

Informe de Riesgo
Modificación PRC de San
Antonio – sector portuario
Sur



La Concepción Nº 65, Providencia.

Fono: 264 15 41

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. MARCO CONCEPTUAL RIESGO: AMENAZA POR VULNERABILIDAD	3
3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACION DE RIESGOS NATURALES	4
3.1. RIESGO DE TSUNAMI	4
3.2. RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL.....	9
3.3. AMPLITUD SISMICA	11
3.4. RIESGO DE REMOCION DE MASA	13
4. EVALUACION DE RIESGOS.....	15
5. JUSTIFICACION DE EVALUACION DE RIEGOS	16
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17

Contenido de Figuras

Figura 1. Zona de Estudio de Vulnerabilidad por Tsumani	6
Figura 2. Mapa de Riesgo de Tsunami, Sector de San Antonio	7
Figura 3 Mapa de Riesgo de Tsunami, Sector de Barrancas - Puerto	8
Figura 4. Mapa de Riesgo de Inundación Fluvial, Comuna San Antonio	10
Figura 6. Mapa de Riesgo de Amplitud Sísmica de San Antonio.....	12
Figura 7. Mapa de Riesgo de Remoción de Masa	14



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a un análisis de riesgos naturales en el Borde Costero de la Comuna de San Antonio en el Sector Sur y el Sector Norte, basado en el estudio de Riesgo de la comuna de San Antonio, realizado por la Facultad de Arquitectura, diseño y Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile en Septiembre 2011, que se enmarca en el proceso de apoyo a la modificación del Plan Regulador Comunal sector sur.

Este estudio surge en virtud de la necesidad de la autoridad de apoyar los instrumentos de planificación existentes y en formulación.

El objetivo del informe, es establecer los potenciales riesgos en las zonas incluidas en la modificación del Plan Regulador Comunal en estudio y comprende los riesgos tsunami, inundación Fluvial, amplitud sísmica y de remoción de masa. Los resultados obtenidos serán consecuentes para realizar un plan de mitigación de riesgo.

2. MARCO CONCEPTUAL RIESGO: AMENAZA POR VULNERABILIDAD

Desde el punto de vista conceptual, riesgo es definido generalmente como la probabilidad de algo, cuya ocurrencia acarrea consecuencias, en términos de pérdidas posibles relativas a cierta causa, lugar y momento en particular.

La O.N.U. (Ayala-Carcedo, 1993) define el riesgo como el producto de la probabilidad de ocurrencia de una amenaza o peligro natural (peligrosidad), por la vulnerabilidad y la exposición. En este caso, la amenaza es entendida como un fenómeno eminentemente natural, externo a una comunidad expuesta, que al manifestarse superando los umbrales más frecuentes de intensidad, magnitud y localización, puede ocasionar daños tanto a las personas como a sus bienes.

La vulnerabilidad puede entenderse como el factor interno de una comunidad, resultado de la capacidad intrínseca de responder frente a la amenaza. Por lo tanto, su evaluación se hace fundamental para el conocimiento del riesgo que mantiene frente a las condiciones de peligrosidad del medio. El factor de exposición entonces, alude a la población media en número de habitantes o de bienes por unidad de superficie, situados al interior de una zona de peligro.

Tanto en el estudio general, como en el caso particular de la modificación normativa, se utilizará el concepto de vulnerabilidad como la susceptibilidad de un sistema determinado a ser impactado negativamente por una amenaza de origen natural.

3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACION DE RIESGOS NATURALES

El riesgo es, en consecuencia, una condición latente que capta una posibilidad de pérdidas hacia el futuro. Esa posibilidad está sujeta a análisis y medición en términos cualitativos y cuantitativos.

La existencia de riesgo, y sus características particulares, se explica por la presencia de determinados factores de riesgo. Estos se clasifican, en general, en factores de amenaza y factores de vulnerabilidad. Una “amenaza” refiere a la posibilidad de la ocurrencia de un evento físico que puede causar algún tipo de daño a la sociedad. La “vulnerabilidad” se refiere a una serie de características diferenciadas de la sociedad, o subconjuntos de la misma, que le predisponen a sufrir daños frente al impacto de un evento físico externo, y que dificultan su posterior recuperación. La vulnerabilidad es en fin la propensión de una sociedad de sufrir daño o de ser dañada, y de encontrar dificultades en recuperarse posteriormente.

