacífico y la cordillera de los Andes, se extiende entre los 17º29'57'S y los 56º32'S de latitud, dentro de estos márgenes es donde se produce la mayor parte de fenómenos geológicos. Pero esto no significa nada si no se toma en cuenta a la población. En el país la densidad aproximada es de 20 personas por kilómetro cuadrado, donde nueve de diez personas viven en el área central del país (entre La Serena y Concepción), principalmente en Santiago (casi un tercio de la población) **(BID *et al.* 2008).**

En cuanto a los eventos geológicos cuya amenaza tiene la mayor área de influencia en el país es el sismo. Eventos como erupciones volcánicas y tsunami presentan amenazas localizadas, por ello presentan una, mucho menor, área del país afectada (Fig. 1). La mayoría de estos eventos representan una amenaza que tiene asociada una alta incertidumbre. En la Fig. 1 se ilustran los porcentajes del área de Chile bajo la influencia de los principales eventos de origen geológico aquí tratados **(BID *et al.* 2008).**



Fuente: Elaboración propia en base a BID *et al.* 2008.

Fig. 1. Diagrama del área de Influencia según tipo de amenaza considerada en esta investigación. Se demuestra la importancia del análisis de los eventos geológicos considerando su cobertura en el país.

Fig. 1. Graph of the area of Influence according to type of threat considered in this investigation. There is demonstrated the importance of the analysis of the geological events considering your coverage in the country.

Como ya se ha evidenciado los eventos geológicos que se tratarán han sido seleccionados de acuerdo a su capacidad destructiva, por lo cual se requiere poner mayor atención sobre estas para su seguimiento y estudio, y así comprender las implicancias que estas tienen sobre el territorio. Estos eventos son los terremotos, las erupciones volcánicas y los tsunamis (grandes olas, generalmente causadas por terremotos a las que erróneamente se denominan maremotos). Se consideraran además los movimientos en masa que pueden ser causados por terremotos u otros mecanismos como las precipitaciones intensas, etc. **(OEA. 1991)**.

Los eventos geológicos se caracterizan por:

1-. Presentarse repentinamente.

2-. Generar un impacto geográfico de alcance espacio-territorial variado.

3-. Su falta de predectibilidad, excepto en un sentido muy genérico o en escenarios potenciales.

4-. Su gran poder destructivo, independientemente de su recurrencia.

Considerando las características de este tipo de amenazas lo mejor es actuar preventivamente usando medidas de mitigación de todo tipo, partiendo por la información sobre la amenaza que presentan estos eventos, la incorporación lo antes posible en el proceso de planificación. La experiencia muestra que al comienzo esta información es muy básica pero al profundizar en las etapas de la planificación, la necesidad de mayor información se vuelve mas explicita **(OEA. 1991)**.

Amenazas Geológicas.

Las Amenazas Geológicas han contribuido a elevar el índice de desastres en Chile. Dado este impacto ellas deben se comprendidas desde su origen para poder entender su funcionamiento y así tomar las medidas necesarias para su manejo, en cuanto al ciclo del riesgo. En este contexto, antes de comenzar a referirse a las Amenazas Geológicas presentes en Chile, es importante conocer las causas de estos procesos y así tomar conocimiento de lo que implican dentro de la vida cotidiana.

Es importante destacar algunos procesos y clasificaciones que se utilizaran frecuentemente en esta investigación por ello resulta importante dejarlos en claro, ellos son:

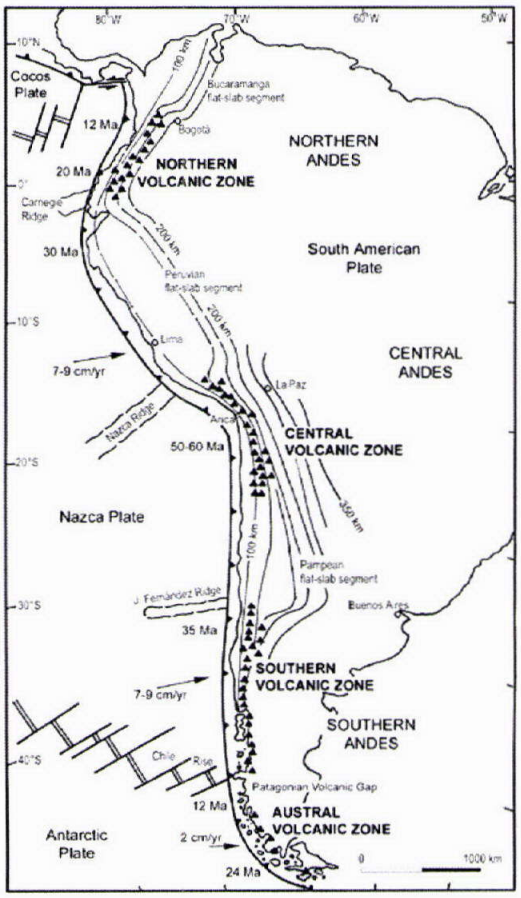
Tectónica de placas.

En el caso particular de Chile, este se encuentra sobre la placa Sudamericana la cual se superpone a la placa de Nazca, que se encuentra frente a las costas Chilenas. Al ser la segunda más densa que la primera por su composición basáltica, se genera el proceso denominado *subducción* (la placa más densa se sumerge bajo la menos densa). La subducción de la placa de Nazca se produce según un plano inclinado hacia el Este conocido como Plano de Wadati & Benioff, con buzamientos que fluctúan en ángulos comprendidos entre 15º y 40º con respecto a la horizontal. Además esta placa es una de las más veloces y jóvenes, teniendo una velocidad de convergencia cercana a 6.6 cm./año **(KENDRICK, E *et al.* 1993 en SILVA, N. 2008)**, el rumbo de la placa es de N 78.4° E. Por otra parte la placa Sudamericana se desplaza unos 3 cm./año en dirección oeste, lo que da una tasa neta de convergencia estimada entre 7 a 9 cm/año, como se puede ver en la Fig. 2 **(SILVA, N. 2008)**.

La situación de convergencia anterior genera una acumulación de tensiones en las zonas de fricción y asperezas de las placas, las cuales se traban, y acumulan tensiones hasta un valor límite, luego del cual se produce el destrabamiento y la liberación de energía ocasionando lo que se conoce como terremoto.

En el extremo sur-austral del país se produce un cambio de la placa de Nazca a la placa Antártica y luego a la placa Escocesa (extremo austral del país, Tierra del Fuego) como se puede apreciar en la Fig. 2. Por su parte, la placa Antártica sufre el mismo proceso que la placa de Nazca, esta comienza alrededor de los 46° L.S. aproximadamente (Península sur del Taitao) y tiene una velocidad promedio de 2 cm/año (ver Fig. 2), relativamente menor que la placa de Nazca, razón por la cual en esta zona la actividad sísmica (motivos tectónicos) decae notoriamente **(SILVA, N. 2008)**.

La placa Escocesa, cubre parte poco significativa del territorio, parte sur de Tierra del Fuego, respecto del estudio a realizar, y, a diferencia de las otras dos placas anteriores, al entrar en contacto con la placa Sudamericana esta lo hace de forma Transcurrente, la existencia de desplazamientos se mantiene pero son menores que los producidos mas al norte.



Fuente: Stern, C. 2004.

Fig. 2. Mapa esquemático de las placas, segmentos volcánicos activos, zonas de subducción, fosas y otros para América Latina.

Fig. 2. Schematic map of the plates, volcanic active segments, zones of subduction, pits and others for Latin America.

La tectónica de placas afecta directamente todo lo que es el sistema de volcanes en nuestro país, la zona donde se encuentra Chile es denominada Arco Andino, este contiene 200 estratovolcanes. Esta gran acumulación de volcanes en solo unos cuantos kilómetros es producto, como ya se había hablado, de la subducción de las placas oceánicas de Nazca y Antártica bajo la Sudamericana. A partir de esto también se puede hacer una distinción sobre la actividad que presenta cada zona del país considerando los ángulos de subducción de las placas, los cuales van desde los 25º a 10º con profundidades mayores a los 100 metros **(STERN, C. 2004).**

Un análisis a nivel Sudamericano de las zonas volcánicas presentes en esta fracción de continente nos revela que es posible identificar 4 zonas volcánicas activas denominadas Zonas Volcánica Norte (ZVN), Zona Volcánica Centro (ZVC), Zona Volcánica Sur (ZVS) y Zona Volcánica Austral (ZVA) (Ver Fig. 2). Como resultado de la geología y la segmentación tectónica es que se tienen los diferentes tipos de magmas. Chile comprende parte sur de la ZVC y las ZVS y ZVA completas **(STERN, C. 2004).**

Otro factor que podría influir en los volcanes es la subducción de las fallas oceánicas podría jugar un rol controlando la localización y composición de volcanes en el arco activo, y de la división entre pequeños segmentos del arco dentro de 4 grandes Zonas Volcánicas **(STERN, C. 2004).**

Si bien los tsunamis tiene que ver con los eventos geológicos en este documento se consideran mas bien como una amenaza producida por un evento geológico que un evento geológico por si mismo, debido a su naturaleza y origen. De hecho, los tsunamis están asociados a fallas de empuje, mas que a las fallas transversales o de desgarre.

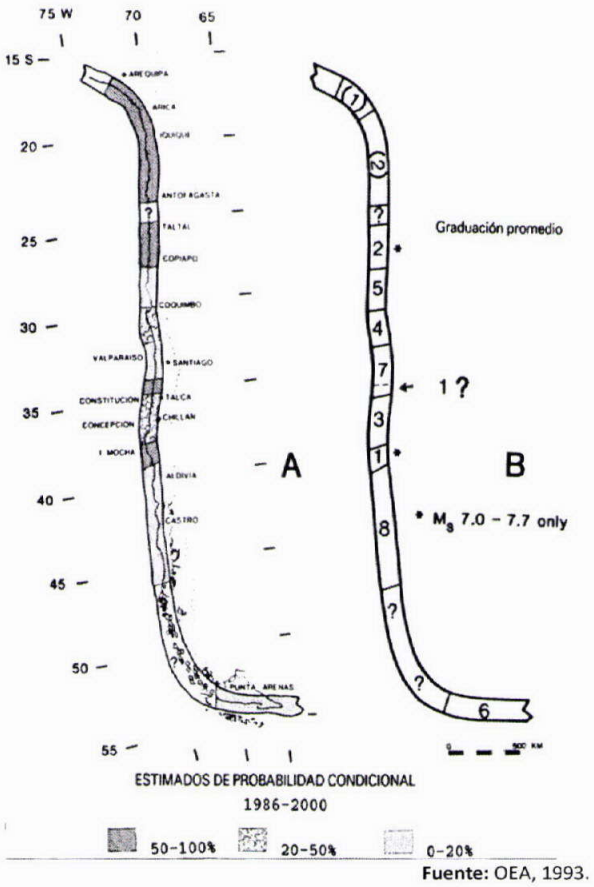
La gran mayoría de los terremotos que inducen Tsunamis en todo el mundo están asociados con grandes fallas de megaempuje (varios cientos a >1,000 kilómetros de largo) a lo largo de zonas de subducción. Una simple comparación entre el numero de terremotos y el numero signifactivo de Tsunamis indica que solo el 10% de los grandes terremotos en el océano o cerca de la línea de costa causan Tsunamis importantes. Aunque la comparación no es, en rigor, estadísticamente valida, sirve para ilustrar el concepto de que si se tiene un gran terremoto no conllevara, necesariamente, a la generación de un Tsunami destructivo. **(KIE, H. *et al.* 2005)**

Brecha sísmica.

Otra teoría que se aplica a los fenómenos geológicos corresponde a la *Brecha Sísmica*, esta consiste en la existencia de áreas con historia de grandes terremotos en el pasado (mayores a magnitudes de 7° Richter) y de muy grandes terremotos (con magnitudes mayores a 7.75° Richter) que no han sufrido un evento de esas magnitudes en los últimos 30 años **(OEA, 1993).**

Los recientes estudios muestran que los principales terremotos no vuelven a ocurrir en el mismo lugar a lo

largo de las fallas, hasta que no haya pasado suficiente tiempo para que se acumulen las tensiones, generalmente después de varias décadas. En las principales regiones sísmicas, estas zonas "en silencio" presentan el mayor peligro de futuros terremotos. Confirmando la teoría de la brecha sísmica, varias "brechas" identificadas cerca de las costas de Alaska, México y América del Sur han experimentado grandes terremotos durante la última década. Aún más, el comportamiento de algunas fallas parece ser sorprendentemente constante: hay áreas donde los terremotos ocurren en el mismo lugar, pero separadas por décadas, y tienen prácticamente idénticas características. El monitoreo de estas brechas sísmicas, por lo tanto, es un componente importante respecto a los terremotos, su predicción, y los preparativos para futuros eventos **(OEA, 1993).**



Fuente: OEA, 1993.

Fig. 3. Mapa esquemático de graduación del peligro de brechas sísmicas en la zona de subducción de Chile. Se muestran los estimados probables para cada zona dependiendo de su actividad.

Fig. 3. Schematic map of graduation of the danger of seismic gaps in the zone of subduction of Chile. They appear estimated probable for every zone depending on your activity.

En base a la teoría de la brecha sísmica, se han preparado mapas de las costas de América Latina. Estos mapas dan estimados de probabilidades y clasifican el peligro sísmico para un período de tiempo de 1986 a 2006 (ver Fig. 3). Se puede ver, sin embargo, que los pronósticos de este tipo sólo demarcan áreas relativamente grandes donde un terremoto podría potencialmente ocurrir en un período de tiempo de definición muy general. Ha habido pocas predicciones sísmicas exitosas, y son la excepción, no la regla.

La naturaleza de los eventos.

Los eventos geológicos también cuentan con características que definen su forma de afectar el territorio y la capacidad de respuesta sobre estos. Conocer y distinguir cuales corresponden a cada uno facilitara la comprensión de estos y, de esta forma, se ayuda un poco mas a la toma de desiciones. Los eventos geológicos pueden ser: de Gestación Rápida o Lenta, Controlables o Inmutables, Frecuentes y/o Severos y pueden contar con Medidas de Mitigación para Resistir o Evitar el Impacto **(OEA. 1991).**

A. Eventos de Gestación Rápida Vs. Eventos de Gestación Lenta.

La velocidad de gestación de un evento condiciona el periodo de alerta, por ejemplo, los terremotos, derrumbes y crecidas repentinas casi no dan aviso; los tsunamis pueden dar aviso entre unos minutos a unas horas; huracanes e inundaciones dan aviso horas e incluso días antes, siendo los casos menos extremos; los volcanes pueden hacer erupción repentinamente pero generalmente dan aviso semanas o meses antes.

B. Eventos Controlables vs. Eventos Inmutables.

Es posible alterar la intensidad de ocurrencia de algunos eventos si se toman las medidas adecuadas, pero existen ciertos eventos que no cuentan con la tecnología para ello. Por ejemplo, la canalización de un cauce fluvial puede reducir el área de inundaciones, pero no existe ningún método capaz de moderar el temblor de tierra causado por un terremoto.

C. Frecuencia vs. Severidad.

Eventos como las inundaciones son más frecuentes que los tsunamis, por lo que las primeras son consideradas dentro del paisaje y son pensadas como un factor de este; al contrario de lo que sucede con zonas afectadas por Tsunamis donde el periodo de recurrencia es de 50 o 100 años, lo que dificulta la toma de medidas para la reducción de la vulnerabilidad, además la inversión sobre estas puede encontrarse no justificada económicamente.

D. Medidas de Mitigación para Resistir el Impacto vs. Medidas de Mitigación para evitar el Impacto.

Un tipo de mitigación para resistir el impacto de un evento natural corresponde a las construcciones resistentes a terremotos e inundaciones, por otro lado, medidas como zonificaciones, primas de seguro bajas e incentivos fiscales, canalizan las actividades hacia sectores de bajo riesgo ayudando a evitar el impacto.

Periodos de retorno.

Dependiendo del fenómeno geológico estos periodos varían, ya que cada uno tiene un comportamiento distinto a pesar de que sus fuentes son tectónicas en ambos casos, por ejemplo para los volcanes el tiempo de retorno se estima ente la última erupción y lo que demora la cámara magmática en volver a llenarse para producir una nueva erupción, mientras mas demore en venir una erupción mas explosiva será esta ya que acumula energía, proceso similar de acumulación de energía sucede con los movimientos sísmicos.

Una vez obtenido el periodo de retorno para cada caso y aplicando modelos estadísticos elementales es posible conocer cual es la probabilidad de que ocurra una erupción en un determinado intervalo de tiempo **(ORTIZ, R. 1997).**

ÁREA DE ESTUDIO.

Chile es un país que se caracteriza por tener una gran amplitud latitudinal (desde los 18° S hasta los 56° S aproximadamente), la utilización de la división política administrativa combinada con la situación geográfica da una zonificación donde el resultado es el siguiente:

- *Norte Grande:* Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta.
- *Norte Chico:* Regiones de Atacama y Coquimbo.
- *Centro:* Regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y del Maule.
- *Sur:* Regiones del Bío-Bío, Araucanía, los Ríos y los Lagos.
- *Patagonia Norte:* Región de Aysén.
- *Patagonia Sur:* Región de Magallanes.

Esta se puede apreciar en la Fig. 4, donde es posible ver la zonificación hecha para el país y las correspondientes regiones que integran cada una de estas regiones, así también es posible verificar que la zonificación permite una visualización cartográfica del país de forma que la escala utilizada sea la más homogénea al país, así se logra una visualización de los eventos y amenazas que facilita la comparación entre zonas de análisis.

Cabe destacar que esta subdivisión ha sido pensada para que al momento de reflejar los resultados en cartografías estas sean de una escala aproximadamente similar, con el fin de poder identificar con mayor representatividad y homogeneidad los sectores que se encuentren expuestos a mayores amenazas para así focalizar estudios y medidas de protección civil en aquellos sectores.

En términos poblacionales se puede decir que, según datos del último Censo de Población y Vivienda (2002) el país tiene una población de 15.116.435 personas **(INE, 2003)**, de las cuales en promedio hacen una densidad aproximada de 20 personas por kilómetro cuadrado **(BID *et al*, 2008).** Estas estadísticas no sirven mucho para interpretar la situación real de Chile, donde se encuentra una fuerte concentración geográfica de la población que se refleja en que nueve de cada diez personas viven en la Zona Central y Sur del país **(BID *et al*, 2008).** Además, de esta concertación se tiene que la población tiende a asentarse en centros urbanos, donde aproximadamente el 86% de la población vive en ellos **(BID *et al*, 2008).** Situaciones que llevan a la conclusión obvia de la concentración de la población en la capital del país donde casi un tercio del país vive en Santiago **(BID *et al*, 2008).**

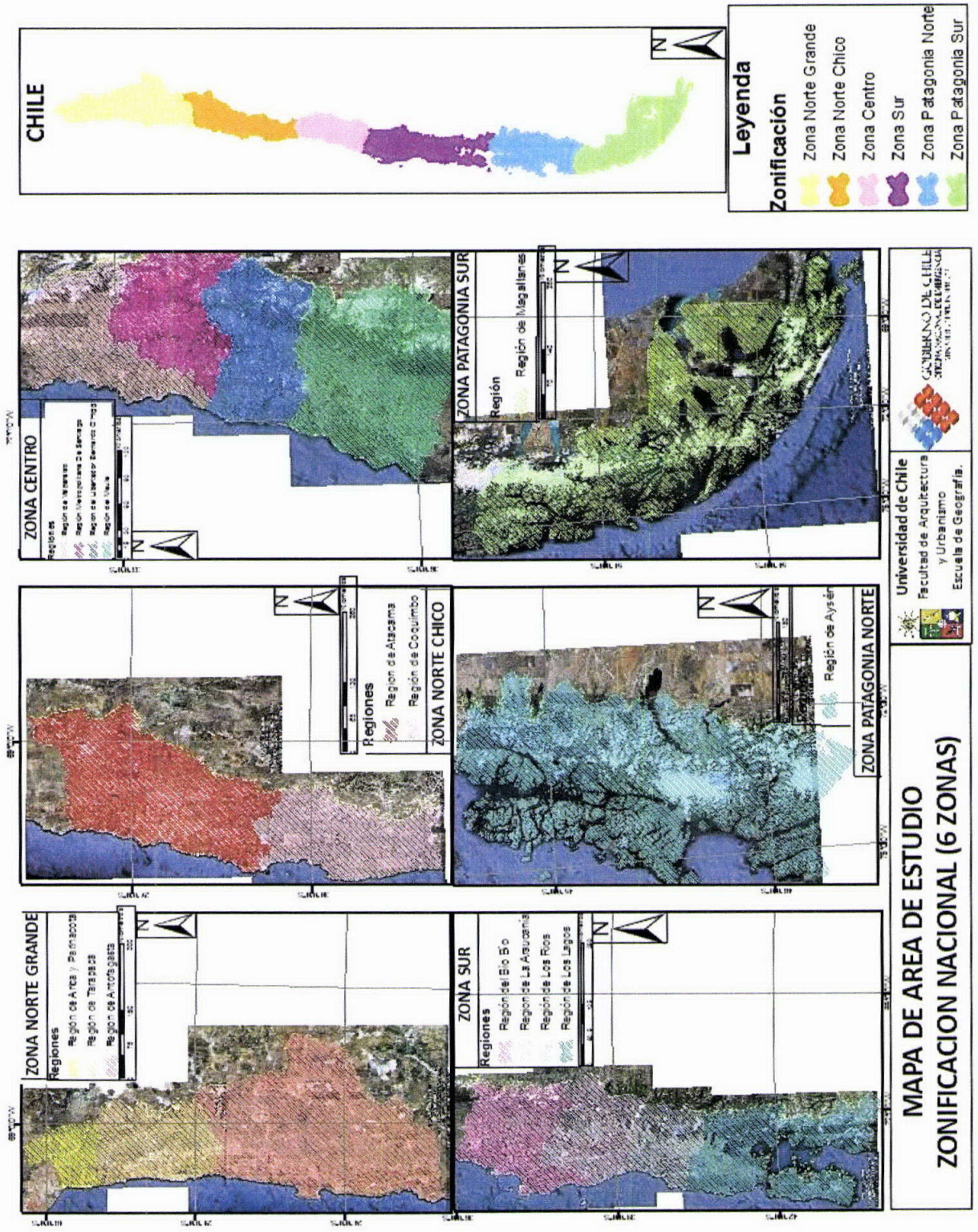


Fig. 4. Mapa esquemático de la zonificación metodológica propuesta para Chile.

Fig. 4. Schematic map of the methodological zoning proposed for Chile.

MARTO TEORICO CONCEPTUAL.

Al focalizar la investigación en los desastres con componente medio ambiental, la existencia en un mismo espacio geográfico sistémico de una condición de amenaza natural potencial y de un determinado uso, construcción o habitación por el hombre, viene a configurar una situación de riesgo, tan susceptible y severa como la magnitud o momemtum que pueda alcanzar dicha *amenaza* en relación con el nivel de *vulnerabilidad* que manifieste el espacio antropizado **(FERRANDO, 2003)**. Entendiéndose la *amenaza* como la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado **(CARDONA, 2001)**.

En general, hoy se acepta que el concepto de amenaza se refiere a un peligro latente o factor de riesgo externo de un sistema o de un sujeto expuesto, que se puede expresar en forma matemática como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un suceso con una cierta intensidad, en un sitio específico y durante un tiempo de exposición determinado **(CARDONA, 2001)**. Pero como el carácter de esta investigación no es aquel, resultara mas pertinente considerar la amenaza como la probabilidad de que suceda un evento de este tipo durante un cierto período de tiempo en un sitio dado **(SEPULVEDA, 1998)**.una concepción un poco mas completa de esta, establece a la amenaza como el fenómeno peligroso. Cuando hablamos de amenaza nos referimos al factor externo de una comunidad expuesta (o a un sistema expuesto), representado por la potencial ocurrencia de un fenómeno desencadenante (o accidente), el cual puede producir un desastre al manifestarse. Tiene tres componentes: La prevención de desastres se logra reduciendo y controlando a esos componentes señalados.

a) energía potencial
b) susceptibilidad,
c) detonador **(FOSCHIATTI, 2005).**

Otra definición conceptual de las amenazas que no aplica el uso de formulas matemáticas corresponde a Ferrando (2003) donde define "Hazards" o amenazas naturales como aquellos procesos del medio ambiente físico que, por la gran magnitud (momentum) que pueden o suelen alcanzar, son capaces de provocar cambios importantes en el paisaje o de alterar su condición de equilibrio de forma más o menos prolongada, según sea el tipo de proceso, el área afectada y la recurrencia. Las Amenazas Naturales involucran una serie de procesos asociados a la dinámica sismo-tectónica, volcánica, hidrológica, geomorfológica y/o atmosférica. La temprana identificación de las condiciones potenciales de desencadenamiento y desarrollo de una Amenaza Natural, en cuanto a tipo, área y condiciones genéticas, trayectoria, proyección y disipación, es fundamental para un adecuado dimensionamiento de la Prevención **(FERRANDO, 2003)**.

Una concepción que dista del común corresponde a la de Aguilo (2000) el cual dice que la amenaza se refiere al proceso natural en si mismo, y trata de clarificar su sistema de relaciones intrínsecas, valorando su potencialidad como causante de transformación del medio, independiente si existe alguna actividad social **(AGUILO, 2000).**

Particularmente en este caso se debe dejar en claro que al momento de referirse a amenaza se habla de amenaza Geológica, la cual corresponde a una condición o proceso geológico potencialmente catastrófico **(SEPULVEDA, 1998).** Donde Catástrofe se entiende como una repentina y violenta perturbación de la naturaleza, atribuida a causas naturales excepcionales, que afecta las condiciones físicas de la superficie terrestre. Este concepto generalmente se tiende a confundir con un término similar pero no igual, *Desastre*, el cual se refiere a la interacción de un fenómeno geológico externo (de tipo catastrófico) y una comunidad u obra humana, que causa alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y/o el ambiente. Es la ocurrencia efectiva de un fenómeno peligroso que, como efecto negativo de un fenómeno geológico extremo (catástrofe) en una comunidad. **(SEPULVEDA, 1998).**

Pero recordando el carácter de esta investigación es que amenaza se entenderá como un factor externo de riesgo, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana, que puede manifestarse en un lugar especifico, con una intensidad y duración determinadas. Por ejemplo: la inundación producto del desborde de un río; un derrame toxico en una bodega de materiales o sustancias peligrosas; la generación de un lahar debido a la erupción de un volcán; un sismo mayor producto de la activación de una falla geológica **(ONEMI, 1996)**.

Pero a pesar de ser una investigación sobre amenazas estas no tienen ningún sentido si no se considera a la población, por ello si una amenaza en su área de manifestación o de proyección no entra en conflicto con espacios antropizados, entonces no viene a configurar situación alguna de riesgo y, por lo tanto, no es posible la ocurrencia de un desastre **(FERRANDO, 2003)**.

Al hablar de los espacios antropizados se hace referencia a los sectores vulnerables ante estas amenazas, se considera como un factor de riesgo interno que matemáticamente está expresado como la factibilidad de que el sujeto o sistema expuesto sea afectado por el fenómeno que caracteriza la amenaza **(CARDONA, 2001)**.

Existen varias concepciones sobre el termino de vulnerabilidad, al hacer una revisión bibliográfica es posible notar que existe una mayor cantidad de definiciones para este concepto que para el concepto de amenaza; Cardona (2001) realizo una breve compilación de algunos de ellos,

donde es posible ver la diversidad de elementos que estas definiciones consideran, entre las que se citan las siguientes:
"Poder ser herido p recibir lesión, física o moralmente". (Diccionario de la Real Academia Española, 1992).
"Características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural".
"Grado de perdida de un elemento o grupo de elementasen riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso expresada en una escala de 0 o sin daño a 1 o perdida total".
"Condición en la cual los asentamientos humanos o los edificios se encuentran en peligro en virtud de su proximidad a una amenaza, a la calidad de la construcción o ambos factores".
"Incapacidad de una comunidad para absorbes, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente. Inflexibilidad ante el cambio. Incapacidad de adaptarse al cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo".
"Estar propenso a o ser susceptible de sufrir daño o perjuicio" **(CARDONA, 2001)**.

Por otra parte Sepúlveda (1998) establece una proporción en costos económicos para la vulnerabilidad donde corresponde al grado de exposición a un peligro que puede presentar un área, asentamiento humano u otra. Puede ser medido en una proporción (0 a 100%) del costo susceptible a ser perdido por la ocurrencia de un nuevo evento peligroso dado **(SEPULVEDA, 1998).**

Pero esta concepción no es la más adecuada para esta investigación, ya que no es de carácter económico. Al respecto se podría entender la vulnerabilidad como aquella actividad susceptible de ser afectada por algún fenómeno natural de características que pueden ser devastadoras **(OEA, 1993).** También dentro del consenso internacional se tiene que tanto la UNDRO (1979) y Varnes (1984) entienden la vulnerabilidad como el grado de perdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 perdida total **(CARDONA, 2001)**. De acuerdo con lo anterior, la vulnerabilidad se puede definir como un factor de riesgo interno de un sujeto o sistema expuesto a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño. La vulnerabilidad, en otras palabras, es la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antrópico se manifieste. La diferencia de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligroso determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos de dicho fenómeno **(CARDONA, 2001)**.

Durante mucho tiempo estos dos conceptos se asimilaron a la posibilidad y a un hecho, asociados a una sola causa: el fenómeno, ante el cual no había mucho que hacer. Sin embargo, el marco conceptual de la vulnerabilidad surgió de la experiencia humana en situaciones en que la propia vida diaria normal era difícil de distinguir de un desastre. La gran mayoría de las veces existían condiciones extremas que hacían realmente frágil el desempeño de ciertos grupos sociales, las cuales dependían del nivel de desarrollo alcanzando así como también de la planificación de ese desarrollo. Para ese entonces el proceso de desarrollo ya se había empezado a considerar como la armonía entre el hombre y el medio ambiente. Se empezó a identificar en los grupos sociales la vulnerabilidad, entendida como la reducida capacidad para ajustarse o adaptarse a determinadas circunstancias **(CARDONA, 2001)**.

Con todo lo anterior, vulnerabilidad, para efectos de esta investigación se entenderá como un factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición a ser dañado **(ONEMI, 2002).**

Es muy importante tener en claro a que hace referencia cada concepto, ya que un proceso o elemento de desarrollo puede pasar a convertirse en un factor externo de *riesgo*, vale decir, en una *amenaza* particular. Pero, por otro lado, estos mismos procesos o elementos también se manifiestan como elementos o condiciones de *vulnerabilidad* para la sociedad en general **(ONEMI, 1996).**

Para ejemplificar de forma más clara a que se refiere cada concepto, esta relación puede graficarse de manera directa con un ejemplo: Si en una determinada zona existe un volcán activo y en su entorno un asentamiento poblacional, se esta frente a una *zona de riesgo*: la *amenaza* es el volcán y *la vulnerabilidad* son las personas y sus bienes. Si no existen personas ni bienes en ese entorno, el volcán deja de ser una *amenaza* siendo solo un *fenómeno de la naturaleza*. Por lo tanto, no hay *riesgo* volcánico en esa zona específica, pues se ha eliminado el factor *vulnerabilidad* **(ONEMI, 1996)**.

Para que exista una condición de *Riesgo*, deben interrelacionarse en tiempo y espacio común, factores de *Amenaza* y factores de *Vulnerabilidad* **(ONEMI, 1996)**.

El concepto de riesgo, si bien no es tratado en el documento ni tampoco es parte de los objetivos de este, es necesario dejarlo en claro ya que esta estrechamente vinculado con los conceptos que deben ser considerados **(ONEMI, 2001)**, pero no confundidos, tanto en el momento de su realización como de su revisión, y que a su vez serán generados del resultado final del documento: las *vulnerabilidades* y las *amenazas*. De esta manera, el riesgo

corresponde al potencial de pérdidas que pueden ocurrirle al sujeto o sistema expuesto, resultado de la convolución de la amenaza y la vulnerabilidad. Así, el riesgo puede expresarse en forma matemática como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un cierto sitio y durante un cierto período de tiempo. Es importante mencionar que la "convolución" es un concepto matemático que se refiere a la concomitancia y mutuo condicionamiento, en este caso, de la amenaza y la vulnerabilidad **(CARDONA, 2001)**.

Una definición mas amplia del riesgo dice que corresponde a una situación de exposición a una Amenaza Natural por parte asentamientos, obras u actividades humanas. Es, por lo tanto, un problema de localización o selección de sitio de emplazamiento.

El nivel de Riesgo se establece en relación al tipo de Amenaza, el tipo de actividad o uso del suelo, y a la vulnerabilidad intrínseca para soportar o absorber la energía de está en su proyección. En este sentido, el Riesgo es el resultado de la interacción entre la dinámica del medio ambiente natural y el medio ambiente construido. Por lo tanto, se puede concebir el Riesgo como una creación humana, una construcción social producto del "desconocimiento" de la dinámica y alcance de los procesos naturales en sus manifestaciones extremas, situación a la que se suman los problemas socioeconómicos, los culturales y la carencia de cuerpos normativos que regulen adecuadamente el uso del espacio, y propendan a alcanzar una situación de seguridad civil estable **(FERRANDO, 2003)**.

Riesgo, primero que todo, es definido en diferentes sentidos dependiendo de la visión del autor. Si bien es aceptada la definición propuestas por UNDRO. Riesgo es la destrucción o la pérdida esperada obtenida de la suma de la probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso y la vulnerabilidad de la exposición de elementos a una inminente amenaza. Esta puede ser matemáticamente expresada como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un sitio especifico y en un tiempo dado **(URBAN, G. 2002).**
En general el riesgo es definido como el número de perdidas humanas, victimas, daño a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la presencia de un evento peligroso, es el producto de la amenaza por vulnerabilidad **(URBAN, G. 2002).**

Particularmente, en este caso, el Riesgo geológico corresponde al número esperado de vidas perdidas, personas damnificadas, daños a expresa como el producto de la probabilidad de ocurrencia del fenómeno por la vulnerabilidad y por el valor de los elementos bajo riesgo. Nótese que, a diferencia del peligro geológico, el riesgo se puede medir en unidades monetarias o por medio de algún índice familiar **(SEPULVEDA, 1998).**

Inclusive, para riesgo sísmico Hays (1980) define el riesgo de terremotos como: Probablemente las consecuencias sociales y económicas del terremoto expresadas en dólares o victimas podrían igualar o exceder valores específicos en un sitio durante un tiempo de exposición especifico **(URBAN,G. 2002).**

El *Riesgo* es una palabra de uso común en muchas lenguas. En su uso común, supone incertidumbre, asociada a un evento futuro a un evento supuesto. El *Riesgo* constituye un "jaque" a la seguridad. En el término *Riesgo* están involucrados los conceptos: *Probabilidad* (factibilidad) y *Seguridad* (ausencia de *Riesgo*, en medida variable **(ONEMI, 1996)**, en los cuales no es necesario profundizar por que son términos que no forman parte de este documento.

Popularmente, el término peligro se utiliza como sinónimo de *Riesgo*. Sin embrago, algunos modelos de *Gestión del Riesgo* utilizan como sinónimos los términos *Peligro* y *Amenaza. Si se plantea prevenir la configuración de escenarios de riesgo o atenuar su magnitud para mitigar los efectos y el nivel de desastre, existen dos líneas de acción: La primera es actuar sobre la amenaza y, la segunda es actuar sobre la vulnerabilidad* **(FERRANDO, 2003)**.

El *riesgo* de ocurrencia de *desastres* no solo depende de la posibilidad que se presenten eventos o fenómenos naturales intensos, sino también de las condiciones de *vulnerabilidad* que favorecen o facilitan que se desencadenen *desastres* cuando se presentan dichos fenómenos. La *vulnerabilidad* esta íntimamente ligada a los procesos sociales que se desarrollan en las áreas propensas y usualmente tiene que ver con la exposición, la resistencia y la preparación **(BID *et al*, 2004)**. Desde esta perspectiva, es clave tener en cuenta que frente a las dinámicas propias de la naturaleza, la *gestión del riesgo* es mucho más factible desde el manejo de la *vulnerabilidad*, para evitar o mitigar la ocurrencia de emergencias, desastres o catástrofes **(ONEMI, 1996)**. En otras palabras, los *desastres* son eventos socioambientales cuya materialización es el resultado de la construcción social del *riesgo*. Por lo tanto, su reducción debe hacer parte de los procesos de toma de decisiones, no solo en el caso de reconstrucción postdesastre, sino también en la formulación de políticas públicas de prevención dentro de la planificación del desarrollo. Por esta razón, es necesario fortalecer el desarrollo institucional y estimular la inversión para la reducción de la *vulnerabilidad* con fines de contribuir al desarrollo sostenible en los países **(BID *et al*, 2004)**. Con todo, la *amenaza* latente es seria y supone un grave peligro, que debe ser prevenido y atenuado mediante proyectos de investigación, programas de predicción, redes de detección, adecuada información de los habitantes,

estricta observancia de la actual norma sismorresistente, cuidada política de ordenación territorial y planes de emergencia a cargo de Protección Civil, servicio que debe ser dotado de personal y demás medios precisos **(GIL, 1991)**.

Debe también asumirse que el *riesgo cero no existe.*

la actividad telúrica suelen comprometer extensos territorios (Regiones o más); otros como las erupciones volcánicas suelen afectar territorios intraregionales, aunque algunos de sus productos podrían alcanzar mayores extensiones (nube de cineritas); finalmente, otros tienen un carácter más local como son las inundaciones y algunos tipos de remociones en masa (derrumbes, deslizamientos, avalanchas, etc.) o alcanzar proyecciones lineales importantes como es el caso de las remociones en masa del tipo flujo (flujos detríticos, corrientes de barro, lahares, flujos mixtos o aluviones, etc.). Una diferenciación escalar de estas amenazas establece los niveles administrativos territoriales que deben preocuparse de los problemas en forma directa y, por lo tanto, donde deben tomarse las decisiones y delinearse los planes de acción en los diferentes horizontes temporales. La gestión de la prevención frente a las amenazas y los riesgos, y frente a la atención de los desastres, debe ser descentralizada para que sea operativa, aunque en términos de apoyo técnico y financiero el poder central deba manifestarse **(FERRANDO, 2003)**.

La importancia de la protección civil dentro del país es un factor relevante, sobre todo dentro del marco de esta investigación. Existen múltiples definiciones en *Protección Civil:*

- Los aspectos preventivos de la gestión de emergencias.
- Un servicio público cuya misión es coordinar los recursos públicos y privados para un mejor control de las situaciones de emergencia.
- Una acepción, una idea, un servicio.
- La protección a las personas, sus bienes y ambiente ante toda situación de emergencia o desastre, se ésta de origen natural o humano.
- La protección a las personas sus bienes y ambiente ante variadas situaciones o escenarios de riesgo colectivo.

Todas estas definiciones son correctas, pero en su conjunto. Por lo tanto, para efectos de la investigación se entenderá Protección Civil como un concepto de servicio sistémico, multidisciplinario, interinstitucional y participativo, destinado a dar protección a las personas, sus bienes y ambiente ante variados escenarios y situaciones de riesgo colectivo, de origen natural o generado por la actividad humana **(ONEMI, 1996)**.

Por otra parte, los métodos utilizados para poder realizas estudios sobre amenazas geológicas son de todo tipo variando en el enfoque que a este se le de, pueden ser basados en cálculos económicos para determinar perdidas en valores monetarios, también pueden ser físico-matemáticos para dimensionar el evento geológico, otros pueden cuantificarse en el numero de victimas, etc. Por ello es importante dejar en claro que esta investigación se enmarca dentro de los conceptos y metodologías de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI), lo cual, a su vez, explica su vinculación con el ámbito de la protección civil.

Dentro del funcionamiento de la ONEMI se opera el Plan Nacional de Protección Civil, el cual es un documento indicativo para le Gestión Integral de todo su accionar. La metodología de Gestión planteada por la ONEMI señala "La gestión nacional de Protección Civil debe estar sustentada en el desarrollo adecuado de la identificación de riesgos y de recursos de una unidad geográfica. Este proceso se basa en cinco elementos que comprenden una metodología base para el análisis de la realidad, que además considera una permanente retroalimentación. Esta metodología debe considerar, a lo menos. Las siguientes acciones:

a. Análisis Histórico.
b. Investigación empírica (Técnica, científica, económica, etc.).
c. Discusión (Para priorizar participativamente amenazas, vulnerabilidades y recursos).
d. Elaboración de Mapas y Cartografías.
e. Planificación integral en Protección Civil." **(ONEMI, 2002).**

De una forma mas practica Ramos (2005) en su trabajo sobre la gestión de riesgos ante desastres naturales y antrópicos, realiza un compilado sobre ocho modelos gráficos de gestión, los cuales sirven para plantearse un esquema metodológico de acciones a tomar. Partiendo desde el mas simple al mas complejo se tiene:

1- Modelos Lineales.
2- Modelos Multilineales.
3- Modelos Cibernéticos.
4- Modelos Sociocibernéticos.
5- Modelos Holísticos.
6- Modelos Inter-independientes.
7- Modelos Holísticos Sociocibernéticos.
8- Modelos Holísticos Inter-independientes.

Todos los modelos anteriores están enfocados a la Gestión de riesgos, pero de entre ellos el Modelo Multilineal es aquel que mas se adapta las necesidades de esta investigación ya que dentro de su propia definición se define que "la configuración de este modelo es análoga a los lineales, conservado la secuencia de diferentes pasos o etapas. Sin embargo, presentan varios flujos de procesos paralelos, en lugar de uno solo, conservando siempre el mismo sentido. No presentan tampoco flujos de retorno

hacia etapas o pasos anteriores. Este tipo de modelos es utilizado en las ciencias naturales para explicar ciertos fenómenos" **(RAMOS, 2005).**

Otros procedimientos sobre investigaciones de carácter geológico/geomorfológico son más prácticos que teóricos. Esto se puede evidenciar en el estudio de Ferrando et al. (2004) sobre características geomorfológicos de un sistema de glaciares, donde en primera instancia se decidió recopilar los antecedentes necesarios para luego proceder con una foto interpretación previa de el lugar para la selección de los lugares y aspectos específicos a estudiar, considerando además la accesibilidad al lugar y el grado de representatividad regional del sistema **(FERRANDO *et al.* 2005).** Para luego comparar esta información con los resultados de terreno donde se reconoció, describió y clasifico los tipos de glaciares presentes.

De forma mas especifica la OEA (1993) en su Manual Sobre Manejo de peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado, se ha encargado de recopilar diferente tipo de información sobre los tipos de Riesgos Naturales, proporcionando estrategias y métodos para abordar cada situación de riesgo natural. La metodología propuesta por este documento en cuanto a las amenazas geológicas y la elaboración de las correspondientes cartografías consta de:

- Para la preparación de mapas de amenazas múltiples se debe contar con la Información Traducida, ya que Mucha de la información sobre peligros se encontrará en la forma de trabajos científicos sobre el proceso y la predicción de un evento potencialmente peligroso y de observaciones del impacto de eventos anteriores, información que no es fácilmente comprendida por todos: tiene que ser "traducida" y colocada sobre mapas para los planificadores y quienes toman las decisiones **(OEA, 1993).**

- Para lograr una buena traducción de la información se debe realizar son fundamentales las Fuentes y la Recopilación de Información, donde se puede recurrir a diversos formatos, textos, imágenes, tablas, etc.
A su vez, también, se establecen distintos tipos de formatos de mapas partiendo de un Mapa Base el cual dependiendo de la Cobertura y los Peligros a ser incluidos ha de ser modificado estableciendo una simbología particular para ellos.
También se enumeran otras formas de información sobre amenazas múltiples, como las siguientes: Corte transversal de efectos, Fotografía de daños, Atlas de peligros, Plan para la reducción de peligros, Análisis de capacidad del terreno, Un solo evento con amenazas múltiples, Sistemas de información geográfica, entre otros **(OEA, 1993).**

Mas específicamente, y complementando lo anterior, la OEA (1991) en un documento anterior sobre "Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños", propone estrategias de mitigación de amenazas tanto en la planificación de desarrollo como en la formulación de proyectos, integrando estrategias de acuerdo a los sectores económicos. En el punto sobre las estrategias para amenazas específicas se tratan las amenazas geológicas, las cuales incluyen los terremotos, las erupciones volcánicas y los Tsunamis. Para el caso de los terremotos, se dice que una vez que se reconoce la propensión de un área a terremotos, es importante trazar mapas para delimitar las zonas de alta amenaza. Para algunos países latinoamericanos y del Caribe hay mapas de amenaza ya trazados, pero en general no son muy confiables o útiles para ingenieros, funcionarios del gobierno o planificadores para el diseño de obras específicas. Algunos proyectos nacionales y regionales han comenzado a incorporar avances científicos y tecnológicos en el trazado de mapas de amenazas sísmicas, con lo cual la calidad del trabajo ha mejorado bastante **(OEA, 1991)**. Esto es posible si se siguen los siguientes pasos, Identificación de fuentes sísmicas, Modelos de acontecimientos de terremotos, Determinar el movimiento de base, Modelar los efectos locales, Estimar la distribución de daños y Estimar la distribución de perdidas **(OPUS, 2005).**

La mayoría de los documentos coincide en un esquema básico de trabajo el cual parte, en términos generales, desde la determinación de los eventos que afectan el área de estudio, la recopilación de información, pasando por su representación y posterior análisis **(QUNITANILLA, 1995).**

En otros documentos ya se introducen etapas de mayor detalle, como es el caso del documento de "Zonificación de Amenazas Geológicas para los municipios del eje cafetero afectados por el sismo del 25 de Enero de 1999" **(SUBDIRECCION DE INGENIERIA GEOAMBIENTAL, 1999)** se realiza una caracterización del área para luego zonificarla en cuanto a fenómenos de movimientos, utilizando el mapa de amenaza sísmica, comparación de la que resultara una zonificación de aptitud indicativa del terreno para la reconstrucción y de áreas urbanas para la recuperación inmediata.

METODOLOGÍA.

Carácter de la Investigación.

Es importante dejar en claro que este documento no describe técnicas especificas de evaluación de amenazas geológicas, la mayor parte de las cuales esta mas allá de los limites técnico temporales y presupuestales para el desarrollo integrado, se presenta y discute la información existente que puede y debería ser usada durante las etapas preliminares de un estudio sobre Gestión **(OEA, 1993).**

Al definir la dimensión espacial de esta investigación, que corresponde a toda el área de Chile continental, que fue subdividido en 6 zonas metodológicas como ya se explico en el Área de Estudio, corresponde ahora determinar las variables que afectan esta dimensión y que se consideraran dentro de la investigación. Desde el punto de vista del corte metodológico a realizar para este documento se tiene que los principales eventos geológicos que serán considerados, como ya algo se menciono en la introducción, son las erupciones volcánicas y los movimientos sísmicos (los tsunamis son considerados como amenazas de origen sísmico ya que su principal fuente de origen para nuestro país son de esta), ya que estos son los que producen mayores daños y perdidas en el país, además son los que cuentan con mayor presencia en el territorio nacional (Fig.1) y de acuerdo a la recurrencia e impacto en la sociedad se agregaran las correspondientes amenazas derivadas, una clasificación simplificada de los eventos geológicos a tratar se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Eventos Geológicos principales que afectan a Chile y sus correspondientes amenazas originadas por estos mismos.

Table 1. Geological principal events that concern Chili and your corresponding threats originated by these themselves.

Eventos geológicos	Amenazas que causan	
Sismos	A. Sacudimiento del terreno.	
	B. Callamiento en superficie.	
	C. Remoción en masa, deslizamientos y licuefacción.	1. Avalanchas de roca.
		2. Flujos rápidos del suelo. (Remoción)
		3. Caídas de rocas.
	D. Tsunamis	
Erupciones Volcánicas	A. Caída de tefra y proyectiles balísticos.	
	B. Fenómenos piroclásticos.	
	C. Lahares (flujos de lodo) e inundaciones.	
	D. Flujos de lava y domos.	
	E. Gases venenosos.	

Fuente: OEA, 1993.

Para la elaboración de este documento se baso principalmente en la metodología propuesta por la ONEMI, en su Plan de Protección Civil, complementada en algunos casos con metodologías para casos específicos. De esta se utilizaran principalmente los puntos a, donde es recopilada toda la información que avalará los resultados del Diagnostico. En esta etapa se tomará conocimiento de la cantidad, frecuencia, intensidad, lugares, características de los eventos, génesis de las amenazas, etc. de la información disponible para los distintos eventos geológicos. Y b, siendo este punto reemplazado por una Investigación Bibliográfica debido a la escala en que se esta desarrollando la investigación (escala nacional subdividida en zonas: Norte Grande, Norte Chico, Centro, Sur, Patagonia Norte y Patagonia Sur) imposibilita una investigación empírica para toda la extensión nacional. Esta contendrá toda aquella información que se pueda obtener de fuentes secundarias y que tenga relación con la investigación, siendo la base de información para este, ya que se pretende recopilar la mayor cantidad de información lo mas actualizada posible, sobre la situación geológica de Chile; ya sean publicaciones, ensayos, estudios, papers, etc. Una vez obtenida esta información base y habiendo sido analizada se puede aplicar el punto d, es necesario destacar que como parte de los resultados a obtener, a parte de la información escrita se elaborarán cartografías analíticas y bases de datos para ambos eventos geológicos, estos servirán para la generación de resultados.

Luego de la generación del la primera parte investigativa es necesario tomar conocimiento de las diversas experiencias sobre gestión de riesgos geológicos que se han dado hasta este momento en distintos países, y mientras mas actualizadas sean, mayor pertinencia tendrán para efectos de este. Pero estas experiencias y documentos generados serán clasificados según las realidades internacionales y la realidad nacional, y de acuerdo a su pertinencia para el caso del país, o zonas de este, serán incluidas dentro de las sugerencias para la gestión de riesgos geológicos.

Una vez finalizada, toda la revisión bibliografica y de documentos se inicia la etapa de elaboración cartográfica, la cual se elabora en base a los datos históricos recopilados en la primera instancia investigativa. Cada cartografía es realizada en base a distintas tablas Excel con los datos históricos de cada evento geológico considerado

(información obtenida en la Oficina Nacional de Emergencia, ONEMI), estas tablas Excel son luego traspasada a un formato DB4 (Data Base 4). Este traspaso de formato es fundamental para el trabajo cartográfico ya que se utiliza el programa ArcGIS 9.2. Al tener la base de datos digitalizada y representada; se procede a la obtención de las imágenes satelitales desde el programa Google Earth las cuales serán georreferenaciadas a la División Político Administrativa (Instituto Geográfico Militar) del país con el huso WGS 1984 19S, estas imágenes serán utilizadas para contextualizar en el espacio la información digitalizada y así facilitar su análisis. Luego de cartografiar los eventos y sus correspondientes amenazas se realizara una cartografía de síntesis de estas amenazas que expondrá las amenazas a nivel de la zonificación propuesta para su análisis.

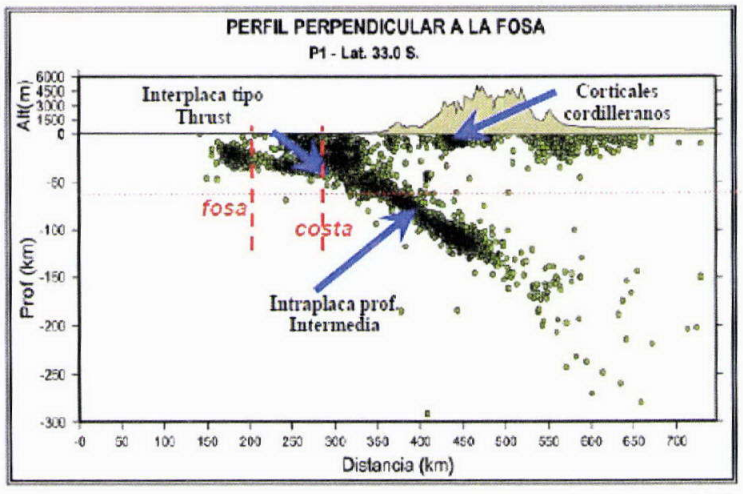
Las cartografías generadas corresponden a Sismos por Profundidad, para los cuales los parámetros utilizados para la representación de estos corresponden a la clasificación utilizada en Chile y descrita por Silva (2008) de la siguiente forma (ver Fig. 5):

- *Sismos tipo Thrust o Interplaca:*

Ocurren a lo largo del plano de contacto entre las placas tectónicas Sudamericana y la de Nazca, son sismos costeros, en general, aquellos de profundidad focal menor que 50 km. Pertenecen a este tipo de eventos, los terremotos de Valparaíso de 1906 y el de 1985. La mayor parte de los grandes sismos, corresponden a este tipo de eventos.

- *Sismos Intraplaca de Profundidad Intermedia*:
Aquellos sismos que ocurren al interior de la placa de Nazca, se denominan sismos Intraplaca. Se caracterizan por tener epicentros en el interior del continente, y registrar profundidades focales consideradas entre 50 km. y 300 km. Como ejemplo de este tipo de eventos, se mencionan terremotos como el de Talca de 1927, de Chillán de 1939, el de Santiago de 1945, La Ligua 1965 y Punitaqui de 1997.

- *Sismos Corticales Cordilleranos*:
Aquellos sismos que se producen al interior de la placa Sudamericana. Son sismos cordilleranos superficiales, situados en el frente precordillerano y cordillerano con distancias focales cercanas a 20 km. de profundidad. Un ejemplo de este tipo de eventos es el terremoto de Las Melosas ocurrido en 1958.



Fuente: Silva, 2008.

Fig. 5. Perfil de sismicidad, correspondiente a los 33° S. Se diferencian las fuentes sismogénicas presentes.

Fig. 5. Profile of seismicity, correspondent to the 33 ° S. The sources differ sismogénicas present.

También se generó cartografía de Sismos Destructores, donde se utilizaron las variables intensidad y magnitud clasificándolas de la siguiente forma:

- Magnitud:
Según el Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, se consideraran terremotos aquellos con una magnitud superior a 7,0 en la escala de Richter.

- Intensidad:
De acuerdo a la Norma Chilena Oficial (1985) la escala utilizada es la Mercalli Modificada (MM), en la cual a partir de los VI grados de intensidad se empiezan a manifestar los primeros daños producto de Sacudimiento de Terreno.
El cruce de estas 2 variables dio origen a la cartografía de Sismos Destructores para cada zona del país.

