



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DEL INTERIOR
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO REGIONAL Y ADMINISTRATIVO



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ESTUDIOS URBANOS
INSTITUTO DE ESTUDIOS URBANOS Y TERRITORIALES &
OBSERVATORIO DE CIUDADES UC

ESTUDIO DE RIESGO DE SISMOS Y MAREMOTO PARA COMUNAS COSTERAS DE LAS REGIONES DE O'HIGGINS Y DEL MAULE

Dossier síntesis localidad de Pichilemu Comuna de Pichilemu, VI región

CONTENIDOS

- 1 INTRODUCCIÓN**

- 2 SÍNTESIS DE DIAGNÓSTICO**
 - 2.1 ASPECTOS GENERALES**
 - 2.2 OBSERVACIONES POST 27F**

- 3 SÍNTESIS DE AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS**
 - 3.1 AMENAZAS**
 - 3.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD**
 - 3.3 ANÁLISIS DE RIESGO**

- 4 RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS**
 - 4.1 OBRAS DE MITIGACIÓN**
 - 4.2 RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS RESPECTO A INUNDACIÓN FLUVIAL**
 - 4.3 RECOMENDACIONES RESPECTO A PLAN DE EVACUACIÓN ANTE TSUNAMI.**
 - 4.4 LOCALIZACIÓN DE EQUIPAMIENTO CRÍTICO E INFRAESTRUCTURA BÁSICA.**

- 5 PLANOS Y TABLAS**

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento consiste en una síntesis de: memoria, mapas de amenaza, mapas de vulnerabilidad, mapas de riesgo y recomendaciones específicas para la localidad de Pichilemu, desarrollados en el *Estudio de riesgo de sismos y maremoto para comunas costeras de las regiones de O'Higgins y del Maule*, y forma parte del *Informe final de síntesis y recomendaciones* de dicho estudio. El documento se estructura en dos partes: en una primera parte se desarrollan todas las memorias explicativas, y en una segunda parte al final del documento, se despliegan todos los mapas y tablas que acompañan dichas memorias.

En los capítulos generales del *Informe final de síntesis y recomendaciones*, se encuentran las explicaciones metodológicas de los planos contenidos en el presente documento, y las recomendaciones generales que complementan las recomendaciones específicas desarrolladas a continuación.

2 SÍNTESIS DE DIAGNÓSTICO

2.1 ASPECTOS GENERALES

Según censo 2002, la población de la localidad es de 9.027 habitantes. Con respecto al número total de viviendas, estas ascienden a 2.452.

La actividad económica de esta localidad se orienta al sector servicios y al turismo, impulsado principalmente por el reconocimiento mundial de sus playas para la práctica de surf. Cuenta con 2 bancos, 2 bombas de bencina, 3 supermercados y además posee 1

En relación a los equipamientos, esta localidad posee 13 establecimientos educacionales, un hospital, un centro para niños con discapacidad, 4 iglesias, un gimnasio y un estadio municipal. Con respecto a las instituciones, existe una comisaría, una compañía

Con respecto a la conectividad, esta localidad presenta una buena conectividad con los poblados costeros hacia el sur, y una débil conectividad hacia los poblados costeros del norte (sólo resulta posible por el interior de la región). Cuenta con terminal de buses privado y aeródromo.

2.2 OBSERVACIONES POST 27F

La caleta de pescadores, algunas cabañas de veraneo en el borde costero y ciertos restaurantes fueron destruidos por el tsunami. A su vez, un supermercado se encuentra no operativo por causa del terremoto. La Capitanía de Puerto, junto con un establecimiento educacional fueron afectados por el tsunami. Cabe destacar que el Centro para niños con discapacidad fue trasladado momentáneamente a una zona de bajo riesgo, para facilitar la evacuación de los niños en caso de emergencia.

La ruta 90, acceso norte a Pichilemu, tuvo agrietamientos de pavimento y desniveles menores.

3 SÍNTESIS DE AMENAZAS, VULNERABILIDAD Y RIESGOS

3.1 AMENAZAS

TSUNAMI

La modelación de la localidad de Pichilemu muestra que en un peor escenario un tsunami abarcaría una importante zona de la costa de la ciudad, abarcando edificaciones. La altura de ola que predominaría en dicho escenario dentro de la localidad es la que se encuentra entre 2 - 7 metros. (Plano de modelación al final del documento).

INUNDACIÓN FLUVIAL

La modelación de la Localidad de Pichilemu muestra que el periodo de retorno de 5 años abarca sobre 2.500 metros de distancia, no se aprecia efectos sobre edificaciones. (Plano de modelación al final del documento).

REMOCIÓN EN MASA POR SISMO

Localidad con nivel de amenaza variable. Amenaza de nivel bajo en zonas sur, centro-poniente, norte y nor-poniente. Amenaza de nivel medio en el resto de la localidad. (Plano de modelación al final del documento).

REMOCIÓN EN MASA PLUVIAL

La localidad presenta un aumento de la amenaza desde la costa norponiente llegando a un nivel alto en la zona suroriental media. (Plano de modelación al final del documento).