3.1. RIESGO DE TSUNAMI

La mayor cantidad de tsunamis se genera a partir de terremotos ocurridos en zonas de subsidencia entre placas tectónicas oceánicas en contacto con placas continentales. Para que un terremoto genere un tsunami, se debe producir un movimiento vertical abrupto del lecho marino, de modo que se perturbe la superficie del océano. Para esto, el sismo debe: i) tener un epicentro en el océano a una profundidad menor a 60 kilómetros o generar una zona de ruptura que se propague bajo el lecho marino, ii) generar un desplazamiento vertical de la columna de agua, iii) liberar suficiente energía en un lapso de tiempo relativamente corto.

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, el 8 de Julio de 1730, el 19 de Noviembre de 1822, el 16 de Agosto de 1906, el penúltimo ocurrido el 3 de Marzo de 1985 y el último que se generó en Febrero 2010 produjo de un sismo 8.8 en grados Richter y 9 grados escala Mercalli, cuyo epicentro fue 63 Km al sur de Cauquenes.

Este nuevo evento telúrico que sacudió al país, está entre los 5 más grandes terremotos registrados. La gravedad de este estribo en que la zona de impacto o de influencia fue entre 300 a 500 km, provocando tsunamis en las costas de la Región del Maule, Biobío hasta la costa de la Región de Valparaíso, afectando directamente el área de modificación. El Sector más bajo de las lagunas segunda y tercera, las dunas, el borde de playa, fueron inundadas por la ola de más de 2,45 metros, que azotó las viviendas de veraneo que no quedaron protegidas por el talud más alto (área de estacionamiento de camiones) generando la pérdida de vidas humanas, llegando con fuerza hacia el



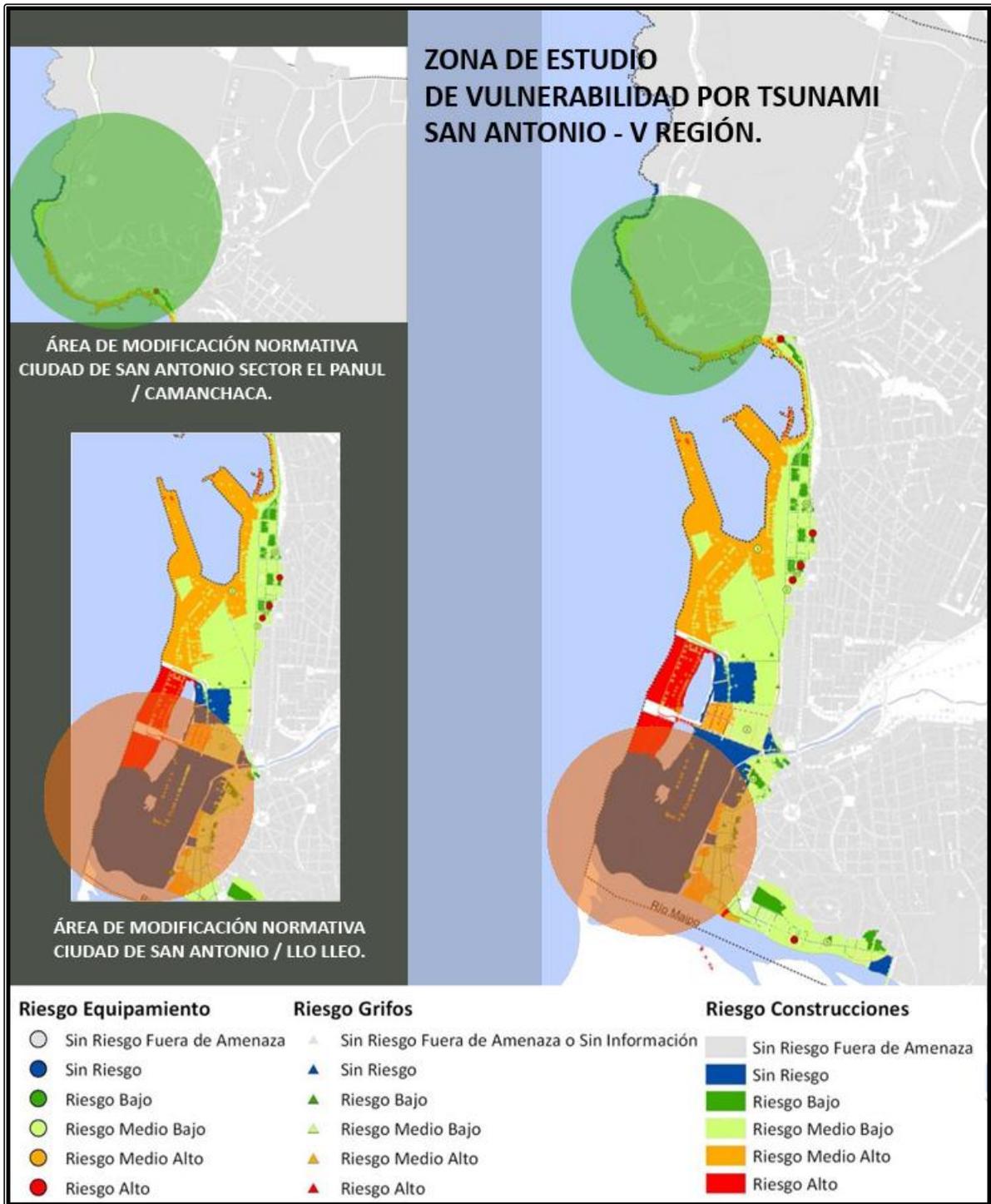
interior de este borde costero, afectando el sector de acopio de chips y la zona de containers y generando daños en parte del Puerto de San Antonio.