La cartografía de tsunamis se realizo en base a los registros de Servicio Hidrográfico de la Armada (SHOA) y los del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, lo cuales se compararon y se ajustaron quedando clasificados como Tsunamis aquellos que presentaron este fenómeno y las marejadas mas altas. Por otra parte el SHOA cuenta con cartografías sobre amenazas de Tsunami para las principales ciudades del país; Arica, Iquique, Tocopilla,

Antofagasta, Mejillones, Taltal, Chañaral, Caldera, Huasco, La Serena, Los Vilos, Papudo, Quintero, Valparaíso, Algarrobo, San Antonio, Constitución, Talcahuano, Penco-Lirquen, Tome, San Vicente, Coronel, Lebu, Corral, Ancud. Estas se incluyen en este documento pero no serán analizadas ya que no corresponde a la escala mínima de esta investigación (Anexo 5).

Para la cartografía de Volcanes y Centros Volcánicos Activos se cartografiaron todos los volcanes, activos e inactivos, y los puntos que presenten actividad derivada de esta, como géysers, termas, etc. Y se distinguieron los centros volcánicos activos, para determinar a un volcán como activo se utilizo el parámetro presentado por la OEA (1993) en su *Manual sobre manejo de peligros naturales en la planificación para el Desarrollo Regional Integrado,* donde establece que todos aquellos volcanes que hayan presentado actividad y/o hecho erupción dentro de los últimos 10.000 años se consideran como activos. De la misma forma la OEA (1991) lo reitera en el texto "Desastres, Planificación y Desarrollo Manejo de amenazas naturales para reducir daños".

Finalmente de acuerdo a los factores involucrados, las condiciones del terreno, etc. Se generara una cartografía de Síntesis de Amenazas sísmicas y otra cartografía de Síntesis de Amenazas Volcánicas, donde para la primera se utilizaran parámetros descritos mas adelante en los resultados y para la segunda se utilizaran los parámetro establecidos por a ONEMI en sus documentos del Programa de Formación Profesional en Protección Civil.

Una vez diagnosticada y caracterizada la situación de Chile en cuanto a las Amenazas geológicas se procede a la elaboración de la sugerencias correspondientes a cada zona de análisis, esperando que estas den el inicio a posteriores evaluaciones con una escala mucho mas detallada para así identificar mejor estas amenazas e incluso reconocer aquellas que por lo mayor de esta no han sido posibles de identificar en cuanto a las imágenes satelitales, geología, etc.

El punto c, en la Metodología de la ONEMI, se refiere a una participación mas ciudadana, pero de todas formas este documento integra un capitulo de discusión donde se platearan los temas relevantes generados aquí.

RESULTADOS.

EVENTOS SÍSMICOS.

Los eventos sísmicos están derivados directamente de la dinámica de la tectónica de placas, que ya se caracterizó para el país anteriormente, lo cual resulta en la identificación de zonas de mayor frecuencia de eventos sísmicos y otras de menor frecuencia. Estos eventos sísmicos traen consigo, asociadas, amenazas, las cuales debido a su origen se denominan amenazas sísmicas. Las principales amenazas sísmicas son temblores de tierra, fallas en la superficie y propensión a la licuefacción.

La sismicidad de Sudamérica ha sido identificada y medida, gracias a la tecnología, en la Fig. 6 es posible ver la representación de los sismos identificados en el decenio 1990-200 **(USGS, 2009)**, los que han sido representados y se les ha asociado a un color el cual indica su profundidad. Así es posible concluir q mientras mas interno en el continente se encuentre el epicentro del sismo mayor será la profundidad del mismo ya que a mas profundidad se encuentra la zona de roce de las placas tectónicas. Esto constituye una gran diferencia con los movimientos sísmicos producto del volcanismo ya que este tipo de movimientos son de tendencia más superficiales.

Además, de la profundidad de los sismos, resulta claro al ver la imagen que, luego de la Dorsal de Chile, la frecuencia de sismos para el periodo 1990- 2000 disminuye lo que se traduce en una menor actividad sísmica para las zonas de Patagonia Norte y Patagonia Sur (Ver Fig. 6).

Según el tamaño y su ubicación, un terremoto puede causar los fenómenos físicos de sacudimiento de terreno, ruptura en superficie de una falla, fallamiento del terreno y los tsunamis en algunas áreas costeras. Ocurren réplicas sísmicas más pequeñas después del evento principal, a veces durante varias horas, meses o aún años (Ver Fig. 6).

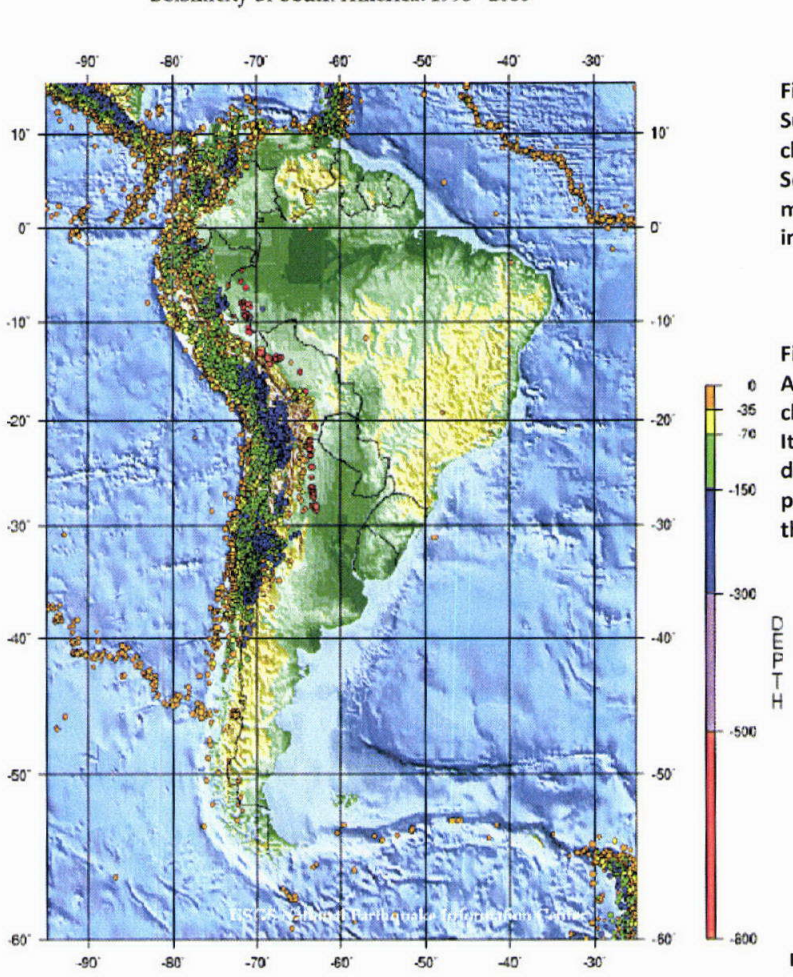


Fig. 6. Mapa de Sismicidad de Sudamérica entre 1990 – 2000, clasificación según profundidad. Se puede apreciar que los sismos más profundos se producen al internarse en el continente.

Fig. 6. Map of Seismicity of South America between 1990 - 2000, classification according to depth. It is possible to estimate that the deepest earthquakes are produced on having penetrated in the continent.

Fuente: USGS, 2009.

Lo anterior se puede evidenciar de forma mas clara al establecer una comparación entre zonas utilizando los Registros Históricos de sismos mayores de 7,0 Richter (considerados terremotos) entre 1570 al 2005 disponibles en la base de datos del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile (2009) (Fig. 7). De los cuales la mayoría de estos se concentra en la Zona Norte Grande presentando 44 de los sismos mas importantes. Las Zonas Norte Chico, Centro y Sur presentan una cantidad de terremotos a lo largo del periodo ya definido, y en relación a la situación geográfica, bastante homogénea entre ellos. Las Zonas de la Patagonia Norte y Patagonia Sur son las que notablemente presentan menos casos de terremotos, lo que se encuentra en concordancia en relación al Mapa de Sismicidad de Sudamérica (Fig. 6).

Por la diferencia de frecuencia de sismos, anteriormente señalada, en el país es que resulta adecuado hacer un análisis zonal de la situación de estos sismos, para ello se recurre a la Zonificación Metodológica propuesta donde la unidad mínima de análisis se compondrá estas 6 Zonas Geográficas (Norte Grande, Norte Chico, Centro, Sur, Patagonia Norte, Patagonia Sur).

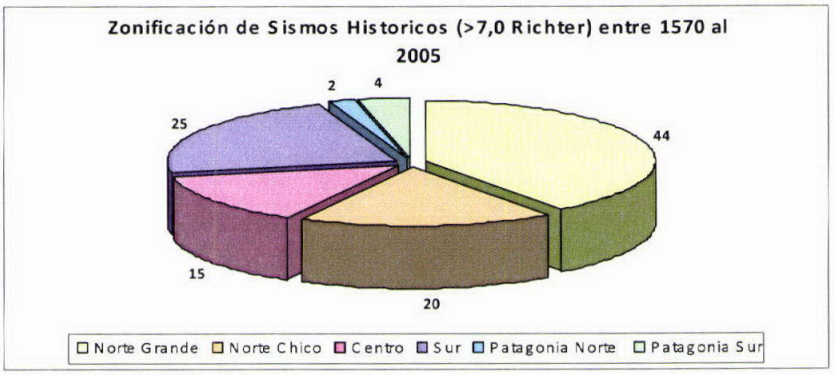


Fig. 7. Grafico de Zonificación de los Registros Históricos de Sismos mayores de 7,0 Richter entre 1570 y 2005.

Fig. 7. Graph of Zoning of the Historical Records of major Earthquakes of 7,0 Richter between 1570 and 2005.

Fuente: Elaboración propia.

Además, se realizara la clasificación utilizada en Chile, correspondiente a la que usa el Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, donde serán clasificados en 3 tipos: Sismos Corticales Cordilleranos, Sismos tipo Thrust o Interplaca y Sismos Intraplaca de Profundidad intermedia. Esta clasificación es mucho más útil que una clasificación común de profundidad ya que permite hacer una relación entre el tipo de sismo (de acuerdo a su profundidad) y los efectos que este puede tener en el territorio generando distintas amenazas. En las siguientes cartografías se han considerado todos los sismos detectados por los instrumentos de Servicio Sismológico, a diferencia del grafico de la Fig. 7 donde solo se consideran los sismos superiores a 7,0 Richter, considerados como terremotos por el Servicio Sismológico.

Para la Zona del Norte Grande (ver Fig. 8) se aprecia una gran cantidad de sismos, los cuales al ser clasificados dan como resultado un claro predominio de los Sismos de Tipo Thrust (rojo), los cuales se ubican en la franja litoral de esta zona, estos sismos son lo que generalmente provocan la amenaza tsunamigénica en el país, de hecho es apreciable una concentración de este tipo de sismos cerca de la ciudad de Antofagasta lo cual se debe al fuerte sismo de 1995 en este mismo sector, fenómeno que provoco un tsunami. También predominan los Sismos de tipo Intraplaca de Profundidad Intermedia (amarillo). La casi ausencia de Sismos Corticales Cordilleranos (verdes) se puede traducir en la poca actividad de los volcanes para el periodo ya señalado.

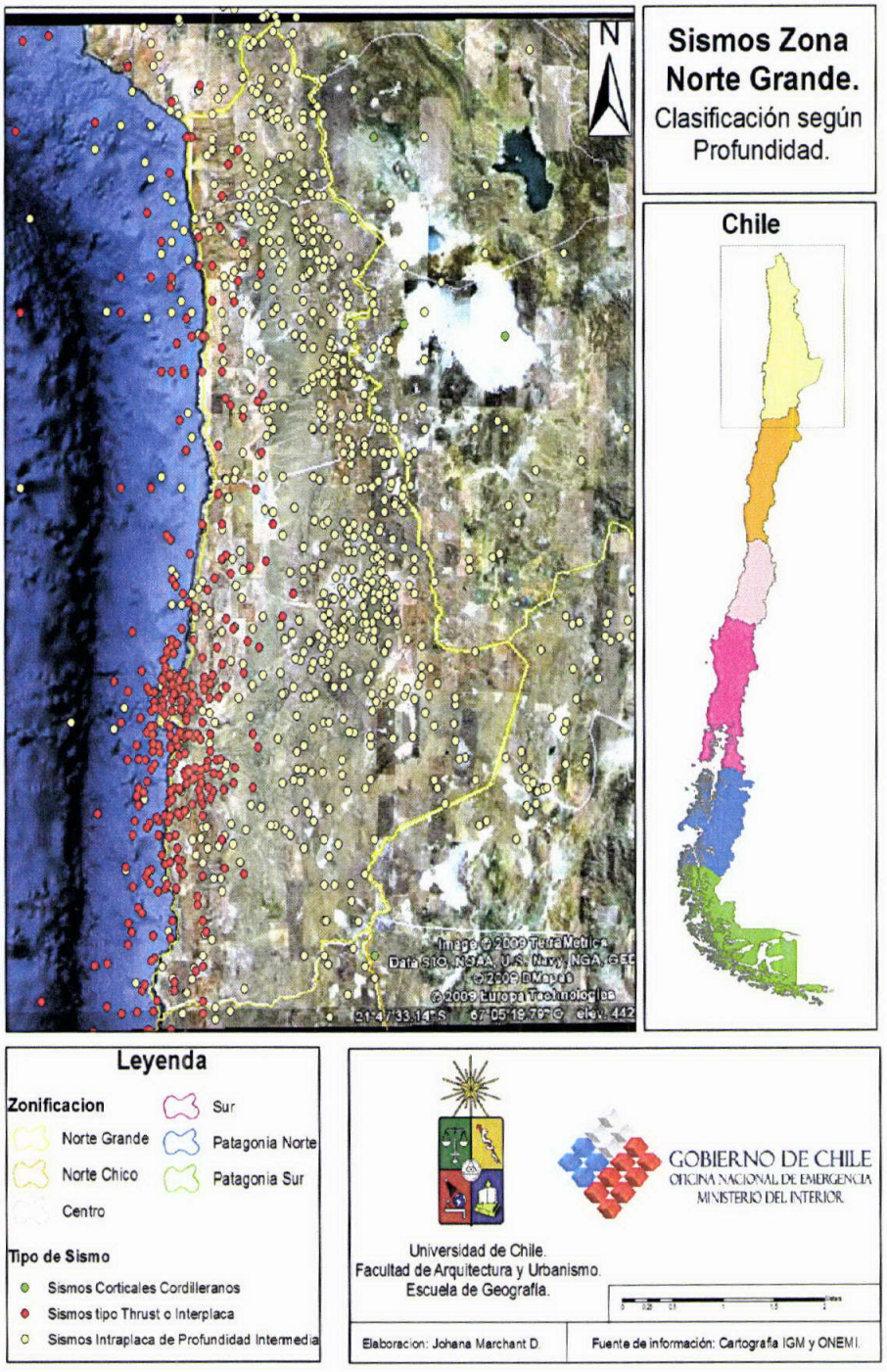


Fig. 8. Mapa de Sismos Zona Norte Grande. Clasificación según Profundidad.

Fig. 8. Map of Earthquakes Big North Zone. Classification according to Depth.

La zona Norte Chico (Fig. 9) mantiene la tendencia que se presenta en la zona Norte Grande, a diferencia de que la presencia de los Sismos de tipo Thrust (rojo) no están aglomerados en un solo sector de forma tan notoria como en la zona anterior, sino que se encuentran repartidos de forma mas uniforme en el territorio. La presencia de Sismos de tipo Intraplaca de Profundidad Intermedia (amarillo) es mucho menor y más cercana, en el espacio, a los Sismos tipo Thrust. Comienza a aumentar la presencia de Sismos Corticales Cordilleranos (verdes), sobre todo si nos referimos a la parte sur de esta zona.

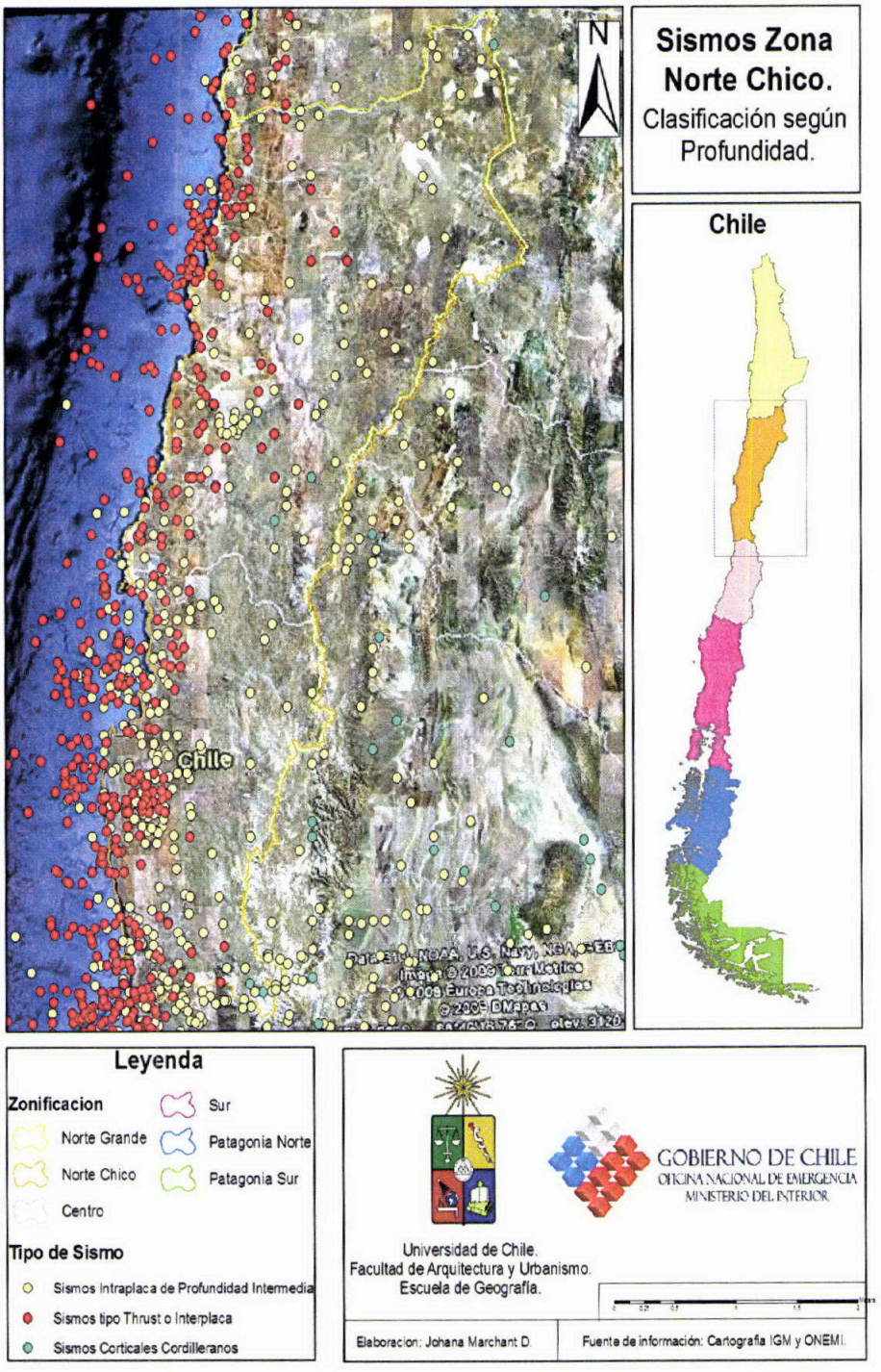


Fig. 8. Mapa de Sismos Zona Norte Chico. Clasificación según Profundidad.

Fig. 8. Map of Earthquakes Small North Zone. Classification according to Depth.

En la zona Centro (Fig. 10) aparece una fuerte concentración de Sismos de tipo Thrust (rojo) en la parte norte de la zona, principalmente en las costas de la Región de Valparaíso, también derivado de un evento sismogénico producido dentro de los, poco mas de 500 años de los que contiene el Registro Histórico. Los Sismos de tipo Intraplaca de Profundidad Intermedia (amarillo) se encuentran dispersos de forma homogénea en la zona, con una pequeña tendencia a la concentración en las regiones de Valparaíso y Metropolitana. Destaca la aparición de una mayor cantidad de Sismos Corticales Cordilleranos (verdes).

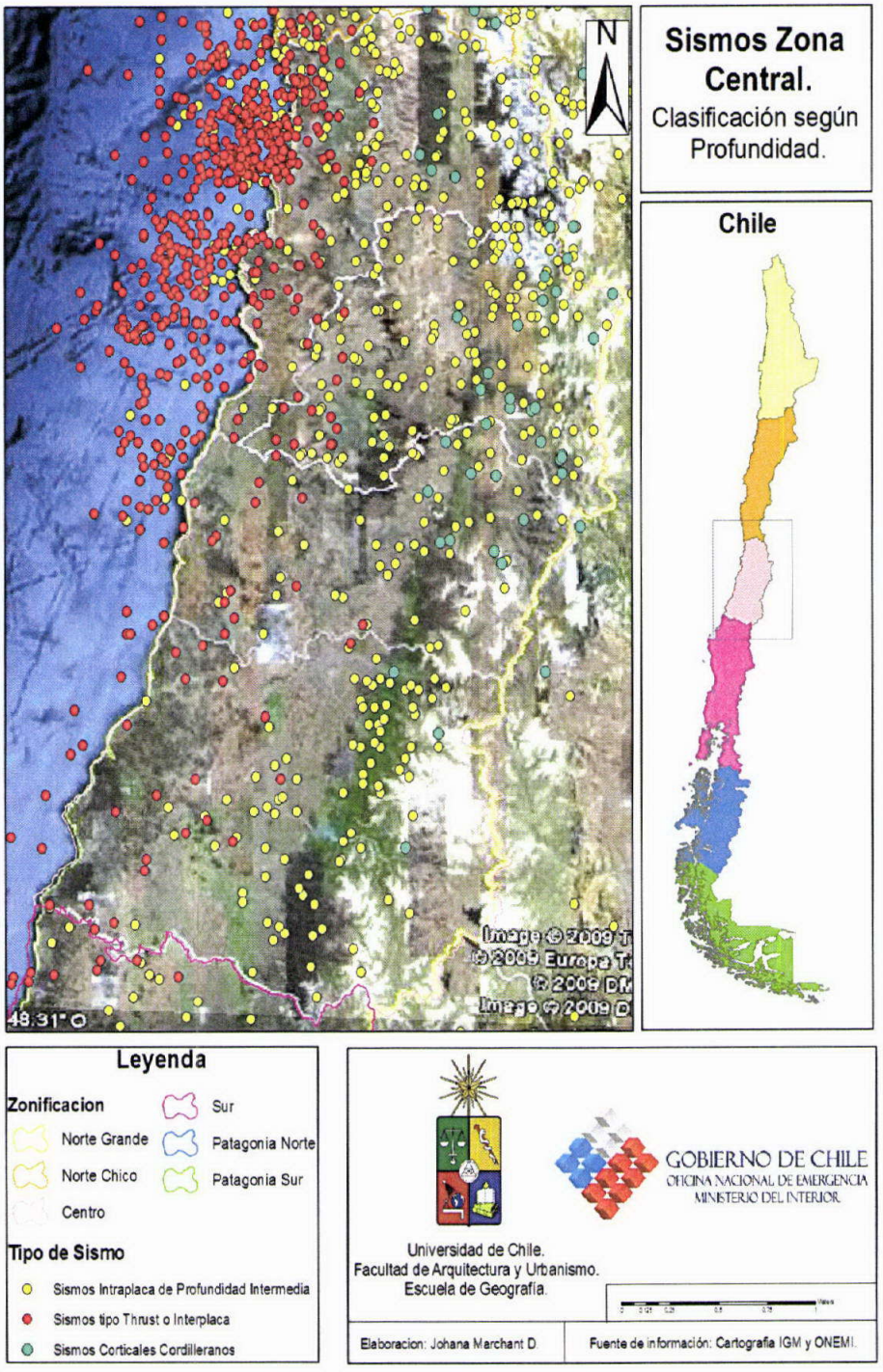


Fig. 10. Mapa de Sismos Zona Centro. Clasificación según Profundidad.

Fig. 10. Map of Earthquakes Central Zone. Classification according to Depth.

En la zona Sur (Fig. 11) también se aprecian concentraciones de los Sismos de tipo Thrust (rojo) debido a los acontecimientos geológicos producidos para el año 1960 en esta zona. La presencia de los Sismos de tipo Intraplaca de Profundidad Intermedia (amarillo) se ve bastante mas disminuida en comparación a la zona Centro (disminuyendo de norte a sur). La presencia de Sismos Corticales Cordilleranos (verdes) si bien no aumente, se homogeniza en el territorio, indicando una posible mayor actividad en esta zona, lo cual no es posible de aseverar

aun debido a que estos registros tienen un periodo de 500 años.

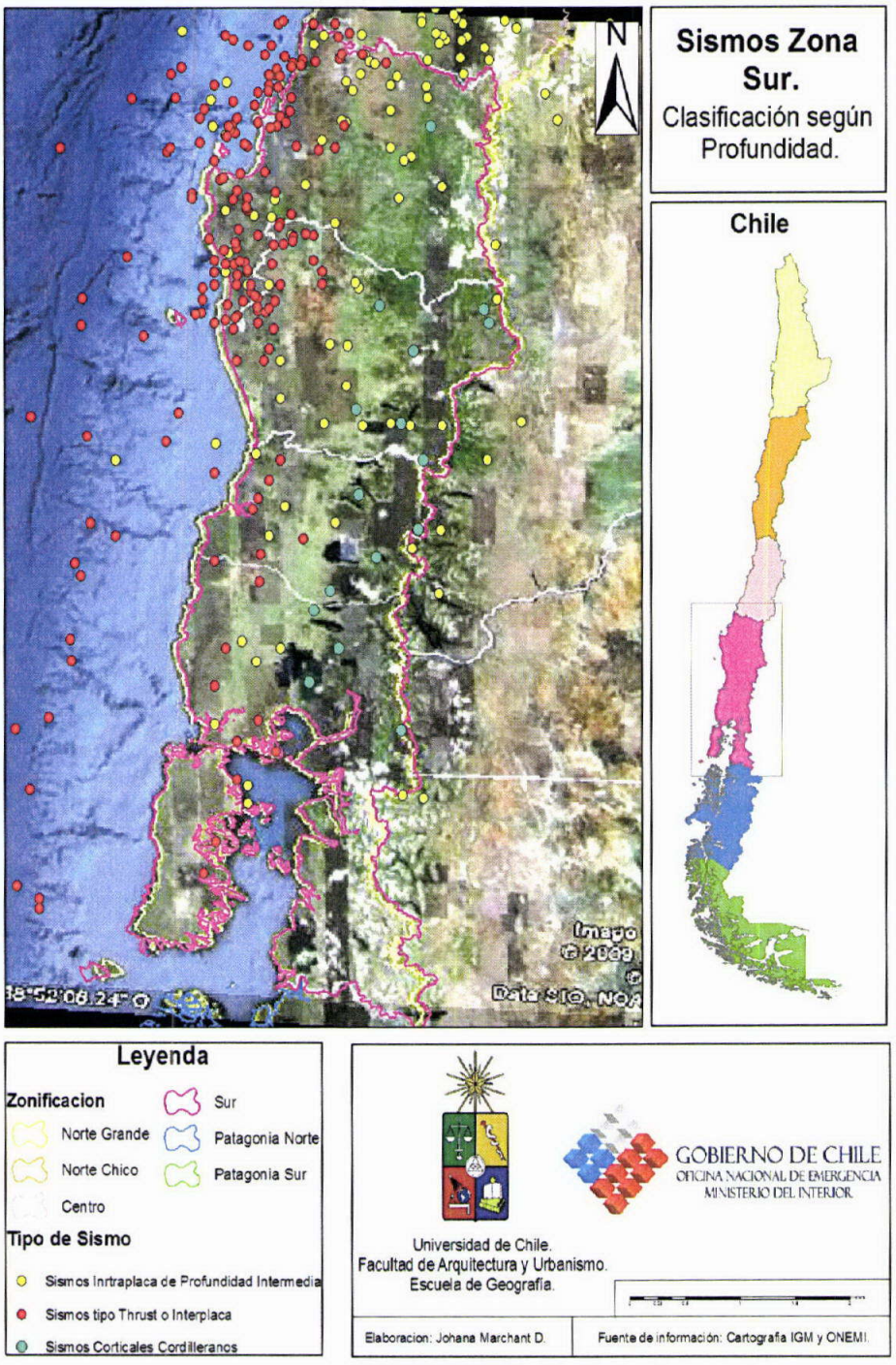


Fig. 11. Mapa de Sismo Zona Sur. Clasificación según Profundidad.

Fig. 11. Map of Earthquakes South Zone. Classification according to Depth.

En cuanto a la zona Patagonia Norte (Fig. 12) se observa claramente la disminución de eventos sísmicos que se puede ver en el grafico de la Fig. 7, la menor velocidad de subducción de la placa Antártica bajo la Sudamericana se traduce en una ausencia de Sismos de tipo Thrust (rojo) y de Sismos de tipo Intraplaca de Profundidad Intermedia (amarillo). El poco roce entre placas también se traduce en una baja actividad de Sismos Corticales Cordilleranos

(verdes) ya que la actividad magmática se encuentra un principio de este documento. relacionada al movimiento de las placas, como se señalo en

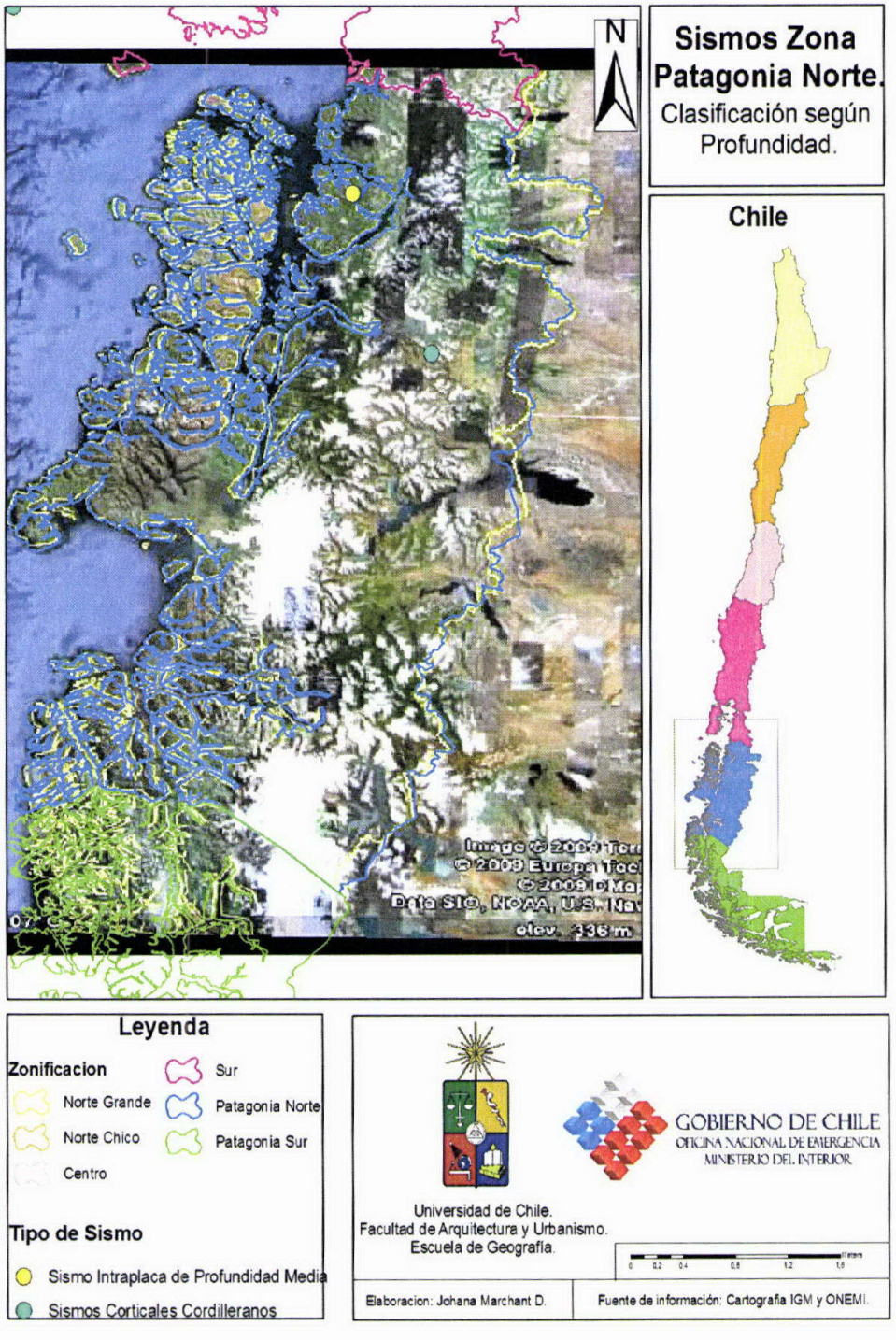


Fig. 12. Mapa de Sismo Zona Patagonia Norte. Clasificación según Profundidad.

Fig. 12. Map of Earthquakes North Patagonia Zone. Classification according to Depth.

Finalmente la zona Patagonia Sur (Fig. 13) repite el fenómeno de la Patagonia Norte, auque existe un leve aumento de los sismos presentados en esta zona y con una mayor variedad de tipos de sismos, ya que esta presenta un número similar de las tres clasificaciones de profundidad de los sismos, los cuales se encuentran repartidos de forma homogénea en el territorio, no destacándose ninguna zona de actividad por sobre otra. Aún así, esta zona también se caracteriza por su baja actividad sísmica (en comparación a las cuatro primeras zonas que se han analizado brevemente).

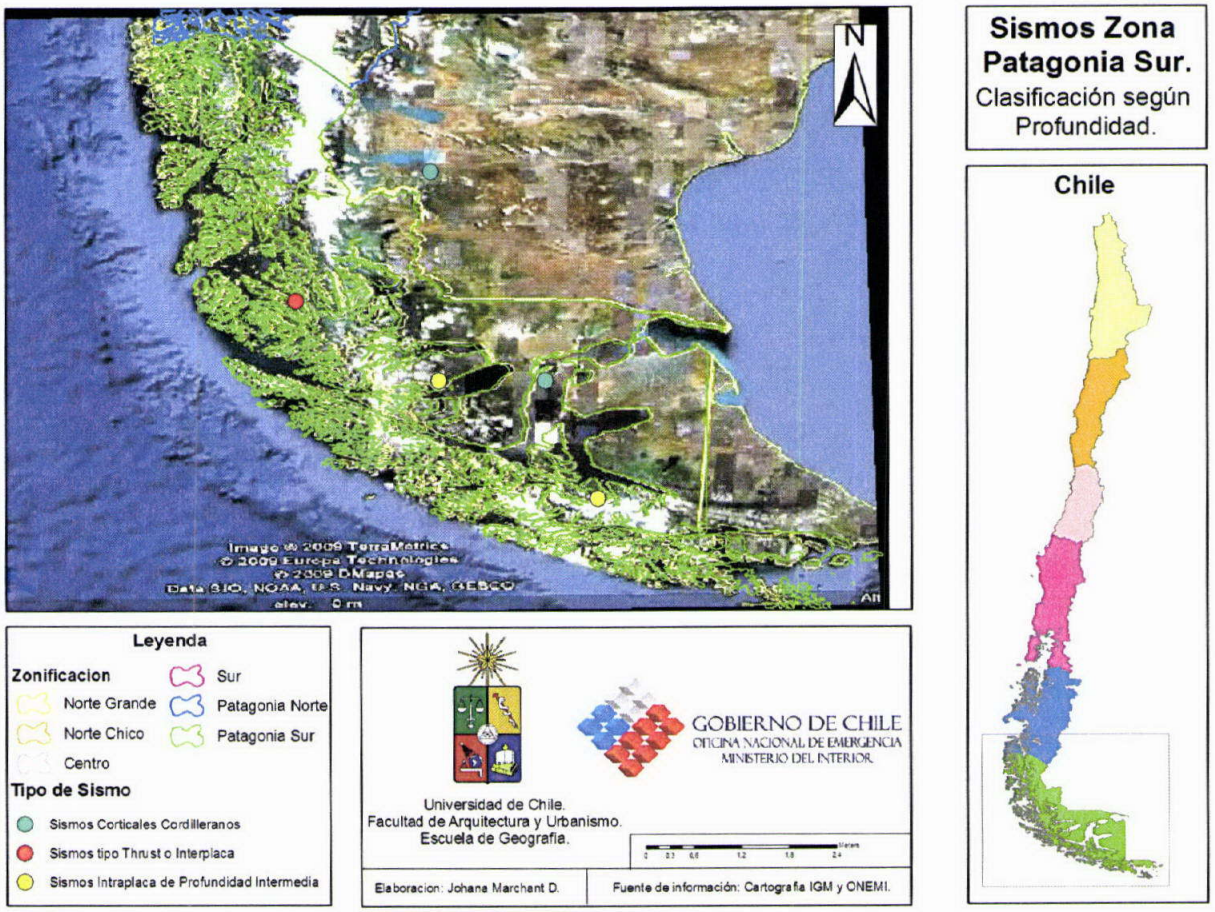


Fig. 13. Mapa de Sismo Zona Patagonia Sur. Clasificación según Profundidad.

Fig. 13. Map of Earthquakes South Patagonia Zone. Classification according to Depth.

Amenazas símicas.

A. Sacudimientos del terreno.

Este corresponde a la causa principal del colapso parcial o total de las estructuras, es la vibración del terreno excitado por las ondas sísmicas durante un terremoto.

Existen cuatro tipos de onda sísmica principales que se propagan a través del interior o sobre la superficie de la tierra, a diferentes velocidades; llegan a un lugar determinado en diferentes momentos y hacen vibrar las estructuras de manera diferente, de ellas las mas destructoras son las ondas de corte, denominadas ondas S, que causan que la tierra se mueva a ángulo recto de la dirección de propagación de la onda y que las estructuras vibren de lado a lado. Por otra parte están las ondas de superficie de baja frecuencia, cuya velocidad de propagación es menor, usualmente detectadas a mayores distancias del epicentro, y que causan la oscilación más lenta de estructuras y también olas en embalses de agua **(OEA., 1993)**. A no ser que la estructura sea diseñada y

construida para resistir todas estas vibraciones, el sacudimiento del terreno puede causar graves daños.

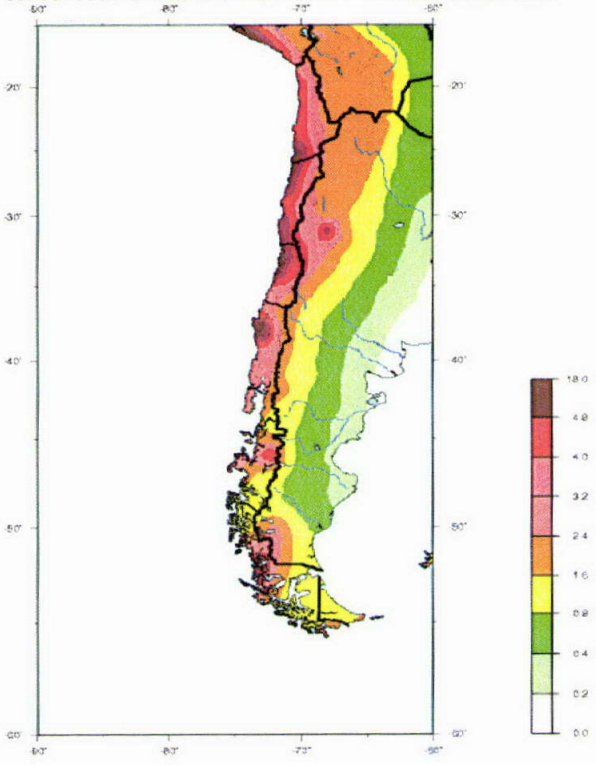
Según lo propuesto por la OEA (1991) esta amenaza se caracteriza por cuatro parámetros principales que influyen sobre el daño que puede ser causado debido a un terremoto: magnitud, atenuación, duración y respuesta de sitio. Un quinto parámetro, el potencial de fallamiento del terreno (o sea la propensión de un lugar a la licuefacción o a deslizamientos) es tratado por separado, más adelante en esta sección. Estos factores están también relacionados con la distancia del lugar afectado hasta el epicentro del sismo **(OEA., 1993).**

- Severidad o tamaño del terremoto:
Esta se puede medir de dos formas: por intensidad o por magnitud. La intensidad se mide con varias escalas, comúnmente la mas usada en el hemisferio occidental es la escala Mercalli Modificada (MM) de I a XII, con la cual la intensidad es evaluada subjetivamente en base a la descripción de los daños. La escala Richter, que mide magnitud, es la que más frecuentemente utilizada para dar a conocer el tamaño de un terremoto. Es más fácil determinar magnitud que intensidad, pues es un parámetro que registran los instrumentos sísmicos, aunque presenta algunas dificultades. Mientras un terremoto puede tener una sola magnitud, las intensidades varían de acuerdo a los efectos en las diferentes comunidades y a diferentes distancias del epicentro. Así, dos sismos con la misma magnitud Richter, pueden tener intensidades máximas muy diferentes en diferentes lugares.

- Atenuación:
La atenuación es la disminución en la fuerza de la onda sísmica a medida que se aleja del hipocentro. La atenuación depende del tipo de material y estructuras a través de los cuales se propaga la onda (es decir el medio de transmisión) y de la magnitud del terremoto.

- Duración:
Período de tiempo durante el cual el movimiento del terreno, en un determinado lugar, exhibe ciertas características tales como sacudimiento violento, o durante el cual se excede un nivel específico de aceleración medido como un porcentaje de la gravedad. Los terremotos más grandes son de mayor duración que los pequeños. Esta característica, así como la del sacudimiento más violento, explica el mayor daño causado por los sismos más grandes.

- Respuesta de sitio:
Reacción de un punto específico sobre la tierra al sacudimiento del terreno. Esto también incluye el potencial de falla del terreno, a su vez dependiente de las propiedades físicas de los suelos y roca, la profundidad de la capa del suelo, contenido de humedad y la naturaleza de la formación geológica subyacente -material no consolidado o roca firme- son todos factores relevantes.



Fuente: Shedlock *et al.* 1996.

Fig. 14. Mapa de Amenaza Sísmica de Chile, distribuido en las 6 zonas geográficas. Se aprecian las zonas susceptibles a un sacudimiento de terreno mayor en colores más oscuros.

Fig. 14. Map of Seismic Threat of Chile, distributed in 6 geographical zones. They appreciate the capable zones to a shaking of major area in darker colors.

De acuerdo a los parámetros anteriores y la frecuencia sísmica presentada por el país, es que se ha confeccionado un Mapa de Amenaza Sísmica para Chile (Fig. 14) el cual representa en si, los sectores donde cualquiera de los peligros identificados y/o derivados del evento geológico correspondiente han de ser más fuertes y severos. Esto se traduce en sectores donde cualquiera de las amenazas sísmicas se puede presentar dependiendo de los factores que las favorezcan.

Este Mapa de Amenaza Sísmica (Fig. 14) esta en directa relación con las amenazas por sacudimiento de terreno, ya que expresa la velocidad máxima que puede alcanzar en un periodo de 50 años. Este mapa fue realizado gracias a una compilación de diversos estudios sobre estudios regionales que usaron diferentes métodos de análisis probabilístico de peligro, por lo tanto los resultados esperados son algo

heterogéneos. Sin embargo, los contrastes entre los niveles de peligro se pueden identificar a lo largo del país **(KIE, H *et al.* 2005)**.

B. Fallamiento en superficie.

El fallamiento en superficie es el desplazamiento o la ruptura de la superficie del terreno debido a un movimiento diferencial a lo largo de una falla durante un terremoto. Este efecto está generalmente asociado con magnitudes Richter de 5.5 o mayores en el área epicentral, y está restringido a determinadas áreas propensas a los terremotos. Los desplazamientos del terreno van desde unos pocos milímetros hasta varios metros y generalmente el daño aumenta con el mayor desplazamiento **(OEA., 1993)**.

La manera más efectiva para limitar daños es evitar la construcción en la vecindad inmediata de las fallas activas. Donde esto no sea posible, podrían ser consideradas algunas medidas de mitigación tales como la instalación de tuberías sobre el terreno o el uso de conexiones flexibles. Esto se discute en detalle más adelante en esta sección.

C. Remociones, Deslizamientos y Licuefacción.

- Remociones y Deslizamientos inducidos por sismos.
Los deslizamientos ocurren en una gran variedad de formas. Estos son inducidos por los terremotos pero que también pueden ser iniciados por otros mecanismos. Los terremotos no sólo pueden iniciar los deslizamientos; también pueden causar que el terreno sufra licuefacción en determinadas áreas. Ambas formas de falla del terreno son potencialmente catastróficas.

Los deslizamientos inducidos por sismos ocurren bajo una amplia gama de condiciones: en terrenos con pendiente pronunciada o prácticamente planos; en roca firme, sedimentos no consolidados, relleno y acumulaciones de residuos de minas; bajo condiciones secas o muy húmedas. Los criterios principales para clasificar los deslizamientos son los tipos de movimiento y tipos de material. Los tipos de movimiento de deslizamientos que pueden ocurrir son deslizamientos, esparcimiento, flujos o una combinación de estos. Los materiales se clasifican como suelos de roca firme y de ingeniería, siendo estos últimos subdivididos en derrubio (una mezcla de diferentes tamaños de partículas) y tierra (tamaños de partículas finas) **(Campbell, 1984 *en* OEA, 1993)**. El contenido de humedad también puede ser considerado como un criterio para la clasificación: algunos deslizamientos inducidos por los sismos pueden ocurrir sólo bajo condiciones muy húmedas. Algunos tipos de fallas de flujo, agrupados como fenómenos de licuefacción, ocurren en material no consolidado, virtualmente sin contenido de arcilla. Otras fallas de deslizamientos y flujos son causadas por el resbalamiento sobre una capa húmeda o por arcillas de intersticio que sirven de lubricante. Además del sacudimiento sísmico, los mecanismos desencadenantes pueden incluir las erupciones volcánicas, tormentas severas, rápido deshielo, elevación de aguas subterráneas, socavamiento debido a erosión o excavación, vibraciones del terreno inducidas por el ser humano, sobrecarga debido a construcciones y ciertos fenómenos químicos en sedimentos no consolidados **(AYALA-CARCEDO *et al.* 2002)**.

La Tabla 2 contiene una clasificación simplificada de los deslizamientos inducidos de los deslizamientos inducidos por sismos que indican los tipos más dañinos o más comunes. Esta, proporciona información sobre el modo de ocurrencia: bajo qué circunstancias se puede esperar que ocurra cada tipo y sus factores causales, incluyendo el sismo más pequeño que puede producir ese tipo de deslizamiento y los mecanismos desencadenantes más comunes. La frecuencia de ocurrencia de deslizamientos inducidos por sismos está relacionada primariamente con la magnitud del terremoto y de las réplicas pero también con las condiciones geológicas locales. La escala de frecuencia que aquí se usa está basada en un estudio de deslizamientos asociados con 40 terremotos históricos.

Las avalanchas de roca, caída de rocas, flujos de lodo, y flujos rápidos de terreno (licuefacción) son responsables de más del 90 por ciento de las muertes causadas por deslizamientos inducidos por sismos.

TABLA 2: Clasificación de los principales deslizamientos inducidos por terremotos indicando daños producidos (*).
(*) Daño histórico causado por deslizamientos relacionados con sismos.
TABLE 2: Classification of the principal slides induced by earthquakes indicating produced damages (*).
(*) Historical damage caused by slides related to earthquakes.

	Tipo de material y contenido de humedad		
	Roca firme	Suelo de ingeniería (tierra y derrubios)	
Tipo de movimiento	Seco a húmedo	Seco a húmedo	Muy húmedo
Caídas	CAIDA DE ROCAS	Caída de terreno	
Deslizamientos	Derrumbes de rocas	DERRUMBE DE TERRENO	
	Deslizamiento de rocas	Deslizamiento de bloques de tierra	
		Deslizamiento de escombros	
Esparcimiento lateral		ESPARCIMIENTO LATERAL DEL TERRENO	
Flujos		Flujos de arena seca	FLUJOS DE LODO
		Flujos de loess	Flujos de derrubio
			FLUJO RAPIDO DEL TERRENO
			Flujo del terreno (Deslizamiento del terreno)
Complejo	AVALANCHA DE ROCA, De ligeramente a muy húmedo		

Muchas víctimas y grandes pérdidas económicas.
Moderadas víctimas y pérdidas económicas.
Pocas víctimas y pérdidas económicas menores.

Fuente: Elaboración propia en base a OEA, 1993.

1- Avalanchas de roca:

Las avalanchas de roca se originan en pendientes sobre-pronunciadas en rocas débiles. No son comunes pero pueden ser catastróficas cuando ocurren. La avalancha del Huascarán. Perú, que se originó con el desprendimiento de una pared del glacial, con roca y hielo causada por el terremoto de 1970, fue responsable de la muerte de aproximadamente 20.000 personas en la ciudad de Yungay.

2- Caídas de rocas:

Las caídas de rocas ocurren más comúnmente en los materiales no compactados o débilmente cementados en pendientes mayores de 40 grados. Mientras que las caídas individuales de roca causan relativamente pocas muertes y daños limitados, cuando caen colectivamente se encuentran entre los peligros importantes inducidos por sismos, porque son muy frecuentes.

3- Flujos (Remoción):

Los flujos de lodo son terrenos húmedos que se trasladan rápidamente y que pueden ser iniciados por el sacudimiento de un terremoto o por una fuerte tempestad de lluvia. El término se usa de diversas maneras. En este capítulo, "flujos de lodo" se usa para designar al fenómeno asociado con el sacudimiento sísmico. Los deslizamientos bajo agua, también clasificados como flujos de lodo, pueden ocurrir en las márgenes de grandes deltas donde están ubicadas comúnmente las instalaciones portuarias. El término "flujo de lodo", conforme a la práctica común, se usa como sinónimo de un "lahar", un fenómeno asociado con los volcanes **(OEA, 1993).**

- Licuefacción

Ciertos tipos de esparcimientos y flujos son designados como fenómenos de licuefacción. El sacudimiento del terreno puede causar que los depósitos de suelos sin arcilla pierdan su resistencia temporalmente y se comporten como un líquido viscoso más que como un sólido. En condición de licuefacción ocurre la deformación del suelo con muy poca resistencia a las fuerzas de corte. Una deformación suficientemente grande como para causar daños a obras construidas (usualmente un desplazamiento de unos diez centímetros) se considera como falla del terreno **(AYALA-CARCEDO *et al.* 2002).**

La ocurrencia de licuefacción está restringida a ciertos ambientes geológicos e hidrológicos, principalmente en áreas con arenas recientemente depositadas y limos (usualmente con menos de 10.000 años de antigüedad) y con niveles altos de las aguas subterráneas. Es más común donde la napa freática está a una profundidad de menos de diez metros en los deltas del Holoceno, canales de río, áreas de depósito de llanuras de inundación, material eólico y rellenos pobremente compactados **(OEA, 1993).**

Además de lo anterior, la licuefacción de los suelos esta fuertemente influenciada por las intensidades sísmicas que se presenten en la zona. En la Tabla 3 se puede apreciar una serie de localidades donde se seleccionan las máximas

intensidades sísmicas y se relacionan con la presencia o ausencia de fenómenos de Deslizamientos y Licuefacción más significativos.

TABLA 3: Distribución de las máximas intensidades sísmicas, licuefacción de suelos y deslizamientos significativos en Chile.

TABLE 3: Distribution of the maximum seismic intensities, liquefaction of soils and significant slides in Chile.

Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica						A - Licuefacción de suelos B - Deslizamientos Significativos
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Tarapacá		x	x	x			B
Antofagasta	x	x	x				
Atacama	x	x	x	x	L		
Coquimbo		x	x	x			
Aconcagua		x	x	x	x		
Valparaíso		x	x	x	L		
Santiago		x	x	x	L		B
Colchagua	x	x	x				
O'Higgins	x	x	x				
Curicó	x	x	x				
Maule			x	x	L		
Talca	x	x	x	x			
Linares	x	x	x	x			
Nuble	x	x	x	x	L		
Bío Bío	x	x	x				
Concepción			x	x			
Arauco			x				A, B
Malleco	x	x	x		L		
Cautín	x	x	x				A. B
Valdivia	x	x	x		L		A, B
Osorno	x	x	x				B
Llanquihue	x	x	x		L		A, B
Chiloé	x	x	x				
Aysén	x						
Magallanes	x	x					

Leyenda:

X = Valor del contorno que cubre toda o parte del área.

L = Intensidad localizada observada mayor que los valores del contorno

Fuente: Elaboración propia en base a OEA, 1993.

Los dos tipos de licuefacción más importantes son los flujos rápidos del terreno y el esparcimiento lateral del terreno.

- *Flujos rápidos del terreno:*

Son el tipo de licuefacción más catastrófico. Grandes masas del suelo se pueden mover desde unas decenas de metros hasta varios kilómetros. Estos flujos usualmente ocurren en arenas flojas saturadas o limos en pendientes de unos pocos grados; sin embargo pueden acarrear grandes piedras que pesen cientos de toneladas.

- *Esparcimiento lateral del terreno:*

El movimiento de bloques de superficie debido a la licuefacción de las capas subterráneas usualmente ocurre en pendientes suaves (hasta 3 grados). El movimiento es usualmente de pocos metros, pero también puede ser de decenas de metros. Estas fallas del terreno quiebran los cimientos, rompen las tuberías, y comprimen o deforman las estructuras de ingeniería. Los daños pueden ser serios, con desplazamientos del orden de uno o dos metros.

Las amenazas de Remociones en masa, Deslizamientos y Licuefacción abarcan una gran gama de otras amenazas derivadas de estas. La OEA (1993) ha creado una tabla de resumen para estos fenómenos, dando a conocer causalidades y características generales de cada uno de las amenazas derivadas, todas estas siempre en relación a los movimientos sísmicos pero cada una con variables distintas a aplicar, ya sea pendiente, geología o relieve (ver Tabla 4).

TABLA 4: Características de los principales deslizamientos inducidos por terremotos.
TABLE 4: Characteristics of the principal slides induced by earthquakes.