LICUEFACCIÓN

Nivel de amenaza bajo

AMPLITUD SÍSMICA

Nivel general de amenaza bajo en bloque nor-orientado y medio en zona centro-sur. (Plano de modelación al final del documento).

3.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El análisis de vulnerabilidad incorporó vulnerabilidad ante tsunamis (cuando corresponde) y vulnerabilidad ante remoción en masa. A continuación se presenta una síntesis del análisis de vulnerabilidad ante ambas amenazas. Los planos se encuentran al final del documento.

POBLACIÓN

Según una estimación de población máxima, la localidad de Pichilemu presenta un total de población estimada de 20.740 habitantes. Las mayores concentraciones de población se encuentran en los sectores: PIC_21, PIC_20, PIC_11 y PIC_22 con 4.122, 3.348, 2.8

VIVIENDA

Las construcciones de la ciudad de Pichilemu presentan en su gran mayoría un grado de vulnerabilidad de tsunami medio-alto. Se observan algunas construcciones en los sectores PIC_38, PIC_39, PIC_25, PIC_21, PIC_26, PIC_07, PIC_11, PIC_08 y PIC_42 con un grado de vulnerabilidad alto. Respecto a vulnerabilidad de remoción en masa, las construcciones muestran un grado de vulnerabilidad alto.

EQUIPAMIENTO CRÍTICO

En base a las modelaciones realizadas, esta localidad cuenta con 10 establecimientos educacionales, de los cuales 5 de ellos presentan una vulnerabilidad de tsunami medio-alto, 2 alto y 3 medio. Respecto a vulnerabilidad de remoción en masa, todos los establecimientos de educación muestran vulnerabilidad alta. El establecimiento de salud (hospital) presenta vulnerabilidad de tsunami y remoción en masa alta. Bomberos, Capitanía de puerto, Centro de

personal de la armada, Carabineros y Municipalidad presentan una vulnerabilidad de tsunami medio, alto, medio, medio-alto y medio alto respectivamente. Para el caso de la vulnerabilidad de remoción en masa los mismos equipamientos nombrados anteriormente, presentan la siguiente vulnerabilidad: medio-alto, alto y medio-alto para las tres ultimas respectivamente.

EQUIPAMIENTO DE CARÁCTER ECONÓMICO

En base a las modelaciones realizadas, esta localidad cuenta con 3 supermercados, 2 bancos, 2 bombas de bencina, un aeródromo, un terminal de buses y la caleta de pescadores, los cuales presentan las siguientes vulnerabilidades de tsunami y remoción en masa: vulnerabilidad de tsunami media, media, media, alta, media-alta y media alta respectivamente; vulnerabilidad de remoción en masa los 1 banco, los supermercados, las bombas de bencina y la caleta presentan una vulnerabilidad media-alta, un banco, el aeródromo y terminal de buses presentan una vulnerabilidad alta.

OTROS EQUIPAMIENTOS

Los 10 equipamientos dentro de este ítem y presentes en la ciudad de Pichiulemu presentan una vulnerabilidad de tsunami que están entre medio y medio-alto. Con respecto a la vulnerabilidad de remoción en masa, tres equipamientos presentan vulnerabilidad media-alta y cuatro equipamientos, vulnerabilidad alta.

INFRAESTRUCTURA

La vialidad estructurante en los sectores más centrales de la localidad se presenta con una vulnerabilidad alta. Los tres puentes presentan una alta vulnerabilidad. La restante infraestructura esta categorizada con vulnerabilidad media. (antenas de telecomunicación, sanitaria, subestación eléctrica, postes eléctricos)

3.3 ANÁLISIS DE RIESGO

Se desarrollaron planos de riesgo para las diferentes amenazas que se presentan en la localidad. Los planos de riesgo correspondientes, se encuentran al final del documento.

La población en riesgo de tsunami alcanza a 4028 habitantes. Las construcciones que mas se destacan por el riesgo que presentan son las que se localizan cerca al lago Petrel y laguna Bergel con riesgo alto y medio-alto. Pero se puede observar una distribución de viviendas con distinto grado de riesgo por el borde costero de la localidad. El internado Liceo C-25 presenta un riesgo de tsunami alto al igual que la antena de radio. La caleta presenta un riesgo de tsunami alto. La vialidad presenta principalmente un riesgo alto, al igual que el puente 1, los postes de electricidad muestran riesgo medio y bajo. Con respecto al riesgo de inundación el puente 1 presenta alto riesgo y el 2 medio-alto y la planta de tratamiento de agua bajo. El riesgo remoción en masa presenta 20732 habitantes en riesgo, dentro de las construcciones predomina el riesgo bajo, en la infraestructura se observan elementos con riesgo alto, medio-alto y medio. Los postes eléctricos predomina el riesgo de remoción en masa bajo al igual que en los equipamientos, sólo 2 presentan riesgo medio; el puente 1 tiene riesgo alto y el puente 2 riesgo medio-alto, la planta de tratamiento de aguas presenta un riesgo por remoción en masa bajo. Con respecto al riesgo de

amplitud sísmica la población en riesgo es de 2180 habitantes, los cuales se distribuyen principalmente en la zonas altas de la ciudad. Las Construcciones presentan un riesgo medio principalmente, el puente 1 un riesgo medio-alto y el 2 un riesgo medio. La planta elevadora de agua presenta un riesgo medio-alto al igual que la subestación eléctrica, la planta de tratamiento y dos colegios.