En el caso de San Antonio no existen muchos registros de este tipo de fenómenos. Sólo para el terremoto del 3 de marzo de 1985, las deformaciones del fondo marino produjeron un pequeño maremoto y tsunami con un aumento inicial de 0,2 m. alcanzando hasta 3 a 4 m

En el caso de tsunami, los tres grados de amenaza se determinaron por la altura de la ola modelada. Se han asignado los factores de amenaza, considerando el supuesto de que una ola sobre los 2 metros tiene un nivel de riesgo alto para una construcción o elemento muy vulnerable. Por esto, al grado de amenaza medio (Altura de ola entre 0,5 y 2 metros), al grado alto (altura de ola > 2m), de esta manera el grado de amenaza medio genera niveles de riesgo similares a los de grado de amenaza alto.



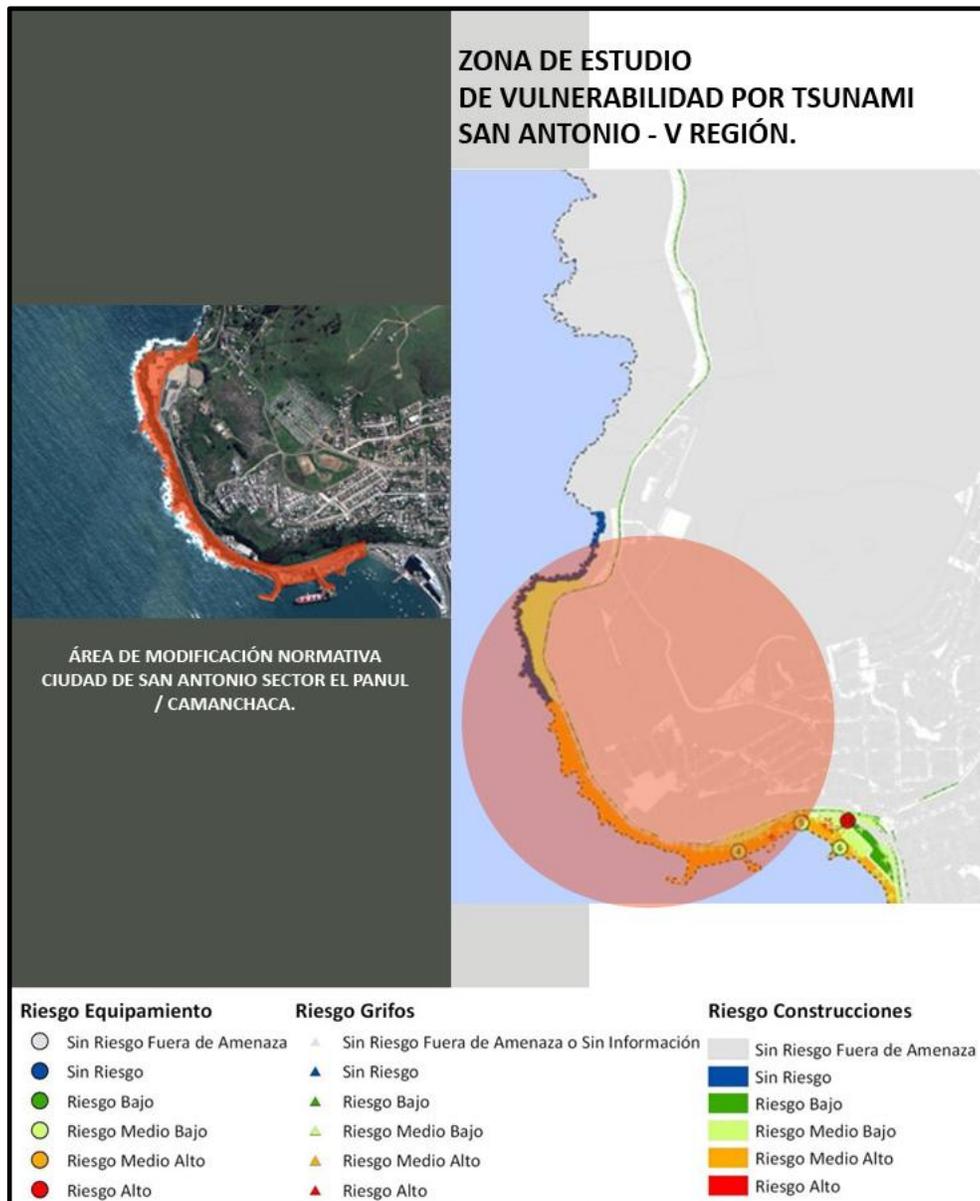
Figura 1. Zona de Estudio de Vulnerabilidad por Tsunami