Características generales			Modo de ocurrencia Factores causativos				
Tipo de deslizamiento y grado de daño	Frecuencia de Ocurrencia	Velocidad	Formas de tierra y ambiente geológico	Material padre	Humedad	Terremoto pequeño (densidad)	Actividades comunes y comentarios[d]
OCURRE EN PENDIENTES MUY PRONUNCIADAS A SUAVE							
1. Avalancha de rocas	4	Extremadamente rápido	Pendientes pronunciadas a muy escarpadas	Material coluvial no discriminado	Húmedo a muy húmedo	6	Sacudimiento sísmico, erupción volcánica, fuerte precipitación.
2. Deslizamiento de derrubios (avalancha de derrubios)	1	Extremadamente rápido a rápido	Pendientes pronunciadas muy pronunciadas	Material coluvial	Húmedo a seco	4	Sacudimiento sísmico, erupción volcánica, fuerte precipitación.
3. Flujo de derrubios (avalancha de derrubios)	2	Extremadamente rápido a rápido	Pendientes pronunciadas a moderadamente pronunciadas	Material coluvial	Muy húmedo a húmedo	NA	Sacudimiento sísmico, erupción volcánica, fuerte precipitación.
4. Flujo de lodo	NA	Extremadamente rápido a rápido	Pendientes pronunciadas a suaves	Material coluvial aluvial	Muy húmedo	NA	Sacudimiento sísmico, derrumbes en materiales saturados, deslizamientos en o debajo del agua
5. Derrumbe de rocas	3	Lento a rápido	Pendientes pronunciadas a moderadamente pronunciadas	Roca firme no consolidada a pobremente consolidada	Ligeramente húmedo a húmedo	6	Elevación de agua subterráneas socavamiento/sobrecarga
6. Desprendimiento del terreno	2	Lento a rápido húmedo	Pendientes pronunciadas a moderadamente pronunciadas,	Depósitos no consolidados	Ligeramente húmedo a sobrecarga	4,5	Elevación de agua subterránea socavamiento/avecessuaves
7. Flujo de terreno (o deslizamiento de lodo)	3	Rápido a lento	Pendientes pronunciadas a moderadamente pronunciadas,	Material no consolidado arcilloso	Ligeramente húmedo a veces suaves	5	Elevación de agua subterránea socavamiento/ sobrecarga
8. Flujo rapido del terreno (incluyendo flujos de arena húmeda y de limos)	3	Extremadamente rápido a rápido	Pendientes suaves	Arcilla, limo y arena no consolidada	Muy húmedo a húmedo	5	Sismo u otro filón dinámico; cambios en la química instersticial del agua
OCURRE EN PARALELO A LAS DISCONTINUIDADES GEOLOGICAS							
9. Deslizamiento de roca	1	Extremadamente rápido a moderada	Inclinación pronunciada a muy pronunciada	Roca firme no consolidada	Húmedo a seco moderado	4	Sacudimiento sísmico; elevación del agua subterránea: escarcha/acción de raíces
10. Deslizamiento de bloques de terreno	2	Extremadamente rápido a rápido	Inclinación suave, moderada o pronunciada	Material no consolidado	Húmedo a seco	4,5	Elevación de agua subterránea; socavamiento/ sobrecarga
11. Deslizamiento de bloques de roca	4	Extremadamente rápido a rápido	Inclinación suave, moderada o pronunciada	Roca firme consolidada	Húmedo a seco	5	Elevación de agua subterránea socavamiento/ sobrecarga
12. Esparcimiento lateral del terreno	2	Extremadamente rápido a rápido	Inclinación plana a suave	Material no consolidado	Húmedo a ligeramente húmedo	5	Sacudimiento sísmico; socavamiento/sobrecarga
OCURRE EN RELIEVE LOCAL PRONUNCIADO							
13. Caida de rocas	1	Extremadamente rápido a lento	Muy pronunciado a acantilados verticales	Roca firme consolidada	Ligeramente húmedo a seco	4	Sacudimiento sísmico; socavamiento/sobrecarga
14. Caída de terreno	5	Extremadamente rápido a lento	Caras de precipicios	Depósitos no consolidados	Ligeramente húmedo a seco	4	Sacudimiento sísmico; socavamiento/sobrecarga
15. Flujo de arena seca	5	Extremadamente rápido a rápido	Relieve local muy pronunciado a pronunciado	Depósitos no consolidados	Seco	NA	Sacudimiento sísmico; socavamiento/sobrecarga
16. Flujo de loess	5	Extremadamente rápido a rápido	Relieve local muy pronunciado a pronunciado	Depósitos no consolidados	Seco	NA	Sacudimiento sísmico; socavamiento/sobrecarga

Grado de daño por tipo de deslizamiento

Gran daño por deslizamiento producidos por sismos
Moderado daño por deslizamiento producidos por sismos
Poco daño por deslizamiento producidos por sismos

Escala de Frecuencia (en 40 terremotos)

1 Muy abundante (>100.000 deslizamientos)
2 Abundante (10.000 deslizamientos)
3 Moderadamente comunes (1.000 a 10.000 deslizamientos)
4 No comunes (100 a 1.000 deslizamientos)
5 Raros (<100 deslizamientos)
N.A Datos no disponibles

Fuente: Elaboración propia en base a OEA, 1993.

Los fenómenos de Remociones, Deslizamientos y Licuefacción se tratan desde el punto de vista sismológico, como fuente causal, debido a ello es que se ha hecho una selección de los registros históricos con el fin de crear una cartografía que integre los Sismos Destructores, sismos con una intensidad mayor a los VI Mercalli (grado donde se comienza a producir los daños en las estructuras) y con una magnitud mayor a 7.0 Richter (grado sobre el cual se comienza a considerar como terremoto al sismo).

Los Sismos Destructores son desastres de origen natural que han azotado al país recurrentemente a través de su historia, los cuales generan daño y destrucción de los asentamientos humanos, edificaciones, estructuras,

puentes, vías elevadas, etc. Algunos terremotos han alcanzado proporciones de gran catástrofe, teniendo como resultado miles de victimas y viviendas destruidas (ver Anexo 2) **(ONEMI, 1997 [1]).**

También hay que considerar que uno de los mayores efectos que puede provocar un sismo de características destructivas es la generación de un tsunami, que afectara en forma directa a los asentamientos humanos localizados en zonas costeras. Esta situación se ha dado decenas de veces en la historia de Chile, especialmente el provocado por el terremoto de Valdivia el 22 de mayo de 1960 **(ONEMI, 1997 [1]).**

Por lo anterior es que los sismos destructores importan tanto ya que además de generar, en ocasiones tsunamis, también son detonadores de amenazas de remociones, deslizamientos y licuefacciones. De acuerdo a los puntos anteriores la representación de estos sismos en la zonificación de estudio nos arroja los siguientes resultados comparativos.

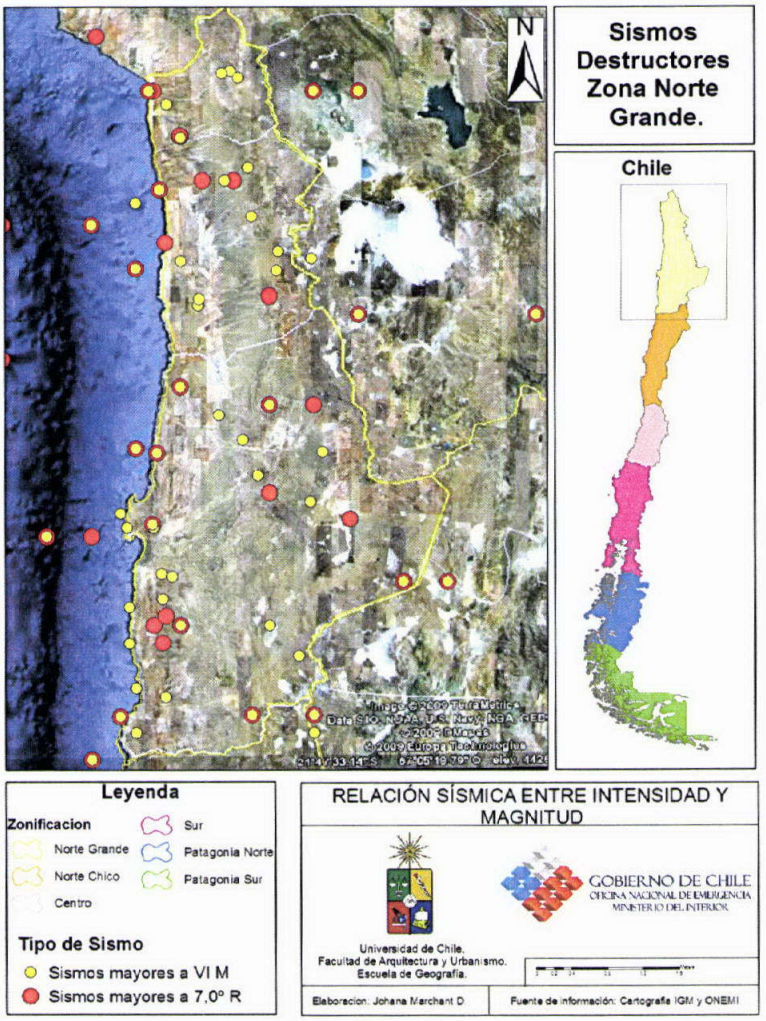


Fig. 15. Mapa de Sismos destructores de la Zona Norte Grande. Se hace una relación entre Intensidad y Magnitud de los sismos históricos.

Fig. 15. Map of destructive Earthquakes of the Big North Zone. A relation is done between Intensity and Magnitude of the historical earthquakes.

En la zona Norte Grande (ver Fig. 15) se tiene la presencia de una importante cantidad de sismos destructores (aquellos que combinan en un mismo evento sísmico una intensidad y magnitud superior o igual a los parámetros establecidos). Principalmente los más dañinos se encuentran cerca de la costa, debido a que la profundidad de estos es menor en aquellos sectores, este factor es importantísimo, sobre todo en la zona del Norte Grande, ya que las zonas pobladas más densas se encuentran en estos lugares, lo cual aumenta de forma significativa la amenaza presente por estos eventos.

Considerando el cuadro de resumen propuesto por la OEA (Tabla 4) de acuerdo al modo de ocurrencia de estas

amenazas y las características de la zona Norte Grande se tiene que, a grandes rasgos, se vera amenazada en sus sectores mas vulnerables por: Deslizamiento de derrubios; Deslizamientos de rocas, bloques de terreno y bloques de roca; Caídas de roca y terreno; Flujos de arena seca y loess.

Esta consideración se encuentra basada solo producto de movimientos sísmicos ya que el factor climático puede alterar alguno de estos resultados, alterando el contenido de humedad en el suelo, lo cual provocaría otros efectos en este.

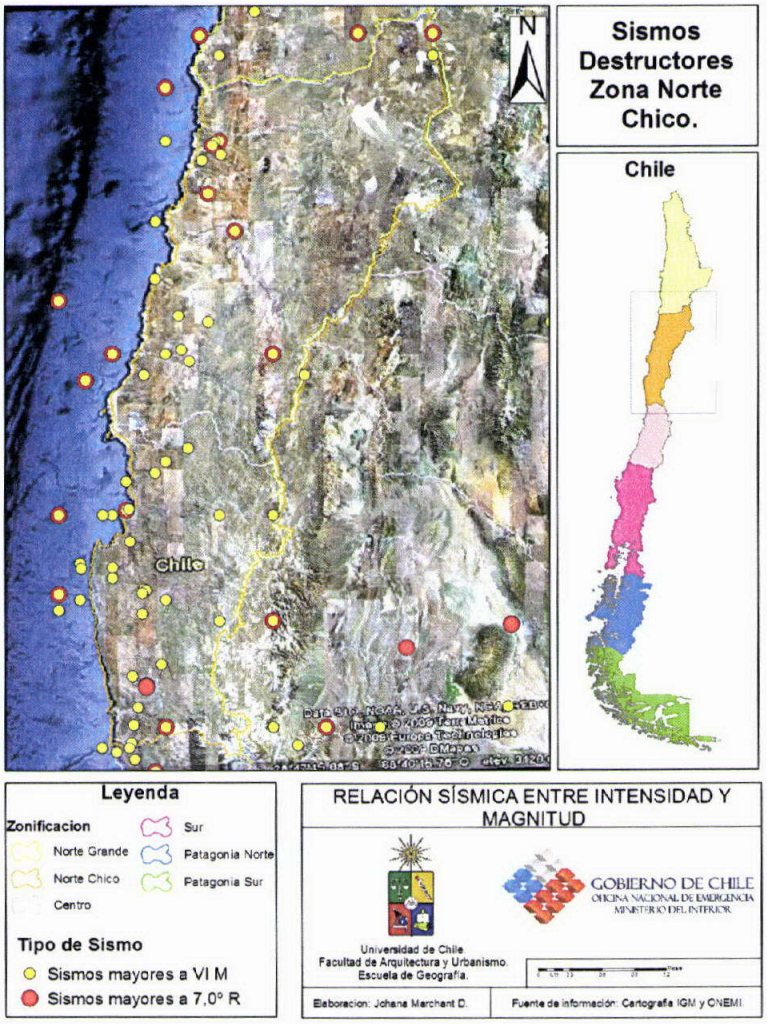


Fig. 16. Mapa de Sismos destructores de la Zona Norte Chico. Se hace una relación entre Intensidad y Magnitud de los sismos históricos.

Fig. 16. Map of destructive Earthquakes of the Small North Zone. A relation is done between Intensity and Magnitude of the historical earthquakes.

En la zona del Norte Chico (ver Fig. 16) es posible encontrar una cantidad de sismos con intensidades superiores a VI Mercalli mucho mayor que aquellos sismos de magnitud superior a 7.0 Richter. En cuanto al evento sísmico como amenaza desde el punto de vista de las Remociones, Deslizamientos y licuefacciones se puede decir que los sectores mas amenazados siguen siendo aquellos ubicados cerca del litoral, pero esta vez la razón radica en que a aglomeración de sismos con intensidades mayores a VI M se encuentran en estos sectores, ya que en esta zona los asentamientos humanos se encuentran mas dispersos en el territorio en comparación a la zona del Norte Grande.

Desde el punto de vista del cuadro de resumen de deslizamientos, de la OEA (Tabla 4) amenazas que están relacionadas a esta zona son las mismas que afectan a la zona Norte Grande, al considerar la variable climática el contenido de humedad de los suelos aumenta un poco mas que en pleno desierto, por lo cual fenómenos como el Derrumbe de rocas y el Desprendimiento del terreno, comienzan a presentarse.

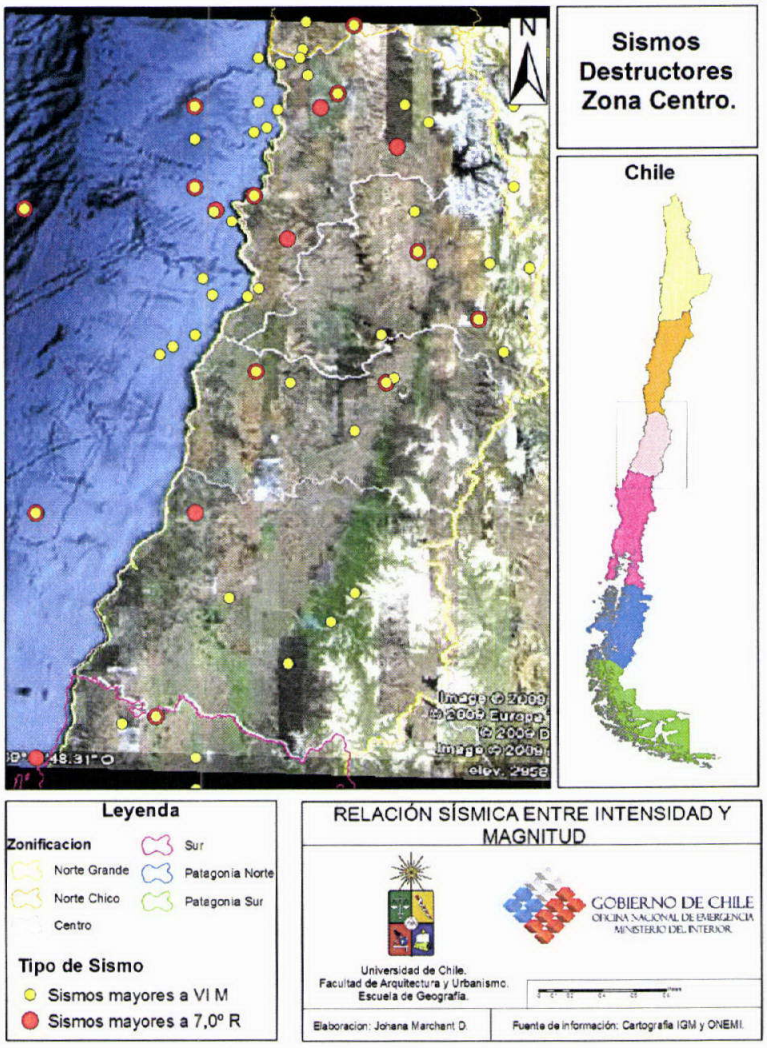


Fig. 17. Mapa de Sismos destructores de la Zona Centro. Se hace una relación entre Intensidad y Magnitud de los sismos históricos.

Fig. 17. Map of destructive Earthquakes of the Central Zone. A relation is done between Intensity and Magnitude of the historical earthquakes.

Los Sismos Destructores de la zona Centro (ver Fig. 17) son, en proporción, menores en cantidad a los de las dos zonas anteriores, además, se observa que estos se encuentran mayormente ubicados al norte de la zona Centro.

Mas que tener precaución en los espacios donde se conglomeran estos sismos, según la teoría de la Brecha Sísmica es de mayor importancia poner atención a aquellos espacios donde no se han presentado este tipo de fenómenos ya q se supone una acumulación de energía producto del movimiento de placas.

En cuanto a los Deslizamientos, Remociones y licuefacción (Tabla 4) es importante decir que a medida que nos acercamos más al sur la cantidad de humedad de los suelos va agregando nuevas amenazas de este tipo. Adema el clima en estos sectores deja de ser solo seco para tornarse también mas lluvioso lo que influye en estos movimientos.

Con relación a lo anterior, es importante que se ponga atención a sectores donde la pendiente es mayor, como pie de montes, valles encajonados, y todo tipo de lugar con pendiente y/o cercano a quebradas.

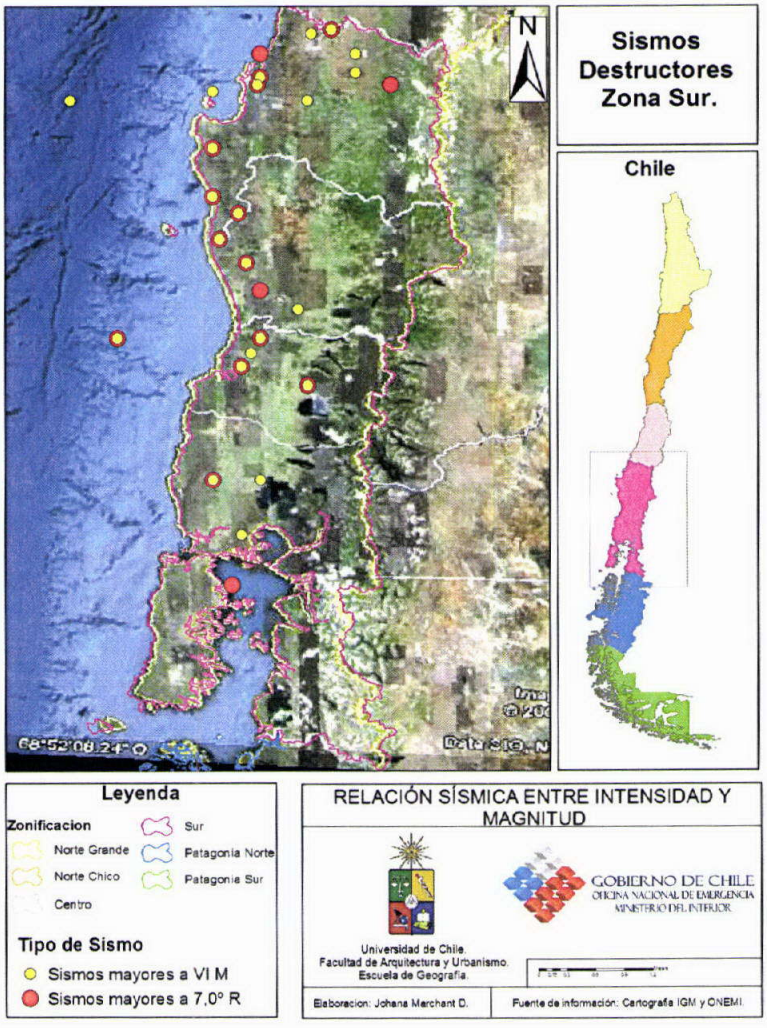


Fig. 18. Mapa de Sismos destructores de la Zona Sur. Se hace una relación entre Intensidad y Magnitud de los sismos históricos.

Fig. 18. Map of destructive Earthquakes of the South Zone. A relation is done between Intensity and Magnitude of the historical earthquakes.

En la zona Sur (Fig. 18) se aprecia que los fenómenos sísmicos destructores se concentran cercanos al litoral, presumiéndose de que se tratan de eventos de poca profundidad. Lo que se condice con los fenómenos históricos de tsunamis presentes en la zona.

En cuanto a los Deslizamientos, Remociones y Licuefacción se tiene que el relieve de esta zona si bien cuenta con menos sectores de pendientes estas no dejan de ser importantes, la conformación de los suelos es importante también ya que al ser un sector mucho más húmedo se aumenta la presencia de texturas y fracciones de suelo más finas. Por lo mismo, al combinarse tantos factores que propician el desarrollo de estas amenazas (geológicos, climáticos, hídricos, etc.) aumenta la presencia y recurrencia de estas; este fenómeno se ve potenciado por el aumento considerable de las precipitaciones. De hecho, en la revisión bibliográfica es posible notar que para esta zona existe una mayor cantidad se publicaciones que hacen referencia a estas amenazas producto de fenómenos climáticos mas que a movimientos sísmicos, lo que revela que estos la presencia de estas amenazas se produce mayoritariamente por esta causa. Aun así no hay que desconocer que la probabilidad de ocurrencia de estas amenazas producto de un sismo o, peor aun, producto de ambas causas es una fuente potencial de considerable riesgo.

En sectores más cordilleranos de esta zona la historia ha enseñado que los fenómenos que más su recurrencia y peligrosidad son los fenómenos volcánicos.

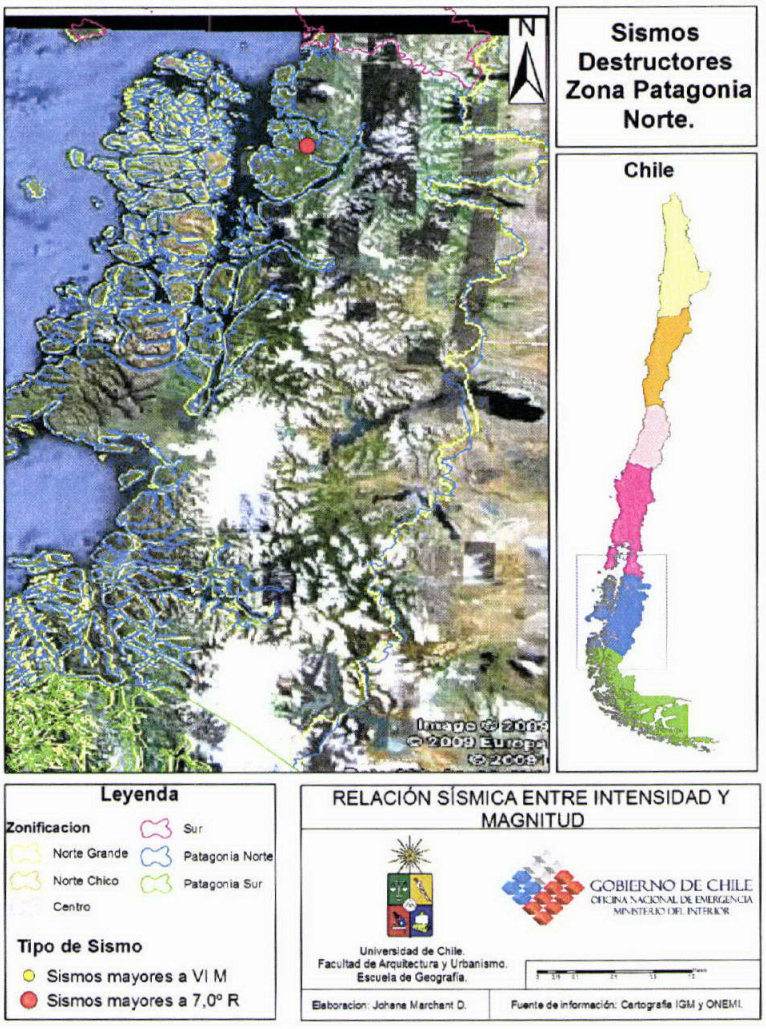


Fig. 19. Mapa de Sismos destructores de la Zona Patagonia Norte. Se hace una relación entre Intensidad y Magnitud de los sismos históricos.

Fig. 19. Map of destructive Earthquakes of the North Patagonia Zone. A relation is done between Intensity and Magnitude of the historical earthquakes.

En esta zona (ver Fig. 19) resulta evidente la disminución de eventos sísmicos en proporción a las otras cuatro zonas anteriores, mas aun como sismos destructores solo figura un evento producido cerca del volcán Mentolat.

Esta zona cuenta con pocos estudios y publicaciones sobre todos los temas tratados, debido a que la población que se encuentra en estos lugares es muy reducida, por lo cual no hay grandes cantidades de población vulnerable a alguna amenaza, según el Censo del año 2002 esta es la región menos poblada del país, concentrándose mas del 50 % de la población en la comuna de Coyhaique con 50.041 habitantes.

Si bien la geografía del lugar hace que existan regiones con un constante peligro y una mayor exposición del territorio a amenazas tsunamigénicas, estos no sean mayormente estudiados ya que son considerados como fenómenos de la naturaleza al no haber vulnerabilidades aparentes.

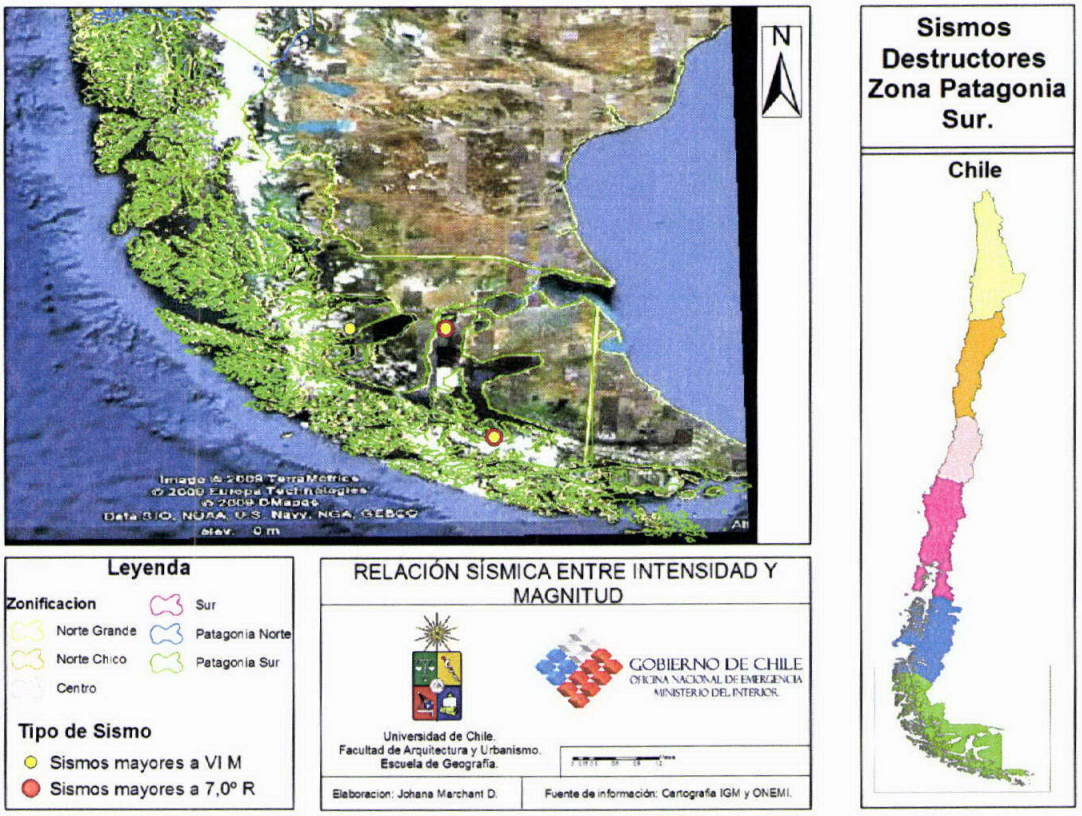


Fig. 19. Mapa de Sismos destructores de la Zona Patagonia Norte. Se hace una relación entre Intensidad y Magnitud de los sismos históricos.

Fig. 19. Map of destructive Earthquakes of the North Patagonia Zone. A relation is done between Intensity and Magnitude of the historical earthquakes.

Finalmente la zona de Patagonia Sur (Fig 19) presenta una situación similar a la zona de Patagonia Norte en cuanto a actividad sísmica y presencia de sismos destructores. Probablemente la presencia de la placa Escocesa en la Tierra del Fuego dinamice la presencia de sismos y la presencia de estos cerca de sus límites naturales.

Resulta poco apropiado para zonas como esta y la Patagonia Norte hacer estudios a esta escala, debido a que los asentamientos humanos se encuentran concentrados y localizados en puntos definidos, además que la cantidad de población es considerablemente menor que en el resto del país. Para estos casos resulta más adecuado tratar las amenazas por localidad ya que así es posible atacar a la causa o fuente desde el origen, sin gastar recursos extras.

Sin desconocer la situación anterior es que en esta zona, con respecto a los deslizamientos, remociones y licuefacción, es también bastante propensa a que estas amenazas se den. Al igual que en la zona anterior, la geografía de la zona favorece este tipo de amenazas, debido a que en su mayoría son paisajes con relieves bastante escarpados producto del retroceso de los glaciares, generando así sedimentos y la formas del paisaje que se conocen como fiordos.

La cantidad de precipitaciones que cae en esta zona también es un activo agente erosivo que genera sedimentos que se encuentran sueltos, los que de algún momento a otro pueden convertirse en flujos de rocas o deslizamientos de todo tipo. Resulta extraño encontrar materia del tipo arenoso en estos sectores por lo cual los Flujos de arena seca no son parte de este tipo de lugares (al igual que en la zona anterior).
Haciendo referencia a estas amenazas desde el punto de vista causal solo de los sismos se tiene que:

- Afortunadamente la mayoría de las amenazas presentadas por Deslizamientos, Remoción y

licuefacción generan poco o moderado daño por deslizamientos producidos por sismos.
- La velocidad con que estos se desarrollan generalmente es extremadamente rápido, lo cual disminuye la capacidad de reacción de la población ante estos.
- La frecuencia de ocurrencia de estos fenómenos generalmente es moderada a no común, existiendo solo algunos pocos que se presentan de forma abundante pero estos corresponde a fenómenos poco o moderadamente dañinos.
- Dependiendo de las condiciones del suelo es que la magnitud mínima para que estos fenómenos se presenten es 4 grados Richter.
- Casi todos los fenómenos se presentan en pendientes, como mínimo, pronunciadas.
- La mayoría del material base presente para que estos fenómenos sucedan es material no consolidado.

Por lo anterior, resulta evidente decir que en sectores con mayores pendientes y montañosos (y las desembocadura de estos, como es el caso de los pie de monte) de Chile son aquellos que están más propensos a evidenciar este tipo de amenazas. Zonas litorales, bancos de arenas y dunas entre otros también se encuentran dentro de los sectores amenazados, sobre todo por la posible presencia de la licuefacción. Las precipitaciones e hidrografía de las diversas zonas, son otros factores que contribuyen a aumentar el nivel de amenaza.

Hay que entender que estos fenómenos se dan por distintas causas, pero que al comprenderlas por separado se puede lograr una mejor dimensión sobre estas.

D. Tsunamis.

Los tsunamis son olas en el agua u olas sísmicas marinas, causadas por un movimiento súbito a gran escala del fondo marino, debido generalmente a terremotos y, en ocasiones muy raras, a deslizamientos, erupciones volcánicas o explosiones hechas por el hombre.

Los tsunamis, no reaccionan como los otros peligros sísmicos ya que estos causar daños serios a miles de kilómetros de las fallas causativas. Una vez generados, en mar abierto son casi imperceptibles, estos pueden viajar con velocidades hasta 900km/hr, las olas se pueden distanciar hasta 500km. A medida que las olas se acercan a aguas de poca profundidad, la velocidad del tsunami disminuye y la energía se transforma en altura de ola que a veces alcanza alturas de hasta 25m; pero el intervalo de tiempo entre olas sucesivas permanece sin cambio y es generalmente de entre 20 y 40 minutos. Cuando los tsunamis se aproximan a la línea de costa, el mar suele retraerse a niveles mucho más bajos que la marea baja y luego crece como una ola gigante **(OEA. 1993).**

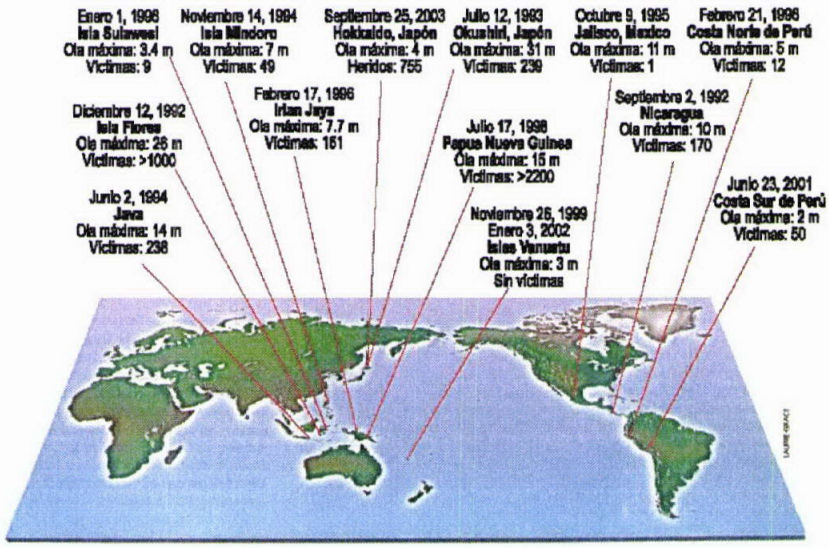


Fig. 21. Tsunamis producidos en la cuenca del Océano Pacifico, entre 1992 y 2001.

Fig. 21. Tsunamis produced in the basin of the Ocean Pacific Ocean, between 1992 and 2001.

Fuente: Ilustre Municipalidad de Papudo, 2003.

En América Latina constituyen una amenaza significativa en la costa oeste sudamericana, donde cada sismo mar adentro de magnitud mayor a 7.5 puede generar tsunamis (ver Fig. 21). Aun en las zonas donde los tsunamis imponen una amenaza significativa, las medidas de mitigación sólo son factibles en centros altamente urbanizados. La construcción de paredes protectoras a lo largo de costas bajas, la plantación de franjas de árboles entre la orilla y las zonas construidas y la zonificación restrictiva son medidas útiles hasta cierto punto, pero la mejor defensa contra esta amenaza son los sistemas de alerta y evacuación **(OEA. 1991).**

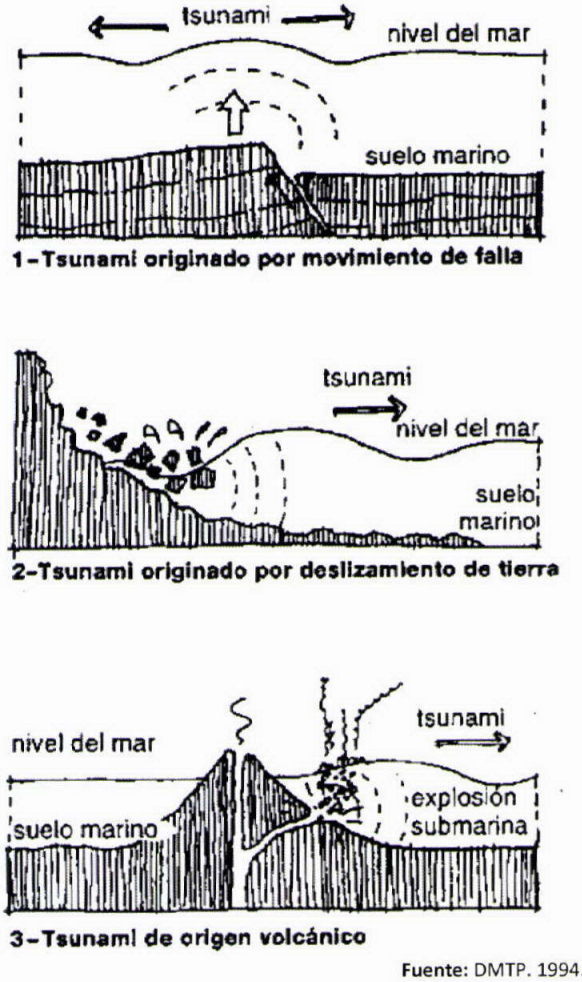
Fenómenos causales

Los movimientos geológicos que causan los tsunamis se producen de tres formas principales. La más común de estas es el movimiento de la falla en el suelo marino, acompañado de un terremoto. Una falla se define como una zona aplanada de fragilidad que atraviesa la costra de la tierra. Decir que un terremoto causa un tsunami no es completamente correcto. Más bien, los terremotos y los tsunamis son el resultado de movimientos de la falla **(DMTP. 1994).**

Probablemente los deslizamientos de tierra son la segunda causa más común de los tsunamis, ya sea cuando ocurren debajo del agua o cuando se originan sobre el mar y enseguida se sumergen en el agua. Los tsunamis más altos de los cuales se tiene conocimiento fueron producidos por un deslizamiento de tierra en Lituya Bay, Alaska, en 1958. El deslizamiento de una roca maciza produjo una ola que alcanzó una altura del agua de más de 500 metros sobre la costa **(DMTP. 1994).**

La tercera causa mayor de los tsunamis es la actividad volcánica. La falda de un volcán, localizada cerca de la costa o debajo del agua, puede elevarse o hundirse en una acción similar a la de una falla. O, el volcán simplemente hace explosión. En 1983, la explosión del famoso volcán Krakatoa en Indonesia, produjo tsunamis de 40 metros de altura afectando a Java y Sumatra. Más de 36.000 personas perdieron la vida como resultado de los tsunamis del Krakatoa **(DMTP. 1994).**

Aunque los tsunamis causados por deslizamientos de tierra y actividad volcánica pueden causar gran destrucción cerca de sus orígenes, tienen relativamente poca energía, su tamaño disminuye rápidamente y son casi desapercibidos a grandes distancias. Los tsunamis gigantes capaces de cruzar océanos son casi siempre creados por fallas submarinas asociadas con terremotos.



Fuente: DMTP. 1994.

Fig. 22. Esquema de las tres principales causas generadoras de Tsunamis.

Fig. 22. Scheme of three principal generating reasons of Tsunamis.

Características generales.

Las características de un tsunami al llegar a la costa dependen de tres factores principales; esto son: la condición inicial, la propagación y la morfología costera **(Farreras, S. 1995 *en* ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PAPUDO, 2003)**.

- Condición Inicial:

Las dimensiones de la zona de origen de un tsunami definen su potencial destructivo al arribar las ondas a la costa. Por lo general, solo la componente vertical (movimiento de subducción) del desplazamiento superficial de un área fracturada es eficaz en la generación de un tsunami.

Se reconocen tres condiciones básicas y simultaneas para la generación de un tsunami de origen tectónico:

a) El hipocentro del sismo o una fracción mayoritaria del área de ruptura, debe estar bajo el lecho marino y a una profundidad menor de 60 km.
b) Que la frontera de placas o falla tectónica sea de subducción, con componente vertical de movimiento, y no de desgarre con desplazamiento únicamente lateral.
c) En un cierto lapso el sismo libere suficiente energía, y que esta sea eficientemente transmitida.

- Propagación:

El perfil de ondas resultante depende diversos factores. Para el caso de los tsunamis, su velocidad de propagación depende de la profundidad del agua por la cual circula. Esto determina que durante su trayectoria, el tsunami se vea sujeto a fenómenos de refracción, directividad y dispersión de energía. Actualmente se sabe bien que la gran longitud de onda que presentan los tsunamis (100-300 km) los hace imperceptibles en mar abierto y provoca que su propagación se realice casi sin perdida de energía por roce con el fondo. En la costa, en cambio, la disminución de la profundidad y su configuración, genera la concentración de la energía de las ondas; disminuye su longitud y crece su altura, alcanzando un gran poder destructivo con las alturas que pueden llegar hasta los 20 o 30 metros. Las mayores alturas han sido observadas en bahías angostas o semicerradas (por amplificación resonante), en desembocaduras de ríos y bahías con presencia de islas (ver Fig. 23).

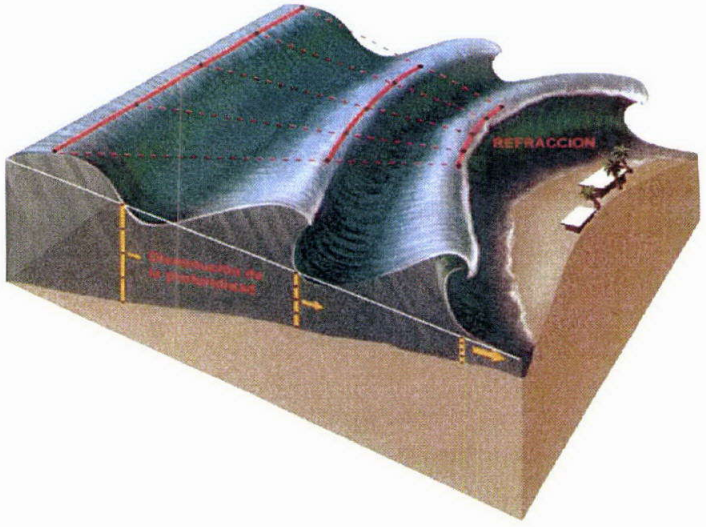


Fig. 23. Características físicas de un Tsunami. Se puede apreciar como este aumenta su concentración de energía a medida que se acerca a la costa.

Fig. 23. Physical characteristics of a Tsunami. It is possible to estimate since as this one increases his your concentration of energy as it approaches the coast.

Fuente: Ilustre Municipalidad de Papudo, 2003.

- Impacto costero:

Las condiciones tsunamigenicas enumeradas hacen variar las alturas de un tsunami. **(Farreras, S. 1995 *en* ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PAPUDO, 2003)**. Las causas directas del gran impacto de las ondas en la costa son atribuibles a la presión hidráulica generada por las fuerzas hidrodinámicas sobre las estructuras, causadas por la velocidad de las corrientes y contracorrientes inducidas por el arribo de las ondas. La altura y periodo de estas, determinan la cantidad de inundación en términos de la altura máxima (run-up), fuerzas de elevación y de flotabilidad. Hay dos tipos de fuerzas hidrodinámicas que afectan a las estructuras: el impacto directo de las ondas al inundar el borde costero y la otra debido a las fuerzas erosivas producidas durante el proceso de elevación y descenso del nivel del agua, originado por el flujo alrededor de las estructuras. Los efectos secundarios sobre las estructuras son causados principalmente por las fuerzas

erosivas del agua al interactuar esta con el medio ambiente. Un ejemplo de esto, es la perdida del soporte del suelo producto de la erosión del terreno (ver Fig. 24).

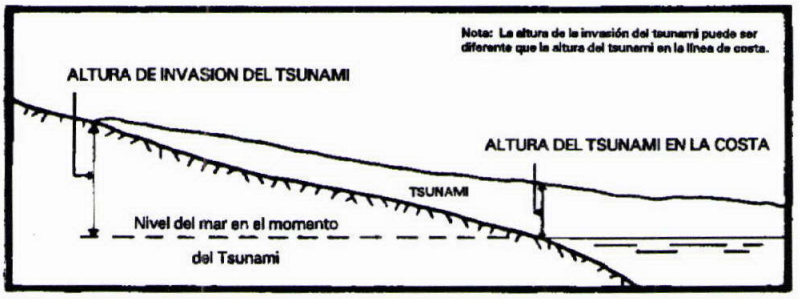


Fig. 24. Altura de invasión de un Tsunami en el impacto costero.

Fig. 24. Height of invasion of a Tsunami in the coastal impact.

Fuente: OEA, 1991.

El perfil de ondas resultantes de un tsunami generado en océano abierto depende de los parámetros de su fuente, de las características de la región de propagación y del tiempo o distancia transcurridos desde el inicio de esa propagación **(BID *et al.* 2008).**

Esto no significa que los terremotos son las únicas fuentes de Tsunamis. Los deslizamientos de terreno submarino, sean provocados por terremotos o no, son otra fuente importante de Tsunamis (Satake, 2001; Watts, 2004), y aunque sus efectos tiendan a ser mas localizados (e.g. in 1996 Flores earthquake), hay especulación sobre los deslizamientos submarinos (e.g. in Hawai, Satake, 2001) y los impactos de asteroides (Ward y Aphaug, 2000) podrían generar Tsunamis gigantes que devastarían miles de miles de regiones costeras. Tenemos un alcance limitado en este aspecto incluidos solo los Tsunamis generados directamente por terremotos, pero el método que lo describe es también capaz de incluir deslizamientos submarinos y colapsos volcánicos catastróficos **(KIE, H. *et al.* 2005).**

Los estimados de riesgo de futuros tsunamis están basados principalmente en dos tipos de información: la historia pasada de los tsunamis y la predicción de terremotos tsunamigénicos. Esta información debe, por supuesto, ser calificada por las condiciones locales tales como la topografía marina cerca de la costa y de la tierra. Las fuentes de información más fácilmente disponibles sobre tsunamis históricos, incluyendo las actividades presentes de investigación sobre tsunamis, se encuentran en el recuadro anterior.

La predicción de terremotos tsunamigénicos está basada principalmente en la teoría de la brecha sísmica. Un modelo matemático combina los terremotos hipotéticos con la topografía del fondo marino para estimar la altura de los tsunamis que podrían ser generados por diferentes mecanismos en seis áreas de brecha sísmica, proporcionando tanto las alturas cercanas a la fuente como lejanas de la fuente a lo largo de la costa de Colombia Central hasta el sur de Chile. Mientras que el estudio no intenta pronosticar los terremotos actuales y los tsunamis resultantes, los resultados son probablemente representativos de aquellos que ocurrirían en un área dada **(OEA. 1993).**

La ubicación aproximada de los centros poblacionales se ve en la Tabla 5. Ciertas áreas parecen haber sido amenazadas por todos o por casi todos los tsunamis sea cual fuera la ubicación del terremoto que los hubiera generado. Tales localidades incluyen el tramo entre Arica, Iquique, Taltal, Caldera y de Coquimbo a Valdivia.

Por supuesto como Gerarld Hebenstreit, el autor del estudio señala, el peligro no es uniforme, pero "hacer una distinción entre una ola de 7 metros y una de 12 metros no parece tener sentido. Ambas van a ser altamente destructivas en la mayoría de los casos" **(Hebenstreit, 1981 en OEA. 1993)**.

Departamento o Provincia	Ubicación de la Altura de Ola Cal Calculada y/o Registrada		
	2-3m	3-5m	Mayor a 5m
Arica y Parinacota			Arica
Tarapacá			Pisagua
			Iquique
			Chanabaya
			Caleta Pabellón de Pica
			Punta Lobos
			Guanillo del Norte
Antofagasta			Tocopilla
			Cobija
			Mejillones
			Antofagasta
			Taltal
Atacama		Huasco	Chanaral
			Caldera
			Carrizal Bajo
			Huasco
Coquimbo	Tongoy	La Serena	Coquimbo
		Coquimbo	
		Los Vilos	
Valparaíso		Zapallar	Juan Fernandez Is.
			Concón
			Viña del Mar
			Valparaíso
			Laguna Verde
			Algarrobo
			El Quisco
			El Tabo
			Las Cruces
			Cartagena
		Quintero	San Antonio
		Valparaíso	Llolleo
O'Higgins			Pichilemu
Maule		Chanco	Iloca
			Constitución
			Curanipe
Bio Bio	Laraquete	Dichato	Buchupureo
			Coloquecura
			Coelemu
			Cerro Verde
			Penco
		Tomé	Talcahuano
		Coronel	Concepción
		Lebu	Coronel
	Arauco	Pto. Tirna	Schwager
			Lota
Cautín		Pto. Saavedra	Isla Mocha
			Mehuín
			Tolten
		Nahuentue	Pto. Saavedra
Valdivia	Mancera Is	Niebla	Corral
		Corral	Valdivia
Los Lagos	Pindo Is.		Mansa River
			Ancud
			Chiloé Is.
			Guafo
Aisén	Puerto Aisén		

Altura de ola calculada
Registro histórico de altura de ola
Ambas

Tabla 5.Amenaza de Tsunami para centros de población costera de Chile, en relación a la altura de ola probable.

Table 5. It threatens of Tsunami for centers of coastal population of Chile, in relation at a height of probable wave.

Fuente: Elaboración propia en base a OEA, 1993.

En Chile el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) es el organismo técnico, permanente y oficial del Estado responsable del funcionamiento, operación y mantención del Sistema Nacional de Alarma de Maremotos (SNAM), desde 1997 ejecuta un proyecto de carácter operativo orientado a la protección civil, denominado Cartas de Inundación por Tsunami (CITSU). Las localidades que cuentan con esta carta son: Arica, Iquique, Tocopilla, Mejillones, Antofagasta, Taltal, Chañaral, Caldera, Huasco, Coquimbo, La Serena, Los Vilos, Papudo, Quintero, Valparaíso, Viña del Mar, San Antonio, Algarrobo, Constitución, Talcahuano, Penco, Tomé, Lirquén, San Vicente, Coronel, Lebu, Corral, Ancud, I. de Pascua y Puerto Aysén. Para su realización se utilizo como evento de referencia aquel que contase con la mayor magnitud Richter que se haya registrado por localidad (ver Cartas de Inundación en Anexo 5).

Al realizar un análisis a nivel de zonas se han identificado los sismos que producen amenazas de tsunamis. En la Fig. 25 es posible apreciar un grafico comparativo, donde el número de estas amenazas que se han dado en un periodo de casi 500 años. Como sucede en el caso de los sismos las zonas de la Patagonia Norte y Sur presentan el menor índice de estas amenazas. Situación contraria a lo que ocurre en el resto del país, los cuales (numéricamente) se encuentran bastante homogéneos. La situación anterior se explica de la misma forma que se explico el mismo fenómeno para la presencia de sismos.

Corresponde entonces realizar un análisis detallada por zona para poder caracterizar cada uno de estas amenazas.

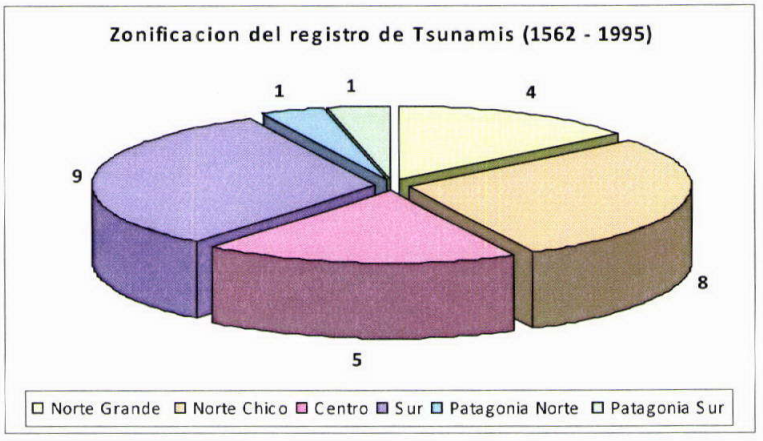


Fig. 25. Grafico de Zonificación de los Registros Históricos de Tsunamis entre 1570 y 2005.

Fig. 25. Graph of Zoning of the Historical Records of Tsunamis between 1570 and 2005.

Fuente: Elaboración propia.

Según los registros históricos del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, los sismos que han generado tsunamis en la zona del Note Grande (ver Fig. 26) corresponden a epicentros de sismos del tipo Interplaca o Thrust, los cuales son los que se producen próximos a la zona de la fosa, y se producen a poca profundidad.

Situación que se condice con lo planteado anteriormente, sobre las causas de los tsunamis, al tener el epicentro a poca profundidad.

Es especialmente relevante en esta zona que se tenga presente que la mayor cantidad de población se encuentra asentada en el litoral, de hecho los grandes centros poblados, las grandes ciudades de la zona se encuentran en su mayoría en las costas de esta zona. Por lo que resulta en un alto nivel de vulnerabilidad por parte de estas ante la amenaza del tsunami.

Estos epicentros sísmicos generadores de tsunamis no necesariamente han generado un tsunami perceptible para Chile, sino que la fuente de origen de este pudo ser esta y se puede haber dispersado a lo largo del Océano Pacifico afectando a zonas tan remotas como Japón, como fue el caso del tsunami de Antofagasta en 1995.

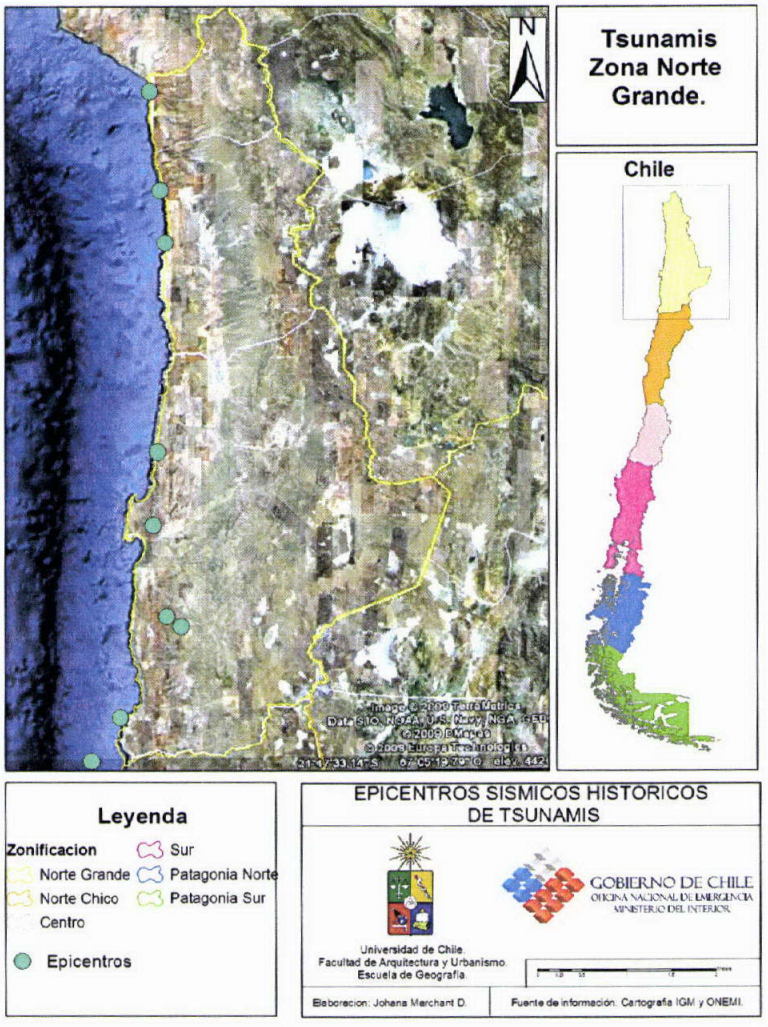


Fig. 26. Epicentros sísmicos generadores de de Tsunamis o grandes marejadas en la zona Norte Grande.

Fig. 26. Seismic generating epicentres of of Tsunamis or big swells in the Big North zone.

Para la zona Norte Chico (Fig. 27) la situación es un poco diferente, si bien la tendencia de tener sismos tipo Interplaca o Thrust se mantiene, pero a su vez existe la manifestación de sismos al interior del continente, del tipo Intraplaca de profundidad Intermedia, los cuales también son generadores de tsunamis o grandes marejadas. Esta situación se podría explicar al tomar todas las variables que resultan relevantes para estos casos, en si el relieve y la composición geomorfológica de la zona Norte Chico es bastante diferente que la zona Norte Grande, entre otras cosas la distancia entre el limite con argentina es bastante menor que en la zona Norte Grande, son algunas de las diferencias que pueden incidir en este fenómeno.

Aunque la presencia de estos sismos es baja de todas formas no deja de llamar la atención. Si bien esta zona no ha presentado grandes terremotos en su historia (a diferencia de la zona Norte Grande, Centro y Sur) no dejan de ser importantes los tsunamis presentados en ella.

Desde el punto de vista de las vulnerabilidades producidas por esta amenaza, se tiene que existe una dispersión de los centros poblados litorales a lo largo de la zona, pero la concentración de población en estos se mantiene. A diferencia de la anterior zona, en esta la geografía favorece el hecho de que la población se asiente en lugares hacia el Este, en los valles transversales, lo cual reduce un poco la concentración de población en la costa.

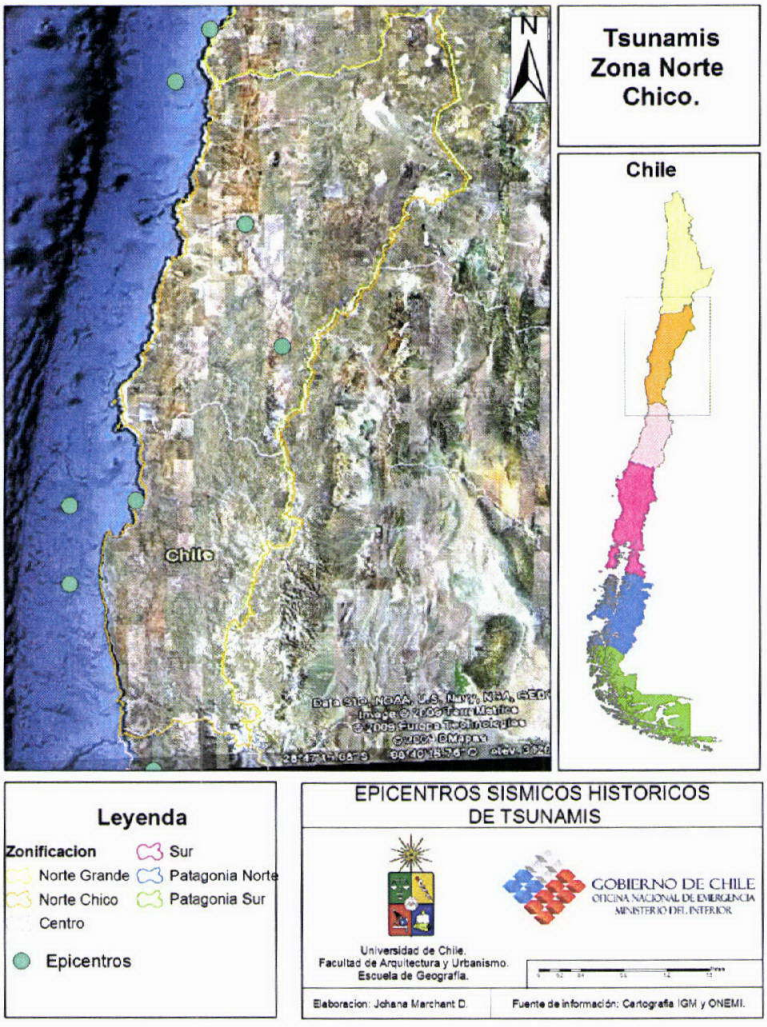


Fig. 27. Epicentros sísmicos generadores de de Tsunamis o grandes marejadas en la zona Norte Chico.

Fig. 27. Seismic generating epicentres of of Tsunamis or big swellsin the Small North zone.

En cuanto a la presencia de epicentros de tsunamis en la zona Centro (ver Fig. 28) esta disminuye considerablemente. La mayoría se acumula en el sector norte de esta zona, correspondiente a la región de Valparaíso, sector de esta zona que ha presentado mayor actividad en cuanto a estas amenazas a lo largo de la historia.

La situación anterior no quiere decir que en aquellas zonas que no se haya presentado el fenómeno con tanta frecuencia estén libres de la amenaza, sino que por el contrario, se cree que se produce un fenómeno similar a el que se produce con los sismos y la teoría de la brecha sísmica.

En cuanto a las vulnerabilidades q puede generar esta amenaza en zonas como esta y la zona Sur es mucho mayor que en el resto de las zonas debido a la concentración de población nacional (como ya se especifico en la caracterización del área de estudio), lo que se traduce en una mayor concentración de la población en las zonas litorales y, a su vez la concentración de las ciudades en un menor espacio.

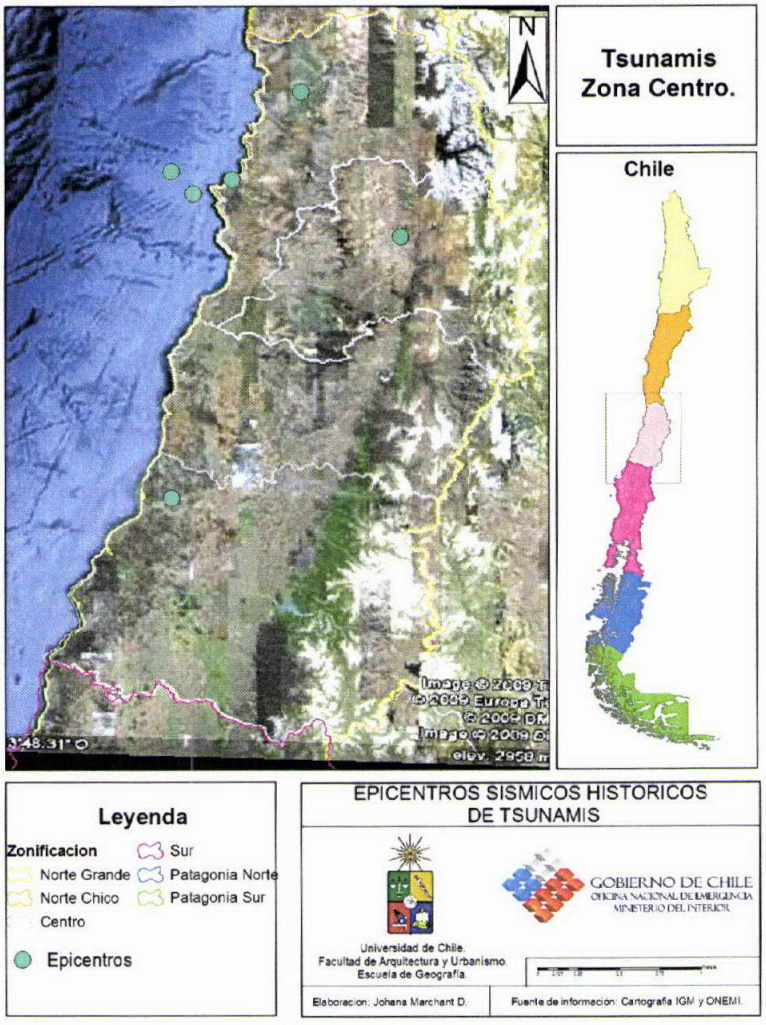


Fig. 28. Epicentros sísmicos generadores de de Tsunamis o grandes marejadas en la zona Centro.

Fig. 28. Seismic generating epicentres of of Tsunamis or big swellsin the Central zone.

En cuanto a la situación de la zona Sur (Fig. 29) respecto de estos epicentros sísmicos de tsunamis se tiene un nuevo aumento en el número de casos presentados en los registros históricos.

Espacialmente existe una leve concentración de estos fenómenos en el sector norte de la zona (cerca de las ciudades de Concepción y Talcahuano).

Es posible apreciar el epicentro del sismo que produjo el maremoto en la región de los Ríos (Valdivia), resulta bastante probable que, de acuerdo a la teoría de la brecha sísmica, estos fenómenos sean periódicos y recurrentes en las mismas zonas geográficas con una periodicidad de varios cientos de años. Además, al considerar la cantidad de energía liberada en esta zona es probable a que ese fenómeno se vuelva a repetir al acumular una cantidad similar de energía.

El fenómeno anterior es explicado en el texto "El nuevo riesgo de Tsunami: considerando el peor escenario", donde se explica que hoy, después de extensos trabajos de terreno, se sabe que el probable antecesor del tsunami del sudeste asiático, ocurrió aproximadamente hace 600 años (...) ciertamente el terremoto de 2004 y su devastador tsunami no era un evento excepcional, el error fue que no se sabia que ocurrían. **(LAGOS & CISTERNAS. 2008)**

Este fenómeno no es único para esta zona, es posible aplicar para todo el territorio chileno que presente una situación similar a la que se expone en esta zona.

Lo que si es característico de esta zona en conjunto con la zona Centro, es que existirían dos escenarios capaces de generar tsunamis, terremotos grandes, como los eventos de 1737 y 1837 (Anexo 3), con tiempos de recurrencia superiores a los cien años, y terremotos gigantes como el de 1960, con tiempos de recurrencia cercanos a los 300 años.

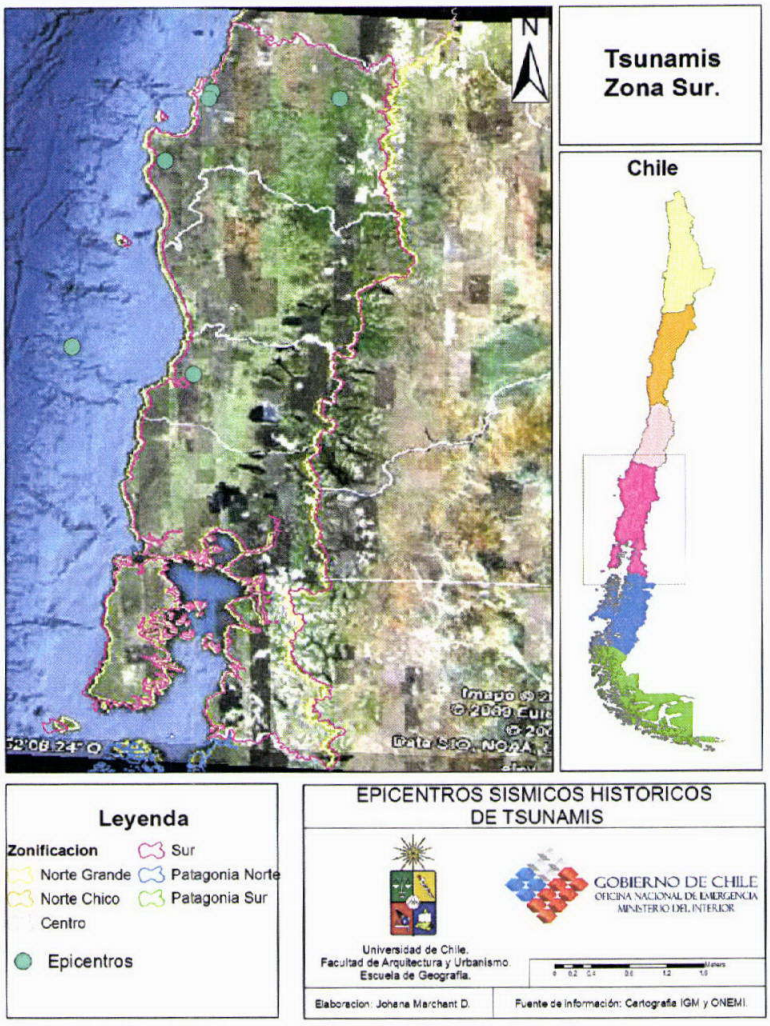


Fig. 29. Epicentros sísmicos generadores de de Tsunamis o grandes marejadas en la zona Sur.

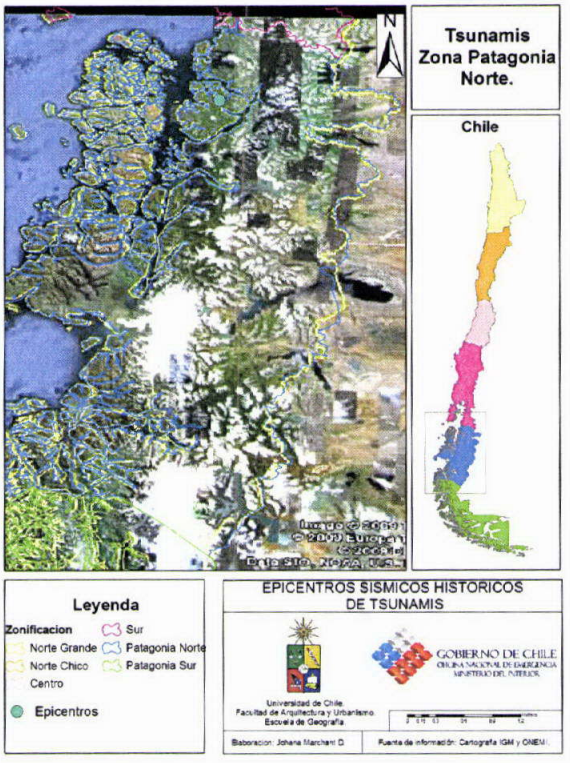
Fig. 29. Seismic generating epicentres of of Tsunamis or big swellsin the South zone.

Desde la zona Patagonia Norte hacia el sur (incluyendo a la Patagonia Sur) es posible percibir un cambio en la presencia de los epicentros generadores de tsunamis, ya que la dinámica entre placas se modifica también, la menor acumulación de energía entre estas hace que estos fenómenos no sean tan frecuentes ni tan severos (ver Fig. 30).

En 500 años, periodo que comprenden los registros históricos utilizados, apenas se presentó un sismo generador de esta amenaza por cada zona.

Por la misma razón es que en la revisión bibliográfica no se obtuvo información para estas zonas, a excepción de la generada por el tsunami de Aysén, el cual fue originado por un deslizamiento de ladera (derrumbe). El cual según la opinión de la ONEMI "técnicamente" las olas con rompientes de siete metros que sembraron el pánico no constituyen un maremoto porque fueron "muy localizadas" **(COOPERATIVA.CL. 2007).** Dentro de las mismas declaraciones se hizo referencia a que el origen de esta amenaza es producto de actividad magmática y no tectónica, lo que indica que en estas zonas es mas determinante este tipo de actividad magmática por sobre la tectónica.
Considerando lo anterior y el relieve de la zona es bastante posible que la mayoría de estas amenazas se generen producto de fenómenos como los desplazamientos de terreno de este tipo.

Al presentar tales similitudes es que se decidió realizar un solo análisis compartido.



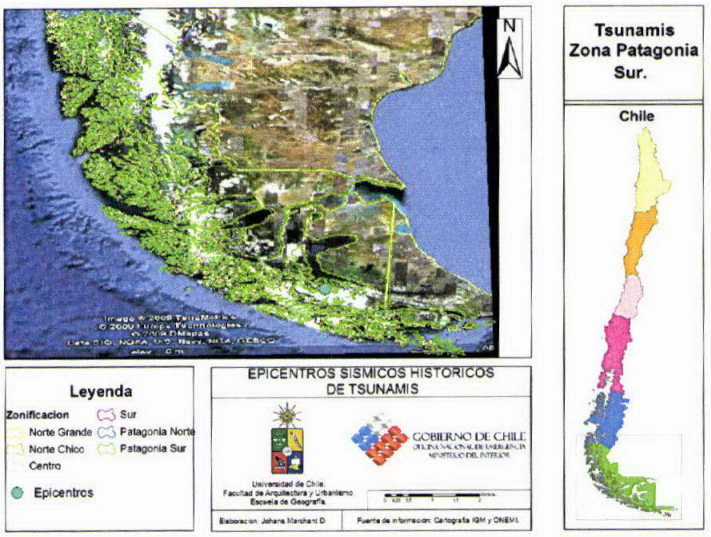


Fig. 30. Epicentros sísmicos generadores de de Tsunamis o grandes marejadas en las zonas Patagonia Norte y Patagonia Sur.

Fig. 30. Seismic generating epicentres of of Tsunamis or big swells in the Patagonia North and Patagonia South zones .

Efectos de las amenazas símicas.

Fenómenos sísmicos como los anteriores producen en las construcciones, otros tipos de estructuras y la infraestructura, daños o colapso debido al sacudimiento del terreno. Los incendios son un efecto indirecto, común de un gran terremoto dado, que pueden interrumpir las líneas de abastecimiento de electricidad y de gas. Aún más, los esfuerzos contra incendios pueden ser obstaculizados por la interrupción en las rutas de transporte y por la ruptura de tuberías de agua. Los daños a reservorios y presas pueden dar lugar a inundaciones súbitas **(QUINTANILLA, V. 1995).**

Los daños causados por el movimiento del terreno, sin embargo, pueden ser mitigados de varias maneras que serán discutidas más adelante. En general, las medidas estructurales tales como diseño sismorresistente, códigos de construcción y reforzamiento son efectivas. Las medidas menos costosas, no estructurales, tales como zonificación y restricción para el uso de tierras también pueden reducir enormemente el riesgo **(OEA., 1993).**

Debido al Fallamiento los daños graves usualmente están restringidos a una zona angosta, de hasta unos 300 metros de ancho a lo largo de la falla, aunque rupturas subsidiarias pueden ocurrir hasta 3 ó 4 kilómetros distantes de la falla principal. La longitud de la ruptura en superficie puede ser hasta de varios cientos de kilómetros. Además de construcciones, estructuras lineales tales como carreteras, ferrocarriles, puentes, túneles, y tuberías son susceptibles a daños de fallamiento de superficie **(BATATIAN, D. 2002)**.

En áreas susceptibles a los terremotos, la licuefacción puede ser uno de los efectos más críticos. Las fallas de flujos en loess (limo acarreado por el viento), en el terremoto de 1960 en China, causó 200.000 muertes. La licuefacción también fue un factor importante en el terremoto de 1960 en Chile y en otros terremotos importantes en California, Alaska, India y Japón **(QUINTANILLA, V. 1995)**

En general, la licuefacción puede ser evitada por técnicas de estabilización del terreno o soportadas mediante diseño apropiado de ingeniería, pero ambos son métodos de mitigación costosos. Evitar la zona es, por supuesto, el mejor método pero no siempre es práctico o posible en áreas ya desarrolladas o donde ya existen rutas de transporte, tuberías, etc **(BATATIAN, D. 2002)**.

Los efectos de los tsunamis pueden ser grandemente amplificados por la configuración de la línea de costa local y

el fondo marino. Dado que no existe una metodología precisa para definir estos efectos, es importante examinar el registro histórico para determinar si una sección particular del litoral ha sido afectada por tsunamis y qué elevación alcanzaron. También se debe hacer un esfuerzo para determinar los posibles efectos de ampliación de la configuración costera, aún con las metodologías crudas disponibles **(NICHOLS Y BUCHANAN-BANKS. 1974, en OEA, 1993).** Se debe notar que debido a la fuerza de la ola, la inundación puede llegar a una elevación bastante mayor que la cresta de la ola en la línea de costa **(OEA. 1993).**

Entre 1900 y 1983, en las costas del Pacífico de México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Panamá, Colombia, Ecuador, Perú, y Chile, han ocurrido 20 tsunamis que han causado víctimas y daños significativos **(OEA. 1993).**

En 1868, un devastador tsunami ocurrió en Arica, entonces en el Perú. Los barcos fueron acarreados cinco kilómetros tierra adentro por una ola que excedió 21 metros en altura. Esta y las olas subsiguientes de 12m de altura barrieron la ciudad, matando a centenares de personas. El tsunami más antiguo registrado en América Latina ocurrió en 1562, inundando 1.500 km del litoral chileno **(OEA. 1993).**

Al respecto, un 90% de los tsunamis destructores poseen efectos solo a escala regional y casi todas las muertes ocurridas corresponden solamente a tsunamis de origen local. En la Fig. 21, se muestra un esquema grafico en el que se indican la ubicación y efectos locales de los eventos registrados en la cuenca del Océano Pacifico, durante la ultima década del siglo XX **(ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PAPUDO, 2003).**

Aun cuando la ocurrencia de grandes tsunamis es escasa, el potencial de pérdidas excesivas de vidas y daño, como se demostró en el 2004 en el terremoto de Sumatra, merece un compromiso fuerte hacia la publicación de medidas de mitigación del riesgo de Tsunami. La mayoría de los Tsunamis son originados por terremotos inducidos por el desplazamiento del fondo marino. Muchos de los Tsunamis más grandes del mundo, que han causado daño en localidades a miles de millas distantes, han sido originados por un megaempuje (interfase de subducción) de terremoto alrededor del borde del Pacifico. Estos incluyen el terremoto de Chile en 1960, el de Alaska 1964 y el de Sumatra 2004. En escala local, pequeños sismos pueden causar significativos tsunamis también, pero usualmente la amenaza de estos eventos es baja debido a su tasa de repetición más baja y su impacto localizado. **(KIE, H. *et al.* 2005).**

EVENTOS VOLCANICOS.

De todos los desastres naturales, las erupciones volcánicas provocan el 2% de las perdidas totales. En el mundo hay unos 700 volcanes potencialmente peligrosos, y cada año unos 50 entran en erupción, con mayor o menor grado de catástrofe. Aproximadamente, un 10% de la población mundial vive expuesta a este riesgo geológico.

Estas van desde pequeños rebalses de lava hasta explosiones violentas. La diferencia está determinada en gran parte por la viscosidad de magma o roca fusionada, y su contenido de gas disuelto. Los magmas, fluidos ricos en fierro y magnesio, tienden a permitir que los gases volcánicos escapen y lleguen más frecuentemente a la superficie en la forma de flujos suaves de lava. Los magmas más viscosos, ricos en sílice, tienden a atrapar a los gases volcánicos, resultando en una creciente presión, y así tienen una mayor propensión a las erupciones violentas. Los productos de explosiones violentas incluyen pedazos de lava derretida, que se solidifican rápidamente para formar vidrio, y fragmentos sólidos que van desde ceniza fina hasta piedras del tamaño de una casa. La naturaleza de los peligros volcánicos está determinada por el material eyectado por una erupción y por la fuerza con la cual es eyectado **(OEA. 1993).**

Amenazas volcánicas.

Estos incluyen la caída de tefra y proyectiles balísticos, fenómenos piroclásticos (flujos, maretazos, y explosiones dirigidas lateralmente), lahares (o flujos de lodo), flujos de lava, peligros asociados con domo de lava, explosiones freáticas y emisiones de gases venenosos o corrosivos. Estas amenazas generalmente se limitan a un radio de 30 km. del centro del evento, aunque excepcionalmente lahares o los desprendimientos de cenizas pueden causar daños en radios de hasta 60 km. **(OEA. 1991).**

Se considerara a un volcán como "activo", según el criterio utilizado por varios documentos incluyendo a la OEA, la cual señala que cuando un volcán ha entrado en erupción en los últimos 10.000 años (desde el Holoceno) este se considerara "activo" **(OEA. 1991).**

El grado de amenaza de un volcán se calcula por su periodicidad, considerándose que los de corta periodicidad (intervalos entre erupciones de menos de 100 años) presentan una mayor amenaza que los de larga periodicidad. La información para cada volcán debe incluir ubicación, periodicidad, última fecha de erupción y las amenazas asociadas a este. **(OEA. 1991).**

Para este tipo de amenazas existen pocas medidas efectivas para resistir flujos de lava o flujos piroclásticos excepto de evitar el uso de las zonas propensas a ellos.

El concepto de amenaza volcánica engloba aquel conjunto de elementos que se producen en un volcán y pueden provocar daños a personas o bienes expuestos, por encima de un nivel o grado de riesgo asumido. Cada uno de los elementos constituye un peligro volcánico, debiéndose definir para cada uno de ellos su magnitud (volumen, energía), alcance, duración del impacto y tiempo de propagación **(ORTIZ, R. 1997).**

Factores de peligro	Tipo de daño
Proyección de bombas y escorias	Daños por impacto. Incendio
Caída de piroclastos	Recubrimiento por cenizas. Colapso de estructuras. Daños a la agricultura. Daños a instalaciones industriales
Dispersión de cenizas	Problemas en tráfico aéreo. Falta de visibilidad
Lavas y domos	Daños a estructuras. Incendios. Recubrimiento por lavas
Coladas y Oleadas Piroclásticas (Nubes ardientes)	Daños a estructuras. Incendios. Recubrimiento por cenizas
Lahares	Daños a estructuras. Arrastres de materiales. Recubrimiento por barros
Colapso total o parcial del edificio volcánico	Daños a estructuras. Recubrimiento por derrubios. Avalanchas. Tsunami inducido
Deslizamiento de laderas	Arrastres de materiales. Recubrimiento por derrubios. Daños a estructuras
Gases	Envenenamiento. Contaminación aire y agua
Onda de choque	Rotura de cristales y paneles
Terremotos y temblores volcánicos	Colapso del edificio volcánico. Deslizamiento de masas. Daños a estructuras
Deformación del terreno	Fallas. Daños a estructuras
Variaciones en el sistema geotérmico de acuíferos	Cambios en la temperatura y calidad del agua
Inyección de aerosoles en la estratosfera	Impacto en el clima. Efectos a largo plazo y/o a distancia

Fuente: Ortiz, R. 1997.

Tabla 6. Factores que representan amenaza en un evento volcánico y sus correspondientes efectos en el territorio,

Table 6. Factors that represent threat in a volcanic event and your corresponding effects in the territory.

Dentro de la zonificación establecida por Charles Stern para Sudamérica, poniendo énfasis en Chile destacan las Zonas Volcánicas Centro (la cual tiene su sector sur dentro de los limites del país), Sur y Austral. Cada zona cuenta con características de magmatismo y frecuencia de hechos particulares. Por lo anterior, se han establecido tipos de erupciones, las principales, identificadas en Ayala-Carcedo y Olcina (2002) son:

Erupciones Hawaianas:
De magmas fluidos básicos propios de algunas islas oceánicas. Son pobres en gases, por tanto, poco explosivas. También son características de estas erupciones las emisiones fisurales que se emiten por grietas de cientos de metros a varios kilómetros. El magma tiene velocidades de ascenso rápidas y las coladas surgen de manera intermitente. Su peligrosidad esta en la destrucción provocada por el avance de las lavas que, en ocasiones, alcanzan varios kilómetros de longitud. Entre los daños están los incendios de zonas boscosas y la destrucción de infraestructuras (carretera, edificaciones, puentes, etc.).

Erupciones Estrombolianas:
Con características intermedias entre las erupciones hawaianas y plinianas. El magma asciende de manera lenta y mezclado con grandes burbujas de gas, produciéndose explosiones intermitentes y separadas en el tiempo por segundos u horas, que arrastran a las coladas, las que se distribuyen a pocos kilómetros del cráter. Son, por eso, erupciones de baja peligrosidad.

Erupciones Vulcanianas:
Provocadas al destaponarse conductos volcánicos obstruidos por lavas o domos de erupciones anteriores. Las explosiones se producen a intervalos de pocos minutos a horas y, casi siempre, con intervención de agua externa sobrecalentada. Los fragmentos emitidos llegan a alcanzar velocidades de 400 m/s., dentro de columnas eruptivas que no suelen sobrepasar los 10 km. de altura. Generalmente son erupciones de baja peligrosidad, aunque a menudo notables por emitir de forma balística grandes bombas o bloques a distancias considerables.

Erupciones Plinianas:
Erupciones ricas en gases, las que provocan fragmentación en piroclastos, principalmente pómez y cenizas. Son erupciones de alto riesgo, ya que las columnas eruptivas con forma de champiñón son muy grandes, alcanzan mucha altura (estratosfera) y ocasionan una importante lluvia de cenizas en un radio de acción elevado (varios miles de km^2). Comúnmente, estas erupciones están asociadas con la formación de calderas de diámetros del orden de 20 km. Las erupciones plinianas suelen producirse con magmas de alta viscosidad

.

Además de estas erupciones existen otros tipos de erupciones menos conocidos, o conceptualmente menos aplicadas:

Erupciones Surtseyanas:
Termino propuesto por Walter y Croasdale (1972) para erupciones explosivas en las que el magma interacciona con grandes cantidades de agua del mar. La actividad se caracteriza por numerosas explosiones discretas que producen grandes nubes blancas de vapor mezcladas con nubes negras de piroclastos basálticos. Este ultimo material fragmentario es de grano fino (<2 mm) compuesto por pequeñas esquirlas de vidrio muy poco vesiculado.

Erupciones de Coladas Piroclásticas:
Erupciones explosivas producidas en ocasiones por el colapso de columnas plinianas. Sin embargo, la mayoría del

material emitido lo hace en forma de colada piroclástica, generada por la inestabilidad que aparece en las partes inferiores de la columna eruptiva. Provocan la aparición de una gran nube muy densa cargada de gases, aire y material sólido magmático que se extiende a gran velocidad alrededor de la boca eruptiva.

Erupciones Hidrovolcánicas:
Explosiones de vapor producidas únicamente en la roca laja, por encima de la fuente de calor magmático, que van asociadas con fenómenos de devastación debidos a la deflagración y a las coladas de fango. Las explosiones laterales o dirigidas son las que presentan el mayor riesgo de catástrofe.

A. Caída de tefra y proyectiles balísticos.

Al conjunto de fragmentos piroclásticos emitidos a la atmósfera se le denomina tefra, y sus principales componentes son fragmentos juveniles, cristales y líticos. Sus tamaños varían desde menos de 2 mm (cenizas) hasta varios decímetros e incluso metros (bloques). La deposición de este tipo de piroclastos se realiza por simple caída gravitatoria o proyección balística y cubren áreas que van desde cientos a mas de un millón de km^2.

Por otra parte los proyectiles balísticos son uno de los peligros volcánicos más destructivos. Ocurren en un período de pocos minutos, sin previo aviso y pueden afectar cientos de kilómetros cuadrados. Las explosiones volcánicas pueden proyectar material hacia arriba o a cualquier otro ángulo. Las ráfagas lateralmente dirigidas tienen un componente a ángulo bajo importante que contribuye a su poder de destrucción.

Los fragmentos de rocas pueden ser eyectados en lugar de una ráfaga en trayectorias balísticas, como flujos piroclásticos o maretazos, o en alguna combinación. Cualquiera que sea el mecanismo de transporte los derrubios son acarreados a velocidades que exceden grandemente las que se espera de una simple aceleración gravitacional. El material depositado puede ser frío o suficientemente caliente para iniciar incendios.

B. Fenómenos piroclásticos.

- *Flujos piroclásticos*
Son masas de material piroclástico caliente seco y gases calientes que se mueven rápidamente a lo largo de la superficie del terreno. El término incluye flujos de pómez, flujos de cenizas, flujo de bloques y cenizas, nubes ardientes, y avalanchas incandescentes. Tienen tendencia a desplazarse por las depresiones topográficas. Las máximas temperaturas de los flujos piroclásticos poco después de la deposición, van en el rango entre unos 350° C hasta 700° C. Los flujos piroclásticos son comunes en todo el mundo, en áreas de menos de 1 km^2 hasta más de 10.000 km^2.
Maretazos piroclásticos

- *Maretazos piroclásticas*
Los maretazos piroclásticos son nubes turbulentas de baja densidad de gases y de derrubio de roca que se mueven encima de la superficie terrestre a gran velocidad. Generalmente son asociados con flujos piroclásticos pero, debido a su mayor movilidad, afectan áreas más amplias.

- *Coladas piroclásticas*
Coladas piroclásticas formadas por una masa caliente (entre 300 y 800 grados centígrados) de rocas y gases que se mueven con velocidades de 10 a varios cientos de metros por segundo.
Explosiones laterales dirigidas, repentina despresurización del sistema magmático o hidrotermal que se encuentra dentro del volcán o por un brusco deslizamiento de ladera. Pueden alcanzar velocidades superiores a 100 m/seg y no están condicionadas a barreras topográficas **(AYALA-CARCEDO *et al.* 2002).**

C. Lahares e inundaciones.

Son flujos calientes o fríos compuestos por una mezcla de rocas que han sido movilizadas por el agua (de lluvia o deshielo) en las laderas y cumbres de los volcanes. La mayoría de los lahares y coladas de barro sigue la red de drenaje existente de los valles fluviales, por lo que es relativamente fácil predecir las áreas que pueden ser afectadas **(AYALA-CARCEDO *et al.* 2002).**

La erupción de un volcán cubierto de nieve puede fusionar suficiente nivel para causar un lahar. De igual manera, una erupción en un lago de un cráter puede causar una inundación que se convierte en un lahar a medida que atrae rocas y tierras erosionadas de las pendientes del volcán. Los lahares en los cuales por lo menos 50% de la materia en partículas es del tamaño de la arena o más pequeña se llaman flujos de lodo, mientras que aquellos que tienen un contenido inferior de partículas finas se llaman flujos de derrubio **(OEA,1993).**

Los lahares pueden ser producidos de diversas maneras: el súbito drenaje del lago de un cráter por una explosión eruptiva o por el colapso de una pared del cráter, el deshielo de nieve por la deposición de derrubio de roca caliente o lava, la mezcla de flujo piroclástico con el agua, la avalancha de derrubio de roca saturada en agua de un volcán, la caída de lluvia torrencial sobre depósitos fragmentados no consolidados, o el colapso de presas formadas por flujos de lava **(CRANDALL, 1984 *en* OEA, 1993).** Un lahar fue la causa principal de las muertes en la erupción del Nevado el Ruiz en Colombia, en 1985 **(OEA, 1993).**

La distancia alcanzada por un lahar depende de su volumen, contenido de agua, y gradiente, y puede ser hasta de 300 km. La forma y la gradiente del valle también afectará el alcance del lahar: un valle angosto de pendiente pronunciada permitirá que un lahar de un volumen dado avance a una mayor distancia **(OEA, 1993).**

D. Flujos de lavas y domos.

La lava fluida forma flujos largos y delgados sobre las pendientes y la lava aplanada forma lagunas en áreas planas y depresiones topográficas, mientras que la lava viscosa forma pequeños flujos cerdosos sobre las laderas y domos con pronunciadas pendientes alrededor de sus chimeneas. En cualquier caso, los flujos de lava rara vez amenazan la vida humana porque se mueven lentamente y su curso puede predecirse. Las distancias que alcanzan están determinadas por su volumen y viscosidad y por la topografía local. Los flujos de basalto pueden llegar a distancias de unos cientos de kilómetros desde sus orígenes pero lava más viscosa como andesita rara vez se extiende más allá de 20km. Los flujos de lava pueden causar extenso daño por incendio, aplastamiento, o enterrando todo lo que está en su camino.

Las lavas basálticas se suelen emitir con relaciones de decenas de m^3/seg y cubren superficies de varios km^2. Por el contrario las lavas de composición acida tipo dacita o riolita se emiten, generalmente, con bajas relaciones de efusión debido a que poseen una mayor densidad. Los riesgos mayores de las coladas se producen por enterramiento, presión e incendio. Pero el problema mas difícil de predecir es la extensión ultima que tendrá la colada. Los mecanismos defensivos para evitar el riesgo de las lavas incluyen la construcción de barreras, apertura de canales para desviar el curso o arrojar chorros de agua sobre ellas para acelerar su enfriamiento y, por tanto, su consolidación. En algunos volcanes, la reactivación de la actividad eruptiva se produce lentamente. Es el caso de la aparición de *domos* lávicos que crecen progresivamente hasta alcanzar tamaños y alturas inestables. Es entonces cuando se produce el riesgo de colapso del domo al intentar crecer algo más y, con ello, la aparición de la colada piroclástica catastrófica **(AYALA-CARCEDO *et al.* 2002).**

Un domo volcánico se forma cuando la lava, por extrusión de una chimenea, es demasiado viscosa para fluir más de unas decenas o cientos de metros, de modo que el movimiento principalmente es hacia el centro del domo. Los costados vienen a ser inestables y se pueden formar avalanchas originadas por explosiones volcánicas o por el crecimiento mismo del domo. Las explosiones pueden producir flujos piroclásticos, que son la principal fuente de daños asociados con el desarrollo de domos **(OEA, 1993).**

E. Gases venenosos.

Tienen sus terremotos propios debido a la fractura que produce el desplazamiento del magma, las explosiones volcánicas interiores o los movimientos de masas a gran escala. En algunas ocasiones no se distinguen de los de origen tectónico, especial mente en prolongadas citaciones de inactividad **(AYALA-CARCEDO *et al.* 2002).**

F. Otros peligros.

Las explosiones freáticas ocurren cuando el magma calienta el agua subterránea al punto que forma vapor y ráfagas a través de la roca o de sedimentos encima de ella. Los gases volcánicos acarrean elementos tóxicos que pueden matar a los humanos y a los animales, y ácidos que causan daño a la vegetación y corroen el metal. Se atribuyeron casi 3.000 muertes a la liberación de gases venenosos o bióxido de carbón en la erupción en Camerún, en agosto de 1986.

Los peligros indirectos incluyen terremotos volcánicos, tsunamis, deformación del terreno, colapso estructural debido al retiro del magma, ondas de choque en el aire y rayos.

Al tener en claro las posibles amenazas derivadas de un evento volcánico, resulta evidente lo necesario que es identificar a aquellos volcanes representan una o mas posibilidades de presentar estas amenazas. Para ello la OEA (1993) dentro de su análisis Sudamericano de estos eventos identifico para el caso de Chile, y de acuerdo con los parámetros establecidos los siguientes volcanes activos sobre los cuales hay que poner especial atención (ver Tabla 7):

NOTA EXPLICATIVA DE LA TABLA:

(2): La fecha de la última erupción está simplificada de Volcanoes of the World usando tres categorías: "Holoceno" incluye (a) las erupciones fechadas por Carbono 14, datos hidrofónicos, dentrocronología, cuenta de varvas, evidencia antropológica, mediciones de liquen, magnetismo, tefrocronología, análisis de trazos de fisión; (b) los volcanes que actualmente muestran actividad y que proporcionan evidencia obvia de reciente erupción, aunque no fuera fechada; (c) los volcanes que con han erupcionado en época post-glacial aunque no se cuentan con productos fechados ni características termales.
(3): Las víctimas causadas por una o más erupciones.
(4): Destrucción de tierra agrícola y/o daños a propiedad por causa de una o más erupciones.
(5): Una o más erupciones fueron explosivas.
(6): Flujos piroclásticos o mareas y/o ráfagas lateralmente dirigidas estuvieron asociadas con una o más erupciones.
(7): Explosión freática asociada con una o más erupciones.

(8): Flujo de lava, domos de lava o agujas volcánicas asociadas con una o más erupciones.
(9): Flujos de lodos destructivos asociados con una o más erupciones
(10): VEI = Índice Volcánico de Explosividad: el tamaño o "cuan grande" ha sido una erupción histórica. El VEI combina el volumen total de productos, la altura eruptiva de la nube, duración de erupción, inyección troposférica, inyección estratosférica, y algunos términos descriptivos para llegar a un índice de 0-8 de creciente explosividad como sigue: 0 no explosivo, 1 pequeño, 2 moderado, 3 moderadamente grande, 4 grande, 5 muy grande, 6-8 cataclísmico.
(11): El número del volcán según referencia que se encuentra en: Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Mapa Neotectónico Preliminar de América del Sur. (Santiago, Chile: CERESIS/ 1985).

	Ubicación		Fecha de la	Efectos				Peligros volcánicos			Volcán		
	latitud	longitud	ultima erupcion (2)	Fall (3)	Prop (4)	Expl (5)	Pyro (6)	PhEx (7)	Lava (8)	Mdfl (9)	VEI (10)	Nl (11)	Comentarios
Norte de Chile y Bolivia													
Nevado Chupiquina	17.67S	069.80 O	Holoceno										
Tacora	17.72S	069.78 O	Holoceno										
6 volcanes menores	17.92-18.42S	068.53-069.80 O	Holoceno										Frontera Chile-Bolivia
GUALLATIRI	18.42S	069.10 O	1960			x					2	21	
6 volcanes menores	18.88-19.15S	068.08-069.47 O	Holoceno										Frontera Chile-Bolivia
ISLUGA	19.15S	068.83 O	1960		x	x			x		2	22	
11 VOLCANES MENORES	20.73-21.78S	066.50-068.47 O	Holoceno-1865										Frontera Chile-Bolivia; Una erupción en 1965. El volcán No. 23 es uno de estos 11 volcanes
SAN PEDRO	21.88S	068.40 O	1960?		x	x			x		2	24	
11 VOLCANES MENORES	21.92-23.13S	067.18-068.23 O	Holoceno-1972										Frontera Chile-Bolivia; Uno erupcionó en 1972. El volcán No. 25 es uno de estos 11 volcanes.
LASCAR	23.37S	067.73 O	1986			x					2-3	26	
5 volcanes menores	23.58-24.45S	067.53-068.57 O	Holoceno										Frontera Chile Argentina
LLULAILLACO	24.72S	068.55 O	1877			x			x		0-2	27	
4 volcanes menores	25.17-27.32S	067.88-069.13 O	Holoceno										Frontera Chile-Argentina. El volcán No. 28 es uno de estos cuatro volcanes.
Centro y Sur de Chile, Argentina													
TUPUNGATITO	33.40S	069.80 O	1960			x			x		2	29	
SAN JOSE	33.80S	069.92 O	1985			x					2	30	Frontera Chile-Argentina. Actividad fumarólica posterior.
MAIPO	34.17S	069.87 O	1912?			x						31	Frontera Chile-Argentina
TINGUIRIRICA	34.82S	070.35 O	1917									32	
PETEROA	35.25S	070.57 O	1967			x			x	x	1-4	33	Frontera Chile-Argentina
DESCABEZADO GRANDE	35.58S	070.75 O	1932			x					2	34	
CERRO AZUL	35.67S	070.77 O	1967			x			x		2-5	35	VEI muy alto
Laguna del Maule	36.02S	070.58 O	Holoceno										
NEVADOS DE CHILLAN	36.87S	071.38 O	1973			x			x	x	1-3	36	
ANTUCO	37.40S	071.37 O	1972			x			x		0-2	37	
CALLAQUI	37.92 S	071.42 O	1850?									38	Frontera Chile-Argentina
Copahues	37.85S	071.17 O	1750?			x							39
LONQUIMAY	38.37S	071.58 O	1889			x			x		0-2	40	
LLAIMA	38.70S	071.70 O	1979		x	x			x	x	2-4?	41	
VILLARRICA	39.42S	071.95 O	1980	x	x	x	x		x	x	2-3	42	
Quetrupillán	39.48S	071.70 O	Holoceno										
RINIHUE (o CHOSHUENCO MOCHO)	39.93S	072.03 O	1864			x					2	43, 44	
NILAHUE	40.35S	072.07 O	1979	x	x	x			x	x	2-4	45	
Volcán Casablanca	40.75S	072.20 O	Holoceno									46	
PUYEHUE	40.57s	072.10 o	1960			x			x		3-4	47	
CERRO PUNTIAGUDO	40.95S	072.27 O	1930?										
OSORNO	41.10S	072.50 O	1869			x			x		0-2	48	
CALBUCO	41.32S	072.60 O	1961		x	x		x	x	x	1-2	49	
Cayute-La Viguería	41.98S	072.27 O	Holoceno										

Tabla 7. Volcanes Activos de Chile. Peligros asociados a estos y periodicidad de erupciones en los últimos 10000 años.

Table 7. Active Volcanoes of Chile. Dangers associated with these and periodicity of eruptions in the last 10000 years.

Haciendo una relación entre la actividad volcánica y la zonificación propuesta para el país es posible hacer una comparación entre lo que se establece en el análisis hecho por Stern en su trabajo "Active Andean Volcanism: its geologic and tectonic setting" (2004) para Sudamérica en donde establece zonas volcánicas.

Stern subdivide la actividad volcánica del país dentro de las zonas que el determina como Zona Volcánica Central (que según las zonificación tratada aquí corresponde a la Zona Norte Grande y Norte Chico), Zona Volcánica Sur (comprendiendo parte de la Zona Centro, Zona Sur y Zona Patagonia Norte) y Zona Volcánica Austral (que comprende a la Zona Patagonia Sur).

Para la Zona Volcánica Central (Fig. 31), la cual incluye también parte sur de Perú, se tiene que debajo de esta zona se ubica la placa de Nazca, la cual se subducta entre 7-9 cm/año, lo cual se traduce en una elevada actividad tectónica, la cual se traduce en la importante presencia sísmica de la zona. Sin embargo, los sismos que importan para el estudio de la actividad volcánica son los Sismos Corticales Cordilleranos, los cuales se producen debido a la fractura que causa el desplazamiento del magma, las explosiones volcánicas interiores o los movimientos de masas a grandes escalas. En algunas ocasiones no se distinguen de los de origen tectónico, especialmente en prolongadas situaciones de inactividad **(AYALA-CARCEDO *et al. 2002*).**

El límite sur de esta zona coincide con una discontinuidad sísmica a los 27º S, sobrepuesto en un decrecimiento gradual en el ángulo de subducción en el sur. Muchos de los centros volcánicos de esta zona se encuentran extremadamente bien preservados debido a las condiciones de extrema aridez en la región (ver Anexo 4). Basados en las concentraciones de los centros antiguos, sugieren el inicio del vulcanismo en la zona fue primero en el sur y mas reciente en el norte del país **(STERN, 2004)**.

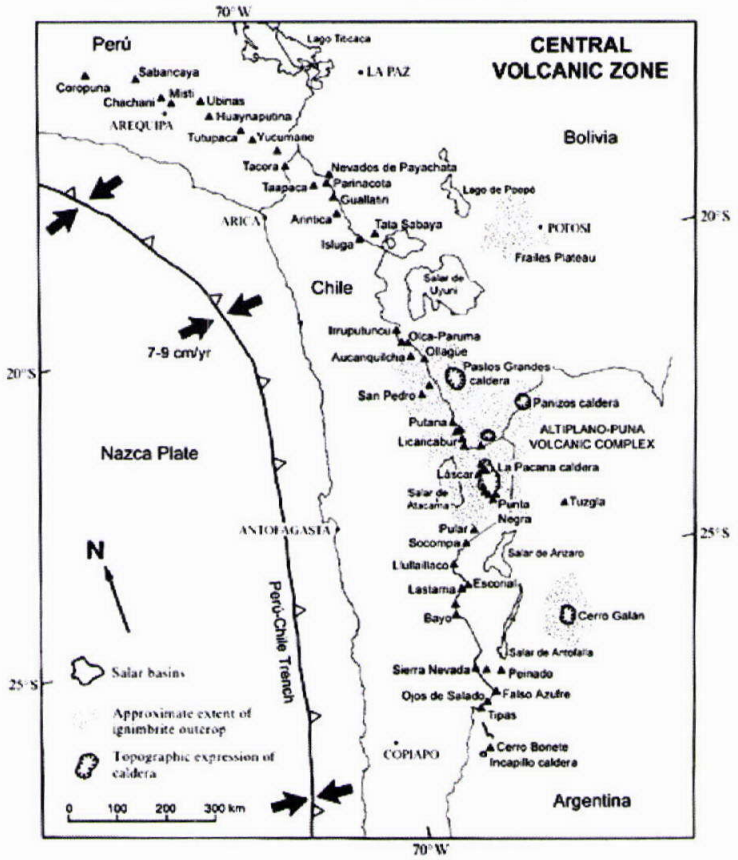


Fig. 31. Mapa de la Zona Volcánica Central de Stern (2004). En esta se aprecian las ubicaciones de los volcanes de la zona y la Fosa que se produce debido a la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana.

Fig. 31. Map of the Central Volcanic Zone of Stern (2004). In this one they appreciate the locations of the volcanoes of the zone and the Trench that takes place due to the subduction of the Nazca Plate under the South American Plate.

Fuente: Stern, 2004.

En el caso de la Zona Norte Grande (ver Fig. 32) se tiene que, considerando lo anterior, es posible apreciar no tan solo los volcanes existentes sino la presencia de centros volcánicos o cualquier similar que demuestre actividad magmática (color celeste).

Por otro lado están aquellos volcanes que han presentado actividad volcánica dentro de los últimos 10000 años, lo que hace que sean considerados como activos. En cuanto al grado de amenaza de estos que se ve influenciado por la

cantidad de población presente se tiene que para esta zona los centros poblados se localizan cercanos a zonas costeras y los valles, lo que se traduce en una menos cantidad de población bajo esta amenaza.

Como ya especifico Stern, los volcanes de esta zona se encuentran bastante bien conservados siendo incluso posible ver los flujos de lava que se extendieron por sus laderas.

Por otra parte la presencia de sismos también es significativa. No todos los sismos importan, solo aquellos denominados Corticales Cordilleranos los cuales e producen debido a la actividad volcánica y magmática principalmente (ver Fig. 5). Al hacer una comparación de la presencia de estos sismos (ver Fig. 8) y los volcanes de la zona se puede decir que la actividad volcánica de esta zona se encuentra disminuida, lo que explica en si la poca actividad que han presentado últimamente los volcanes de esta zona en comparación a otras zonas del país.

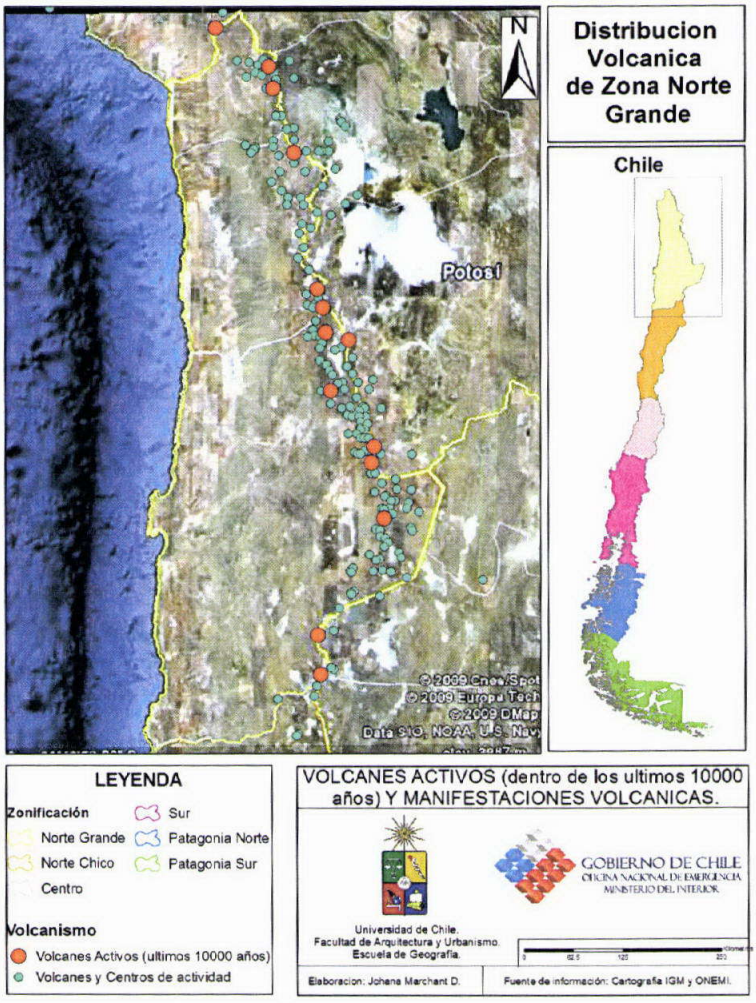


Fig. 32. Distribución volcánica de la Zona Norte Grande. Diferenciación de Centros volcánicos y Volcanes Activos.

Fig. 32. Volcanic distribution of the Zone Big North. Differentiation of volcanic Centers and Active Volcanoes.

Para la zona del Norte Chico (ver Fig.33) la situación es bastante diferente que la zona del Norte Grande. Se puede apreciar la notable ausencia de Centros volcánicos y más aun de Volcanes Activos, como Stern también lo hace notar en su documento estableciendo los 27º S como limite de esta discontinuidad, la cual es atribuida a un cambio de ángulo de subducción de las placas al cual disminuye para aquellas zonas.

La relación con los sismos Corticales Cordilleranos (Fig. 9) también se relaciona bastante, considerando que el mapa que los representa fue hecho con registros históricos de 500 años aproximadamente, la cantidad de Corticales cordilleranos es muy poca. Esto se relaciona directamente con la realidad actual de la zona la cual no se caracteriza por su actividad volcánica ni magmática.

La situación de los centros poblados se mantiene similar a la de la zona Norte Grande por lo que la situación de

amenazas se mantiene. Quizás la amenaza que mas se extiende sobre el territorio es la de la nube de cenizas o tefra, pero el país en general no se ve muy afectado por esta, a diferencia de Argentina, país que se ve mayormente afectado por esta amenaza debido a la dirección de los vientos.

En general se puede decir que los volcanes del Norte Grande y Chico, en la actualidad, son menos activos que los del Centro y Sur, solo unos pocos presentan casquetes de hielo que pueden originar lahares y la gran mayoría están ubicados en la alta puna, alejados de los centros poblados **(ONEMI, 1997 [2])**.

Predominan las erupciones de los tipos vulcaniano y pliniano **(ONEMI, 1997 [2])**.