Sector Norte

En el sector de San Antonio, se ubica el área a modificar en el PRC (sector portuario norte), se observa una franja promedio de 84 metros que se encuentra amenazada por el riesgo de tsunami, comprende 12,8 hectáreas. En ella, se localiza parte de la actividad portuaria, representado por el puerto industrial con un nivel de riesgo medio bajo, al igual que las dos caletas localizadas en este sector, Pacheco Altamirano y Puertecito.

Figura 2. Mapa de Riesgo de Tsunami, Sector de San Antonio



Sector Sur

El área sur que se encuentra bajo el riesgo de tsunami en el sector de Barrancas – Puerto es de 220,8 hectáreas, de las cuales el 35,7% se encuentra sin riesgo, debido a que son predios que están sin utilización y sin habitantes, no obstante son áreas que han sido ocupadas ilegalmente con viviendas de veraneo y en la actualidad conforman el área incluida en la modificación del PRC para el uso portuario.

Figura 3 Mapa de Riesgo de Tsunami, Sector de Barrancas - Puerto



La inundación producida por el tsunami del pasado 27 de Febrero del 2010, registra niveles bajo la curva topográfica de los 10 m. en toda el área del Puerto de San Antonio, con un nivel máximo en el sector de la playa de Lollole de 6 a 7 m. sobre el nivel medio del mar. De acuerdo a esto, la zona mayormente impactada por un tsunami corresponde a la zona portuaria sur de San Antonio, alcanzando la vía férrea por una parte y el sector de protección del río y parte del área definida como zona deportiva.

El sector Lagunas de Lollole, conocido como “Ojos de Mar de Lollole”, fue el más afectado por el último tsunami. En este lugar existen dos lagunas formadas por antiguos meandros en la desembocadura del Río Maipo (Lagunas norte y sur), separadas por un camino construido en 1940. Entre estas lagunas y la playa existían dos poblaciones de aproximadamente 220 cabañas en cada sector, ubicadas a no más de 50 m de la línea de más alta marea (Brito, 2010).

El sector inundado por el tsunami se encuentra bajo el nivel del mar. De acuerdo con observaciones de los pobladores, la altura de la primera ola fue de entre 2,5 y 3 metros, la que ingresó desde el suroeste por una depresión de la barra de dunas (SERNAGEOMIN, 2010).

Observaciones posteriores indican que el agua penetró unos 500 metros hasta la Av. La Playa, destrozando totalmente la mayoría de las viviendas y arrastrándolas junto a vehículos y enceres. La ola siguió avanzando hacia el sector norte siendo detenida en parte por el camino construido por el puerto, inundando levemente el área (Brito, 2010).