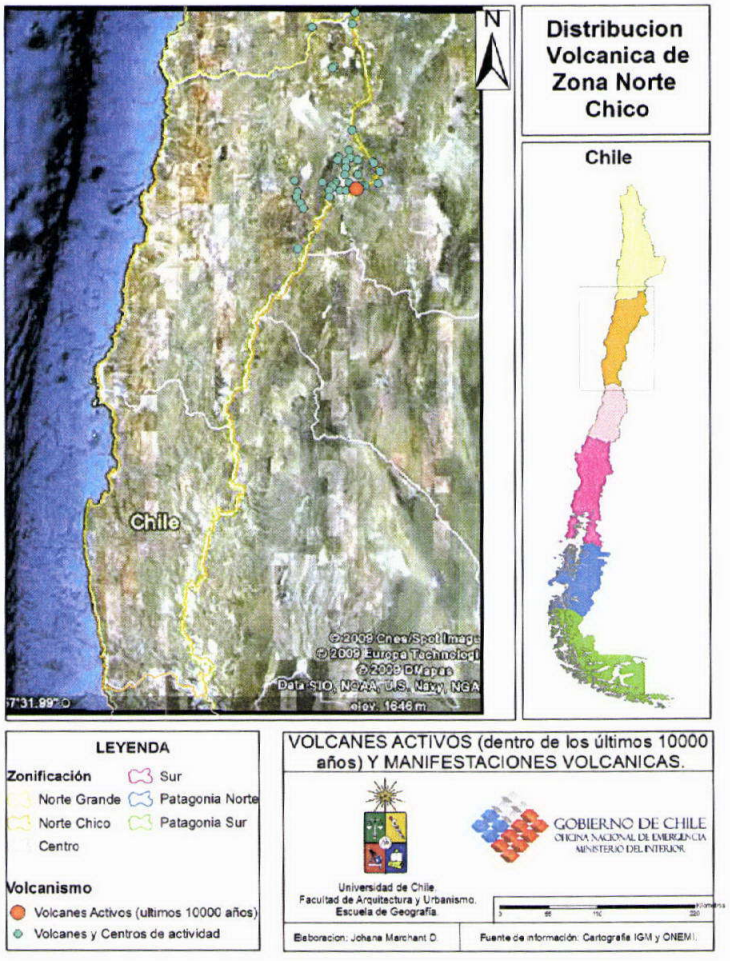


Fig. 33. Distribución volcánica de la Zona Norte Chico. Diferenciación de Centros volcánicos y Volcanes Activos.

Fig. 33. Volcanic distribution of the Small North Zone. Differentiation of volcanic Centers and Active Volcanoes.

Stern continua con su clasificación hacia el sur, la siguiente zona que se aprecia es la Zona Volcánica Sur (Fig. 34), la cual sigue al sector de discontinuidad volcánica en donde es posible ver la aparición nuevamente de una gran cantidad de centros volcánicos. Esta zona incluye a las Zonas Centro, Sur y Patagonia Norte.

Esta zona incluye, al menos, sesenta volcanes potenciales e históricamente activos, entre Chile y Argentina, además de tres grandes sistemas de calderas silicas y numerosos centros eruptivos menores. En contraste con la Zona de Actividad Volcánica Norte, las calderas de la Zona de Actividad Volcánica Centro tiene todas una formación en lo mínimo menos a 1.1 millones de años **(STERN, 2004)**.

La profundidad de la fosa disminuye de Norte a Sur, teniendo en el norte mas de 290 Km. de profundidad a menos de 270 Km. en el sur. Presenta complejas variaciones en el arco posterior desde un volcanismo alcalino a subalcalino. El sur de la Zona de Actividad Volcánica Centro consta de 13 centros volcánicos, todos

ubicados al costado oeste de la cordillera (Chile) **(STERN, 2004)**.

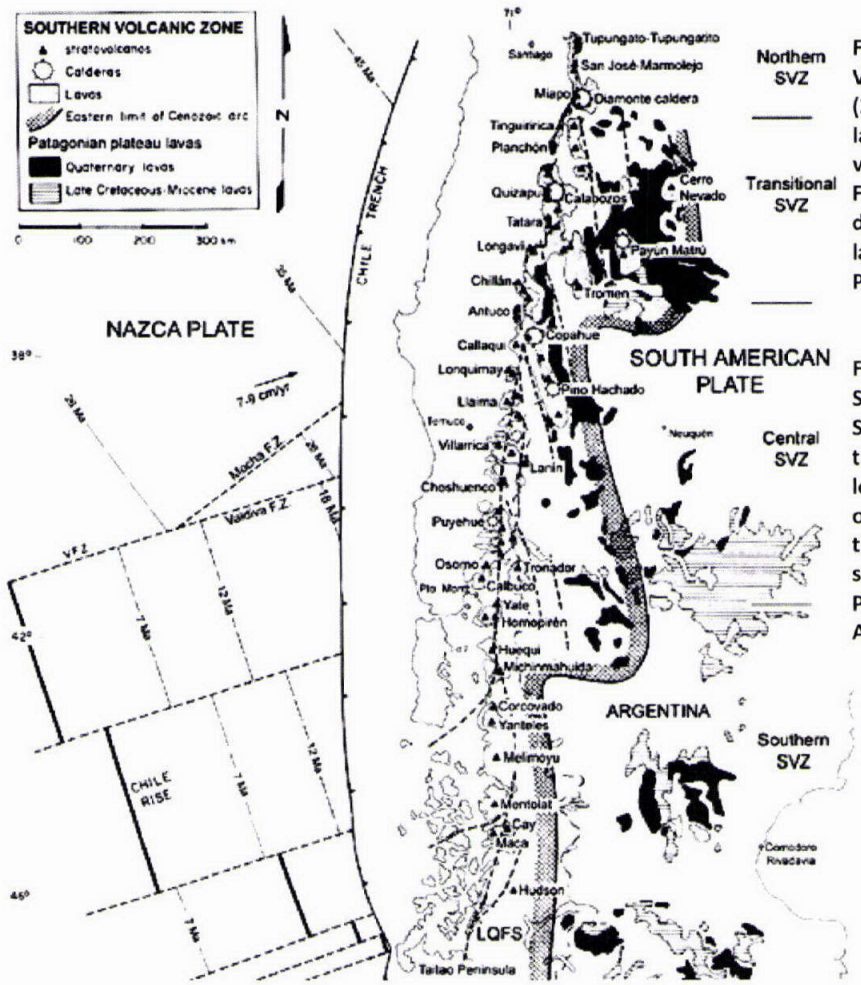


Fig. 34. Mapa de la Zona Volcánica Sur de Stern (2004). En esta se aprecian las ubicaciones de los volcanes de la zona y la Fosa que se produce debido a la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana.

Fig. 34. Map of the Southern Volcanic Zone of Stern (2004). In this one they appreciate the locations of the volcanoes of the zone and the Trench that takes place due to the subduction of the Nazca Plate under the South American Plate.

Fuente: Stern, 2004.

Si bien en la Zona Centro (Fig. 35) nuevamente aparecen los volcanes y centros volcánicos, estos en numero son bastante inferiores que en la Zona del Norte Grande. Esta situación es principalmente producto de la disminución del ángulo de subducción, como lo plantea Stern.

La reaparición incipiente de estos volcanes también se relaciona con el aumento de la cantidad de sismos Corticales Cordilleranos (Fig. 10), los cuales son bastante más abundantes en estas zonas.

Desde el punto de vista de las amenazas presentadas estas son más significativas debido a que la cantidad de población en esta zona es la más importante del país, más de 1/3 de la población nacional se encuentra asentada en esta zona, por lo que los niveles de vulnerabilidad a estas amenazas también se incrementan. La existencia de grandes cantidades de población en los valles interiores a pocos kilómetros.

Finalmente se puede decir, que si bien no hay una cantidad comparable de volcanes con la zona Norte Grande, la cantidad de sismos Corticales Cordilleranos es bastante mayor que en la Zona ya nombrada.

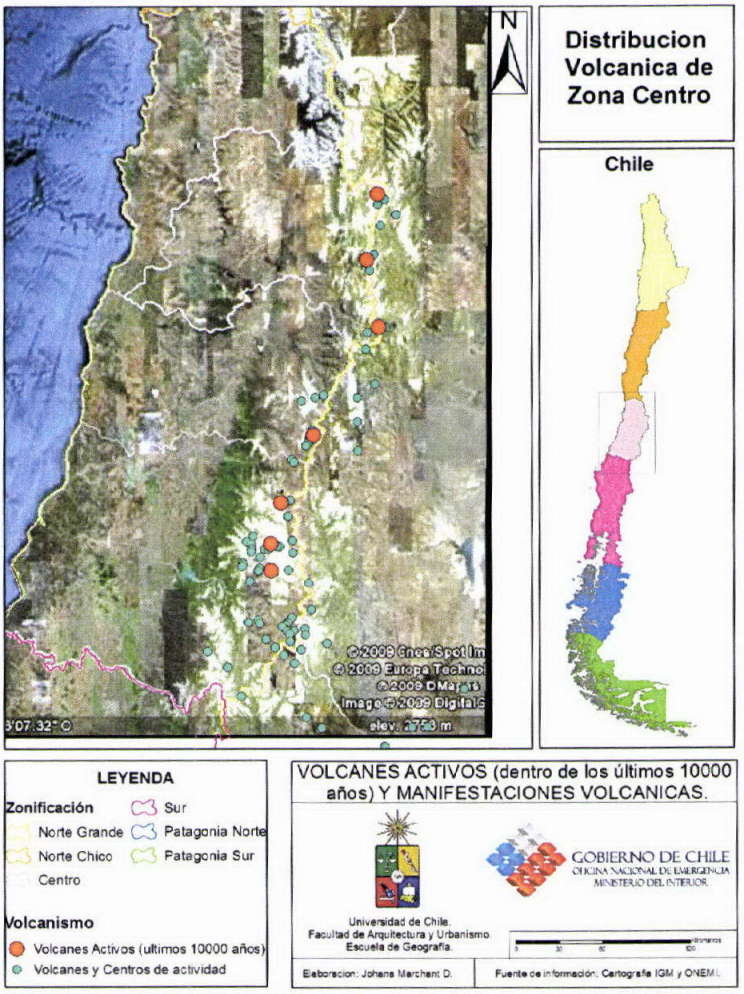


Fig. 35. Distribución volcánica de la Zona Centro. Diferenciación de Centros volcánicos y Volcanes Activos.

Fig. 35. Volcanic distribution of the Central Zone. Differentiation of volcanic Centers and Active Volcanoes.

En la zona Sur (ver Fig. 36) la situación nuevamente cambia. La presencia de volcanes aumenta nuevamente y, a diferencia con el resto del país, la cantidad de volcanes activos en esta zona es mucho superior que en otras latitudes del país. Este fenómeno puede ser explicado debido a que frente a las costas de gran parte de la Zona Sur se encuentra la denominada Dorsal de Chile la q aumenta el nivel de acumulación de energía en esta zona (ver Fig. 31).

La Dorsal de Chile influencia la cantidad y magnitud de los sismos por lo mismo en esta zona es bastante son recurrentes. En cuanto a los sismos Corticales Cordilleranos estos son bastantes escasos, quizás se deba a que la instalación de equipos para registrar los sismos no habían sido localizado aun en estos sectores. O bien también se podría deducir que la actividad volcánica no esta condicionada por la presencia de estos sismos.

En este sector se encuentran los volcanes más activos del país, el Llaima y el Villarica. La mayoría presenta gruesos y extensos casquetes de hielo, en consecuencia los lahares son frecuentes. Estudios geológicos revelan que en tiempos prehistóricos no muy lejanos, tuvieron lugar en esta región erupciones muy violentas, acompañadas de torrentes de cenizas incandescentes y voluminosos lahares que se extendieron por el valle longitudinal y alcanzaron hasta la Cordillera de la Costa. En Talca, por ejemplo, los depósitos de ceniza alcanzan varios metros de espesor y en Osorno, el deposito laharico sobre el cual fue construida la ciudad tiene hasta 70 cm de espesor **(ONEMI, 1997 [2])**.

Predominan erupciones de los tipos estromboliano, vulcaniano y pliniano **(ONEMI, 1997 [2])**.

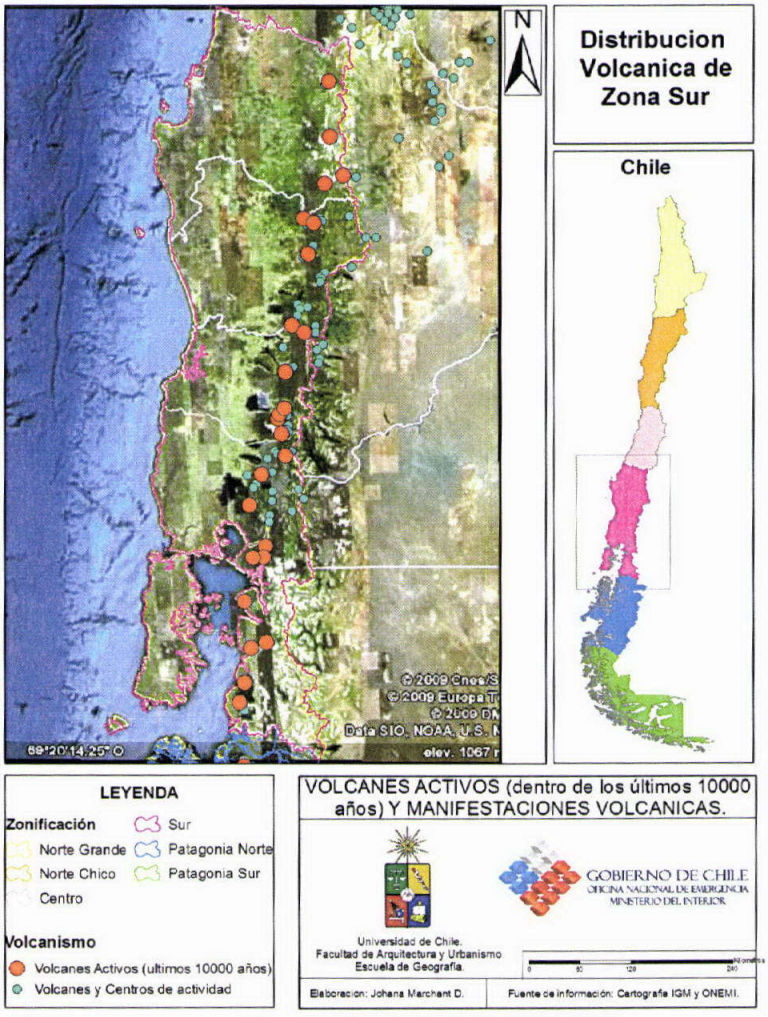


Fig. 36. Distribución volcánica de la Zona Sur. Diferenciación de Centros volcánicos y Volcanes Activos.

Fig. 36. Volcanic distribution of the South Zone. Differentiation of volcanic Centers and Active Volcanoes.

Continuando con la ultima zona volcánica propuesta por Stern se aprecia que existe un espacio en el volcanismo activo entre los 46º y 49º S, donde no se evidencia actividad e incluso no se aprecia la presencia de volcanes. Luego de esta discontinuidad denominada Espacio Volcánico Patagónico, se encuentra una zona con cinco estratovolcanes y un pequeño complejo de domos Holocenicos **(STERN, 2004)**.

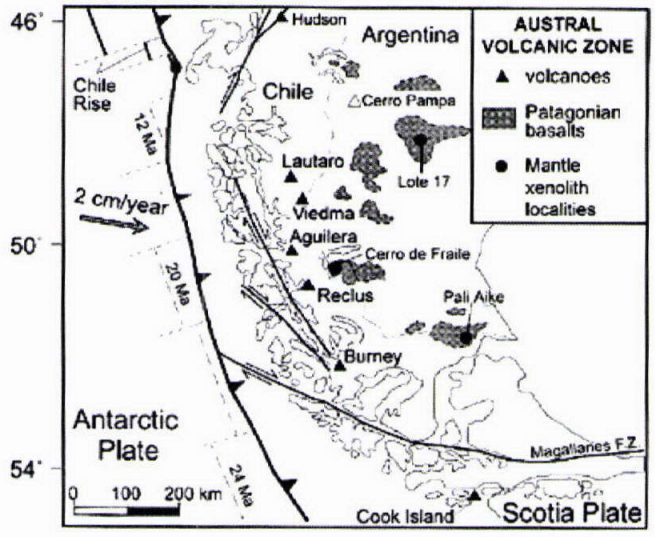


Fig. 37. Mapa de la Zona Volcánica Austral de Stern (2004). En esta se aprecian las ubicaciones de los volcanes de la zona y el cambio de la Placa de Nazca a la plaza Antártica la que ahora se subduce bajo la Placa Sudamericana y la interferencia de la Placa de Escocia.

Fig. 37. Map of the Austral Volcanic Zone of Stern (2004). In this one they appreciate the locations of the volcanoes of the zone and the change of the Nazca Plate to the Antarctic Plate that now subduction under the South American Plate and the interference of the Plate of Scotland.

Las zonas de las Patagonias Norte y Sur son analizadas en conjunto ya que su comportamiento volcánico es bastante homogéneo.

En ambas se produce el cambio de placa que se subduce, lo que afecta la cantidad de sismos, tsunamis y fenómenos volcánicos que en estas zonas se producen.

De todas formas y considerando lo anterior la actividad volcánica presente en estas zonas es bastante elevada, la presencia de sismos Corticales Cordilleranos no son muchos lo que igual se produce un poco por lo precariamente monitoreada que es esta zona

Los volcanes australes se caracterizan por presentar gruesos casquetes de hielo que han originado gigantescos lahares (Hudson). Sin embargo, la mayoría están localizados fuera de zonas pobladas (Huequi, Aguilera, Lautaro, Burney). Predominan erupciones de tipo vulcaniano.

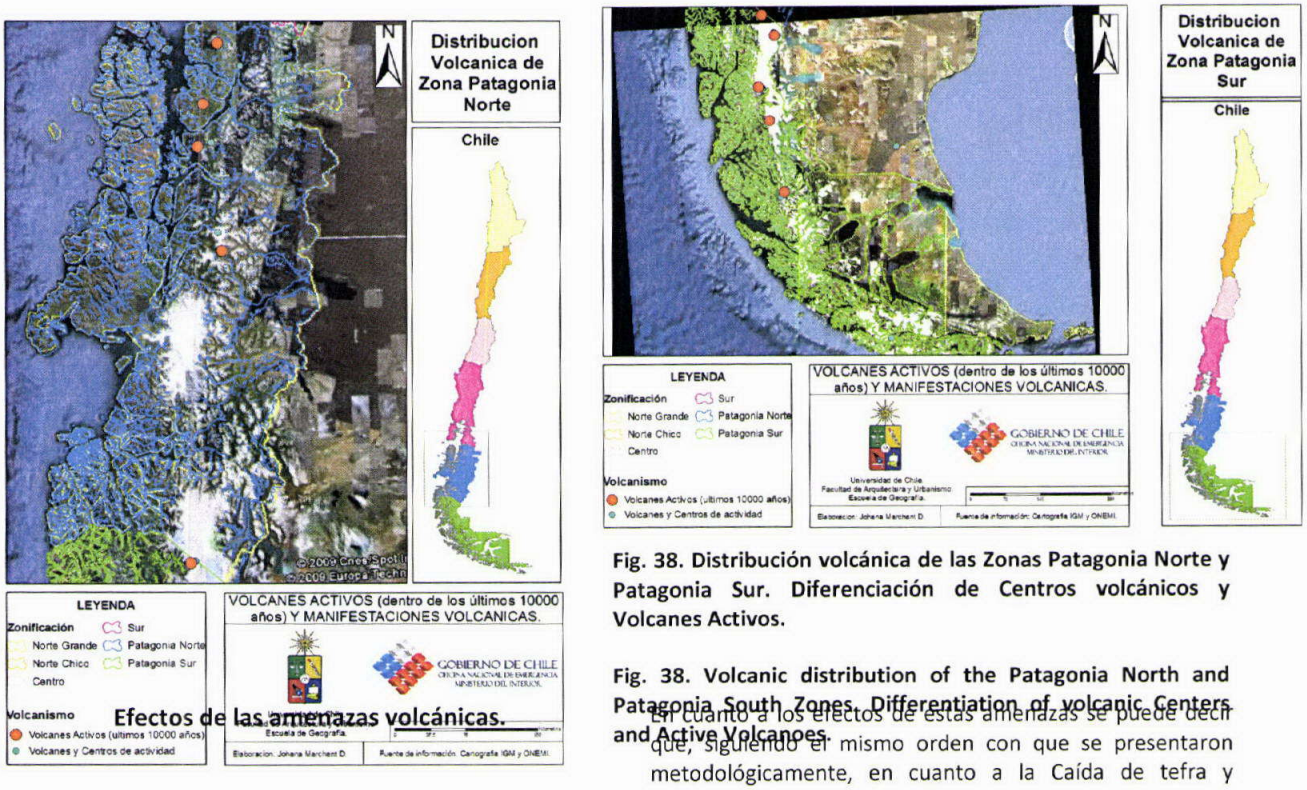


Fig. 38. Distribución volcánica de las Zonas Patagonia Norte y Patagonia Sur. Diferenciación de Centros volcánicos y Volcanes Activos.

Fig. 38. Volcanic distribution of the Patagonia North and Patagonia South Zones. Differentiation of volcanic Centers and Active Volcanoes.

Efectos de las amenazas volcánicas.

En cuanto a los efectos de estas amenazas se puede decir que, siguiendo el mismo orden con que se presentaron metodológicamente, en cuanto a la Caída de tefra y

proyectiles balísticas los problemas generados por este tipo de amenazas hacen relación con alteraciones respiratorios (hombres y animales), alteración en el funcionamiento de motores (medios de transporte afectados, dificultad de evacuación), colapso de tejados, caídas de líneas de comunicación, destrucción de cultivos **(AYALA-CARCEDO *et al.* 2002),** también es común dentro de los hongos de ceniza se produzcan tormentas eléctricas debido a la carga provocada por el roce de las partículas al ser expulsadas violentamente (volcán Hudson, 1991). Este fenómeno puede producir interferencias radiales y telefónicas e incendios forestales **(ONEMI, 1997 [2]).** Desde los hongos eruptivos o desde las plumas, se generan lluvias acidas por la condensación del vapor de agua y su reacción con otros compuestos gaseosos (erupción del volcán Lonquimay, 1988-89). Las lluvias acidas son corrosivas en extremo y atacan específicamente a la biosfera y a los materiales metálicos. Además, alteran drásticamente las aguas superficiales y la composición de los suelos. Esta alteración físico-química de las aguas de esteros y ríos constituye uno de los peligros de respuesta más inmediata y recurrente en muchas erupciones volcánicas. La alteración se produce principalmente por la dispersión de las aguas acidas de lagos de cráter, las cenizas con precipitados ácidos, corrientes de barro, lavas y flujos piroclásticos que, directa o indirectamente, aportan los precipitados químicos a los cursos de aguas perennes. Las alteraciones de las aguas, eventualmente podrían detectarse sin que medie o se haya iniciado una erupción **(ONEMI, 1997 [2]).** Respecto a los fenómenos balísticos los daños que ocasionan en las propiedades y en las personas se suelen producir por cuatro causas: impacto directo de un fragmento balístico; suspensión en la atmósfera o en las aguas de las partículas de menor tamaño; enterramiento por acumulación de material y contaminación por gases, ácidos o sales asociados con la erupción **(OEA, 1993).**

Los peligros asociados con los flujos piroclásticos incluyen asfixia, entierro, incineración y lesiones por impacto y daños. Los maretazos piroclásticos presentan todos los peligros de los flujos piroclásticos, además de los gases nocivos y las nubes de alta velocidad. Su mayor movilidad hace que el escape sea imposible una vez que se han formado. Las zonas de inundación potencial de un maretazo piroclástico, deben ser evacuadas al comienzo de una erupción que podría ser acompañada por un evento de esa naturaleza. Lo principales problemas por esta amenaza son asfixias, enterramiento, incendios e impactos directos, deshielos en cumbres volcánicas que causan lahares y coladas de barro **(OEA, 1993).** Rupturas repentinas pueden generar caídas de rocas, deslizamientos de laderas y avalanchas de rocas, que constituyen un gran peligro dado que pueden alcanzar enormes volúmenes que se deslizan y mueven con mucha rapidez arrasando y sepultando lo que encuentren a su paso **(ONEMI, 1997 [2]).**

Los lahares amenazan las vidas humanas y las propiedades tanto en los volcanes como en los valles que los drenan. Debido a su alta densidad y a su velocidad, pueden ascender paredes en la parte exterior de de curvas y sobrepasar barreras topográficas pudiendo destruir la vegetación y hasta estructuras importantes a lo largo de sus rutas, tales como puentes. Los depósitos de los lahares pueden enterrar obras de infraestructura y campos cultivados. La detección de un lahar cerca de su fuente puede proporcionar avisos oportunos a las personas que habitan río abajo, siempre y cuando exista un sistema de comunicación apropiado **(ONEMI, 1997 [2]).** Los lahares a veces adquieren velocidades asombrosas. Uno de un volcán japonés llegó a una velocidad de 180km/hr. Un lahar iniciado por la erupción del volcán Cotopaxi en Ecuador tuvo una velocidad promedio de 27km/hr. en una distancia de 300 km **(OEA, 1993).** Lahares con su alta densidad de masas y velocidad, en su trayecto pueden destruir estructuras tales como puentes, enterrar poblaciones y cultivos y tapar los canales de agua, eliminando su capacidad de acarreo. Esto puede traer como resultado inundaciones, a medida que el agua rebalsa el canal achicado, o pueden formarse presas por derrubio volcánico, que embalsan el agua y aumentan el potencial para una inundación súbita **(OEA, 1993).**

Respecto de los flujos de lavas, pueden ocasionar daños parciales o la destrucción total por enterramiento, trituración o incendio de todo lo que encuentre a su paso. Adicionalmente, los incendios causados por flujos de lava pueden afectar áreas alejadas de los límites del flujo mismo. Por otra parte, los flujos de lava también pueden fundir nieve y hielo alrededor del cráter, lo cual a su vez puede generar lahares y crecidas **(ONEMI, 1997 [2]).**

El gas volcánico mas abundante es el vapor de agua; otros gases importantes incluyen el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, anhídrido sulfúrico, cloro y flúor. Tanto como los compuestos de azufre como los cloruros y fluoruros, reaccionan con el agua para formar gases venenosos, los cuales aun en concentraciones bajas son nocivos para los ojos, la piel y el sistema respiratorio de seres humanos y animales. Dependiendo de su concentración y del tipo de vegetación, estos ácidos pueden causar daño y hasta liquidar la vegetación; también pueden destruir tejidos textiles y metales. El anhídrido carbónico y el monóxido de carbono son inodoros y, al contrario de los otros gases tóxicos, no pueden ser detectados por las personas. Cabe señalar que el anhídrido carbónico es más denso que el aire **(ONEMI, 1997 [2]).**

Para la zonificación de la amenaza volcánica se utiliza la Tabla 8, que expresa los parámetros utilizados con los cuales se realizan las diversas cartografías de amenazas volcánicas (ver Anexo 6).

Tabla 8: Alcances y Grados de Riesgo de las amenazas Volcánicas.
Table 8: Scopes and Degrees of Risk of the Volcanic threats.

Amenaza	Distancia máxima (Km.)	Área afectada ($Km.^2$)	Grado de riesgo
Flujo de lava	3-4	2	Bajo
Bombas	2-5	10	Medio
Caída de tefra	10-30	1000	Medio
Flujo piroclástico	5-10	10-20	Alto
Lahar	10-20	10-20	Alto
Sismicidad	50	5000	Bajo
Gases/lluvia acida	20-30	1000	Medio

Fuente: ONEMI, 1997 [2]

DISCUSIÓN.

SUGERENCIAS SOBRE LA AMENAZA GEOLÓGICA.

Los documentos oficiales sobre las medidas a tomar sobre amenaza geológica están basados en el Plan Nacional de Protección Civil. Donde las líneas estratégicas de reducción de las probabilidades de ocurrencia y/o de los efectos de emergencias y desastres, ponen especial énfasis en las actividades que dicen relación con la prevención, la mitigación y la preparación, lo que por consecuencia lógica disminuirá las necesidades de recursos, medios y esfuerzos en la respuesta durante el conflicto **(ONEMI. 2002).**

En cuanto a estos tres elementos, pueden enfocarse de diferentes formas: en prevención, mitigación y evaluación **(RAMOS, 2005).** Dependiendo de el modelo a utilizar para la gestión del riesgo.

Es por situaciones como la anterior que desde un comienzo se definió claramente los aspectos a los que hace referencia este documento y las metodologías a implementar dentro del mismo. Sin embargo, siempre es importante y enriquecedor tomar conocimiento de nuevas propuestas e innovaciones sobre el tema.

En los países subdesarrollados donde la carencia de medios económicos aconseja el respeto de las leyes de la naturaleza para evitar, en la medida de lo posible, el desastre natural **(OLCINA, 2008).**

Lo que se en términos del calculo del riesgo (Riesgo = Vulnerabilidad * Amenaza), traduce en la reducción de la vulnerabilidad para así disminuir el riesgo. La reducción de la amenaza es bastante costosa y, en algunos casos, imposible e implementar, como es el caso de los volcanes que es imposible evitar que estos en cada erupción emitan tefra o lahares.

Por lo mismo, en la mayoría de los riesgos asociados con amenazas naturales existe muy poca oportunidad, o tal vez ninguna, para reducir la amenaza. En estos casos, el objetivo de las políticas de mitigación debe ser la reducción de la vulnerabilidad de los elementos y actividades en riesgo **(DMTP, 1994).**

En cuanto a la mitigación esencial entender la naturaleza de las amenazas que pueden enfrentarse. Para comprender cada amenaza es necesario entender:

- Sus causas.
- Su distribución geográfica, magnitud o gravedad y probable frecuencia de suceso.
- Los mecanismos físicos de destrucción.
- Los elementos y actividades más vulnerables a ser destruidos.
- Las posibles consecuencias económicas y sociales del desastre.

La mitigación comprende no sólo salvar vidas y heridos y reducir las pérdidas de propiedad, sino también reducir las consecuencias adversas de amenazas naturales a las actividades económicas e instituciones sociales. En los casos donde los recursos para mitigación son limitados, estos deben concentrarse en las áreas donde tendrán mayor beneficio – en los elementos más vulnerables y en respaldar actividades ya establecidas a nivel comunitario **(DMTP, 1994)**

Lo anterior es un punto relevante ya que actualmente dentro de la ONEMI las acciones que se toman se avocan en la Protección Civil, y el documento del Programa De Entrenamiento Para El Manejo De Desastres (DMTP, 1994) sobre Introducción a Las Amenazas, da nuevas medidas a incluir dentro de la mitigación. Las consecuencias negativas

de las amenazas a la economía y la producción de un territorio también deberían ser consideradas dentro de la mitigación, así como también a las instituciones sociales, ya que ambas anteriores son las que influyen en los procesos de recuperación de la misma zona afectada, tanto en los tiempos como en la capacidad organizativa de esa misma sociedad.

La rehabilitación de una zona que ha sido afectada por un evento destructivo, que corresponde al establecimiento de los servicios básicos indispensables en el corto plazo luego de ocurrida una emergencia, y la reconstrucción que corresponde a las reparaciones de la infraestructura y a la restauración del sistema de producción, a mediano y largo plazo, con el objetivo de alcanzar e incluso superar en los factible el nivel de desarrollo previo a la ocurrencia de la emergencia o desastre, deben considerar decisiones, procedimientos y conductas que favorezcan la prevención y preparación, con lo que se articula lo que técnicamente se denomina Ciclo de Manejo de Riesgos **(ONEMI. 2002).**

Dentro de la gama de medidas de mitigación que podrían considerarse, según el Programa De Entrenamiento Para El Manejo De Desastres (1994), se sugieren las:

- Medidas de ingeniería y construcción
Las medidas de ingeniería varían desde obras de ingeniería de gran escala para reforzar construcciones individuales y proyectos de pequeña escala de base comunitaria. Es probable que los códigos de prácticas para protección contra desastres no sean eficientes si no son aceptados y comprendidos por la comunidad. El entrenamiento de los constructores locales en técnicas que incorporen mejor protección en las estructuras tradicionales, edificaciones, caminos, malecones, sería probablemente un componente esencial de dichas medidas.

- Medidas de planificación física
La ubicación cuidadosa de nuevas instalaciones, particularmente instalaciones comunitarias tales como escuelas, hospitales e infraestructura, juega un importante rol en reducir la vulnerabilidad de los asentamientos; en las áreas urbanas, un principio importante es impedir la concentración de elementos especialmente en riesgo.

- Medidas económicas
La vinculación entre los diferentes sectores de la economía puede ser más vulnerable a trastorno causado por un desastre que la infraestructura física. La diversificación de la economía representa un medio importante para reducir el riesgo. "Una economía robusta es la mejor defensa contra el desastre". Dentro de una economía robusta, el gobierno puede hacer uso de incentivos económicos para estimular a los individuos o instituciones a tomar medidas de mitigación de desastres.

- Medidas administrativas e institucionales
El establecimiento de protección contra desastres es un proceso que emplea mucho tiempo. Debe ser respaldado por programas de educación, entrenamiento y de desarrollo de instituciones que brinden el conocimiento profesional y competencia requeridos.

- Medidas sociales
La planificación de mitigación debe tener como finalidad el desarrollo de una "cultura de la seguridad", en la cual los miembros de la sociedad estén conscientes de las amenazas que enfrentan, sepan como protegerse de ellas y que respalden los esfuerzos de protección de otros y de la comunidad en su conjunto.

De todas formas el actual proceder de la ONEMI al centrar la atención en estos elementos (prevención, mitigación y preparación), logra un mejor resguardo de vidas humanas, de las estructuras y bienes, en la medida que se genera un Cultura Preventiva y una Conciencia de las Acciones pertinentes en cada una de estas fases. Esto permitirá ir contando con una comunidad organizada, prevenida, preparada y entrenada, para que el uso curso de la vida nacional no se vea alterado y no se comprometa el desarrollo del país **(ONEMI. 2002).**

Por otra parte y con una mirada mas actualizada, lo que propone Olcina (2008), para las amenazas es una nueva unidad de análisis territorial: la "región-riesgo", debido a la existencia de áreas con amenazas naturales y seres humanos que viven cerca de o directamente en ellas. Es posible delimitar unidades espaciales que comparte una afección similar de algún episodio natural de rango extraordinario **(OLCINA, 2008).** Esta concepción de "región-riesgo" no hace referencia a la división político administrativa, sino que se refiere a unidades territoriales que tienen en común uno o mas tipos de riesgos, como lo que sucede en el caso de ciudades aledañas o conurbadas (ciudades separadas que producto de su extensión urbana se han convertido en una urbanización continua), como Valparaíso y Viña del Mar, las cuales se ha unido en la implementación de medidas para la amenaza de un tsunami.

Considerando todo lo dicho, las acciones de prevención son el primer y gran objetivo, incluyendo la preparación para la respuesta, que se logra a través de una estructura que genera una coordinación participativa, interinstitucional e intersectorial que identifique las amenazas, vulnerabilidades y recursos, que analice las variables de riesgo y valide la planificación correspondiente **(ONEMI. 2002).** De esto se entiende la relevancia del desarrollo de estudios de amenazas, vulnerabilidades y riesgos, y lo importante que es que estos se mantengan actualizados.

Pero, también, deben ser conocidos y considerados al momento de la toma de decisiones.

La OEA, señala respecto a la investigación de las amenazas naturales que, las evaluaciones de amenazas naturales proveen información sobre la posible ubicación y severidad de fenómenos naturales peligrosos y sobre su probabilidad de ocurrencia dentro de un período específico de tiempo y un área determinada. Estos estudios se basan en gran medida, en información científica ya existente incluyendo mapas geológicos, geomorfológicos y mapas de suelos, datos climáticos e hidrológicos, y mapas topográficos, fotografías aéreas e imágenes de satélite. La información histórica, obtenida tanto en informes escritos como por intermedio de las narraciones de quienes han habitado el área por mucho tiempo, también ayuda a categorizar los potenciales eventos. Idealmente, una evaluación de amenazas naturales concientiza a la gente sobre el tema en una región destinada al desarrollo, evalúa la amenaza de los eventos naturales, identifica la información adicional necesaria para hacer una evaluación definitiva y recomienda los medios más apropiados para poder obtenerla. **(OEA, 1991)**

Ocurrido un evento destructivo, la aplicación de lo planificado para la gestión de respuesta debe ser coordinada por esa misma estructura, con el principal objetivo de orientar la toma de decisiones y la labor de los organismos de respuesta en el corto plazo, priorizando directamente la atención a las personas **(ONEMI. 2002)**. Siendo la labor principal de la Protección Civil.

En cuanto a la Prevención se toda comunidad, por pequeña que sea, posee una cantidad de recursos que bien gestionados y utilizados permiten enfrentar con mayores responsabilidades de éxito, no solo los eventos destructivos que se presenten, sino que también todas las etapas de la Fase Preventiva **(ONEMI, 1997 [2])**.

Y desde el punto de la Protección Civil es importante decir, como lo señala Olcina, que el riesgo ha aumentado en las últimas décadas y no por que haya ocurrido un incremento de la peligrosidad, aspecto de momento no demostrado, sino porque es mayor el grado de ocupación de riesgo **(OLCINA, 2008)**.

Para una eficiente y efectiva gestión en emergencias y desastres, los niveles regional, provincial y comunal deben trabajar coordinadamente con los organismos de Protección Civil de su respectiva áreas jurisdiccional, a través del funcionamiento permanente de Comités de Protección Civil **(ONEMI. 2002)**.

Como se puede apreciar la ONEMI fija modelos metodológicos a seguir en cuanto a acciones e interrelaciones que deben cooperar para lograr un fin, Olcina (2008), por su parte, también hace referencia sobre la pertinencia de las medidas por sobre la implementación de estructuras. Se ha pasado del recurso a la obra de infraestructura como pieza básica de mitigación de los peligros naturales al planteamiento de medidas que tienen en la ordenación y gestión del territorio **(OLCINA, 2008)**.

La forma de actuar hoy en día dice que en particular a cada evento geológico se le trata de diferente forma, aunque las líneas de acción a tomar en general sean las mismas. Por esto a la amenaza volcánica se tiene que esta es un fenómeno que no ocurre súbitamente, sino que es la manifestación final de un proceso que se ha estado generando por un largo periodo de tiempo dentro de la corteza terrestre, correspondiendo al ascenso paulatino del magma a la superficie **(ONEMI, 1997 [2])**. Los procesos observables durante la ocurrencia de un evento volcánico son:

- Procesos Físicos.
- Procesos Hidrotermales.
- Cambios Químicos.

Estos procesos permiten la identificación de amenazas volcánicas.

Para la identificación de las amenazas sísmicas, se establecen parámetros descriptivos de amenaza y vulnerabilidad, clasificados en **(ONEMI, 1997 [2])**:

- Aspectos físicos
- Aspectos de ocupación del territorio.
- Aspectos de organización social.

En cuanto al proceso de zonificación de estas amenazas se utiliza la metodología **AIDEP**:
Análisis histórico ¿Qué nos ha pasado?
Investigación en Terreno ¿Dónde están los riesgos y recursos?
Discusión de prioridad de riesgo y recursos detectados.
Elaboración de mapa o plano
Plan integral de Protección Civil.
La cual se puede complementar con las nuevas formas o tipos de investigación y zonificación, para así poder reflejar la cantidad de población que esta expuesta a estas amenazas, los costos económicos, y la vulnerabilidad social, entre otros. Respecto a ello es que los recursos fundamentales a considerar son **(ONEMI. 2002)**:

- Recursos Humanos.
- Recursos Materiales y Técnicos.
- Recursos Financieros.

Lo más interesante es que a pesar de que existe un riesgo latente frente a una amenaza de tipo geológico, la creación de un mapa de riesgo de estos, afecta los intereses de corporaciones e individuos. Por lo tanto, las presiones sobre los investigadores para que una zona aparezca o no afectada en el mapa son muy fuertes, especialmente

cuando la zona recreativa y los habitantes son concientes de ello. Además, el grado de responsabilidad sobre una zona a proteger no esta claro **(ORTIZ, 1997).**

CONCLUSIONES.

Si bien ya todos o la gran mayoría de las personas sabe que Chile es un país sísmico, no muchos han tomado conciencia sobre esto y sus consecuencias al desarrollo del país y su vida cotidiana. Probablemente esto crea una mayor responsabilidad en los organismos encargados de la Protección Civil, por ello es que estudios de zonificación y compilatorios sobre la situación del país resultan herramientas fundamentales.

Se reconoce para el país una determinante influencia de los eventos geológicos, fenómenos de gran envergadura amenazas casi todos los rincones de Chile, como los Tsunamis que preocupan a las zonas costeras del país (oeste) y los volcanes que amenazan los sectores cordilleranos (este), sin olvidar los sismos que amenazan a todo el país de la misma forma.
Fenómenos menores como la remoción, deslizamientos y licuefacción de los suelos, el fallamiento en superficie son más localizados, por lo cual el cartografiarlos a la escala utilizada en esta investigación resulta bastante difícil ya que no seria posible observarlos. De todas formas se logro un análisis e identificación de zonas más propensas a estas amenazas mediante una tabla de resumen (Tabla 3). Lo que hace necesario estudios o compilaciones de información que contengan este tipo de datos a una escala en la que sea perceptible su visualización y cartografía.

Otro tema importante que se puede incluir es sobre la Remoción en Masa. Esta se origina tanto por causas geológicas como hidrometeorológicas, lo cual hace que su estudio desde uno de los 2 puntos de vista sea complicado ya que se esta dejando de lado parte fundamental de su origen y desarrollo. Para lograr un análisis y comprensión de lo que esta amenaza significa para el territorio es imprescindible que se realice un análisis desde las perspectivas que lo influyen (Geología e Hidrometeorología), ya que así es posible la identificación y zonificación exitosa de esta amenaza. Es probable que para este tipo de amenazas sea pertinente un estudio de suelos que geológico o hidrometeorológico por separado, ya que al estudiar los suelos se integran estas dos como variables junto a otras más como son cantidad de vegetación, pendiente, etc.

BIBLIOGRAFÍA.

AGUILO, M. 2000. Guía para la elaboración de estudios del medio físico: Contenido y metodología. Ministerio del medioambiente. Madrid, España. 86 pp.

AYALA-CARCEDO, F. & OLCINA, J. 2002. Riesgos Naturales. Editorial Ariel. Barcelona, España. 1512 pp.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID) & INTERAMERICAN DEVELPMENT BANK (IDB). 2008. Tsunami Hazard in the City of Valparaíso. Manejo de Riesgos en Valparaíso, Servicios Técnicos. 49 pp.

BATATIAN, D. 2002. Minimum Standards for Surface Fault Rupture Hazard Studies. Salt Lake County Geologic Hazards Ordinance- Chaptes 19.75. Apendix A. Salt Lake, Estados Unidos. 11 pp.

BAXTER, P. 1996. Eventos Geofísicos. Volcanes. 25 pp.

CARDONA, O. 2001. Estimación Holística del Riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España. 196 pp.

FERRANDO, F. 2003. En torno a los desastres "naturales": topología, conceptos y reflexiones. Boletín del Instituto de vivienda, Universidad de Chile. Volumen 18, numero 047. Santiago, Chile. 15-31 pp.

FERRANDO, F., SOTO, M. & VIEIRA, R. 2004. Características geomorfológicas de un sistema de glaciares rocosos y de su cuenca de sustentación en Chile semiárido. Investigaciones Geográficas. Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Departamento de Geografía. Nº 36, 1-16. Santiago, Chile. 16 pp.

FOSCHIATTI, A. 2005. Las vulnerabilidades del nordeste argentino como área de riesgos ambientales y sociales. Instituto de Geografía. Universidad del Nordeste. Chaco, Argentina. 16 pp.

GIL, O. 1991. Investigaciones Geográficas. Marco físico y riesgos naturales de Alicante. Anales de la Universidad de Alicante. Instituto Universitario de Geografía. 12 pp.

ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PAPUDO. 2003. Plan Local de Emergencia de Papudo. Papudo, Chile. 24 pp.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS (INE). 2003. Censo 2002. Síntesis de resultados. La Nación S.A. Santiago, Chile. 50 pp.

KIE, H., SOMERVILLE, P. & ICHINOSE, G. 2005. Probabilistic Análisis of Strong Ground Motion and Tsunami Hazards in Southeast Asia. Macquarie University. Sidney, Australia. 19 pp.

LAGOS, M. & CISTERNAS, M. 2008. El Nuevo Riesgo de Tsunami: Considerando el Peor Escenario. Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. Volumen XII, No 270. 14 pp.

MOFFATT & NICHOL, 2007. Tsunami Hazard Assessment for the Ports of long Beach and Los Angeles. Final Report. California, Estados Unidos. 97 pp.

NOJI, E. 1995. Eventos Geofísicos. Terremotos. 42 pp.

NORMA CHILENA OFICIAL. 1985. Escala de Intensidad de los Fenómenos Sísmicos. Segunda Edición. 8 pp.

OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA MINISTERIO DEL INTERIOR (ONEMI), 1996. Marco Conceptual en Protección Civil. Programa de Formación Profesional en Protección Civil. Santiago, Chile. 11 pp.

OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA MINISTERIO DEL INTERIOR (ONEMI), 1997 [1]. Riesgo Sísmico. Programa de Formación Profesional en Protección Civil. Santiago, Chile. 18 pp.

OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA MINISTERIO DEL INTERIOR (ONEMI), 1997 [2]. Riesgo Volcánico. Programa de Formación Profesional en Protección Civil. Santiago, Chile. 26 pp.

OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA MINISTERIO DEL INTERIOR (ONEMI), 1997 [3]. Riesgo de Tsunami Programa de Formación Profesional en Protección Civil. Santiago, Chile. 12 pp.

OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA MINISTERIO DEL INTERIOR (ONEMI), 2002. Plan Nacional de Protección Civil. Santiago, Chile. 78 pp.

OLCINA, J. 2008. Cambios en la Consideración Territorial, Conceptual y de Método de los Riesgos Naturales. X Coloquio Internacional de Geocrítica. Diez años de cambios en el mundo, el la geografía y en las ciencias sociales, 1999 – 2008. Universidad de Barcelona. Barcelona, España. 18 pp.

OPUS, 2005. Earthquake Risk Assessment Study. Part 1 - Review of Risk Assessment. Methodologies and Development of a Draft Risk. Assessment

Methodology for Christchurch. Report No. U04 / 108: Final. Wellington, Nueva Zelandia. 76 pp.

ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS (OEA). 1991. Desastres, planificación y desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir Daños. Washington D.C., Estados Unidos. 145 pp.

ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS (OEA). 1993. Manual sobre manejo de peligros naturales en la planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Washington, D.C. Estados Unidos. 569 pp.

ORTIZ, R. 1997. Riesgo Volcánico. Departamento de Volcanología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid, España. 16 pp.

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA EL MANEJO DE DESASTRES (DMTP). 1994. Introducción a las amenazas. 2° Edición. Editorial Artifax. Washington, Estados Unidos. 182 pp.

QUINTANILLA, V. 1995. Riesgos que actúan sobre el medio ambiente de la ciudad de Santiago. Anales de la Universidad Complutense. Nº 15. Universidad Complutense. Madrid, España. 11 pp.

RAMOS, M. 2005. Metodología para la evaluación de una política de gestión de riesgos ante desastres naturales. Córdoba, Argentina. 80 pp.

SEPULVEDA, S. 1998. Metodología para evaluar el peligro de flujos de detritos en ambientes montañosos. Aplicación en la quebrada Lo Cañas, Región Metropolitana. Memoria de Título (Inédito), Universidad de Chile, Departamento de Geología. Santiago, Chile. 93 pp.

SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA (SHOA). 2009. Registro Histórico de Tsunamis. <http://www.shoa.cl/servicios/tsunami/data/tsunamis_historico.pdf>, [consulta en línea, 20 Junio 2009]

SERVICIO SISMOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE. GEOFÍSICA UNIVERSIDAD DE CHILE (GUC). 2009. < http://ssn.dgf.uchile.cl/ >, [Consulta en linea, 30 Junio 2009]

SHEDLOCK, K. & TANNER, J. 1996. Mapa de Riesgo Sísmico en el Hemisferio Occidental. Servicio Geológico de Estados Unidos, Golden, Colorado y Universidad de Western Ontario, Ontario, Canadá. 15 pp.

SILVA, N. 2008. Caracterización y determinación del peligro sísmico en la Región Metropolitana. Memoria para optar al Titulo de Ingeniero Civil Mención Estructuras-Construcción. Santiago, Chile. 155 pp./

STERN, C. 2004. Active Andean Volcanism: its geologic and tectonic setting. Revista geológica de Chile. Vol. 31, No 2, p 161 – 206. Santiago, Chile. 45 pp.

SUBDIRECCION DE INGENIERIA GEOAMBIENTAL, 1999. Zonificación de Amenazas Geológicas para los municipios del eje cafetero afectados por el sismo del 25 de Enero de 1999. Republica de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear. Santa Fe, Bogota. 75 pp.

URBAN, G. 2002. Seismic hazard and vulnerability assessment in Turrialba, Costa Rica. Internartional Institute for Geo-Information Science and Earth Obsrevation Enschede. Netherlands. 98 pp.

UNITES STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS), 2009. Earthquake Center. <http://earthquake.usgs.com>, [Consulta en linea, 29 – 05 - 2009]

VARNES, D. 1984. Hazard Zonation: A Review of Principal and Practice. Commission of Landslide of IAEG, UNESCO, Natural Hazades, No 3. 61 pp.

BIBLIOGRAFÍA EN LINEA.

COOPERATIVA.CL. 2007. Onemi: Lo ocurrido en Aysén no fue un tsunami. <www.cooperativa.cl/p4_noticias/site/artic/20070422/pags/20070422135151.html> [Consulta en línea: 11 Septiembre 2009]

ANEXOS.

ANEXO 1: Tablas de Registros Históricos Sismológicos y Tsunamigénicos:

TABLA 1:

Sismos Importantes y/o Destructores (1570 - Mayo 2005)

Zona Norte Grande

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Ms	Prof (km)	Mw	Efec. Sec.	Zona
24-11-1604	12:30	18.5° S	70.4° W	8.5	30,000	-	TD	Norte Grande
16-09-1615	23:30	18.5° S	70.35° W	8.8	-	-	TM	Norte Grande
10-03-1681	-	18.5° S	70.35° W	7.3	-	-	-	Norte Grande
08-10-1831	6:00	18.5° S	71.0° W	7.8	-	-	-	Norte Grande
18-09-1833	5:45	18.5° S	70.4° W	7.7	60,000	-	-	Norte Grande
13-08-1868	16:45	18.5° S	70.35° W	8.5	-	-	TD	Norte Grande
24-08-1869	13:30	19.6° S	70.23° W	7.5	-	-	TM	Norte Grande
05-10-1871	5:00	20.2° S	70.17° W	7.3	-	-	T	Norte Grande
09-05-1877	21:16	19.6° S	70.23° W	8.5	-	-	TD	Norte Grande
23-01-1878	8:00	20.0° S	70.3° W	7.9	40,000	-	-	Norte Grande
04-10-1910	19:00	22.0° S	69.0° W	7.3	-	-	-	Norte Grande
15-09-1911	8:10	20.0° S	72.0° W	7.3	-	-	-	Norte Grande
04-12-1918	7:47	26.0° S	71.0° W	8.2	60,000	-	TM	Norte Grande
15-05-1925	7:18	26.0° S	71.5° W	7.1	50	-	-	Norte Grande
28-04-1926	7:13	24.0° S	69.0° W	7.0	180	-	-	Norte Grande
20-11-1928	16:35	22.5° S	70.5° W	7.1	25	-	-	Norte Grande
19-10-1929	16:18	23.0° S	69.0° W	7.5	100	-	-	Norte Grande
23-02-1933	4:09	20.0° S	71.0° W	7.6	40	-	-	Norte Grande
13-07-1936	7:12	24.5° S	70.0° W	7.3	60	-	-	Norte Grande
08-07-1942	1:55	24.0° S	70.0° W	7.0	140	-	-	Norte Grande
14-03-1943	14:37	20.0° S	69.5° W	7.2	150	-	-	Norte Grande
01-12-1943	6:34	21.0° S	69.0° W	7.0	100	-	-	Norte Grande
25-04-1949	9:54	19.75° S	69.0° W	7.3	110	-	-	Norte Grande
29-05-1949	21:32	22.0° S	69.0° W	7.0	100	-	-	Norte Grande
09-12-1950	17:38	23.5° S	67.5° W	8,3	100	-	-	Norte Grande
06-12-1953	22:05	22.1° S	68.7° W	7.4	128	-	-	Norte Grande
08-01-1956	16:54	19.0° S	70.0° W	7.1	11	-	-	Norte Grande
17-12-1956	22:31	25.5° S	68.5° W	7.0	-	-	-	Norte Grande
29-07-1957	13:15	23.5° S	71.5° W	7.0	-	-	-	Norte Grande
13-06-1959	20:12	20.42° S	69.0° W	7.5	83	-	-	Norte Grande
03-08-1962	4:56	23.3° S	68.1° W	7.1	107	-	-	Norte Grande
23-02-1965	18:11	25.67° S	70.63° W	7.0	36	-	-	Norte Grande
28-12-1966	4:18	25.51° S	70.74° W	7.8	23	-	-	Norte Grande
21-12-1967	22:25	21.8° S	70.0° W	7.5	33	-	-	Norte Grande
17-06-1971	17:00	25.402° S	69.058° W	7.0	76	-	-	Norte Grande
29-11-1976	21:40	20.52° S	68.919° W	7.3	82	-	-	Norte Grande
04-10-1983	14:52	26.535° S	70.563° W	7.3	14	-	-	Norte Grande
05-03-1987	6:17	24.388° S	70.161° W	7.3	62	-	T	Norte Grande
08-08-1987	11:48	19.0° S	70.0° W	7.1	42	-	-	Norte Grande
30-07-1995	1:11	23.36° S	70.31° W	7.3	47	8.0	T	Norte Grande
01-01-1900	18:44	19.895° S	69.125° W	7.8	108	7.8		Norte Grande

Fuente: Elaboración propia en base a Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, 2009.

TABLA 2:

Sismos Importantes y/o Destructores (1570 - Mayo 2005)

Zona Norte Chico

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Ms	Prof (km)	Mw	Efec. Sec.	Zona
12-07-1687	2:00	32.75° S	70.73° W	7.3	-	-	-	Norte Chico
30-03-1796	6:45	27.35° S	70.35° W	7.7	-	-	-	Norte Chico
11-04-1819	10:00	27.35° S	70.35° W	8.3	-	-	TD	Norte Chico
08-10-1847	11:30	31.61° S	71.18° W	7.3	-	-	-	Norte Chico
17-12-1849	6:00	29.95° S	71.37° W	7.5	-	-	TM	Norte Chico
05-10-1859	8:00	27.35° S	70.35° W	7.6	-	-	TM	Norte Chico
15-08-1880	8:48	31.62° S	71.18° W	7.7	-	-	-	Norte Chico
08-06-1909	1:00	26.5° S	70.5° W	7.6	-	-	-	Norte Chico
14-02-1917	20:48	30.0° S	73.0° W	7.0	-	-	-	Norte Chico
20-05-1918	12:57	28.5° S	71.5° W	7.9	-	-	-	Norte Chico
07-11-1922	19:00	28.0° S	72.0° W	7.0	-	-	-	Norte Chico
10-11-1922	23:53	28.5° S	70.0° W	8.39	25	8.5	TM	Norte Chico
04-05-1923	17:47	28.75° S	71.75° W	7.0	60	-	-	Norte Chico
18-03-1931	4:02	32.5° S	72.0° W	7.1	-	-	-	Norte Chico
18-04-1939	2:22	27.0° S	70.5° W	7.4	100	-	-	Norte Chico
06-04-1943	12:07	30.75° S	72.0° W	8.3	55	8.2	T	Norte Chico
02-08-1946	15:19	26.5° S	70.5° W	7,9	50	-	-	Norte Chico
08-02-1954	-	29.0° S	70.5° W	7,7	-	-	-	Norte Chico
19-04-1955	16:24	30.0° S	72.0° W	7.1	-	-	T	Norte Chico
28-03-1965	12:33	32.418° S	71.1° W	7.4	68	-	-	Norte Chico
08-07-1971	23:03	32.511° S	71.207° W	7.5	40	-	TM	Norte Chico
03-08-1979	14:11	26.518° S	70.664° W	7.0	49	-	-	Norte Chico

Fuente: Elaboración propia en base a Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, 2009.

TABLA 3:

Sismos Importantes y/o Destructores (1570 - Mayo 2005)

Zona Norte Centro

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Ms	Prof (km)	Mw	Efec. Sec.	Zona
17-03-1575	10:00	33.4° S	70.6° W	7.3	-	-	-	Centro
13-05-1647	22:30	35.0° S	72.0° W	8.5	-	-	-	Centro
08-07-1730	4:45	33.05° S	71.63° W	8.7	-	-	TD	Centro
19-11-1822	22:30	33.05° S	71.63° W	8.5	-	-	TM	Centro
26-09-1829	14:00	33.05° S	71.63° W	7.0	-	-	-	Centro
06-12-1850	6:52	33.81° S	70.22° W	7.3	-	-	-	Centro
02-04-1851	6:48	33.32° S	71.42° W	7.1	-	-	-	Centro
16-08-1906	19:48	33.0° S	72.0° W	7.9	25,000	8.2	TM	Centro
29-01-1914	23:30	35.0° S	73.0° W	8.2	-	-	-	Centro
01-12-1928	0:06	35.0° S	72.0° W	8.3	-	-	T	Centro
13-07-1945	7:17	33.25° S	70.5° W	7.1	100	-	-	Centro
16-10-1981	0:25	33.134° S	73.074° W	7.5	33	-	-	Centro
03-03-1985	19:46	33.24° S	71.85° W	7.8	33	8.0	T	Centro
08-04-1985	21:56	34.131° S	71.618° W	7.5	37	-	-	Centro

Fuente: Elaboración propia en base a Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, 2009.

TABLA 4:

Sismos Importantes y/o Destructores (1570 - Mayo 2005)

Zona Sur

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Ms	Prof (km)	Mw	Efec. Sec.	Zona
08-02-1570	9:00	36.8° S	73.0° W	8.3	-	-	TD	Sur
16-12-1575	14:30	39.8° S	73.2° W	8.5	-	-	TD	Sur
15-03-1657	19:30	36.83° S	73.03° W	8.0	-	-	TD	Sur
24-12-1737	-	39.8° S	73.2° W	7.7	-	-	T	Sur
25-05-1751	1:00	36.83° S	73.03° W	8.5	-	-	TM	Sur
20-02-1835	11:30	36.83° S	73.03° W	8.5	-	-	TD	Sur
07-11-1837	8:00	39.8° S	73.2° W	8.0	-	-	TM	Sur
01-03-1919	23:37	41.0° S	73.5° W	7.2	40,000	-	-	Sur
02-03-1919	7:45	41.0° S	73.5° W	7.3	40,000	-	-	Sur
10-12-1920	0:25	39.0° S	73.0° W	7.4	-	-	-	Sur
01-03-1936	17:45	40.0° S	72.5° W	7.1	120	-	-	Sur
25-01-1939	23:32	36.2° S	72.2° W	8.3	60	-	-	Sur
11-10-1940	14:41	41.5° S	74.5° W	7.0	-	-	-	Sur
19-04-1946	23:29	38.0° S	73.5° W	7.3	70	-	-	Sur
06-05-1953	13:16	36.5° S	72.6° W	7,6	60	-	-	Sur
21-05-1960	6:02	37.5° S	73.5° W	7.3	-	-	-	Sur
22-05-1960	6:32	37.5° S	73.0° W	7.3	-	-	-	Sur
22-05-1960	15:11	39.5° S	74.5° W	8.5	-	9.5	TD	Sur
19-06-1960	22:01	38.0° S	73.5° W	7.3	-	-	-	Sur
01-11-1960	4:45	38.5° S	75.1° W	7.4	55	-	-	Sur
13-07-1961	17:19	41.7° S	75.2° W	7.0	40	-	-	Sur
14-02-1962	2:36	37.8° S	72.5° W	7.3	45	-	-	Sur
13-03-1967	12:06	40.12° S	74.68° W	7.3	33	-	-	Sur
18-08-1974	6:44	38.453° S	73.431° W	7.1	36	-	-	Sur
10-05-1975	10:27	38.183° S	73.232° W	7.7	6	-	-	Sur

Fuente: Elaboración propia en base a Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, 2009.

TABLA 5:

Sismos Importantes y/o Destructores (1570 - Mayo 2005)

Zona Patagonia Norte

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Ms	Prof (km)	Mw	Efec. Sec.	Zona
21-07-1927	19:17	44.5° S	73.0° W	7.1	-	-	TM	Patagonia Norte

Fuente: Elaboración propia en base a Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, 2009.

TABLA 6:

Sismos Importantes y/o Destructores (1570 - Mayo 2005)

Zona Patagonia Norte

Fecha	Hora	Latitud	Longitud	Ms	Prof (km)	Mw	Efec. Sec.	Zona
02-02-1879	6:30	53.0° S	70.67° W	7.3	-	-	-	Patagonia Sur
17-12-1949	2:53	54.0° S	71.0° W	7.8	-	-	-	Patagonia Sur
17-12-1949	11:07	54.0° S	71.0° W	7.8	-	-	-	Patagonia Sur
29-01-1950	20:56	53.5° S	71.5° W	7.0	-	-	-	Patagonia Sur

Fuente: Elaboración propia en base a Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, 2009.

ANEXO 2: Dimensión espacial de los Últimos Grandes Terremotos en Chile. Se puede apreciar la extensión territorial que fue afectada por cada uno de estos eventos.

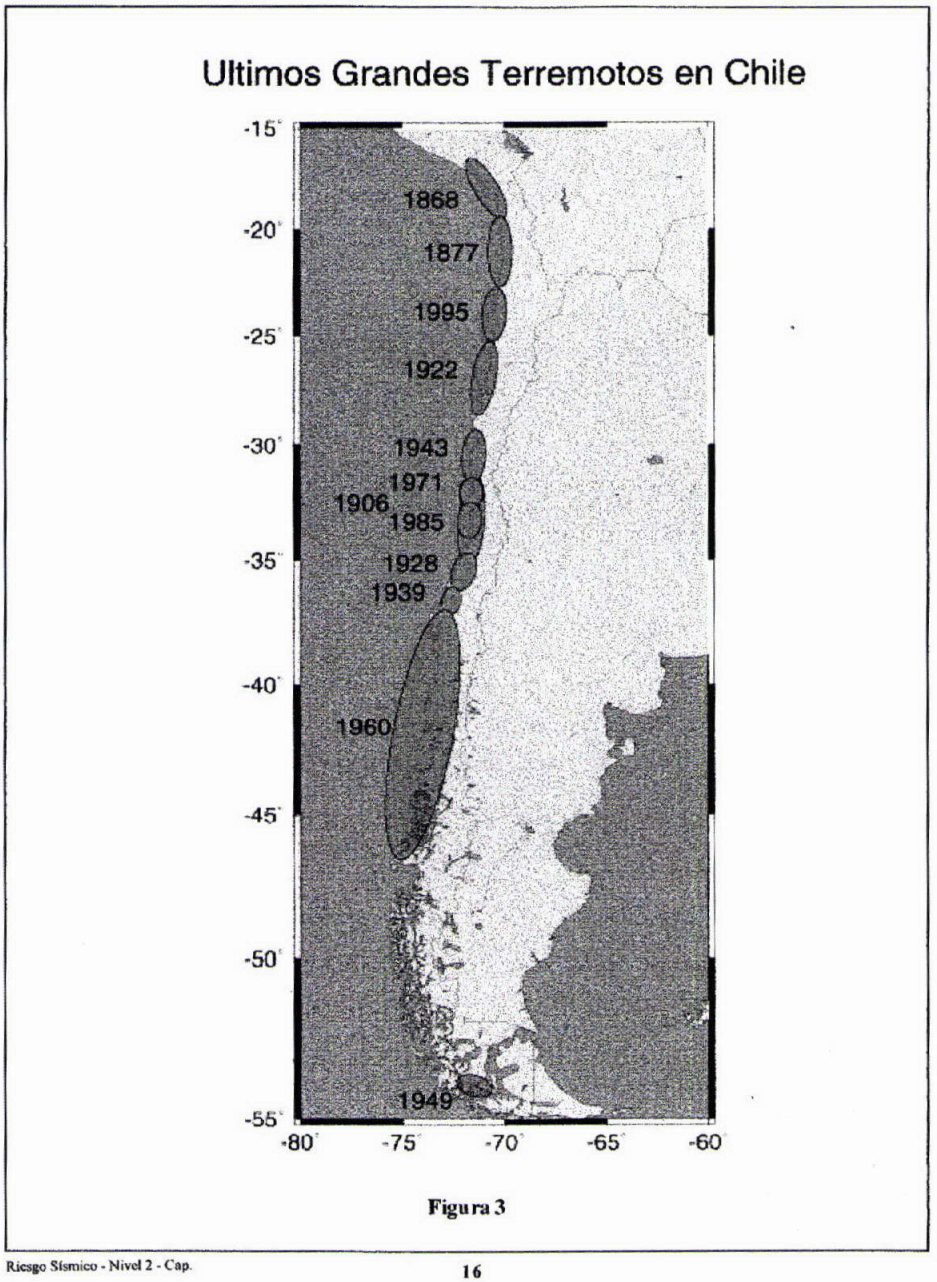
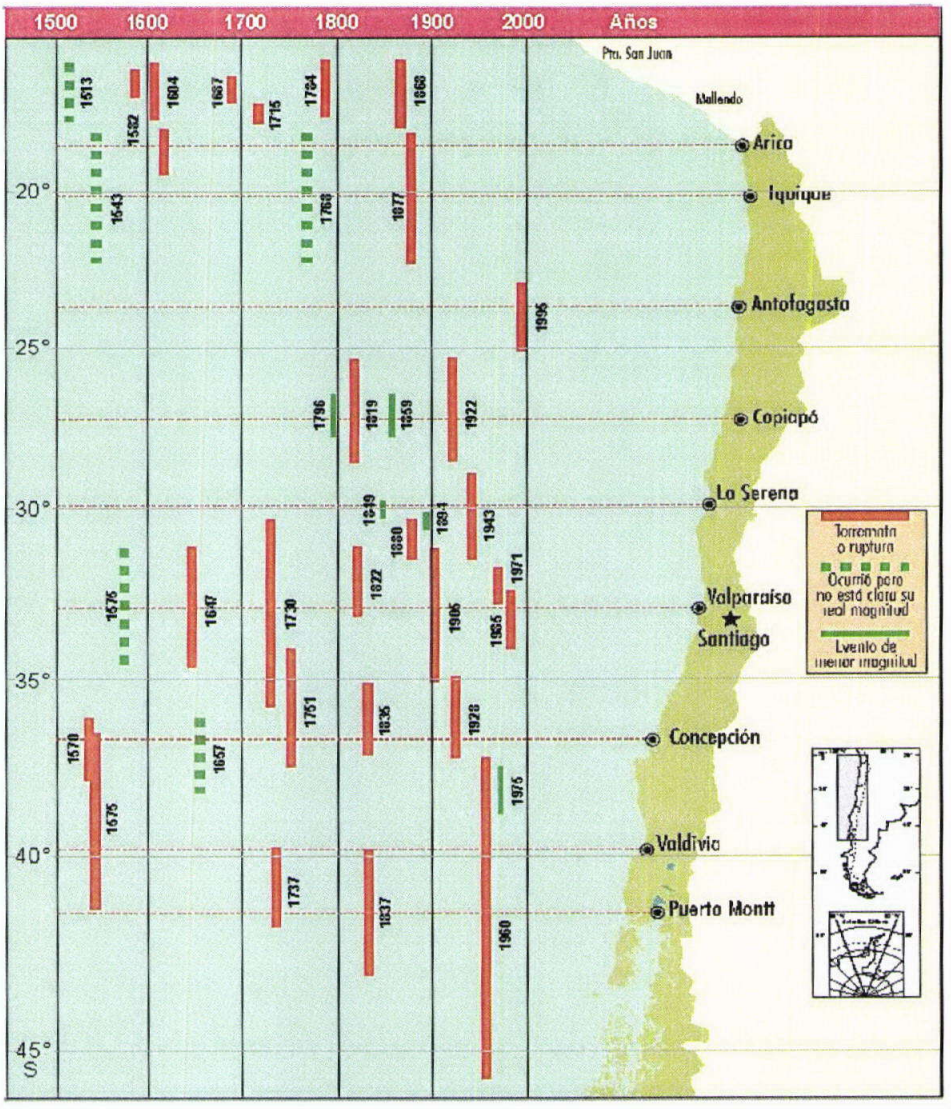


Figura 3

Riesgo Sísmico - Nivel 2 - Cap. 16

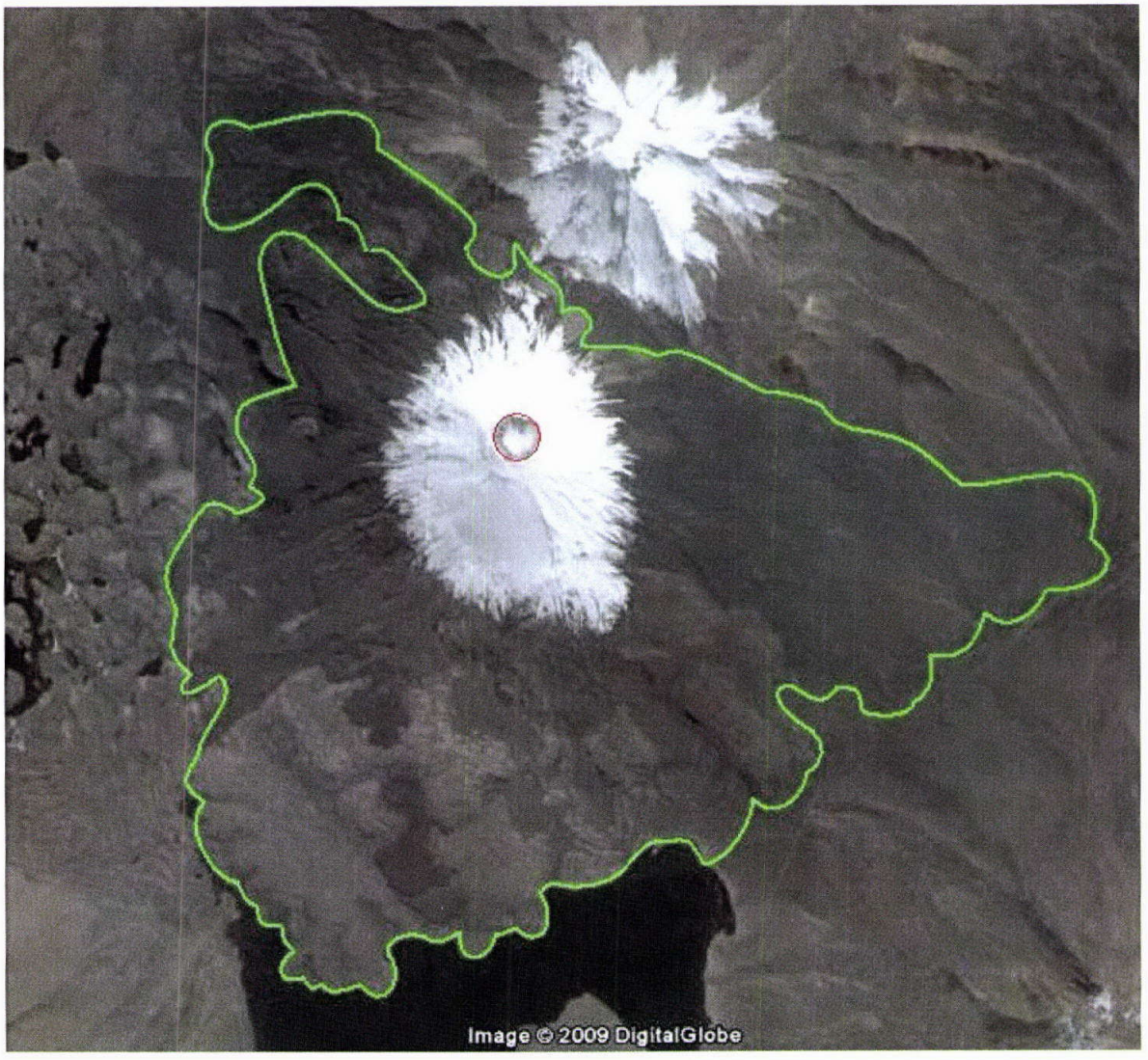
Fuente: ONEMI, 1997 [1].

ANEXO 3: Grandes Terremotos asociados a rupturas que provocaron Tsunamis. Es posible ver el año en que estos se produjeron y la magnitud de la ruptura.



Fuente: Lagos *et al.* 2008.

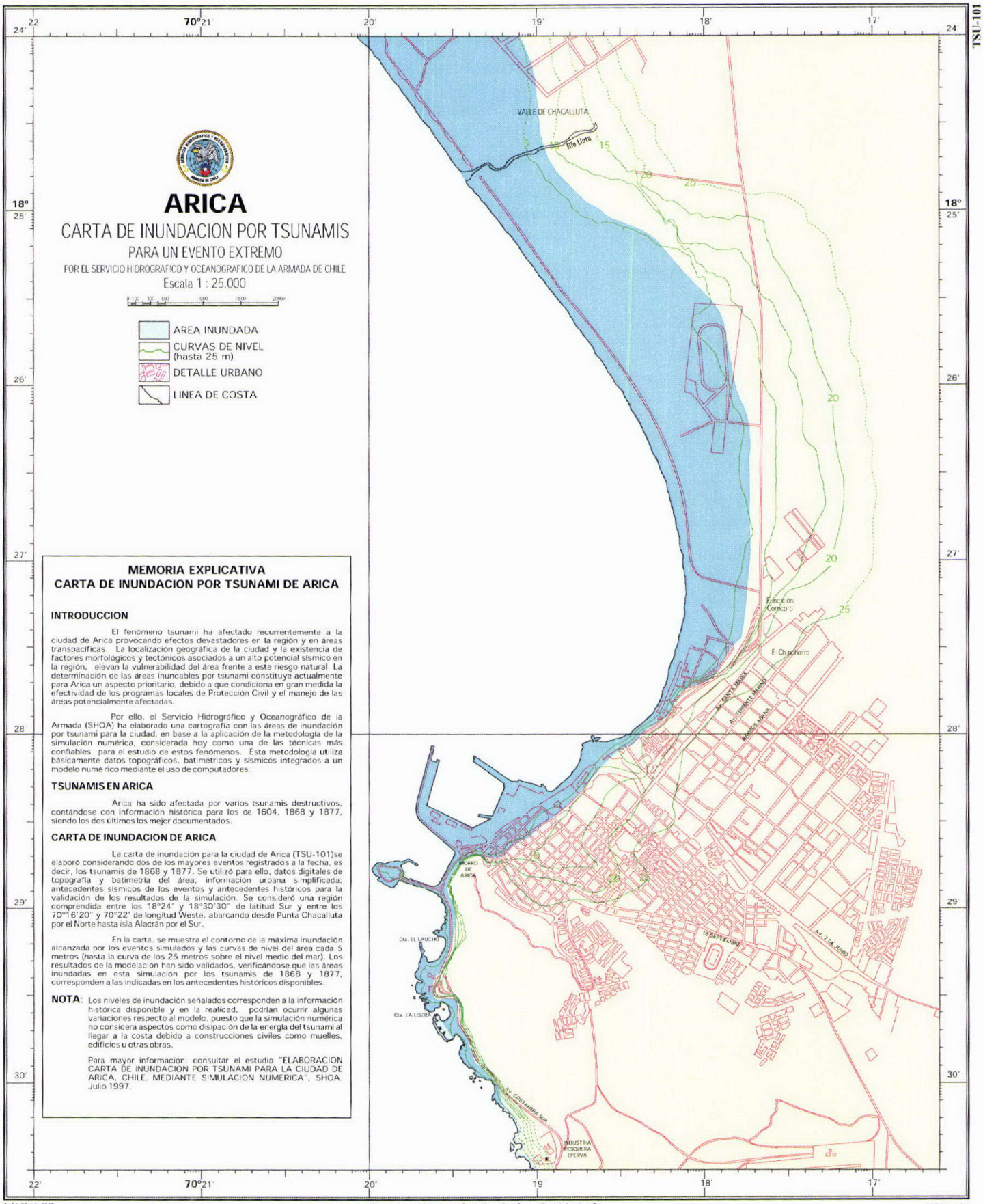
ANEXO 4: Volcán Parinacota. Zona Norte Grande. Se puede apreciar la conservación del volcán debido a la extrema aridez de la zona. En rojo se aprecia el cráter y en verde se delimita la zona donde se aprecian los flujos lávicos más jóvenes y bien conservados.



Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2009.

ANEXO 5:

Cartas de Inundación de diferentes ciudades costeras elaboradas por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA).



ARICA

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMIS

PARA UN EVENTO EXTREMO

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1 : 25.000

0 100 300 500 1000 1500 2000m

AREA INUNDADA

CURVAS DE NIVEL (hasta 25 m)

DETALLE URBANO

LINEA DE COSTA

MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI DE ARICA

INTRODUCCION

El fenómeno tsunami ha afectado recurrentemente a la ciudad de Arica provocando efectos devastadores en la región y en áreas transpacíficas. La localización geográfica de la ciudad y la existencia de factores morfológicos y tectónicos asociados a un alto potencial sísmico en la región, elevan la vulnerabilidad del área frente a este riesgo natural. La determinación de las áreas inundables por tsunami constituye actualmente para Arica un aspecto prioritario, debido a que condiciona en gran medida la efectividad de los programas locales de Protección Civil y el manejo de las áreas potencialmente afectadas.

Por ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para la ciudad, en base a la aplicación de la metodología de la simulación numérica, considerada hoy como una de las técnicas más confiables para el estudio de estos fenómenos. Esta metodología utiliza básicamente datos topográficos, batimétricos y sísmicos integrados a un modelo numérico mediante el uso de computadores.

TSUNAMIS EN ARICA

Arica ha sido afectada por varios tsunamis destructivos, contándose con información histórica para los de 1604, 1868 y 1877, siendo los dos últimos los mejor documentados.

CARTA DE INUNDACION DE ARICA

La carta de inundación para la ciudad de Arica (TSU-101)se elaboró considerando dos de los mayores eventos registrados a la fecha, es decir, los tsunamis de 1868 y 1877. Se utilizó para ello, datos digitales de topografía y batimetría del área; información urbana simplificada; antecedentes sísmicos de los eventos y antecedentes históricos para la validación de los resultados de la simulación. Se consideró una región comprendida entre los 18°24' y 18°30'30" de latitud Sur y entre los 70°16'20" y 70°22' de longitud Weste, abarcando desde Punta Chacalluta por el Norte hasta isla Alacrán por el Sur.

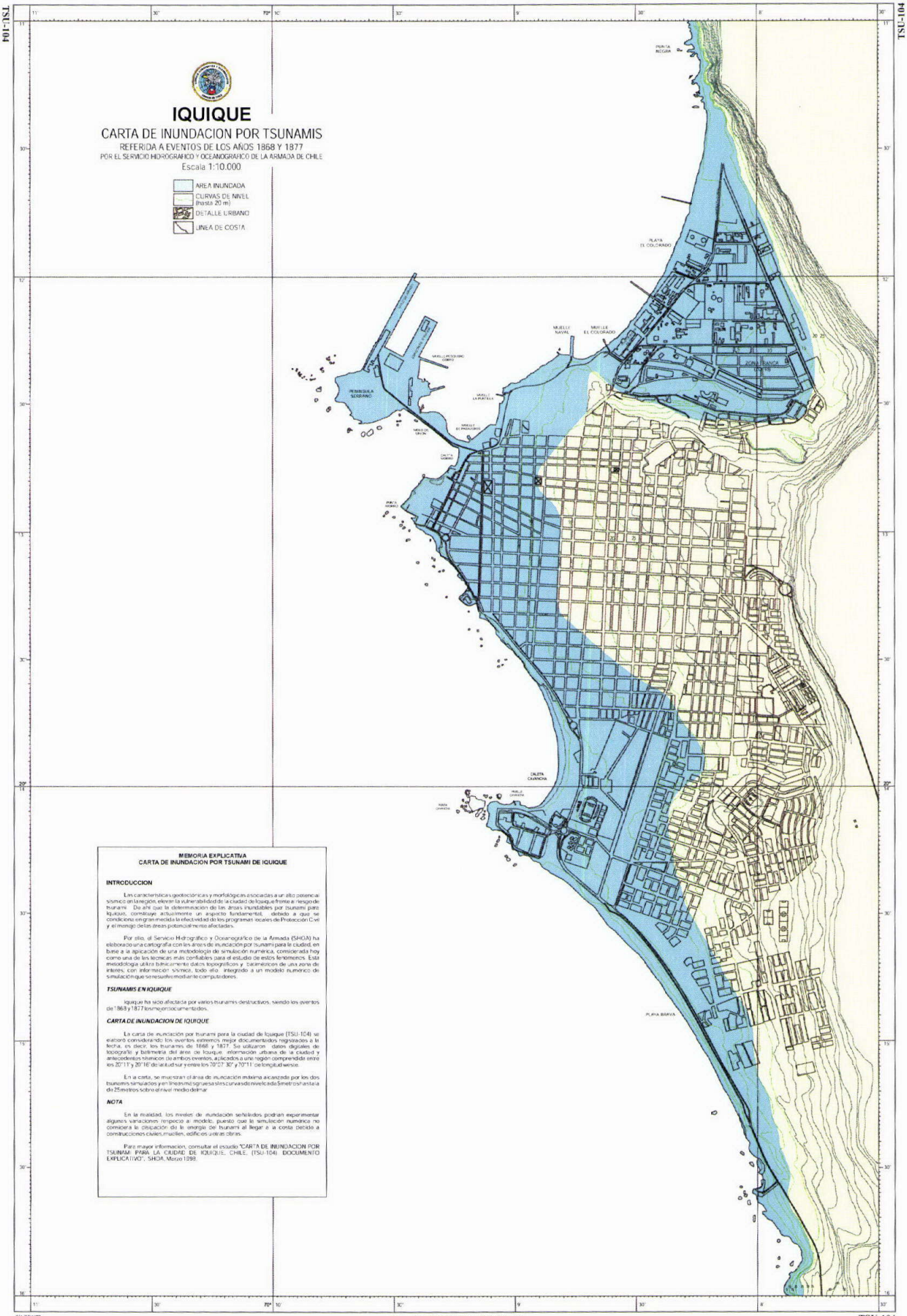
En la carta, se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por los eventos simulados y las curvas de nivel del área cada 5 metros (hasta la curva de los 25 metros sobre el nivel medio del mar). Los resultados de la modelación han sido validados, verificándose que las áreas inundadas en esta simulación por los tsunamis de 1868 y 1877, corresponden a las indicadas en los antecedentes históricos disponibles.

NOTA: Los niveles de inundación señalados corresponden a la información histórica disponible y en la realidad, podrían ocurrir algunas variaciones respecto al modelo, puesto que la simulación numérica no considera aspectos como disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa debido a construcciones civiles como muelles, edificios u otras obras.

Para mayor información, consultar el estudio "ELABORACION CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA LA CIUDAD DE ARICA, CHILE, MEDIANTE SIMULACION NUMERICA", SHOA. Julio 1997.

1a Ed. 30 Julio 1997

Valparaíso, impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Es Propiedad



MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI DE IQUIQUE

INTRODUCCION

Las caracteristicas geotectónicas y morfológicas asociadas a un alto potencial sísmico en la región, elevan la vulnerabilidad de la ciudad de Iquique frente al riesgo de tsunami. De ahí que la determinación de las áreas inundables por tsunami para Iquique, constituye actualmente un aspecto fundamental, debido a que se condiciona en gran medida la efectividad de los programas locales de Protección Civil y el manejo de las áreas potencialmente afectadas.

Por ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para la ciudad, en base a la aplicación de una metodología de simulación numérica, considerada hoy como una de las técnicas más confiables para el estudio de estos fenómenos. Esta metodología utiliza básicamente datos topográficos y batimétricos de una zona de interés, con información sísmica, todo ello integrado a un modelo numérico de simulación que se resuelve mediante computadores.

TSUNAMIS EN IQUIQUE

Iquique ha sido afectada por varios tsunamis destructivos, siendo los eventos de 1868 y 1877 los mejor documentados.

CARTA DE INUNDACION DE IQUIQUE

La carta de inundación por tsunami para la ciudad de Iquique (TSU-104) se elaboró considerando los eventos extremos mejor documentados registrados a la fecha, es decir, los tsunamis de 1868 y 1877. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área de Iquique, información urbana de la ciudad y antecedentes sísmicos de ambos eventos, aplicados a una región comprendida entre los 20°11'S y 20°16'S de latitud sur y entre los 70°07'30"W y 70°11'00"W longitud weste.

En la carta, se muestran el área de inundación máxima alcanzada por los dos tsunamis simulados y en líneas más gruesas las curvas de nivel cada 5 metros hasta la de 25 metros sobre el nivel medio del mar.

NOTA

En la realidad, los niveles de inundación señalados podrían experimentar algunas variaciones respecto al modelo, puesto que la simulación numérica no considera la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa debido a construcciones civiles, muelles, edificios u otras obras.

Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA LA CIUDAD DE IQUIQUE, CHILE, (TSU-104). DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, Marzo 1998.

TSU-131

MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA EL PUERTO TOCOPILLA

INTRODUCCIÓN

Las características geotectónicas y morfológicas de la 1ª Región, asociadas a su alto potencial sísmico, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad del puerto Tocopilla frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en la ciudad constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente pueden ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para el área urbana de este puerto, basándose en la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente utiliza datos topográficos, batimétricos y sísmicos, integrados a un modelo de simulación mediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS EN TOCOPILLA

Tocopilla ha sido afectada por varios tsunamis destructivos, siendo los eventos de 1868 y 1877 los mejor documentados.

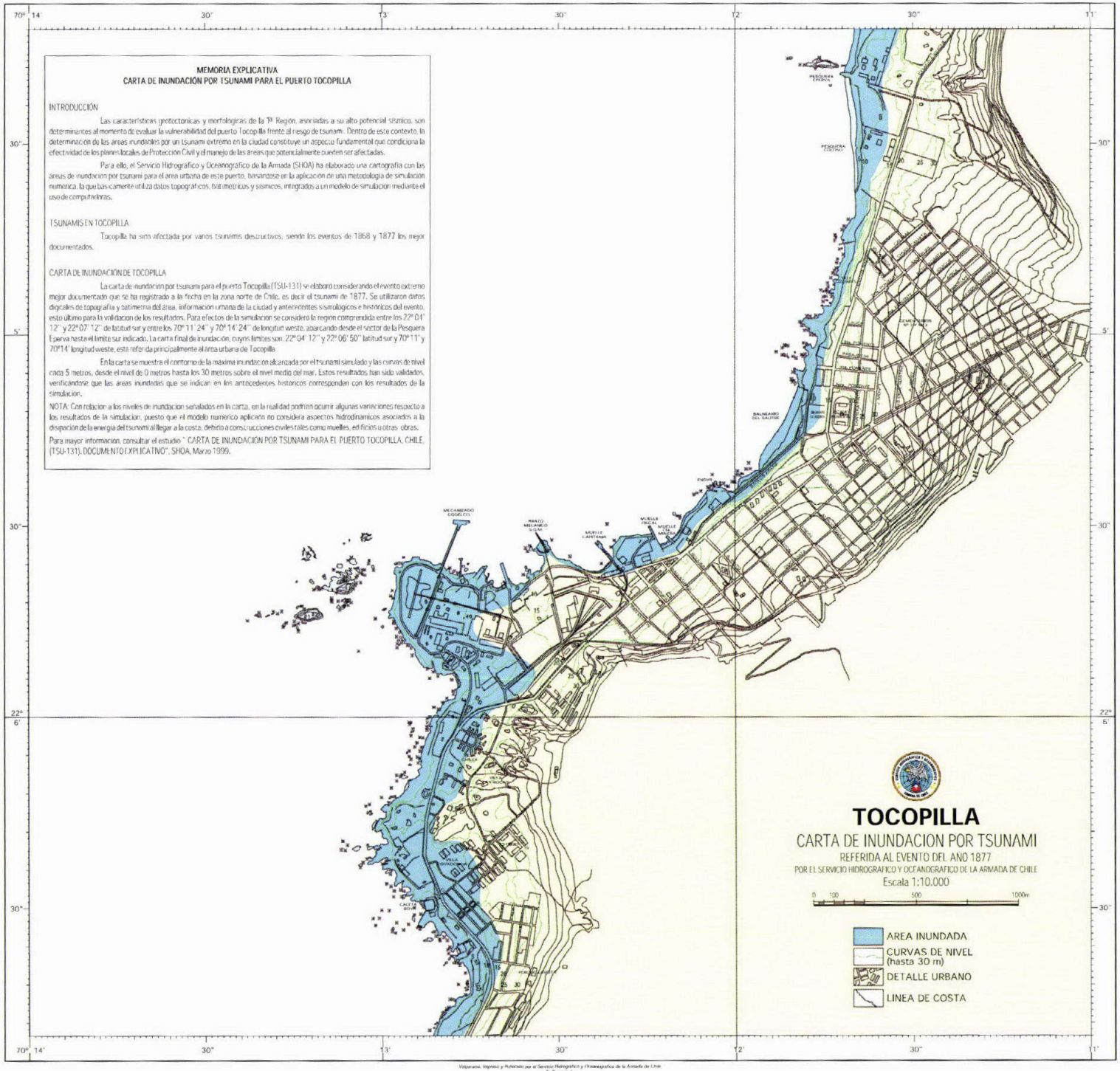
CARTA DE INUNDACIÓN DE TOCOPILLA

La carta de inundación por tsunami para el puerto Tocopilla (TSU-131) se elaboró considerando el evento extremo mejor documentado que se ha registrado a la fecha en la zona norte de Chile, es decir el tsunami de 1877. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana de la ciudad y antecedentes sísmicos e históricos del evento, este último para la validación de los resultados. Para efectos de la simulación se consideró la región comprendida entre los 22º 01' 12" y 22º 07' 12" de latitud sur y entre los 70º 11' 24" y 70º 14' 24" de longitud weste, abarcando desde el sector de la Pesquera Epervа hasta el límite sur indicado. La carta final de inundación, cuyos límites son: 22º 04' 12" y 22º 06' 50" latitud sur y 70º 11' y 70º 14' longitud weste, está referida principalmente al área urbana de Tocopilla.

En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros, desde el nivel de 0 metros hasta los 30 metros sobre el nivel medio del mar. Estos resultados han sido validados, verificándose que las áreas inundadas que se indican en los antecedentes históricos corresponden con los resultados de la simulación.

NOTA: Con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras.

Para mayor información, consultar el estudio " CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA EL PUERTO TOCOPILLA, CHILE, (TSU-131). DOCUMENTO EXPLICATIVO". SHOA, Marzo 1999.



TSU-131

Valparaíso. Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
En Propiedad.

TSU-133

MEJILLONES

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMIS

REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1877

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1:20.000

- AREA INUNDADA
- CURVAS DE NIVEL (hasta 20 m)
- DETALLE URBANO
- LINEA DE COSTA

MEMORIA EXPLICATIVA CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI DE MEJILLONES

INTRODUCCIÓN

La existencia de factores geotectonicos y morfológicos, asociados a un alto potencial sísmico en la región, elevan la vulnerabilidad de la ciudad de Mejillones frente al riesgo de tsunami. Dentro de este esquema, la determinación de las áreas inundables por tsunami para Mejillones constituye un aspecto fundamental, debido a que se condiciona en gran medida la efectividad de los programas locales de Protección Civil y el manejo de las áreas potencialmente afectadas.

Por ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para la ciudad, en base a la aplicación de la metodología de simulación numérica, considerada hoy como una de las técnicas más confiables para el estudio de estos fenómenos. Esta metodología utiliza básicamente datos topográficos, batimétricos y sísmicos integrados a un modelo numérico mediante el uso de computadores.

TSUNAMIS EN MEJILLONES

Mejillones ha sido afectada por varios tsunamis destructivos, contándose con información histórica para varios de ellos, siendo los eventos de 1868, 1877 y 1995 los mejor documentados.

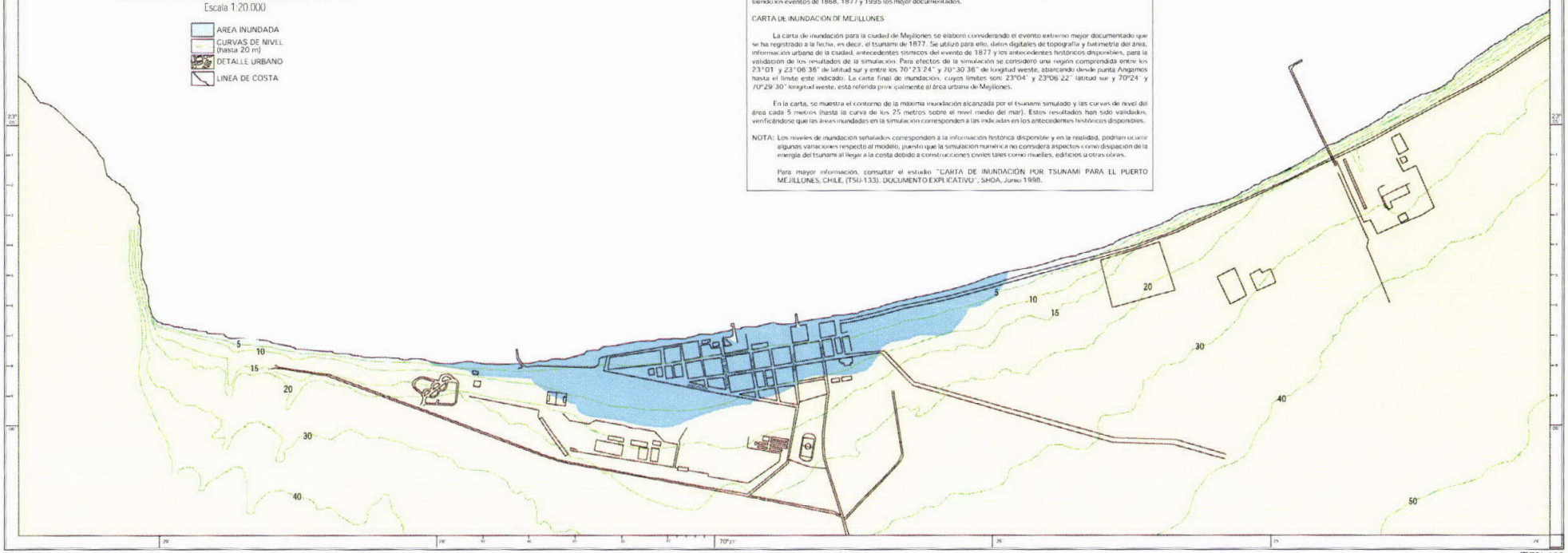
CARTA DE INUNDACIÓN DE MEJILLONES

La carta de inundación para la ciudad de Mejillones se elaboró considerando el evento extremo mejor documentado que se ha registrado a la fecha, es decir, el tsunami de 1877. Se utilizó para ello, datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana de la ciudad, antecedentes sísmicos del evento de 1877 y los antecedentes históricos disponibles, para la validación de los resultados de la simulación. Para efectos de la simulación se consideró una región comprendida entre los 23°01' y 23°06'36" de latitud sur y entre los 70°23'24" y 70°30'36" de longitud weste, abarcando desde punta Angamos hasta el límite este indicado. La carta final de inundación, cuyos límites son: 23°04' y 23°06'22" latitud sur y 70°24' y 70°29'30" longitud weste, está referida principalmente al área urbana de Mejillones.

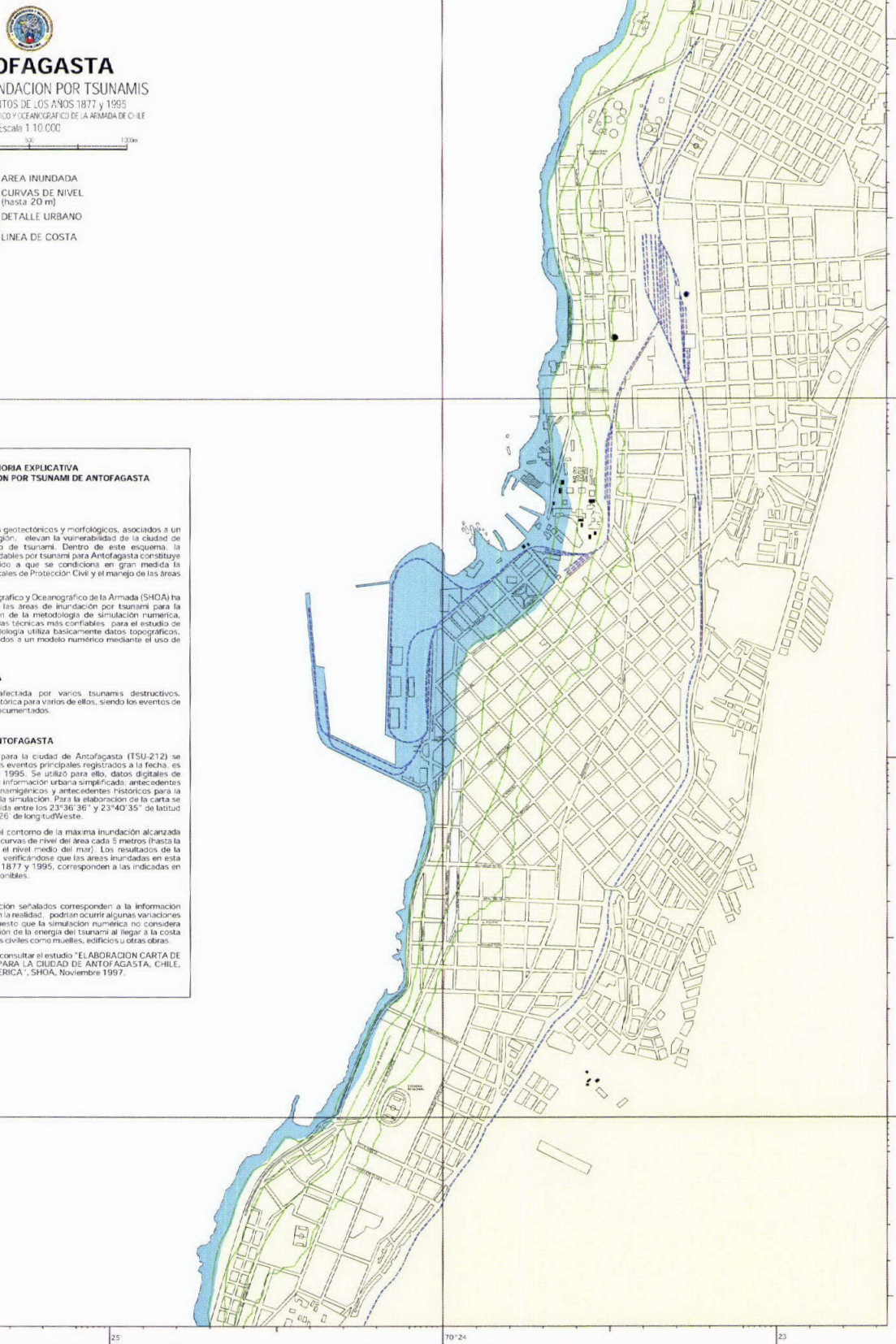
En la carta, se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel del área cada 5 metros (hasta la curva de los 25 metros sobre el nivel medio del mar). Estos resultados han sido validados, verificándose que las áreas inundadas en la simulación corresponden a las indicadas en los antecedentes históricos disponibles.

NOTA: Los niveles de inundacion señalados corresponden a la información histórica disponible y en la realidad, podrían ocurrir algunas variaciones respecto al modelo, puesto que la simulación numérica no considera aspectos como disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras.

Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA EL PUERTO MEJILLONES, CHILE, (TSU-133). DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, Junio 1998.



TSU-133



ANTOFAGASTA

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMIS

REFERIDA A EVENTOS DE LOS AÑOS 1877 y 1995

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1:10.000

0 50 200 500 1000m

AREA INUNDADA

CURVAS DE NIVEL (hasta 20 m)

DETALLE URBANO

LINEA DE COSTA

MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI DE ANTOFAGASTA

INTRODUCCION

La existencia de factores geotectónicos y morfológicos, asociados a un alto potencial sísmico en la región, elevan la vulnerabilidad de la ciudad de Antofagasta frente al riesgo de tsunami. Dentro de este esquema, la determinación de las áreas inundables por tsunami para Antofagasta constituye un aspecto fundamental, debido a que se condiciona en gran medida la efectividad de los programas locales de Protección Civil y el manejo de las áreas potencialmente afectadas.

Por ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para la ciudad, en base a la aplicación de la metodología de simulación numérica, considerada hoy como una de las técnicas más confiables para el estudio de estos fenómenos. Esta metodología utiliza básicamente datos topográficos, batimétricos y sísmicos integrados a un modelo numérico mediante el uso de computadores.

TSUNAMIS EN ANTOFAGASTA

Antofagasta ha sido afectada por varios tsunamis destructivos, contándose con información histórica para varios de ellos, siendo los eventos de 1868, 1877 y 1995 los mejor documentados.

CARTA DE INUNDACION DE ANTOFAGASTA

La carta de inundación para la ciudad de Antofagasta (TSU-212) se elaboró considerando dos de los eventos principales registrados a la fecha, es decir, los tsunamis de 1877 y 1995. Se utilizó para ello, datos digitales de topografía y batimetría del área; información urbana simplificada; antecedentes sísmicos de los terremotos tsunamigénicos y antecedentes históricos para la validación de los resultados de la simulación. Para la elaboración de la carta se consideró una región comprendida entre los 23°36'36" y 23°40'35" de latitud Sur y entre los 70°22'40" y 70°26' de longitud Weste.

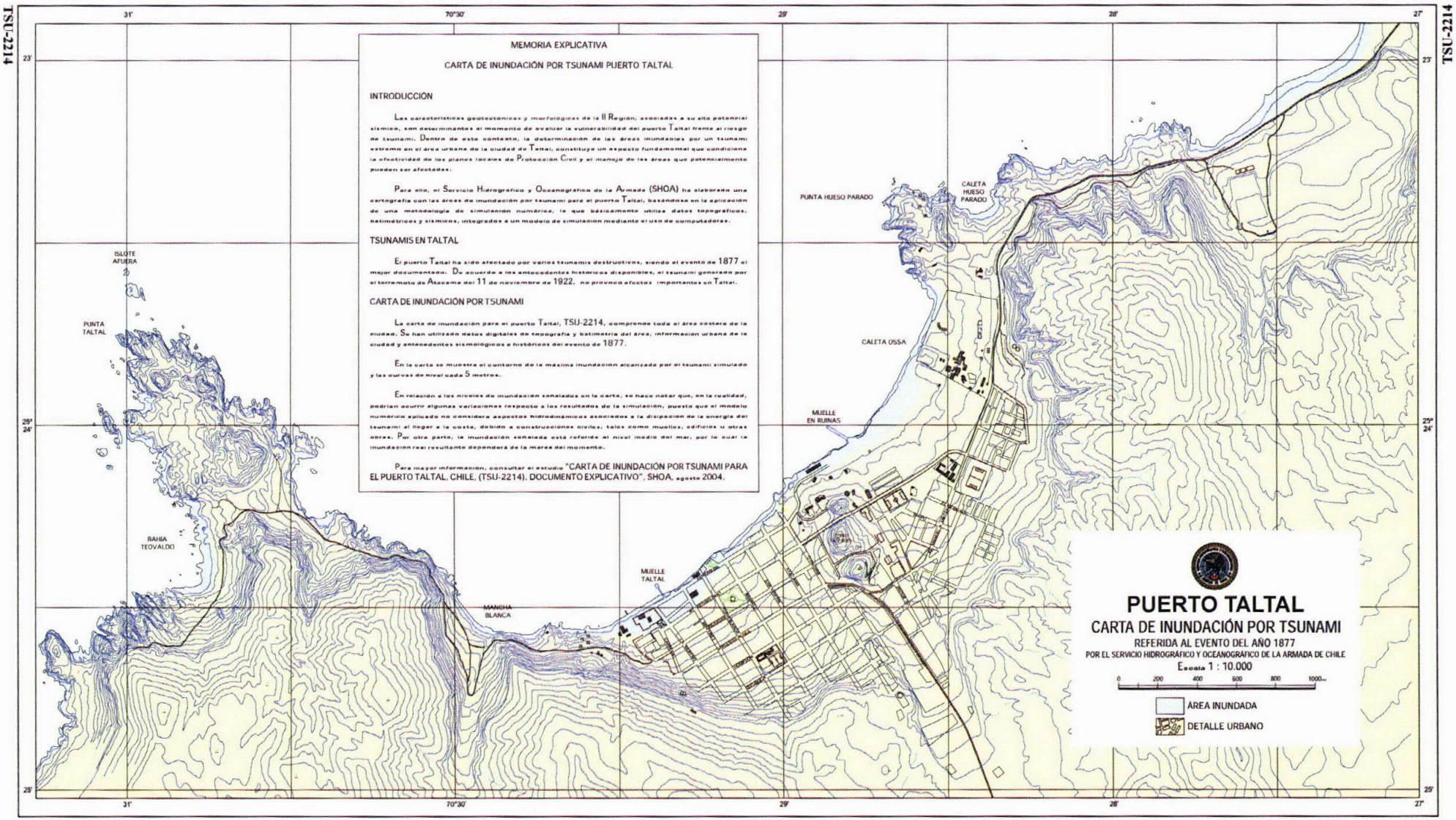
En la carta, se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por los eventos simulados y las curvas de nivel del área cada 5 metros (hasta la curva de los 20 metros sobre el nivel medio del mar). Los resultados de la modelación han sido validados, verificándose que las áreas inundadas en esta simulación por los tsunamis de 1877 y 1995, corresponden a las indicadas en los antecedentes históricos disponibles.

NOTA: Los niveles de inundación señalados corresponden a la información histórica disponible y en la realidad, podrían ocurrir algunas variaciones respecto al modelo, puesto que la simulación numérica no considera aspectos como disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa debido a construcciones civiles como muelles, edificios u otras obras.

Para mayor información, consultar el estudio "ELABORACION CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA LA CIUDAD DE ANTOFAGASTA, CHILE, MEDIANTE SIMULACION NUMERICA", SHOA, Noviembre 1997.

TSU-212

TSU-2214



MEMORIA EXPLICATIVA

CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PUERTO TALTAL

INTRODUCCIÓN

Las características geotectónicas y morfológicas de la II Región, asociadas a su alto potencial sísmico, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad del puerto Taltal frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en el área urbana de la ciudad de Taltal, constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente pueden ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para el puerto Taltal, basándose en la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente utiliza datos topográficos, batimétricos y sísmicos, integrados a un modelo de simulación mediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS EN TALTAL

El puerto Taltal ha sido afectado por varios tsunamis destructivos, siendo el evento de 1877 el mejor documentado. De acuerdo a los antecedentes históricos disponibles, el tsunami generado por el terremoto de Atacama del 11 de noviembre de 1922, no provocó efectos importantes en Taltal.

CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI

La carta de inundación para el puerto Taltal, TSU-2214, comprende toda el área costera de la ciudad. Se han utilizado datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana de la ciudad y antecedentes sismológicos e históricos del evento de 1877.

En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros.