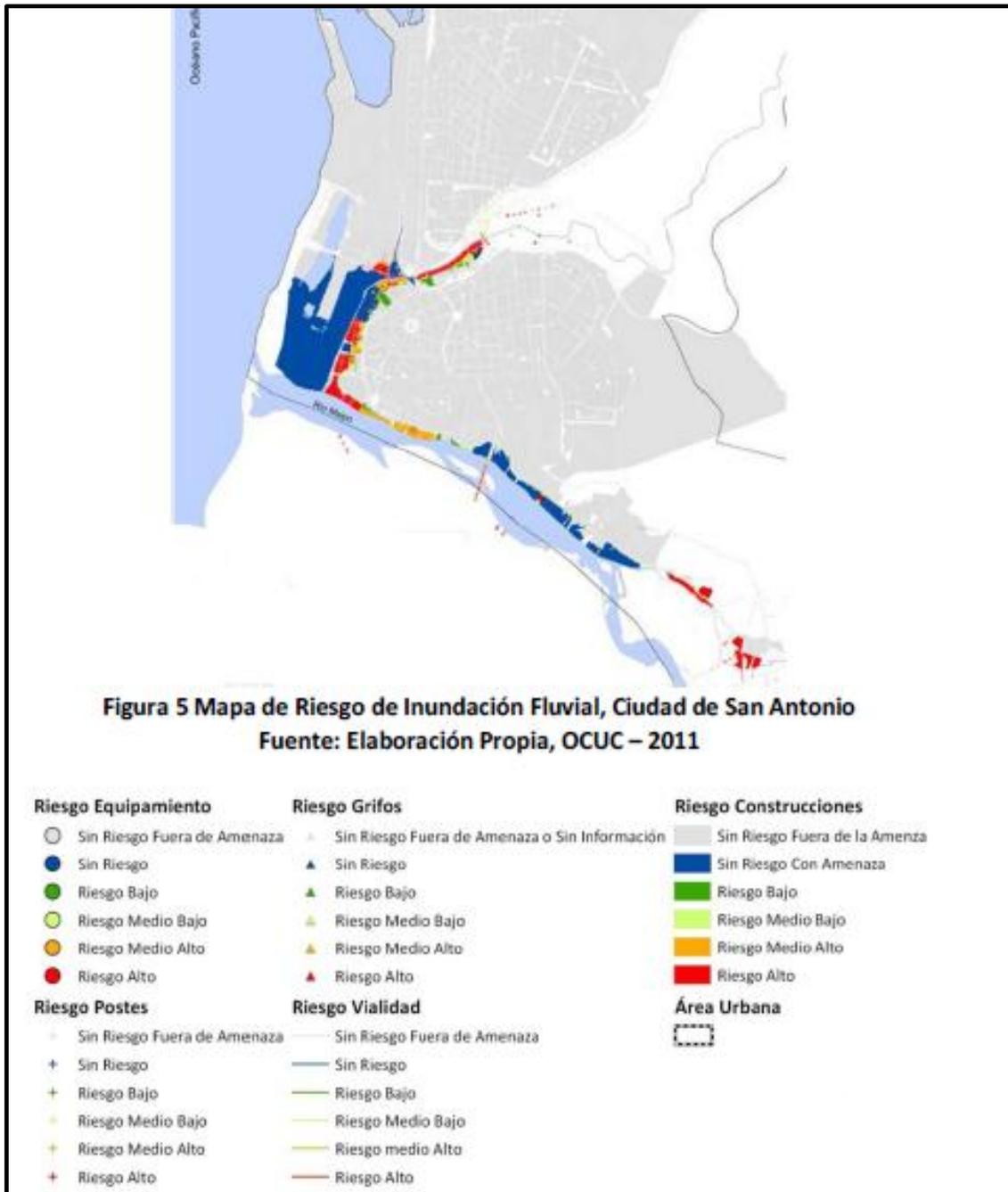
3.2. RIESGO DE INUNDACIÓN FLUVIAL

También llamadas crecidas, se refiere al proceso natural en que el agua cubre terrenos planos o depresiones antes secos, principalmente por precipitaciones intensas, desbordamiento de ríos, marejadas y/o maremotos, fusión rápida de nieve o hielo, rompimiento de diques o represas, o la conjunción de dos o más de estos fenómenos.

En el caso de inundación fluvial, al igual que en tsunami, el grado de amenaza medio (período de retorno de 25 años) se considera cercano al grado de amenaza alto (período de retorno de 10 años), de manera que el factor de amenaza medio genera niveles de riesgo similares a los de amenaza alta. Por el contrario, al grado de amenaza bajo, dado que el período de retorno es de 50 años –es decir, de baja probabilidad en relación a los grados medio y alto- no genera niveles de riesgo altos o medio altos

El riesgo de inundación fluvial se presenta principalmente en el sector de Lollole, en la ribera del río Maipo y estero El Sauce, debido a predios ubicados en la ribera oriente del estero El Sauce

Figura 4. Mapa de Riesgo de Inundación Fluvial, Comuna San Antonio



3.3. AMPLITUD SISMICA

La ocurrencia de amplitud sísmica considera en sí un evento sísmico como la amenaza misma (de magnitud capaz de inducir un nivel máximo de aceleración horizontal de roca basal igual a $0.4g$ ($g=9.81 \text{ m/s}^2$)). Por lo que la baja amenaza de amplitud sísmica, de todas maneras implica que estaría ocurriendo un sismo en esa zona, solo que sin el fenómeno de amplificación. Por esta razón, ante el grado bajo de amenaza, se asigna un factor relativamente alto en comparación a las otras amenazas, de manera que genere un valor de riesgo medio-alto para elementos de vulnerabilidad media-alta o alta. Para mantener coherencia metodológica con el análisis de riesgo según las otras amenazas, a aquellas zonas fuera de amenaza de amplitud sísmica igual se les asigna "sin riesgo".

Las áreas de riesgo de amplitud sísmica están distribuidas homogéneamente predominando el riesgo bajo, por lo que la población en riesgo alto es mínima, ya que los polígonos de este nivel de riesgo se encuentran en pequeños fragmentos y distribuidos en distintos lugares de la ciudad y no abarcan grupos concentrados de población.

En Barrancas y San Antonio se localizan predios con riesgo alto con 0,6 y 0,4 Há respectivamente principalmente porque su vulnerabilidad es alta y donde se localizan existen mayores probabilidades que la amplitud de un sismo sea mayor.

Dentro de los equipamientos con riesgo que se localizan en la ciudad, se destaca que el puerto de transporte marítimo, con un nivel de riesgo alto y puerto industrial con un nivel de riesgo medio



Figura 6. Mapa de Riesgo de Amplitud Sísmica de San Antonio.



Riesgo Equipamiento	Riesgo Grifos	Riesgo Construcciones
○ Sin Riesgo Fuera de Amenaza	▲ Sin Riesgo Fuera de Amenaza o Sin Información	■ Sin Riesgo Fuera de Amenaza
● Sin Riesgo	▲ Sin Riesgo	■ Sin Riesgo
● Riesgo Bajo	▲ Riesgo Bajo	■ Riesgo Bajo
● Riesgo Medio Bajo	▲ Riesgo Medio Bajo	■ Riesgo Medio Bajo
● Riesgo Medio Alto	▲ Riesgo Medio Alto	■ Riesgo Medio Alto
● Riesgo Alto	▲ Riesgo Alto	■ Riesgo Alto
Riesgo Postes	Riesgo Vialidad	Área Urbana
+ Sin Riesgo Fuera de Amenaza	— Sin Riesgo Fuera de Amenaza	□ Área Urbana
+ Sin Riesgo	— Sin Riesgo	
+ Riesgo Bajo	— Riesgo Bajo	
+ Riesgo Medio Bajo	— Riesgo Medio Bajo	
+ Riesgo Medio Alto	— Riesgo medio Alto	
+ Riesgo Alto	— Riesgo Alto	