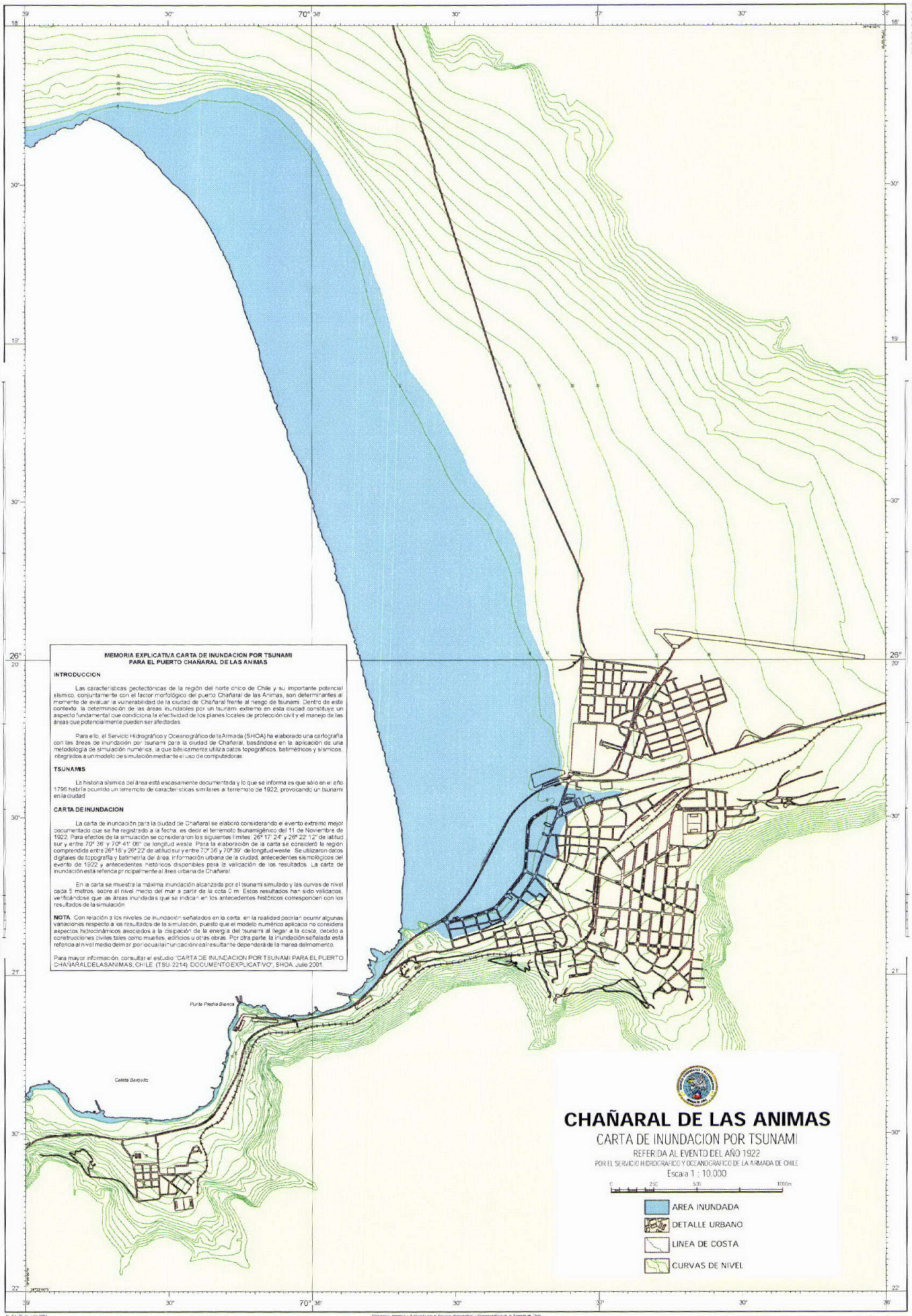
En relación a los niveles de inundación señalados en la carta, se hace notar que, en la realidad, podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles, tales como muelles, edificios u otras obras. Por otra parte, la inundación señalada está referida al nivel medio del mar, por lo cual la inundación real resultante dependerá de la marea del momento.

Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA EL PUERTO TALTAL, CHILE, (TSU-2214). DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, agosto 2004.

Valparaíso, Impresa y Publicada por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Es Propiedad

TSU-2214

TSU-2214



MEMORIA EXPLICATIVA CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA EL PUERTO CHAÑARAL DE LAS ANIMAS

INTRODUCCION

Las características geotectónicas de la región del norte chico de Chile y su importante potencial sísmico, conjuntamente con el factor morfológico del puerto Chañaral de las Animas, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de la ciudad de Chañaral frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en esta ciudad constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de protección civil y el manejo de las áreas que potencialmente pueden ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para la ciudad de Chañaral, basándose en la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente utiliza datos topográficos, batimétricos y sísmicos, integrados a un modelo de simulación mediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS

La historia sísmica del área está escasamente documentada y lo que se informa es que sólo en el año 1796 habría ocurrido un terremoto de características similares al terremoto de 1922, provocando un tsunami en la ciudad.

CARTA DE INUNDACION

La carta de inundación para la ciudad de Chañaral se elaboró considerando el evento extremo mejor documentado que se ha registrado a la fecha, es decir el terremoto tsunamigénico del 11 de Noviembre de 1922. Para efectos de la simulación se consideraron los siguientes límites: 26° 17' 24" y 26° 22' 12" de latitud sur y entre 70° 36' y 70° 41' 05" de longitud weste. Para la elaboración de la carta se consideró la región comprendida entre 26° 16' y 26° 22' de latitud sur y entre 70° 36' y 70° 39' de longitud weste. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría de área, información urbana de la ciudad, antecedentes sismológicos del evento de 1922 y antecedentes históricos disponibles para la validación de los resultados. La carta de inundación está referida principalmente al área urbana de Chañaral.

En la carta se muestra la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros, sobre el nivel medio del mar a partir de la cota 0 m. Estos resultados han sido validados, verificándose que las áreas inundadas que se indican en los antecedentes históricos corresponden con los resultados de la simulación.

NOTA: Con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras. Por otra parte, la inundación señalada está referida al nivel medio del mar, por lo cual la inundación real resultante dependerá de la marea del momento.

Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA EL PUERTO CHAÑARAL DE LAS ANIMAS, CHILE (TSU-2214). DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, Julio 2001.

CHAÑARAL DE LAS ANIMAS

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1922

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1 : 10.000

0 250 500 1000m

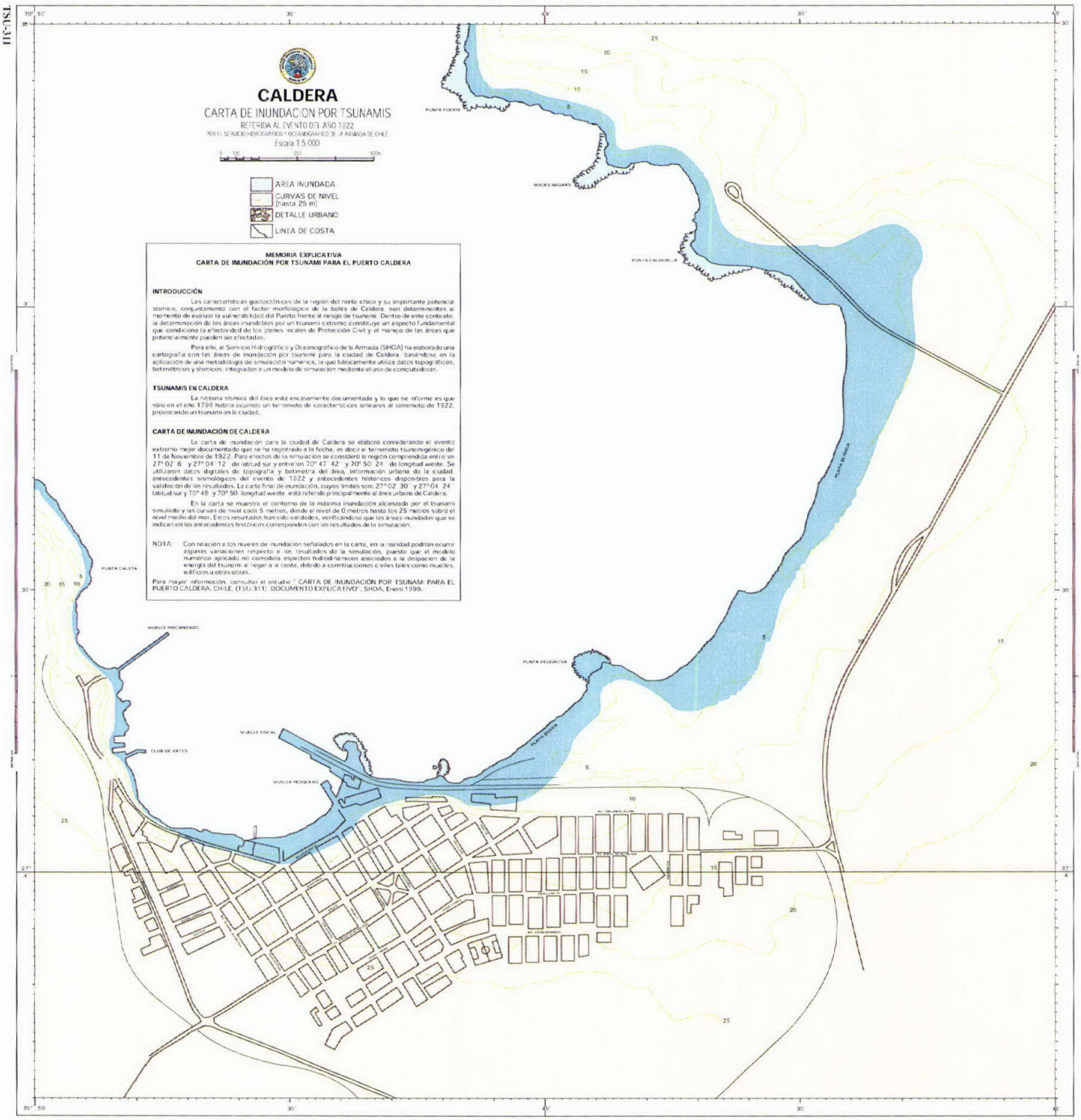
- AREA INUNDADA
- DETALLE URBANO
- LINEA DE COSTA
- CURVAS DE NIVEL

1a Ed. 30 de Julio 2001

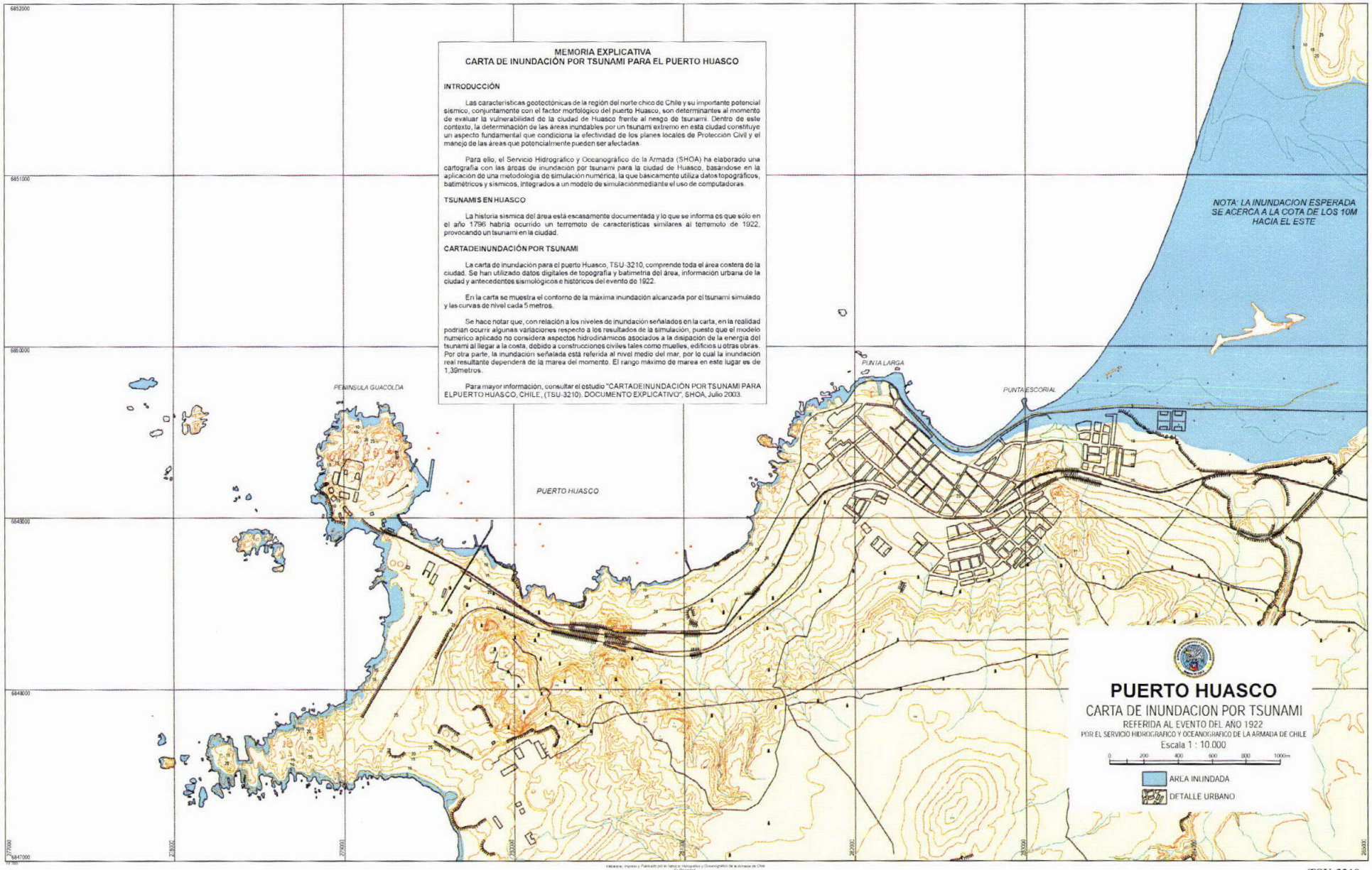
Valparaíso, Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Se Prohibe

TSU-2214

TSU-311


CALDERA
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMIS
REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1922
POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE
Escala 1:5.000
0 100 250 500m
AREA INUNDADA
CURVAS DE NIVEL (hasta 25 m)
DETALLE URBANO
LINEA DE COSTA
MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA EL PUERTO CALDERA
INTRODUCCIÓN
Las características geotectónicas de la región del norte chico y su importante potencial sísmico, conjuntamente con el factor morfológico de la bahía de Caldera, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad del Puerto frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente pueden ser afectadas.
Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para la ciudad de Caldera, basándose en la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente utiliza datos topográficos, batimétricos y sísmicos, integrados a un modelo de simulación mediante el uso de computadoras.
TSUNAMIS EN CALDERA
La historia sísmica del área está escasamente documentada y lo que se informa es que sólo en el año 1796 habría ocurrido un terremoto de características similares al terremoto de 1922, provocando un tsunami en la ciudad.
CARTA DE INUNDACIÓN DE CALDERA
La carta de inundación para la ciudad de Caldera se elaboró considerando el evento extremo mejor documentado que se ha registrado a la fecha, es decir el terremoto tsunamigénico del 11 de Noviembre de 1922. Para efectos de la simulación se consideró la región comprendida entre los 27° 02' 6" y 27° 04' 12" de latitud sur y entre los 70° 47' 42" y 70° 50' 24" de longitud weste. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana de la ciudad, antecedentes sismológicos del evento de 1922 y antecedentes históricos disponibles para la validación de los resultados. La carta final de inundación, cuyos límites son: 27° 02' 30" y 27° 04' 24" latitud sur y 70° 48' y 70° 50' longitud weste, está referida principalmente al área urbana de Caldera.
En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros, desde el nivel de 0 metros hasta los 25 metros sobre el nivel medio del mar. Estos resultados han sido validados, verificándose que las áreas inundadas que se indican en los antecedentes históricos corresponden con los resultados de la simulación.
NOTA: Con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras.
Para mayor información, consultar el estudio: " CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA EL PUERTO CALDERA, CHILE, (TSU-311): DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, Enero 1999.
PUNTA FUERTE
ROCAS NEGRAS
PUNTA CALDERILLA
PUNTA BRAVA
PUNTA CALETA
MUELLE MECANIZADO
PUNTA PELIGROSA
MUELLE FISCAL
CLUB DE YATES
MUELLE PESQUERO
PLAYA BRAVA
AV. CIRCUNVALACION
AV. JUAN KENNEDY
70° 50'
30'
40'
27° 4'

TSU-3210



MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA EL PUERTO HUASCO

INTRODUCCIÓN

Las caracteristicas geotectónicas de la región del norte chico de Chile y su importante potencial sísmico, conjuntamente con el factor morfológico del puerto Huasco, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de la ciudad de Huasco frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en esta ciudad constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente pueden ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para la ciudad de Huasco, basandose en la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que basicamente utiliza datos topográficos, batimétricos y sísmicos, integrados a un modelo de simulaciónmediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS EN HUASCO

La historia sísmica del área está escasamente documentada y lo que se informa es que sólo en el año 1796 habría ocurrido un terremoto de caracteristicas similares al terremoto de 1922, provocando un tsunami en la ciudad.

CARTADEINUNDACIÓN POR TSUNAMI

La carta de inundación para el puerto Huasco, TSU-3210, comprende toda el área costera de la ciudad. Se han utilizado datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana de la ciudad y antecedentes sismológicos e históricos del evento de 1922.

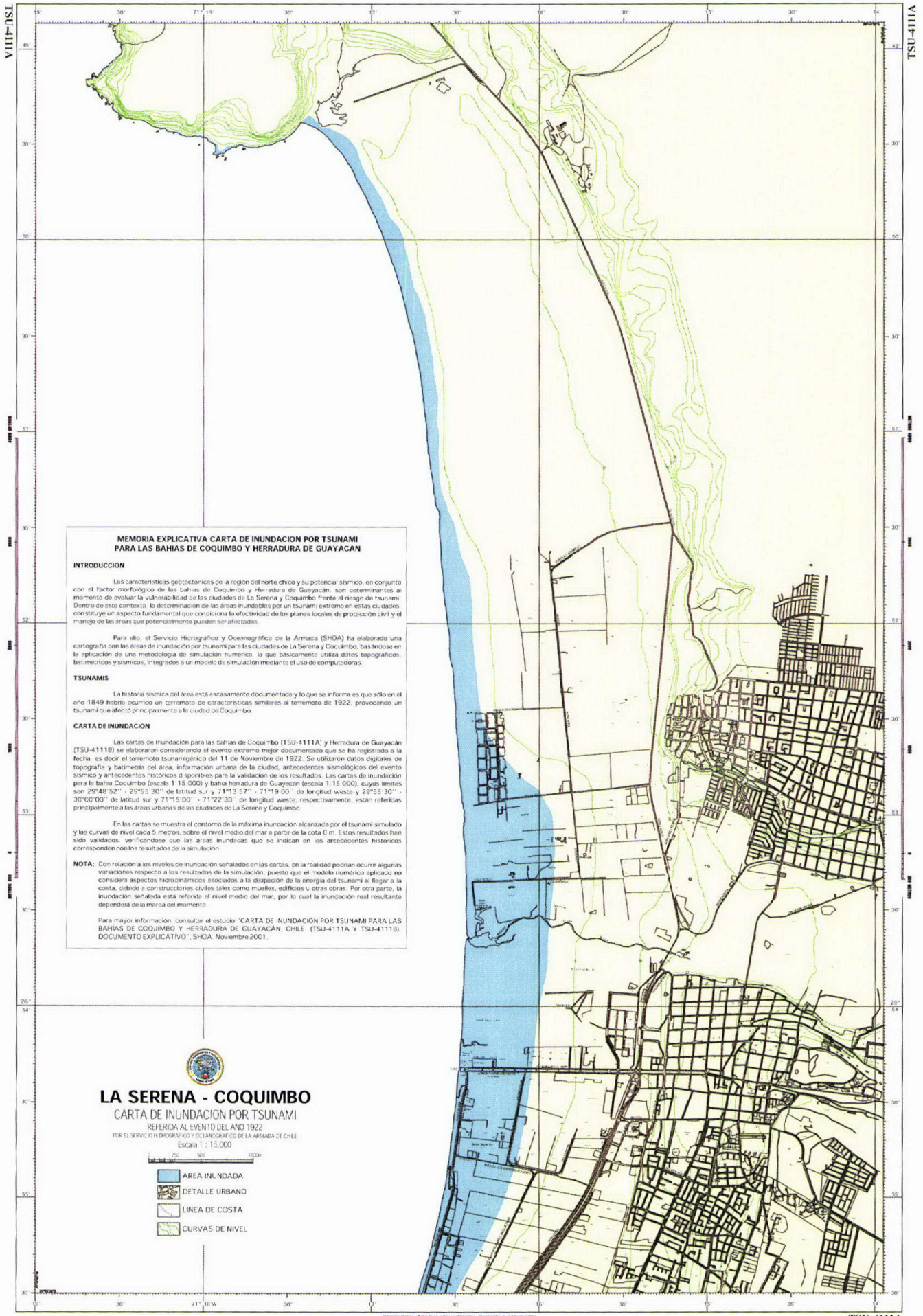
En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros.

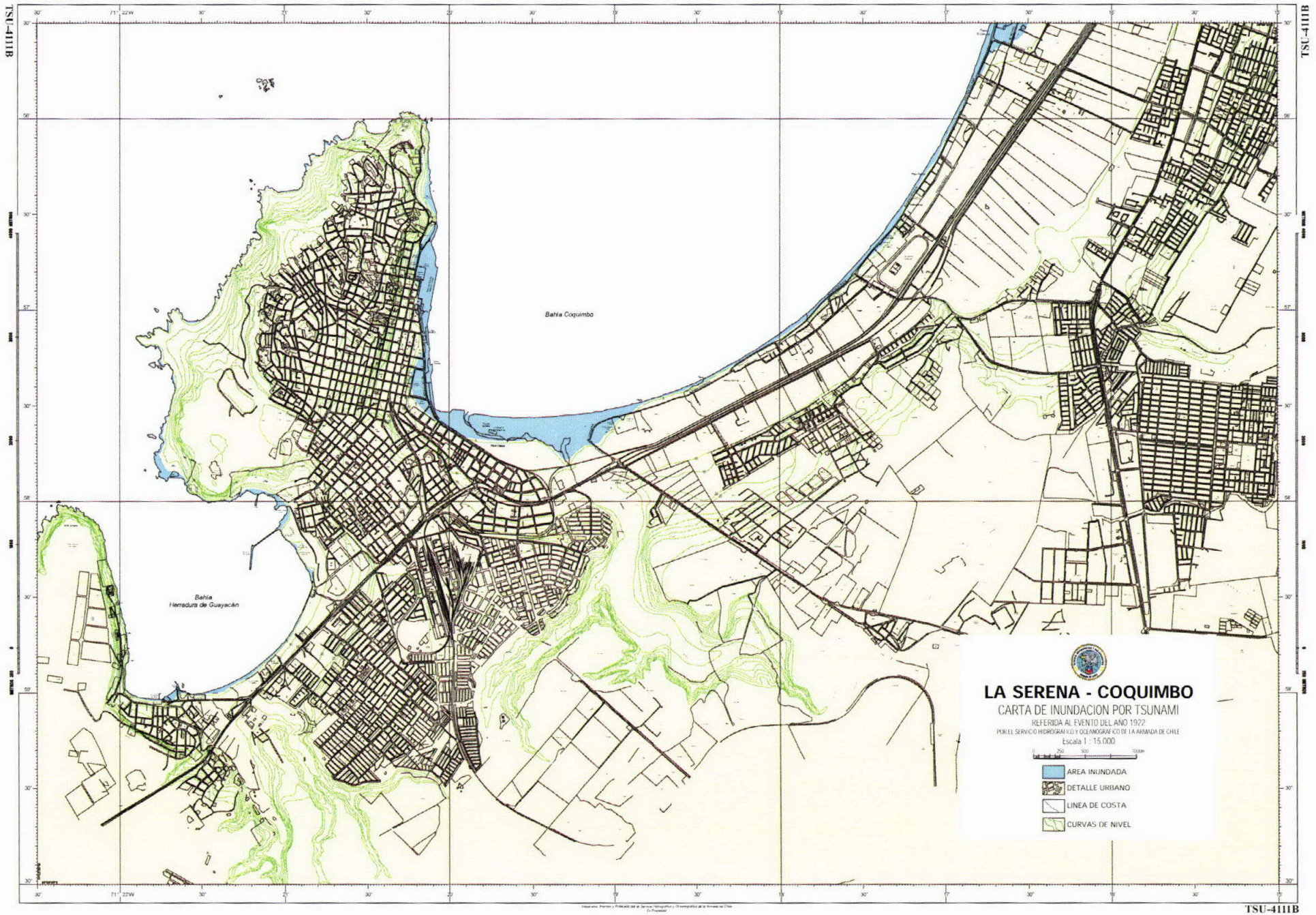
Se hace notar que, con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras. Por otra parte, la inundación señalada está referida al nivel medio del mar, por lo cual la inundación real resultante dependerá de la marea del momento. El rango máximo de marea en este lugar es de 1.39metros.

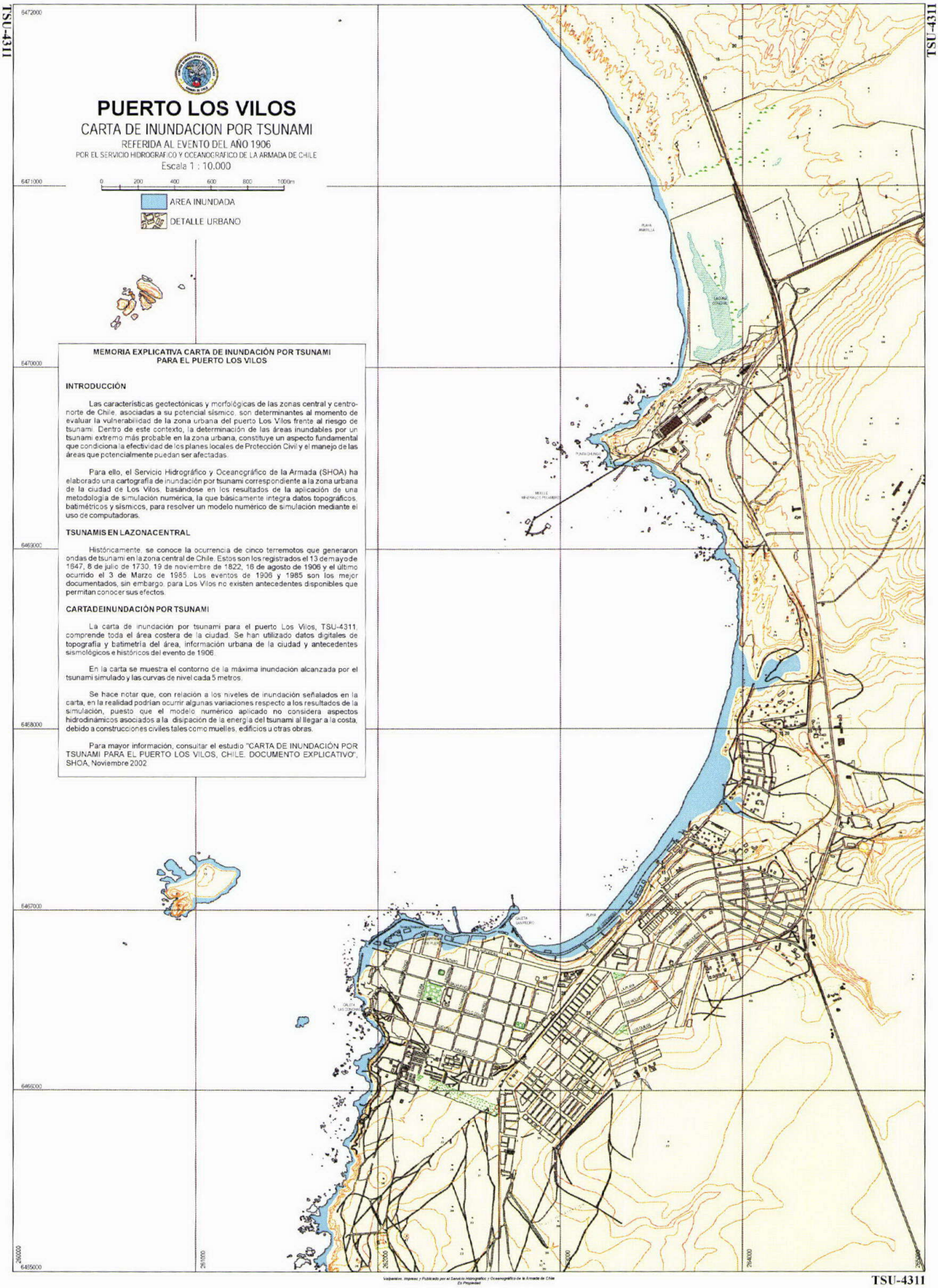
Para mayor información, consultar el estudio "CARTADEINUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA ELPUERTO HUASCO, CHILE, (TSU-3210). DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, Julio 2003.

Editado, Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Se Prohibe la Venta

TSU-3210


TSU-4111A
TSU-4111A
MEMORIA EXPLICATIVA CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI
PARA LAS BAHIAS DE COQUIMBO Y HERRADURA DE GUAYACAN
INTRODUCCION
Las caracteristicas geotectónicas de la región del norte chico y su potencial sísmico, en conjunto con el factor morfológico de las bahías de Coquimbo y Herradura de Guayacán, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de las ciudades de La Serena y Coquimbo frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en estas ciudades, constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de protección civil y el manejo de las áreas que potencialmente pueden ser afectadas.
Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para las ciudades de La Serena y Coquimbo, basándose en la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente utiliza datos topográficos, batimétricos y sísmicos, integrados a un modelo de simulación mediante el uso de computadoras.
TSUNAMIS
La historia sísmica del área está escasamente documentada y lo que se informa es que sólo en el año 1849 habría ocurrido un terremoto de características similares al terremoto de 1922, provocando un tsunami que afectó principalmente a la ciudad de Coquimbo.
CARTA DE INUNDACION
Las cartas de inundación para las bahías de Coquimbo (TSU-4111A) y Herradura de Guayacán (TSU-4111B) se elaboraron considerando el evento extremo mejor documentado que se ha registrado a la fecha, es decir el terremoto tsunamigénico del 11 de Noviembre de 1922. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana de la ciudad, antecedentes sismológicos del evento sísmico y antecedentes históricos disponibles para la validación de los resultados. Las cartas de inundación para la bahía Coquimbo (escala 1:15.000) y bahía herradura de Guayacán (escala 1:15.000), cuyos límites son 29°48'52'' - 29°55'30'' de latitud sur y 71°13'57'' - 71°19'00'' de longitud weste y 29°58'30'' - 30°00'00'' de latitud sur y 71°15'00'' - 71°22'30'' de longitud weste, respectivamente, están referidas principalmente a las áreas urbanas de las ciudades de La Serena y Coquimbo.
En las cartas se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros, sobre el nivel medio del mar a partir de la cota 0 m. Estos resultados han sido validados, verificándose que las áreas inundadas que se indican en los antecedentes históricos corresponden con los resultados de la simulación.
NOTA: Con relación a los niveles de inundación señalados en las cartas, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras. Por otra parte, la inundación señalada está referida al nivel medio del mar, por lo cual la inundación real resultante dependerá de la marea del momento.
Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA LAS BAHÍAS DE COQUIMBO Y HERRADURA DE GUAYACÁN, CHILE. (TSU-4111A Y TSU-4111B). DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA. Noviembre 2001.
LA SERENA - COQUIMBO
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI
REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1922
POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE
Escala 1 : 15.000
0 250 500 1000m
AREA INUNDADA
DETALLE URBANO
LINEA DE COSTA
CURVAS DE NIVEL
TSU-4111A


TSU-4111B
TSU-4111B
Bahía Coquimbo
Bahía
Herradura de Guayacán
LA SERENA - COQUIMBO
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI
REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1922
POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE
Escala 1 : 15.000
AREA INUNDADA
DETALLE URBANO
LINEA DE COSTA
CURVAS DE NIVEL
TSU-4111B



PUERTO LOS VILOS

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1906

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1 : 10.000

0 200 400 600 800 1000m

AREA INUNDADA

DETALLE URBANO

6472000
6471000
6470000
6469000
6468000
6467000
6466000
6465000
260000
261000
262000
263000
264000
265000

MEMORIA EXPLICATIVA CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA EL PUERTO LOS VILOS

INTRODUCCIÓN

Las características geotectónicas y morfológicas de las zonas central y centro-norte de Chile, asociadas a su potencial sísmico, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de la zona urbana del puerto Los Vilos frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo más probable en la zona urbana, constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente puedan ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía de inundación por tsunami correspondiente a la zona urbana de la ciudad de Los Vilos, basándose en los resultados de la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente integra datos topográficos, batimétricos y sísmicos, para resolver un modelo numérico de simulación mediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS EN LA ZONA CENTRAL

Históricamente, se conoce la ocurrencia de cinco terremotos que generaron ondas de tsunami en la zona central de Chile. Estos son los registrados el 13 de mayo de 1647, 8 de julio de 1730, 19 de noviembre de 1822, 16 de agosto de 1906 y el último ocurrido el 3 de Marzo de 1985. Los eventos de 1906 y 1985 son los mejor documentados, sin embargo, para Los Vilos no existen antecedentes disponibles que permitan conocer sus efectos.

CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI

La carta de inundación por tsunami para el puerto Los Vilos, TSU-4311, comprende toda el área costera de la ciudad. Se han utilizado datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana de la ciudad y antecedentes sismológicos e históricos del evento de 1906.

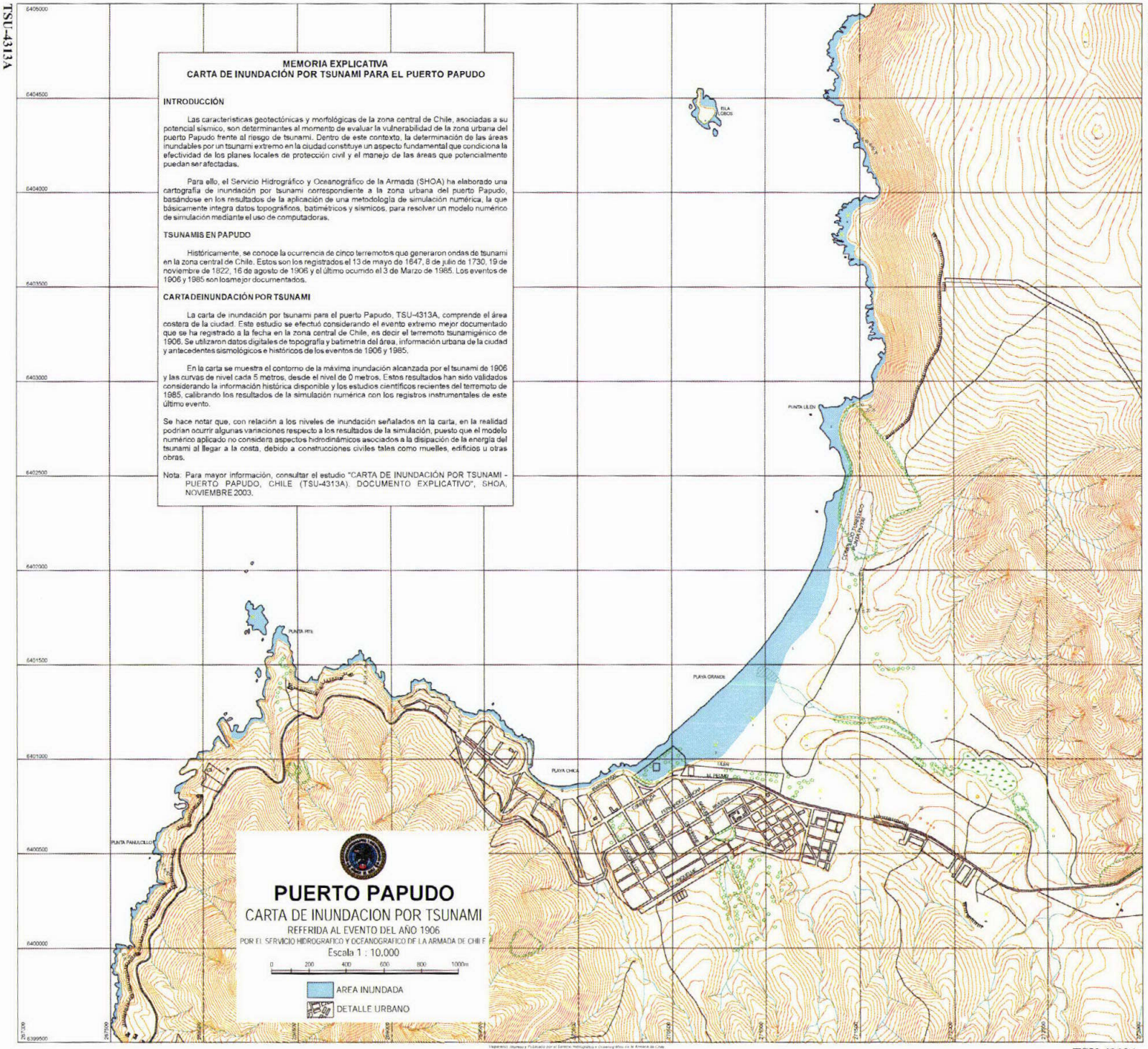
En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros.

Se hace notar que, con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras.

Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA EL PUERTO LOS VILOS, CHILE. DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, Noviembre 2002.

Valparaíso, Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Es Propiedad

TSU-4313A



TSU-4313A

TSU-4313A

TSU-4321-A



MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA EL PUERTO QUINTERO

INTRODUCCION

Las características geotectónicas y morfológicas de la zona central de Chile, asociadas a su potencial sísmico, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de la zona urbana del puerto Quintero frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en la ciudad constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente puedan ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía de inundación por tsunami correspondiente a la zona urbana del puerto Quintero, basándose en los resultados de la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente integra datos topográficos, batimétricos y sísmicos, para resolver un modelo numérico de simulación mediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS EN QUINTERO

Históricamente, se conoce la ocurrencia de cinco terremotos que generaron ondas de tsunami en la zona central de Chile. Estos son los registrados el 13 de mayo de 1647, 8 de julio de 1730, 19 de noviembre de 1822, 16 de agosto de 1906 y el último ocurrido el 3 de Marzo de 1985. Los eventos de 1906 y 1985 son los mejor documentados.

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

La carta de inundación por tsunami para el puerto Quintero, TSU-4321A, comprende el área costera de la ciudad. Este estudio se efectuó considerando el evento extremo mejor documentado que se ha registrado a la fecha en la zona central de Chile, es decir el terremoto tsunamigénico de 1906. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana de la ciudad y antecedentes sismológicos e históricos de los eventos de 1906 y 1985.

En la carta, se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami de 1906 y las curvas de nivel cada 5 metros, desde el nivel de 0 metros hasta los 25 metros sobre el nivel medio del mar. Estos resultados han sido validados considerando la información histórica disponible y los estudios científicos recientes del terremoto de 1985, calibrando los resultados de la simulación numérica con los registros instrumentales de este último evento.

Se hace notar que, con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras.

Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI - PUERTO QUINTERO, CHILE (TSU-4321A). DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, SEPTIEMBRE 2003.

PUERTO QUINTERO
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI
REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1906
POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE
Escala 1 : 10.000

0 200 400 600 800 1000m

AREA INUNDADA
DETALLE URBANO

Impreso, Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
(El Propietario)

TSU-4321-A

TSU-5110-B

BAHIA VALPARAISO

SECTOR NORTE

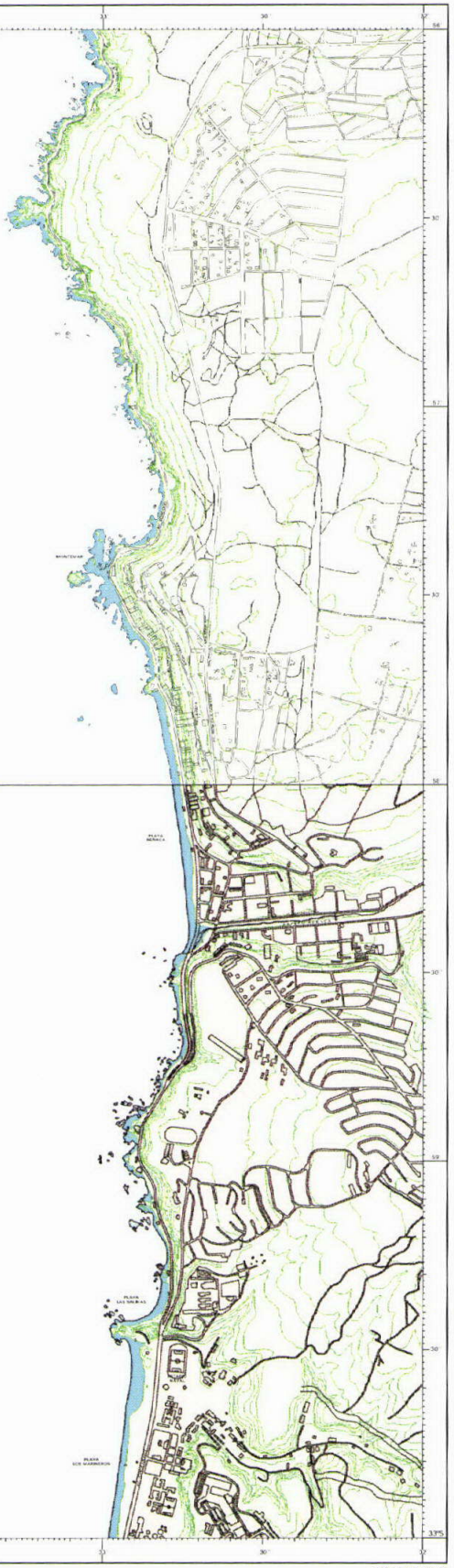
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMIS

REFERIDA AL EVENTO DE 1906

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

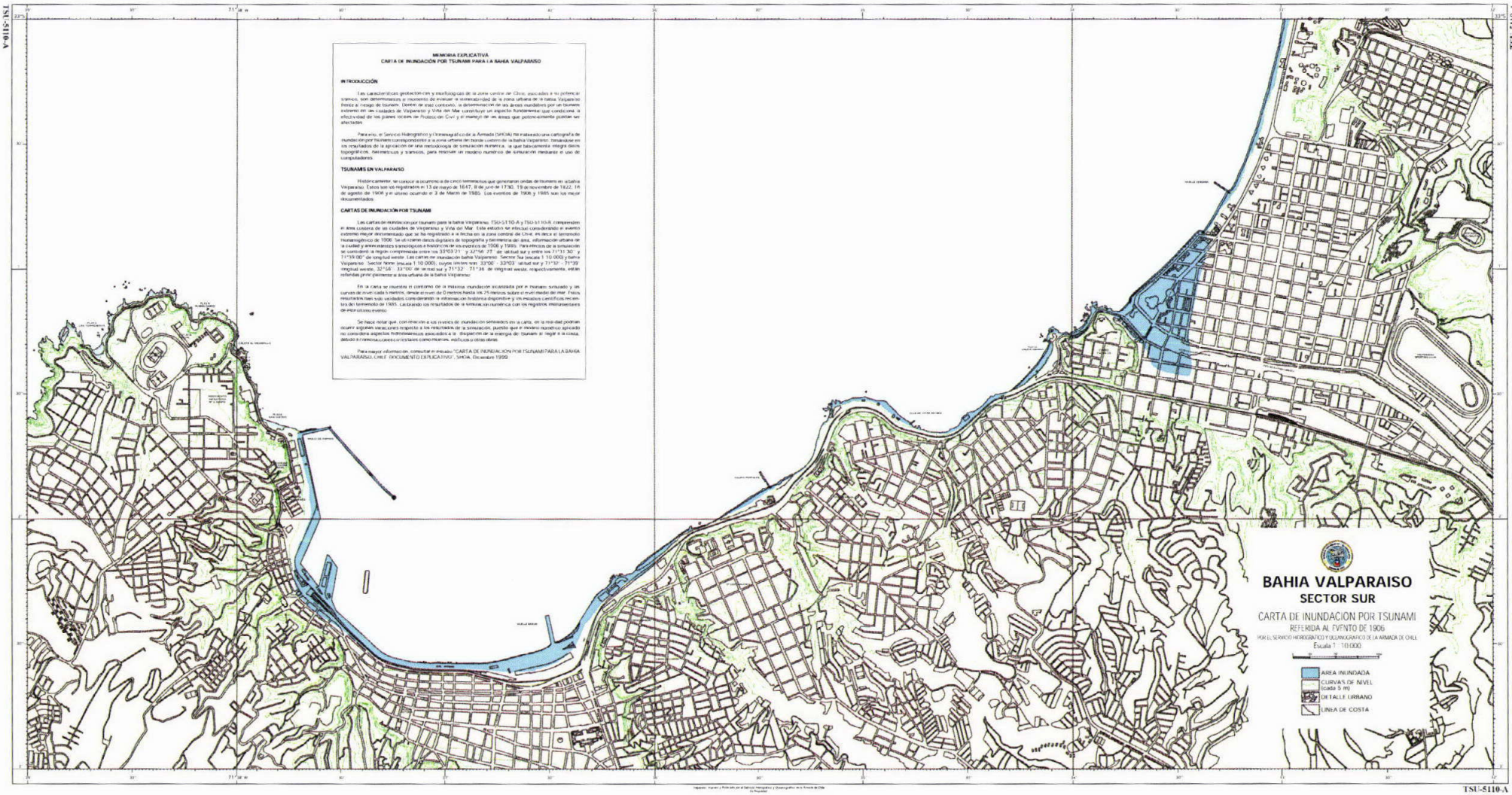
Escala 1 : 10.000

- AREA INUNDADA
- CURVAS DE NIVEL (cada 5 m)
- DETALLE URBANO
- LINEA DE COSTA



TSU-5110-B

TSU-5110-B



MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA LA BAHIA VALPARAISO

INTRODUCCIÓN

Las características geotectónicas y morfológicas de la zona central de Chile, asociadas a su potencial sísmico, son determinantes y exigentes de evaluar la vulnerabilidad de la zona urbana de la bahía Valparaíso frente al riesgo de tsunami. Dentro de ese contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes oceanos de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente puedan ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía de inundación por tsunami correspondiente a la zona urbana del borde costero de la bahía Valparaíso, basándose en los resultados de la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente integra datos topográficos, batimétricos y sísmicos, para resolver un modelo numérico de simulación mediante el uso de computadores.

TSUNAMIS EN VALPARAISO

Históricamente, se conoce la ocurrencia de cinco terremotos que generaron ondas de tsunami en la bahía Valparaíso. Estos son los registrados el 13 de mayo de 1647, 8 de julio de 1730, 19 de noviembre de 1822, 16 de agosto de 1906 y el último ocurrido el 3 de Marzo de 1985. Los eventos de 1906 y 1985 son los mejor documentados.

CARTAS DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI

Las cartas de inundación por tsunami para la bahía Valparaíso, TSU-5110-A y TSU-5110-B, comprenden el área costera de las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar. Este estudio se efectuó considerando el evento extremo mayor documentado que se ha registrado a la fecha en la zona central de Chile, es decir el terremoto Huanegrífico de 1906. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana de la ciudad y antecedentes tomográficos e históricos de los eventos de 1906 y 1985. Para efectos de la simulación se consideró la región comprendida entre los 33°03.31' y 32°56.27' de latitud sur y entre los 71°31.30' y 71°59.00' de longitud oeste. Las cartas de inundación bahía Valparaíso: Sector Sur (escala 1:10.000) y bahía Valparaíso: Sector Norte (escala 1:10.000), cuyos límites son: 33°00' - 33°03' latitud sur y 71°57' - 71°39' longitud oeste, 32°58' - 33°00' de latitud sur y 71°32' - 71°36' de longitud oeste, respectivamente, están referidas principalmente a área urbana de la bahía Valparaíso.

En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami, señalado y las curvas de nivel cada 5 metros, desde el nivel de 0 metros hasta los 25 metros sobre el nivel medio del mar. Estos resultados han sido validados considerando la información histórica disponible y los estudios científicos recientes del terremoto de 1985. Las bases los resultados de la simulación numérica con los registros instrumentales de este último evento.

Se hace notar que, con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a irregularidades en la batimetría como también, edificios u otras obras.

Para mayor información, consultar el informe "CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA LA BAHIA VALPARAISO, CHILE. DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, Diciembre 1999.

BAHIA VALPARAISO
SECTOR SUR

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI
REFERIDA AL EVENTO DE 1906
POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE
Escala 1 : 10.000

AREA INUNDADA
CURVAS DE NIVEL (cada 5 m)
DETALLE URBANO
LINEA DE COSTA

TSU-5110-A

TSU-5110-A

TSU-5130

RADA EL ALGARROBO

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

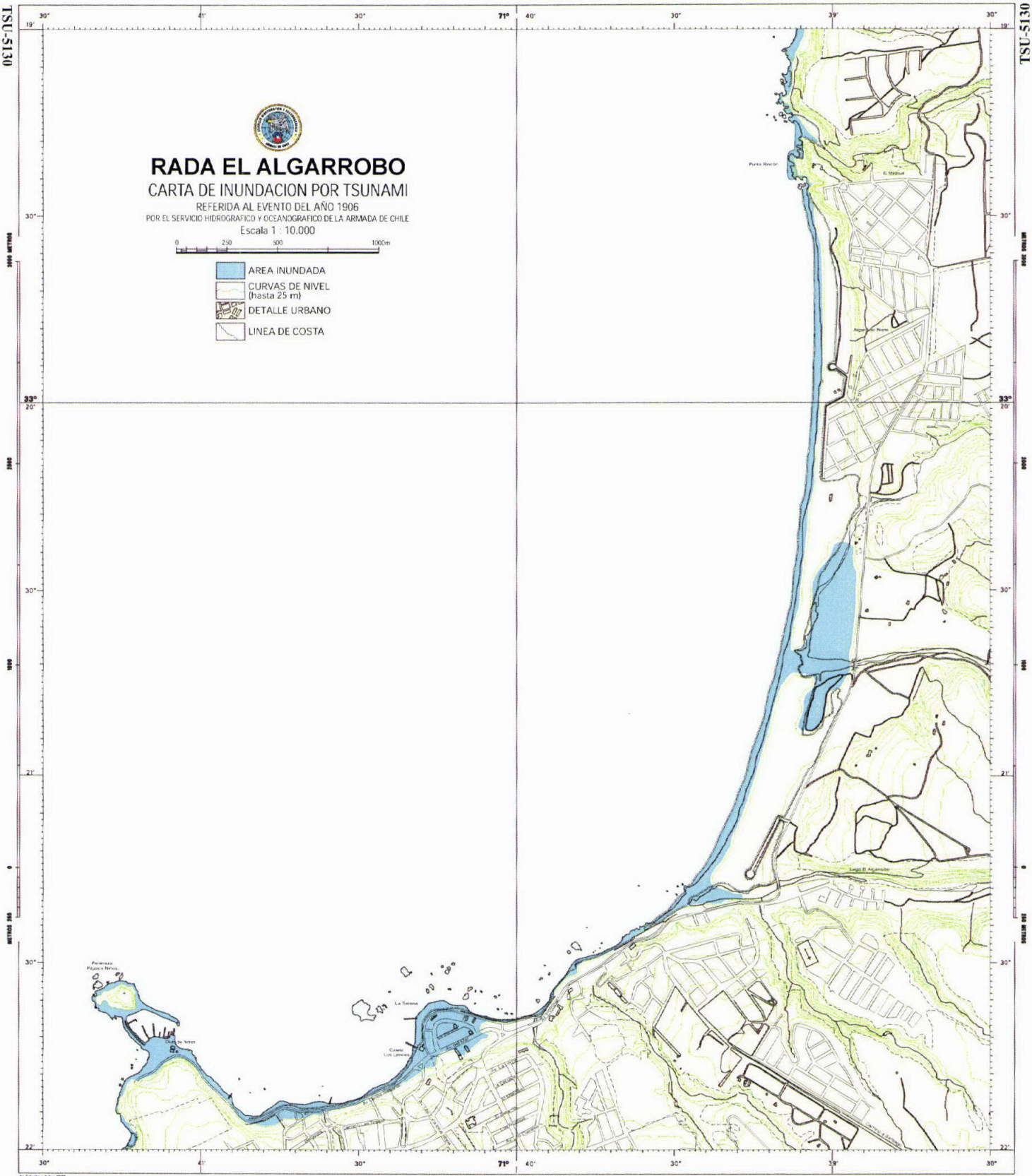
REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1906

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1 : 10.000

0 250 500 1000m

- AREA INUNDADA
- CURVAS DE NIVEL (hasta 25 m)
- DETALLE URBANO
- LINEA DE COSTA

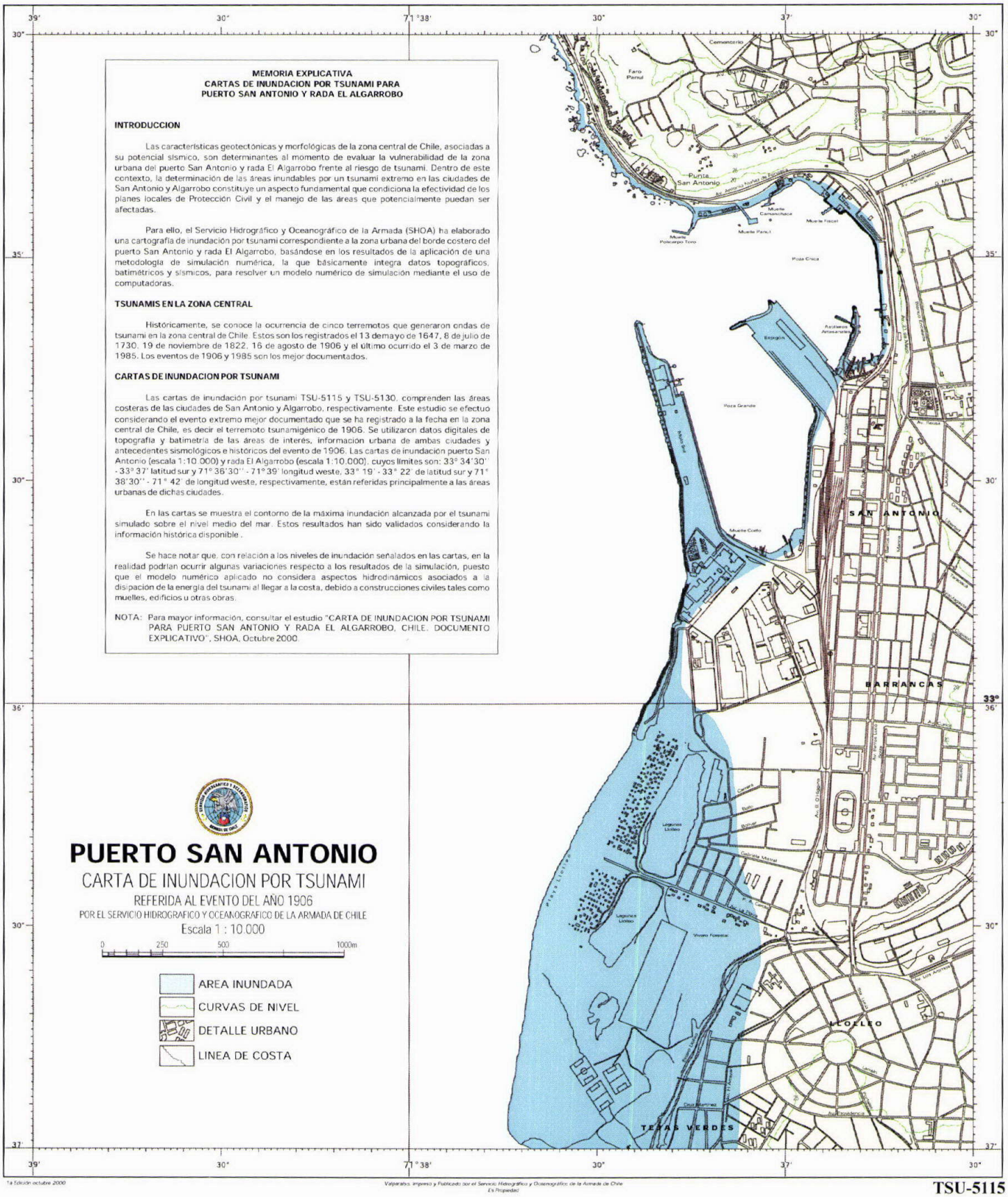


1a Edición octubre 2000

Valparaíso. Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Es Propiedad

TSU-5130

TSU-5115



TSU-5115

MEMORIA EXPLICATIVA
CARTAS DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA
PUERTO SAN ANTONIO Y RADA EL ALGARROBO

INTRODUCCION

Las características geotectónicas y morfológicas de la zona central de Chile, asociadas a su potencial sísmico, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de la zona urbana del puerto San Antonio y rada El Algarrobo frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en las ciudades de San Antonio y Algarrobo constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente puedan ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía de inundación por tsunami correspondiente a la zona urbana del borde costero del puerto San Antonio y rada El Algarrobo, basándose en los resultados de la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente integra datos topográficos, batimétricos y sísmicos, para resolver un modelo numérico de simulación mediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS EN LA ZONA CENTRAL

Históricamente, se conoce la ocurrencia de cinco terremotos que generaron ondas de tsunami en la zona central de Chile. Estos son los registrados el 13 de mayo de 1647, 8 de julio de 1730, 19 de noviembre de 1822, 16 de agosto de 1906 y el último ocurrido el 3 de marzo de 1985. Los eventos de 1906 y 1985 son los mejor documentados.