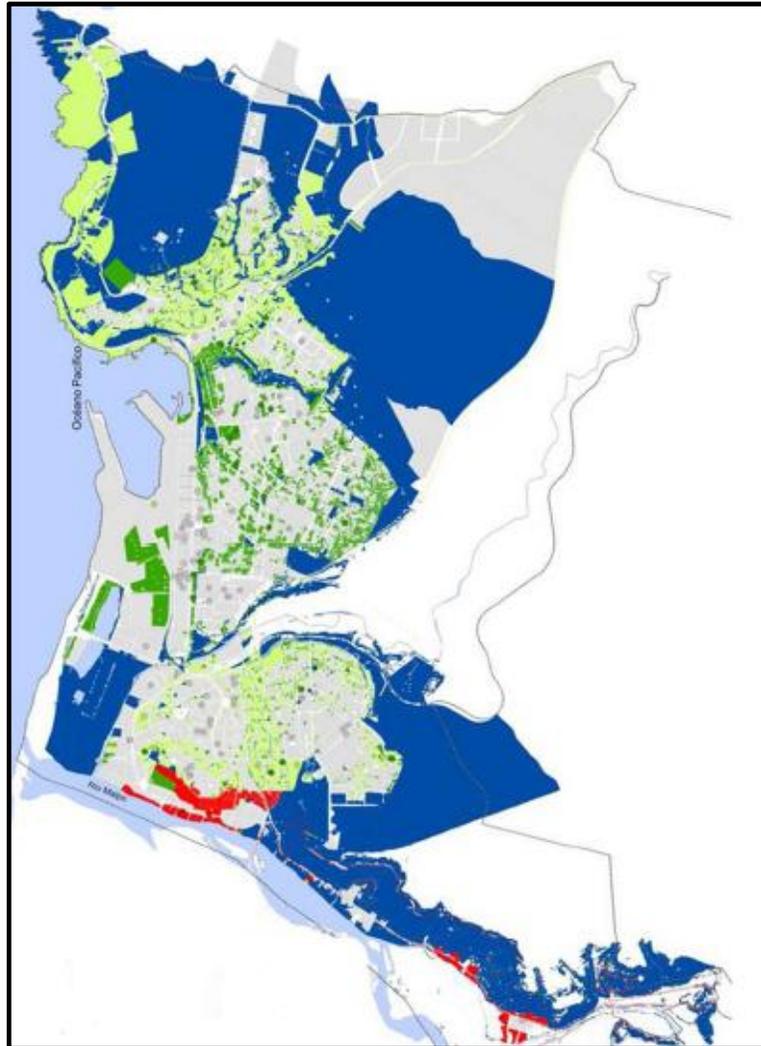
3.4. RIESGO DE REMOCION DE MASA

Dentro de los factores condicionantes se identificó el tipo de suelo en el cual se produjo el evento y sus respectivas propiedades de retención de humedad (porosidad, contenido de humedad a 15 atm, drenaje y estructura); y las características físicas del lugar, tales como pendiente, exposición y uso del suelo. El factor desencadenador precipitación, fue analizado en función de las lluvias ocurridas el día del evento y en los días previos

En el caso de remoción en masa, según la metodología utilizada en la modelación de la amenaza, se asigna “grado bajo” a zonas que presentan periodos de retorno de 50 años, es decir probabilidad de que ocurra una remoción en masa, muy baja cercana a nula, “grado medio” a zonas donde el periodo de retorno es de 20 años y “grado bajo” zonas en donde el periodo de retorno es de 10 años. A partir de lo anterior, al grado bajo de amenaza que da por resultado riesgo bajo.

En la siguiente imagen se detallan los sectores con riesgo por remoción por Masa, donde se identifica que el sector del Puerto sector sur presenta un nivel de riesgo bajo.

Figura 7. Mapa de Riesgo de Remoción de Masa



Riesgo Equipamiento	Riesgo Grifos	Riesgo construcciones
○ Sin Riesgo Fuera de Amenaza	△ Sin Riesgo Fuera de Amenaza o Sin Información	□ Sin Riesgo Fuera de Amenaza
● Sin Riesgo	▲ Sin Riesgo	■ Sin Riesgo Con Amenaza
● Riesgo Bajo	▲ Riesgo Bajo	■ Riesgo Bajo
● Riesgo Medio Bajo	▲ Riesgo Medio Bajo	■ Riesgo Medio Bajo
● Riesgo Medio Alto	▲ Riesgo Medio Alto	■ Riesgo Medio Alto
● Riesgo Alto	▲ Riesgo Alto	■ Riesgo Alto
Riesgo Postes	Riesgo Vialidad	Área Urbana
+ Sin Riesgo Fuera de Amenaza	— Sin Riesgo Fuera de Amenaza o Sin Información	□ Área Urbana
+ Sin Riesgo	— Sin Riesgo	
+ Riesgo Bajo	— Riesgo Bajo	
+ Riesgo Medio Bajo	— Riesgo Medio Bajo	
+ Riesgo Medio Alto	— Riesgo medio Alto	
+ Riesgo Alto	— Riesgo Alto	

4. EVALUACION DE RIESGOS

Los riesgos, sean naturales o antrópicos, pueden definirse como la probabilidad que ocurra un daño de una cuantía dada ante una situación adversa en una determinada zona para cualquier actividad humana establecida, provocado por algún fenómeno natural o humano.

De acuerdo a la información proporcionada por el reciente estudio de Riesgo de la Comuna de San Antonio realizado por la Facultad de Arquitectura, diseño y estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile, es posible establecer una escala de probabilidad de ocurrencia de eventos que generen riesgo a las áreas incluidas en la modificación del PRC de San Antonio. El método para la identificación de riesgos sobre la probabilidad de ocurrencia, se ha clasificado alto, medio, bajo o nulo (no existe riesgo).

IDENTIFICACION DE RIESGO	DESCRIPCION	EVALUACIÓN
TSUNAMI	El fenómeno que llamamos "tsunami" es una serie de ondas oceánicas extremadamente largas generadas por perturbaciones asociadas principalmente con sismos que ocurren bajo o cerca del piso oceánico, en aguas someras.	Zona Norte Bajo
		Zona Sur Alto
INUNDACION FLUVIAL	Las inundaciones son fenómenos naturales que pueden ocurrir a Intervalos irregulares en cualquier quebrada, ríos y/o esteros cuando es excedida la capacidad de la misma generando desbordamiento hacia el entorno.	Zona Norte Nulo
		Zona Sur Medio Alto
AMPLITUD SISMICA	La amplitud sísmica consistente en la propagación de perturbaciones temporales un área determinada que generan pequeños movimientos en un medio. El riesgo de amplitud sísmica depende fuertemente de la cantidad y tipo de asentamientos humanos del lugar.	Zona Norte Medio Bajo
		Zona Sur Medio Bajo
REMOCION DE MASA	Se refiere a los fenómenos de separación en masa de suelo o roca como deslizamiento, reptación, flujos de material, caídas y volcamiento de material, dado por precipitación	Zona Norte Medio Bajo
		Zona Sur Bajo



5. JUSTIFICACION DE EVALUACION DE RIEGOS

IDENTIFICACION DE RIESGO	JUSTIFICACION
TSUNAMI	<u>ZONA NORTE:</u> Esta zona está conformada por acantilados y zonas rocosas, con una altura de más 2 mts sobre el nivel de mar, las que permiten minimizar el riesgo por tsunami. Se identifica un nivel de riesgo medio bajo únicamente en el sector donde se encuentra ubicada actualmente la Concesión del Panul, con 4.7 Ha de probabilidad de ser afectadas.
	<u>ZONA SUR:</u> Este sector se localiza prácticamente a nivel del mar, por lo cual y considerando los estudios y modelaciones, supera la altura de los terrenos que la conforman, se clasifica por este fenómenos con riesgo alto.
INUNDACION FLUVIAL	<u>ZONA NORTE:</u> no se presenta causas colindantes que generen un eventual riesgo de inundación.
	<u>ZONA SUR:</u> Es una zona ubicada al lado de un rio y un estero, lo cual la probabilidad de ocurrencia de este riesgo es medio- alto, para la zona actualmente identificada como ZE4.
AMPLITUD SISMICA	Las condiciones sísmicas del territorio Chileno en general, se evalúa esta condicionante como medio bajo para los dos sectores que se quieren modificar en el Plan regulador Comunal de San Antonio, dado que presentan una distribución e suelo homogéneo, no obstante los nuevos proyectos a implementarse en estas zonas deberán considerar todas normas antisísmicas definidas según tipo de suelo y tipo de construcción.
REMOCION DE MASA	<u>ZONA NORTE:</u> según los antecedentes se han registrado deslizamientos históricos en el límite del sector de la empresa El Panul, se identifica un punto potencial de remoción en masa, en la Av. Núñez de Fonseca se registran derrumbes en la ladera del cerro Centinela, a la altura de Vopak y el sector frente al faro, sin embargo no toda la zona se ve afectada por este factor de riesgo, por esta razón evalúa como nivel medio bajo.
	<u>ZONA SUR:</u> No se registran según los antecedentes evaluados, eventos asociados con este riesgo en el sector sur portuario, dada las condiciones morfológicas del terreno.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la revisión de antecedentes, se identificaron y evaluaron los niveles de riesgo más predominantes para las áreas que se quieren modificar en el PRC y se pudo concluir lo siguiente:

- Dentro de los riesgos evaluados, se destaca el riesgo por Tsumani, donde el área sur del borde costero, manifiesta un nivel de riesgo alto, destacándose el área de las Lagunas donde la altura de la ola supero el nivel de cota de estas en el pasado evento del 27 de febrero del 2010, por lo cual resulta particularmente importante evitar la instalación de viviendas en el sector y generar condiciones para la instalación de infraestructura portuaria, la que por sí sola genera mitigación ante eventos de esta naturaleza.
- De acuerdo a lo anterior, los riesgos existentes en la zona sur portuaria por eventos como tsunami e inundaciones, se ha planteado adoptar medidas respecto al uso de barreras vegetales sobre el límite de la Zona Portuaria y el entorno de esta actividad, teniendo en cuenta que esta zona se caracteriza por planicies costeras que ante tales eventos imposibilitan una evacuación rápida, se busca con estas medidas reforzar el borde costero sur con planes de evacuación donde esta barrera disminuya la velocidad de oleaje y el arrastre de infraestructuras, para mitigar de esta forma los posibles daños por estos eventos naturales.
- Según el estudio de Riesgo de la Comuna de San Antonio, en el cual se basa el presente informe, el riesgo por amplitud sísmica para los sectores Norte y Sur es medio baja, dada la homogeneidad de sus terrenos, lo cual permite realizar en ellos la implementación de nuevos proyectos en infraestructura, pero descartando en los dos sectores el asentamiento urbano.
- El riesgo de remoción de masa para el sector norte fue nulo, mientras que en el sector sur aunque en un nivel de riesgo medio bajo, se identifico que en la laguna de LLolleo existe la amenaza de este posible evento, por tanto la generación de un nuevo proyecto portuario donde la laguna será trasladada a otro sector elimina la probabilidad de remoción de masa en este sector, y por otro lado disminuye la baja probabilidad que hay de amplitud sísmica, puesto que nuevos proyectos generarían un terreno completamente nivelado en este sector.
- El sector norte no presenta restricciones desde el punto de vistas de los riesgos para el desarrollo de actividades de equipamiento, turístico o de similares características.