CARTAS DE INUNDACION POR TSUNAMI

Las cartas de inundación por tsunami TSU-5115 y TSU-5130, comprenden las áreas costeras de las ciudades de San Antonio y Algarrobo, respectivamente. Este estudio se efectuo considerando el evento extremo mejor documentado que se ha registrado a la fecha en la zona central de Chile, es decir el terremoto tsunamigénico de 1906. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría de las áreas de interés, información urbana de ambas ciudades y antecedentes sismológicos e históricos del evento de 1906. Las cartas de inundación puerto San Antonio (escala 1:10.000) y rada El Algarrobo (escala 1:10.000), cuyos límites son: 33° 34'30'' - 33° 37' latitud sur y 71° 36'30'' - 71° 39' longitud weste, 33° 19' - 33° 22' de latitud sur y 71° 38'30'' - 71° 42' de longitud weste, respectivamente, están referidas principalmente a las áreas urbanas de dichas ciudades.

En las cartas se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado sobre el nivel medio del mar. Estos resultados han sido validados considerando la información histórica disponible.

Se hace notar que, con relación a los niveles de inundación señalados en las cartas, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras.

NOTA: Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA PUERTO SAN ANTONIO Y RADA EL ALGARROBO, CHILE. DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, Octubre 2000.

PUERTO SAN ANTONIO

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1906

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1 : 10.000

0 250 500 1000m

AREA INUNDADA

CURVAS DE NIVEL

DETALLE URBANO

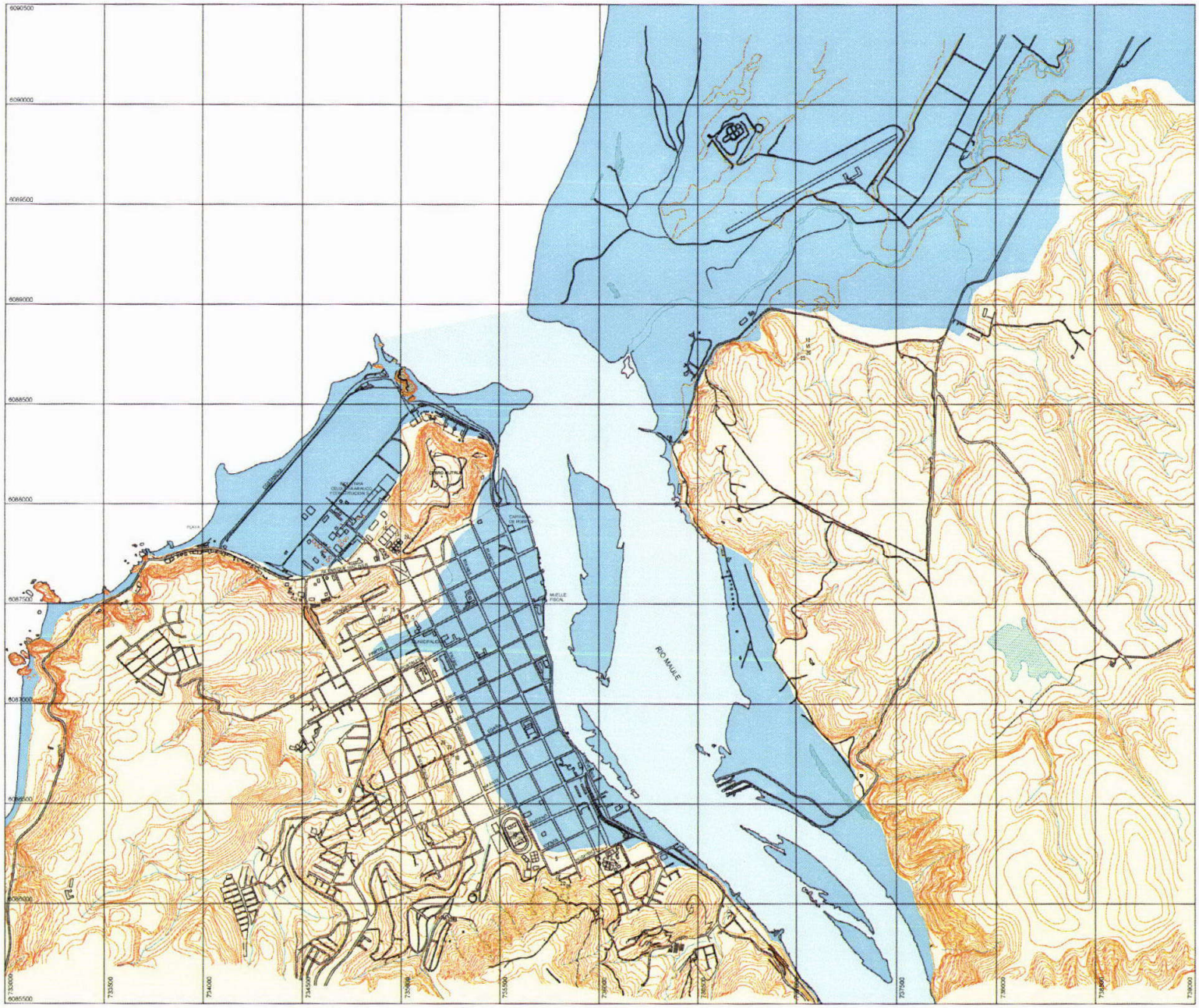
LINEA DE COSTA

1a Edición octubre 2000

Valparaíso, Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Es Propiedad

TSU-5115

TSU-5311B



CONSTITUCION

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1835

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1 : 10.000

Coordenadas U.T.M. Datum Geodésico WGS 84

Meridiano Central 75

0 200 400 600 800 1000m

ÁREA INUNDADA

DETALLE URBANO

CURVAS DE NIVEL

MEMORIA EXPLICATIVA CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA EL PUERTO CONSTITUCION

INTRODUCCION

Las caracteristicas geotectónicas y morfológicas de la zona centro sur de Chile, asociadas a su potencial sísmico, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de la zona urbana costera del puerto Constitución frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en la ciudad constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente puedan ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía de inundación por tsunami correspondiente a la zona urbana de Constitución, basándose en los resultados de la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente integra datos topográficos, batimétricos y sísmicos, para resolver un modelo numérico de simulación mediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS EN CONSTITUCION

Históricamente, se conoce la ocurrencia de por lo menos cinco terremotos que generaron ondas de tsunami en el puerto Constitución. Estos son: el registrado en 1570, el 8 de julio de 1730, el 25 de mayo de 1751, el 20 de febrero de 1835 y finalmente el ocurrido durante el siglo XX, el del 16 de agosto de 1906. Los eventos extremos de 1835 y 1906 son los mejor documentados.

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

La carta de inundación por tsunami para el puerto Constitución, TSU-5311B, comprende toda el área costera de la ciudad. Este estudio se efectuó considerando los eventos extremos mejor documentados que se han registrado a la fecha en la zona centro-sur de Chile, es decir los terremotos tsunamigénicos de 1835 y 1906. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana y antecedentes sismológicos e históricos de ambos eventos sísmicos.

En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas topográficas cada 5 metros sobre el nivel medio del mar. Los resultados han sido validados considerando la información histórica disponible y los estudios científicos recientes del terremoto de 1835.

Se hace notar que, con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras.

Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA EL PUERTO CONSTITUCION, CHILE. DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, Octubre 2002.

Elaborado, Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
(H) Propiedad

TSU-5311B

TSU-6110-A

TSU-6110-A

BAHIA CONCEPCION
SECTOR TALCAHUANO
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI
REFERIDA AL EVENTO DE 1835

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1 : 10.000

AREA INUNDADA
CURVAS DE NIVEL (cada 5 m)
DETALLE URBANO
LINEA DE COSTA

CALETA MANZANO
LAS CANCHAS
PUNTA GALVEZ
BASE NAVAL
MONITOR HUASCAR
APOSTADERO NAVAL
CLUB DE YATES
ENAP
SERRANO
O'HIGGINS
EL MANZANO

MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA LA BAHIA CONCEPCION

INTRODUCCION

Las caracteristicas geotectónicas y morfológicas de la zona centro-sur de Chile, asociadas a su potencial sísmico, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de la zona urbana de la bahía Concepción frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en las ciudades de Talcahuano, Penco, Lirquén y Tomé constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente puedan ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía de inundación por tsunami correspondiente a la zona urbana del borde costero de la bahía Concepción, basándose en los resultados de la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente integra datos topográficos, batimétricos y sísmicos, para resolver un modelo numérico de simulación mediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS EN BAHIA CONCEPCION

Históricamente, se conoce la ocurrencia de seis terremotos que generaron ondas de tsunami en la bahía Concepción. Estos son los registrados el 8 de febrero de 1570, el 15 de mayo de 1657, el 25 de mayo de 1751, el 20 de febrero de 1835 y finalmente los ocurridos durante el siglo XX, el 20 de Abril de 1949 y 22 de mayo de 1960. Los eventos extremos de 1835 y 1960 son los mejor documentados.

CARTAS DE INUNDACION POR TSUNAMI

Las cartas de inundación por tsunami para la bahía Concepción, TSU-6110A, TSU-6110B y TSU-6110C, comprenden las áreas costeras de las ciudades de Talcahuano, Penco, Lirquén y Tomé. Este estudio se efectuó considerando el evento extremo mejor documentado que se ha registrado a la fecha en la zona centro sur de Chile, es decir el terremoto tsunamigénico de 1835. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana de la ciudad y antecedentes sismológicos e históricos del evento de 1835. Para efectos de la simulación se consideró la región comprendida entre los 36° 33' y 36° 45' 48" de latitud sur y entre los 72° 56' 58" y 73° 7' 1" de longitud weste. Las cartas de inundación bahía Concepción, Sector Talcahuano (escala 1:10.000), bahía Concepción, Sector Penco - Lirquén (escala 1:10.000) y bahía Concepción, Sector Tomé (escala 1:10.000), cuyos límites son: 36° 40' 30" - 36° 45' latitud sur y 73° 4' 30" - 73° 7' 30" longitud weste; 36° 42' - 36° 44' 54" de latitud sur y 72° 55' - 73° 1' 36" de longitud weste; y 36° 36' 12" - 36° 37' 54" de latitud sur y 72° 57' - 72° 58' 42" de longitud, respectivamente, están referidas principalmente al área urbana del borde costero de la bahía Concepción.

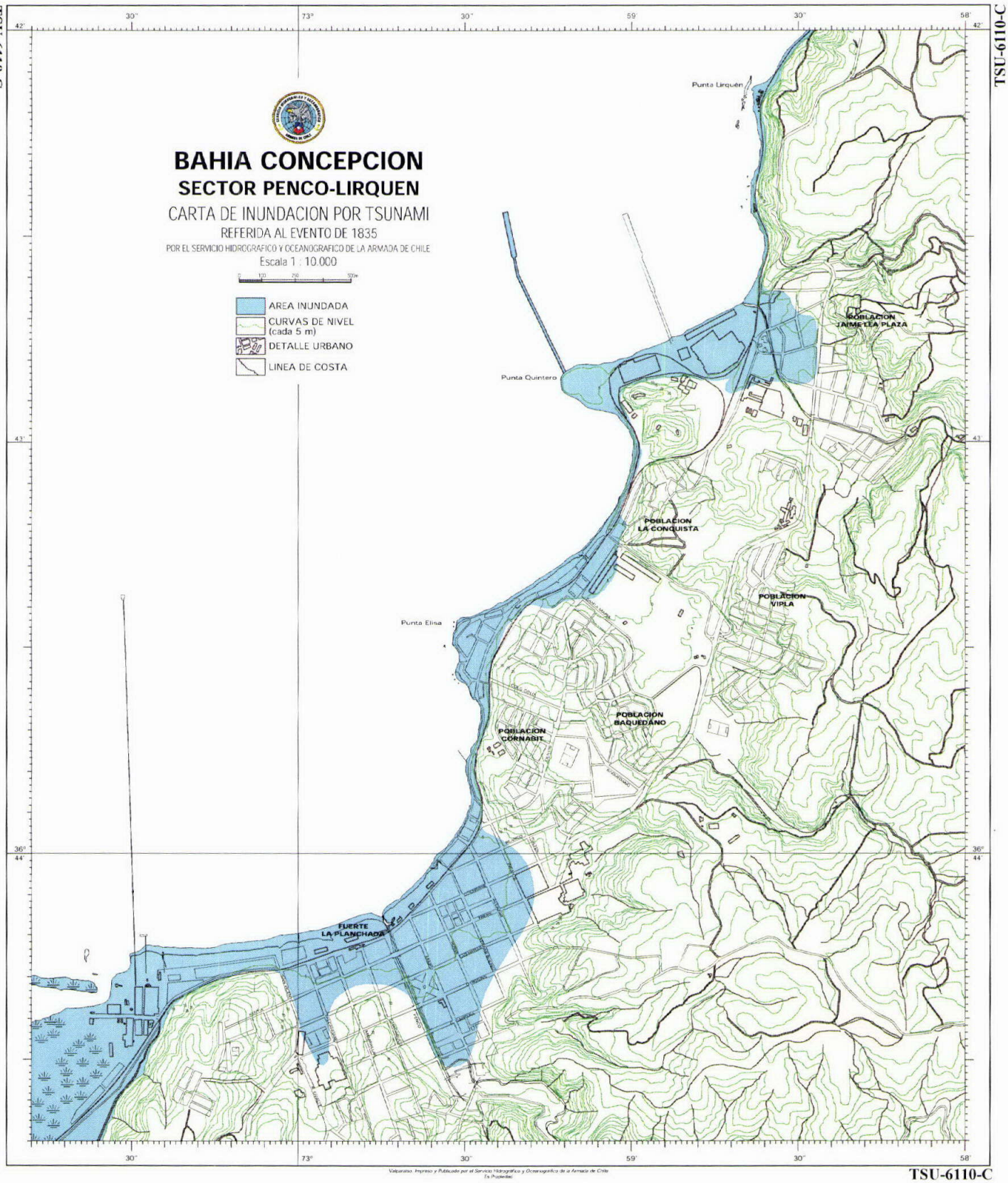
En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros, desde el nivel de 0 metros hasta los 25 metros sobre el nivel medio del mar. Los resultados han sido validados considerando la información histórica disponible y algunos estudios científicos recientes del terremoto de 1835.

Se hace notar que, con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras.

Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA LA BAHIA CONCEPCION, CHILE. DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA. Enero 2000.

Elaborado, Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
El Progreso

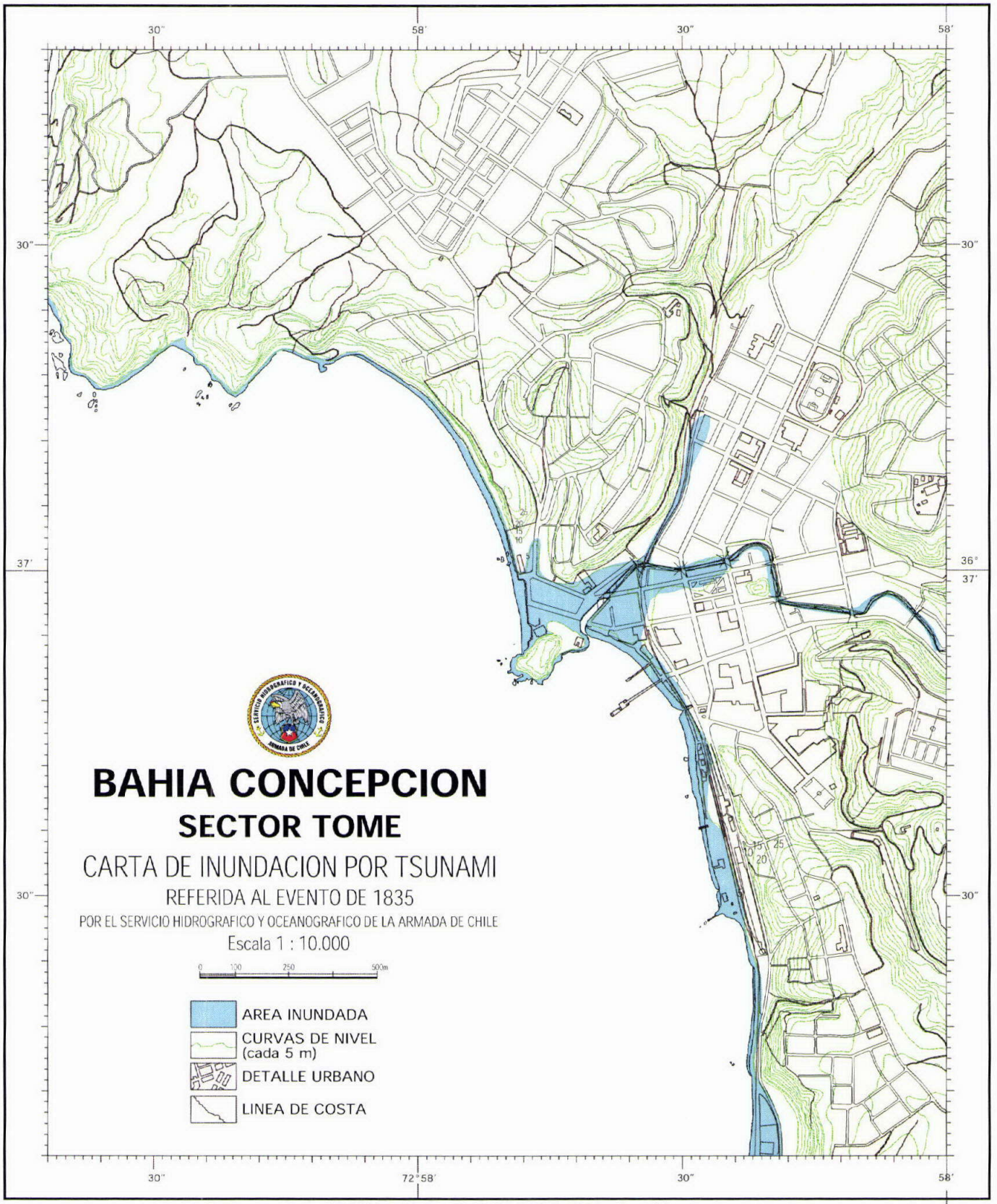
TSU-6110-A



Valparaíso. Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Se Prohibe la Venta

TSU-6110-C

TSU-6110-C



BAHIA CONCEPCION

SECTOR TOME

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

REFERIDA AL EVENTO DE 1835

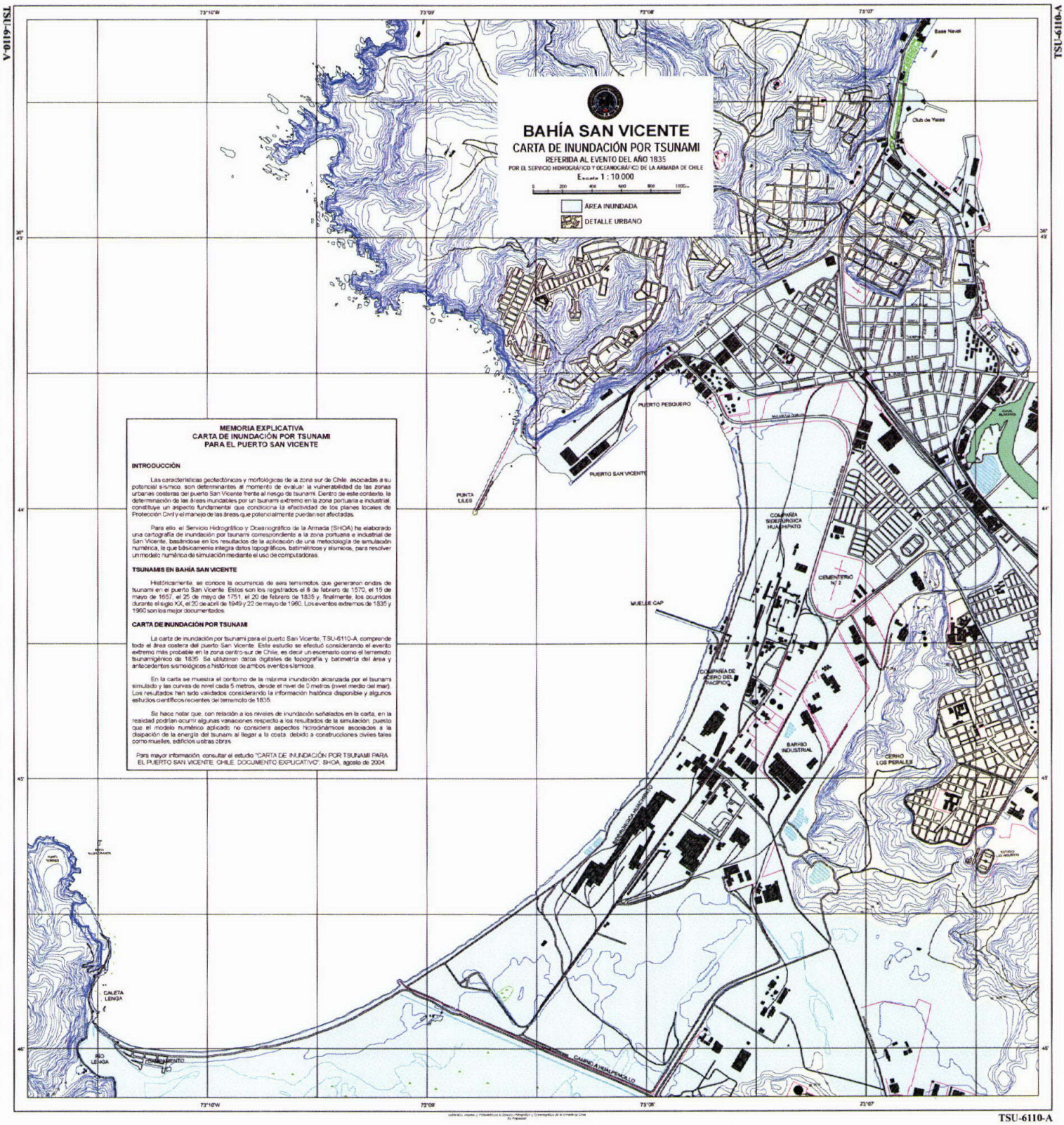
POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

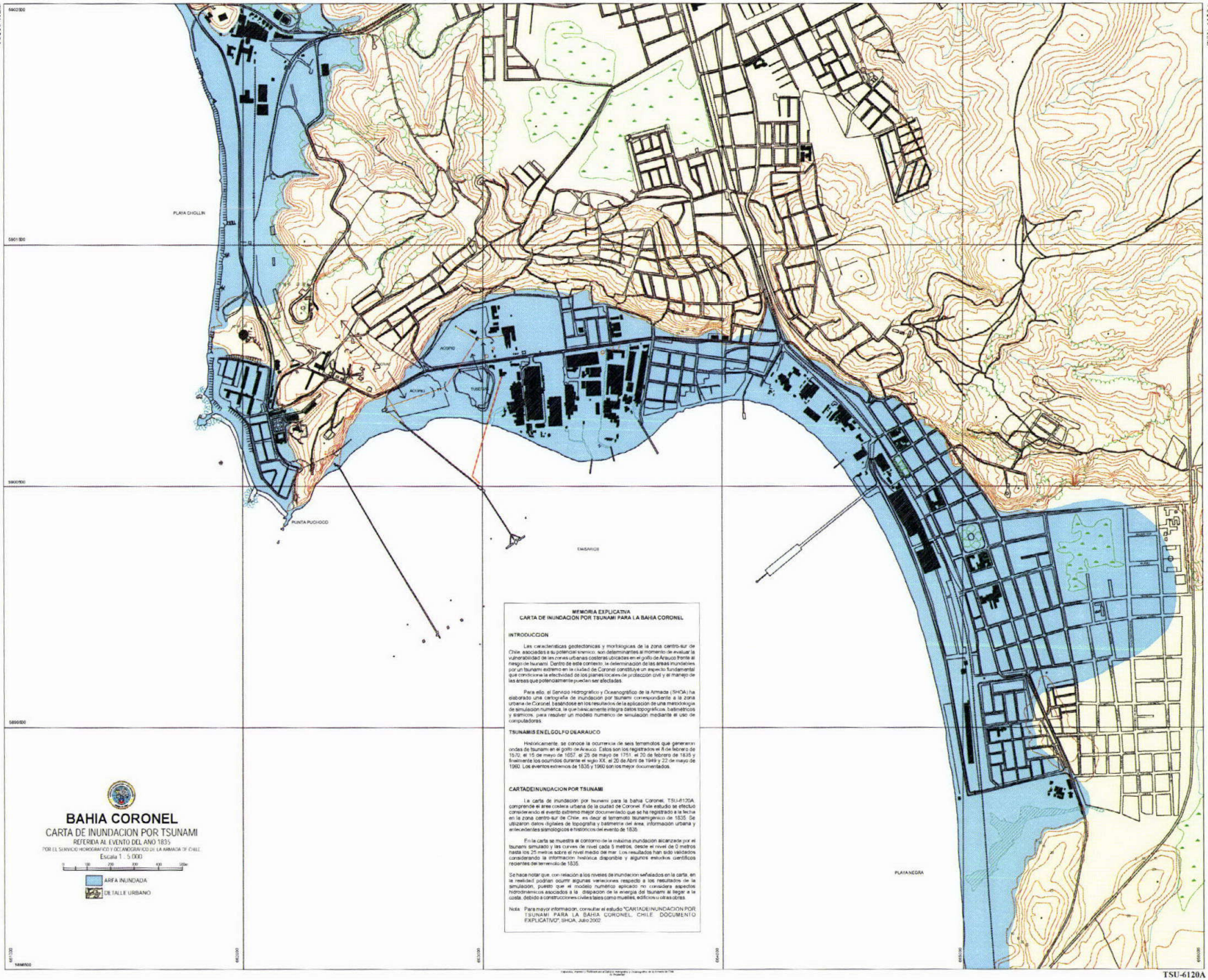
Escala 1 : 10.000

Valparaíso. Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Es Propiedad

TSU-6110-C

TSU-6110-C


BAHÍA SAN VICENTE
CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI
REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1835
POR EL SERVICIO HIDROGRÁFICO Y OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA DE CHILE
Escala 1 : 10.000
0 200 400 600 800 1000 m
ÁREA INUNDADA
DETALLE URBANO
MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI
PARA EL PUERTO SAN VICENTE
INTRODUCCIÓN
Las características geotectónicas y morfológicas de la zona sur de Chile, asociadas a su potencial sísmico, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de las zonas urbanas costeras del puerto San Vicente frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en la zona portuaria e industrial, constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente puedan ser afectadas.
Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía de inundación por tsunami correspondiente a la zona portuaria e industrial de San Vicente, basándose en los resultados de la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente integra datos topográficos, batimétricos y sísmicos, para resolver un modelo numérico de simulación mediante el uso de computadoras.
TSUNAMIS EN BAHÍA SAN VICENTE
Históricamente, se conoce la ocurrencia de seis terremotos que generaron ondas de tsunami en el puerto San Vicente. Estos son los registrados el 8 de febrero de 1570, el 15 de mayo de 1657, el 25 de mayo de 1751, el 20 de febrero de 1835 y, finalmente, los ocurridos durante el siglo XX, el 20 de abril de 1949 y 22 de mayo de 1960. Los eventos extremos de 1835 y 1960 son los mejor documentados.
CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI
La carta de inundación por tsunami para el puerto San Vicente, TSU-6110-A, comprende toda el área costera del puerto San Vicente. Este estudio se efectuó considerando el evento extremo más probable en la zona centro-sur de Chile, es decir un escenario como el terremoto tsunamigénico de 1835. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área y antecedentes sismológicos e históricos de ambos eventos sísmicos.
En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros, desde el nivel de 0 metros (nivel medio del mar). Los resultados han sido validados considerando la información histórica disponible y algunos estudios científicos recientes del terremoto de 1835.
Se hace notar que, con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras.
Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA EL PUERTO SAN VICENTE, CHILE. DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, agosto de 2004.
Base Naval
Club de Yates
PUERTO PESQUERO
PUERTO SAN VICENTE
PUNTA LILES
COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO
CEMENTERIO N° 2
MUELLE CAP
COMPAÑÍA DE ACERO DEL PACÍFICO
BARRIO INDUSTRIAL
CERRO LOS PERALES
CALETA LENGA
RÍO LENGA
CAMINO A HUALPÉN-LO
TSU-6110-A
73°10'W
73°09'
73°08'
73°07'
36° 43'
44'
45'
46'



BAHIA CORONEL

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1835

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1 : 5.000

0 100 200 300 400 500m

AREA INUNDADA

DETALLE URBANO

MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA LA BAHIA CORONEL

INTRODUCCION

Las caracteristicas geotectonicas y morfologicas de la zona centro-sur de Chile, asociadas a su potencial sismico, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de las zonas urbanas costeras ubicadas en el golfo de Arauco frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en la ciudad de Coronel constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de protección civil y el manejo de las áreas que potencialmente pueden ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía de inundación por tsunami correspondiente a la zona urbana de Coronel, basándose en los resultados de la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente integra datos topográficos, batimétricos y sísmicos, para resolver un modelo numérico de simulación mediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS EN EL GOLFO DE ARAUCO

Históricamente, se conoce la ocurrencia de seis terremotos que generaron ondas de tsunami en el golfo de Arauco. Estos son los registrados el 8 de febrero de 1570, el 15 de mayo de 1657, el 25 de mayo de 1751, el 20 de febrero de 1835 y finalmente los ocurridos durante el siglo XX, el 20 de Abril de 1949 y 22 de mayo de 1960. Los eventos extremos de 1835 y 1960 son los mejor documentados.

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

La carta de inundación por tsunami para la bahía Coronel, TSU-6120A, comprende el área costera urbana de la ciudad de Coronel. Este estudio se efectuó considerando el evento extremo mejor documentado que se ha registrado a la fecha en la zona centro-sur de Chile, es decir el terremoto tsunamigénico de 1835. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana y antecedentes sismológicos e históricos del evento de 1835.

En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros, desde el nivel de 0 metros hasta los 25 metros sobre el nivel medio del mar. Los resultados han sido validados considerando la información histórica disponible y algunos estudios científicos recientes del terremoto de 1835.

Se hace notar que, con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras.

Nota: Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA LA BAHIA CORONEL, CHILE. DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, Julio 2002.

Elaborada, impresa y Publicada por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
© Derechos Reservados

TSU-6131A

PUERTO LEBU

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1835

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1 : 5.000

0 100 200 300 400 500m

AREA INUNDADA

DETALLE URBANO

CURVAS DE NIVEL

MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA EL PUERTO LEBU

INTRODUCCION

Las caracteristicas geotectonicas y morfologicas de la zona sur de Chile, asociadas a su potencial sismico, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de las zonas urbanas costeras de Lebu frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la determinación de las áreas inundables por un tsunami extremo en la ciudad constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Proteccion Civil y el manejo de las areas que potencialmente puedan ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía de inundación por tsunami correspondiente a la zona urbana de la ciudad, basándose en los resultados de la aplicación de una metodología de simulación numerica, la que básicamente integra datos topográficos, batimétricos y sísmicos, para resolver un modelo numerico de simulación mediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS EN BAHIA CARNERO

Históricamente, se conoce la ocurrencia de seis terremotos que generaron ondas de tsunami en Lebu. Estos son los registrados el 8 de febrero de 1570, el 15 de mayo de 1657, el 25 de mayo de 1751, el 20 de febrero de 1835 y finalmente los ocurridos durante el siglo XX, el 20 de abril de 1946 y 22 de mayo de 1960. Los eventos extremos de 1835 y 1960 son los mejor documentados.

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

La carta de inundación por tsunami para el puerto Lebu, TSU- 6131A, comprende toda el área costera urbana. Este estudio se efectuó considerando los eventos extremos mejor documentados que se han registrado a la fecha en la zona centro-sur de Chile, es decir los terremotos tsunamigénicos de 1835 y 1960. Se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana y antecedentes sismológicos e históricos de ambos eventos sísmicos.

En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros sobre el nivel medio del mar. Los resultados han sido validados considerando la información histórica disponible y algunos estudios científicos recientes de los terremotos de 1835 y 1960.

Se hace notar que, con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios y otras obras.

Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA EL PUERTO LEBU, CHILE. DOCUMENTO EXPLICATIVO". SHOA, Septiembre 2002.

PUNTA MILLANECO

PLAYA LA PUNTILLA

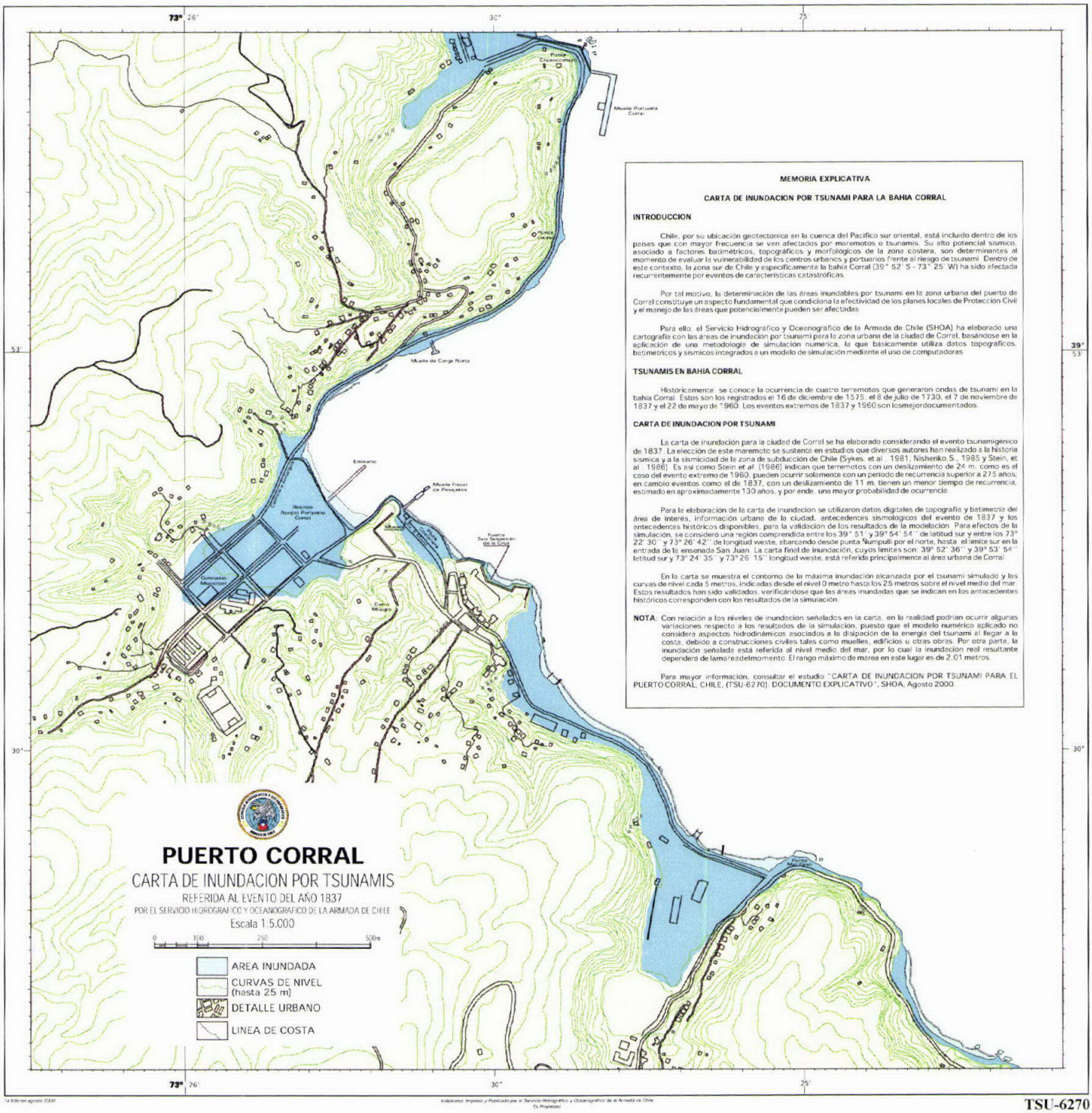
PUNTA TUCAPEL

PUERTO LEBU

LA PUNTILLA

TSU-6131A

TSU-6270



MEMORIA EXPLICATIVA

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA LA BAHIA CORRAL

INTRODUCCION

Chile, por su ubicación geotectónica en la cuenca del Pacífico sur oriental, está incluido dentro de los países que con mayor frecuencia se ven afectados por maremotos o tsunamis. Su alto potencial sísmico, asociado a factores batimétricos, topográficos y morfológicos de la zona costera, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de los centros urbanos y portuarios frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la zona sur de Chile y específicamente la bahía Corral (39° 52' S - 73° 25' W) ha sido afectada recurrentemente por eventos de características catastróficas.

Por tal motivo, la determinación de las áreas inundables por tsunami en la zona urbana del puerto de Corral constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente pueden ser afectadas.

Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para la zona urbana de la ciudad de Corral, basándose en la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente utiliza datos topográficos, batimétricos y sísmicos integrados a un modelo de simulación mediante el uso de computadoras.

TSUNAMIS EN BAHIA CORRAL

Históricamente, se conoce la ocurrencia de cuatro terremotos que generaron ondas de tsunami en la bahía Corral. Estos son los registrados el 16 de diciembre de 1575, el 8 de julio de 1730, el 7 de noviembre de 1837 y el 22 de mayo de 1960. Los eventos extremos de 1837 y 1960 son los mejor documentados.

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI

La carta de inundación para la ciudad de Corral se ha elaborado considerando el evento tsunamigénico de 1837. La elección de este maremoto se sustenta en estudios que diversos autores han realizado a la historia sísmica y a la sismicidad de la zona de subducción de Chile (Sykes, et al., 1981; Nishenko S., 1985 y Stein, et al., 1986). Es así como Stein *et al.* (1986) indican que terremotos con un deslizamiento de 24 m, como es el caso del evento extremo de 1960, pueden ocurrir solamente con un período de recurrencia superior a 275 años; en cambio eventos como el de 1837, con un deslizamiento de 11 m, tienen un menor tiempo de recurrencia, estimado en aproximadamente 130 años, y por ende, una mayor probabilidad de ocurrencia.

Para la elaboración de la carta de inundación se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área de interés, información urbana de la ciudad, antecedentes sismológicos del evento de 1837 y los antecedentes históricos disponibles, para la validación de los resultados de la modelación. Para efectos de la simulación, se consideró una región comprendida entre los 39° 51' y 39° 54' 54'' de latitud sur y entre los 73° 22' 30'' y 73° 26' 42'' de longitud weste, abarcando desde punta Nampulli por el norte, hasta el límite sur en la entrada de la ensenada San Juan. La carta final de inundación, cuyos límites son: 39° 52' 36'' y 39° 53' 54'' latitud sur y 73° 24' 35'' y 73° 26' 15'' longitud weste, está referida principalmente al área urbana de Corral.

En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros, indicadas desde el nivel 0 metro hasta los 25 metros sobre el nivel medio del mar. Estos resultados han sido validados, verificándose que las áreas inundadas que se indican en los antecedentes históricos corresponden con los resultados de la simulación.

NOTA: Con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles tales como muelles, edificios u otras obras. Por otra parte, la inundación señalada está referida al nivel medio del mar, por lo cual la inundación real resultante dependerá de la marea del momento. El rango máximo de marea en este lugar es de 2,01 metros.

Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMI PARA EL PUERTO CORRAL, CHILE, (TSU-6270). DOCUMENTO EXPLICATIVO", SHOA, Agosto 2000.

PUERTO CORRAL

CARTA DE INUNDACION POR TSUNAMIS

REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1837

POR EL SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA DE CHILE

Escala 1:5.000

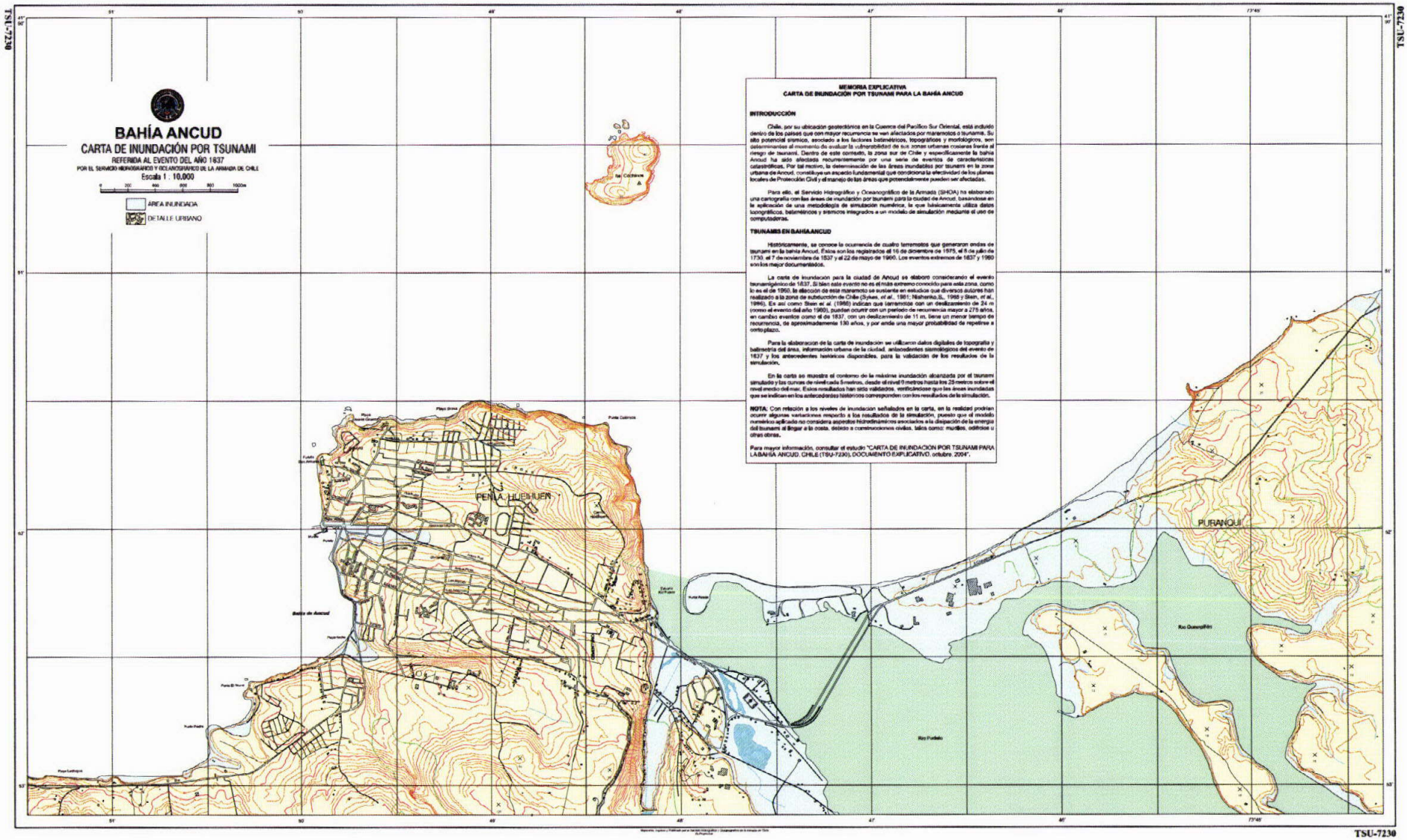
0 100 250 500m

- AREA INUNDADA
- CURVAS DE NIVEL (hasta 25 m)
- DETALLE URBANO
- LINEA DE COSTA

1a Edición agosto 2000

Valparaíso. Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
Es Propiedad

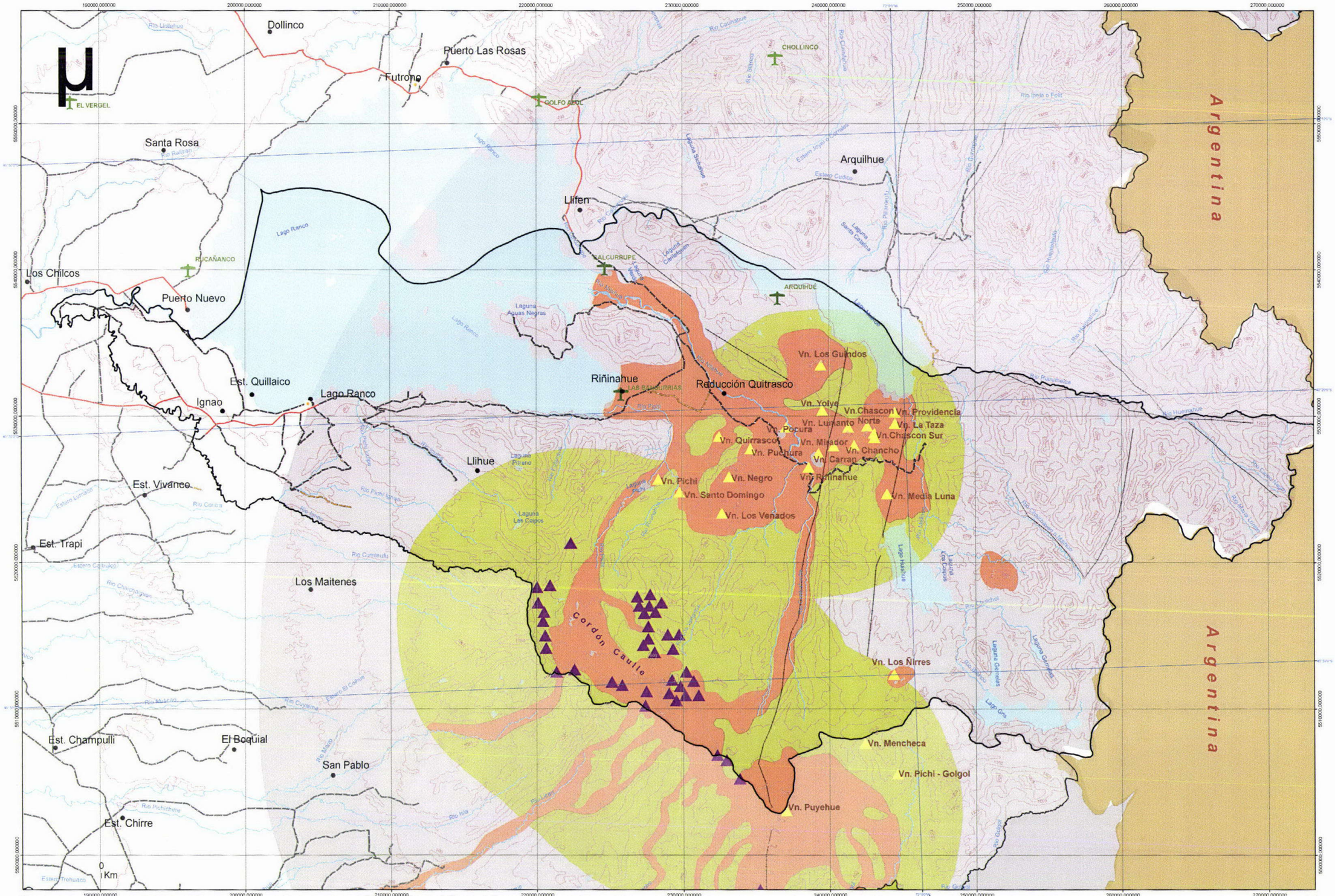
TSU-6270


TSU-7230
TSU-7230
BAHÍA ANCUD
CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI
REFERIDA AL EVENTO DEL AÑO 1837
POR EL SERVICIO HIDROGRÁFICO Y OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA DE CHILE
Escala 1 : 10.000
0 200 400 600 800 1000m
ÁREA INUNDADA
DETALLE URBANO
MEMORIA EXPLICATIVA
CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA LA BAHÍA ANCUD
INTRODUCCIÓN
Chile, por su ubicación geotectónica en la Cuenca del Pacífico Sur Oriental, está incluido dentro de los países que con mayor recurrencia se ven afectados por maremotos o tsunamis. Su alto potencial sísmico, asociado a los factores batimétricos, topográficos y morfológicos, son determinantes al momento de evaluar la vulnerabilidad de sus zonas urbanas costeras frente al riesgo de tsunami. Dentro de este contexto, la zona sur de Chile y específicamente la bahía Ancud ha sido afectada recurrentemente por una serie de eventos de características catastróficas. Por tal motivo, la determinación de las áreas inundables por tsunami en la zona urbana de Ancud, constituye un aspecto fundamental que condiciona la efectividad de los planes locales de Protección Civil y el manejo de las áreas que potencialmente pueden ser afectadas.
Para ello, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) ha elaborado una cartografía con las áreas de inundación por tsunami para la ciudad de Ancud, basándose en la aplicación de una metodología de simulación numérica, la que básicamente utiliza datos batigráficos, batimétricos y sismicos integrados a un modelo de simulación mediante el uso de computadoras.
TSUNAMIS EN BAHÍA ANCUD
Históricamente, se conoce la ocurrencia de cuatro terremotos que generaron ondas de tsunami en la bahía Ancud. Estos son los registrados el 16 de diciembre de 1575, el 8 de julio de 1730, el 7 de noviembre de 1837 y el 22 de mayo de 1960. Los eventos extremos de 1837 y 1960 son los mejor documentados.
La carta de inundación para la ciudad de Ancud se elaboró considerando el evento tsunamigénico de 1837. Si bien este evento no es el más extremo conocido para esta zona, como lo es el de 1960, la elección de este maremoto se sustenta en estudios que diversos autores han realizado a la zona de subducción de Chile (Sykes, et al., 1981; Nishenko,S., 1985 y Stein, et al., 1996). Es así como Stein et al. (1996) indican que terremotos con un deslizamiento de 24 m (como el evento del año 1960), pueden ocurrir con un período de recurrencia mayor a 275 años, en cambio eventos como el de 1837, con un deslizamiento de 11 m, tiene un menor tiempo de recurrencia, de aproximadamente 130 años, y por ende una mayor probabilidad de repetirse a corto plazo.
Para la elaboración de la carta de inundación se utilizaron datos digitales de topografía y batimetría del área, información urbana de la ciudad, antecedentes sismológicos del evento de 1837 y los antecedentes históricos disponibles, para la validación de los resultados de la simulación.
En la carta se muestra el contorno de la máxima inundación alcanzada por el tsunami simulado y las curvas de nivel cada 5 metros, desde el nivel 0 metros hasta los 25 metros sobre el nivel medio del mar. Estos resultados han sido validados, verificándose que las áreas inundadas que se indican en los antecedentes históricos corresponden con los resultados de la simulación.
NOTA: Con relación a los niveles de inundación señalados en la carta, en la realidad podrían ocurrir algunas variaciones respecto a los resultados de la simulación, puesto que el modelo numérico aplicado no considera aspectos hidrodinámicos asociados a la disipación de la energía del tsunami al llegar a la costa, debido a construcciones civiles, tales como: muelles, edificios u otras obras.
Para mayor información, consultar el estudio "CARTA DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI PARA LA BAHÍA ANCUD, CHILE (TSU-7230), DOCUMENTO EXPLICATIVO, octubre 2004".
Isla Cochinos
PEÑA HUEIHUEN
PURANQUI
Bahía de Ancud
Río Pudeto
Río Quemquemtu
TSU-7230

ANEXO 6:

Cartas de Amenazas volcánicas. Se presenta el caso del lago Ranco debido a que las medidas a tomar en el caso de amenazas volcánicas son estándares a todos los volcanes.

COMUNA DE LAGO RANCO - PELIGRO VOLCÁNICO



GOBIERNO DE CHILE
ONEMI
MINISTERIO DEL INTERIOR

Simbología

Centro Poblado
- Centro Poblado
- Capital Comunal

Otros Elementos
- Aeródromo

Red Vial
- Pavimento
- Ripio
- Tierra

Hidrología
- Río
- Lago o Laguna

Topografía
- Curva de nivel

Formación Geológica
- Volcán
- Centro volcánico
- Falla

Peligro Volcánico
- Caída de ceniza fina
- Caída de piroclastos
- Lavas y/o lahares

Región de Los Ríos

Fuente:
Instituto Geográfico Militar
Ministerio de Obras Públicas
INE
CONAMA

Elaboración:
Unidad Gestión Territorial
División de Protección Civil