4 RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS

4.1 OBRAS DE MITIGACIÓN

En Pichilemu se proponen obras de mitigación en relación a la amenaza de tsunami especialmente en aquellos sectores donde las modelaciones muestran áreas bajo mayor riesgo. Frente al sector de la playa las dunas existentes colaboraron a disminuir los daños por lo que se propone consolidar este sistema tanto en este sector como en otros lugares con presencia de dunas especialmente hacia la costa sur de la localidad. Complementariamente se considera consolidar la costanera con muros de contención en los tramos existentes y completarla en los puntos donde esta se encuentra incompleta. Se propone trabajar esta costanera de forma complementaria con hileras o bien áreas de parques de mitigación que sirvan como lugares de deporte y recreación. Esto especialmente en el sector de la desembocadura que se encuentra tanto bajo amenaza de tsunami como inundación fluvial. Paralelamente se propone trabajar las riberas del estero contra la erosión con medidas de bio-ingeniería y enrocados, poniendo especial atención en el sector del puente en el acceso norte de la localidad. Para el manejo de las crecidas se propone trabajar conjuntamente a los parques costeros urbanos sectores de inundación controlada y estructuras de sedimentación.

4.2 RECOMENDACIONES RESPECTO A INUNDACIÓN FLUVIAL

La modelación hidráulica arroja como resultado la amenaza de inundación de la salida noreste de la ciudad de Pichilemu, demarcado en el área celeste de la Imagen "Recomendaciones respecto a Inundación fluvial" al final de documento. Se debe evaluar el estado de las fundaciones del puente por amenaza de socavación, para ver si se requiere un estudio de detalle. La modelación hidráulica indica que el camino también puede verse afectado por inundaciones con periodos de retorno de 5 y más años con situaciones de condiciones de nivel de marea adversas. Se recomienda realizar una inspección y evaluación de esta vía para determinar su estado actual y la capacidad de resistir crecidas. Además, es recomendable evaluar la estabilidad del borde de la laguna próxima a la ciudad por posibilidades de erosión. Esta erosión no parece inminente debido a las bajas velocidades del flujo en la zona.

4.3 RECOMENDACIONES RESPECTO A PLAN DE EVACUACIÓN ANTE TSUNAMI.

En la localidad se presentan dos situaciones. Por un lado, en el sector norte se deberán localizar zonas seguras dentro del área consolidada, integrándolas a otros programas. Se deben priorizar las vías jerárquicas para la evacuación, con énfasis en la señalética dada la complejidad de la trama y

la cantidad de calles. Se debiera evaluar la posibilidad de cerrar al acceso vehicular o prohibir el estacionamiento de autos en las vías de evacuación principales en períodos de alta concurrencia de población flotante. Por otro lado, en el sector sur y en Punta de Lobos, donde el desarrollo urbano es mucho menor, se deberán localizar zonas seguras hacia los sectores altos. Es importante localizar señalética en los sectores de playa. (Ver plano de Propuesta de Plan de Evacuación al final del documento)

4.4 LOCALIZACIÓN DE EQUIPAMIENTO CRÍTICO E INFRAESTRUCTURA BÁSICA.

EQUIPAMIENTO CRÍTICO

Si bien Pichilemu cuenta con una gran cantidad de equipamientos críticos, dentro de los cuales están una compañía de bomberos, una comisaría, un hospital y 14 establecimientos educacionales, sólo un equipamiento educacional, el Internado Liceo C-25, se encuentra en la zona “7 y más” del peligro de tsunami. Además, dicho establecimiento se vio afectado por el tsunami del 27 de febrero, por lo que se recomienda implementar el internado en otra edificación que esté localizada en una zona segura de Pichilemu, y reconvertir el uso de esta construcción en un uso no crítico.

Con respecto al peligro de inundación fluvial y licuefacción, los 17 equipamientos críticos se emplazan fuera del área de amenaza.

En relación al peligro de remoción en masa, 2 equipamientos se localizan en una zona de grado “medio” (el Colegio Divino Maestro y la Escuela Pueblo de Viudas), y los 15 restantes, en zonas de grado “bajo”.

Esta localidad cuenta además con un equipamiento de alta congregación, el estadio Municipal, el que se encuentra fuera de la zona de peligro de tsunami, inundación fluvial y licuefacción, y en un sector de grado “bajo” de remoción en masa. (Tabla 1, cuando corresponde)

INFRAESTRUCTURA BÁSICA

Pichilemu cuenta con una gran cantidad de infraestructura de diversos tipos. Posee 2 antenas de celular, 2 de radio, y una antena repartidora. Sólo una antena de radio se emplaza en un sector con alto peligro de tsunami, por lo que se recomienda relocalizar esta infraestructura en una zona segura de la ciudad.

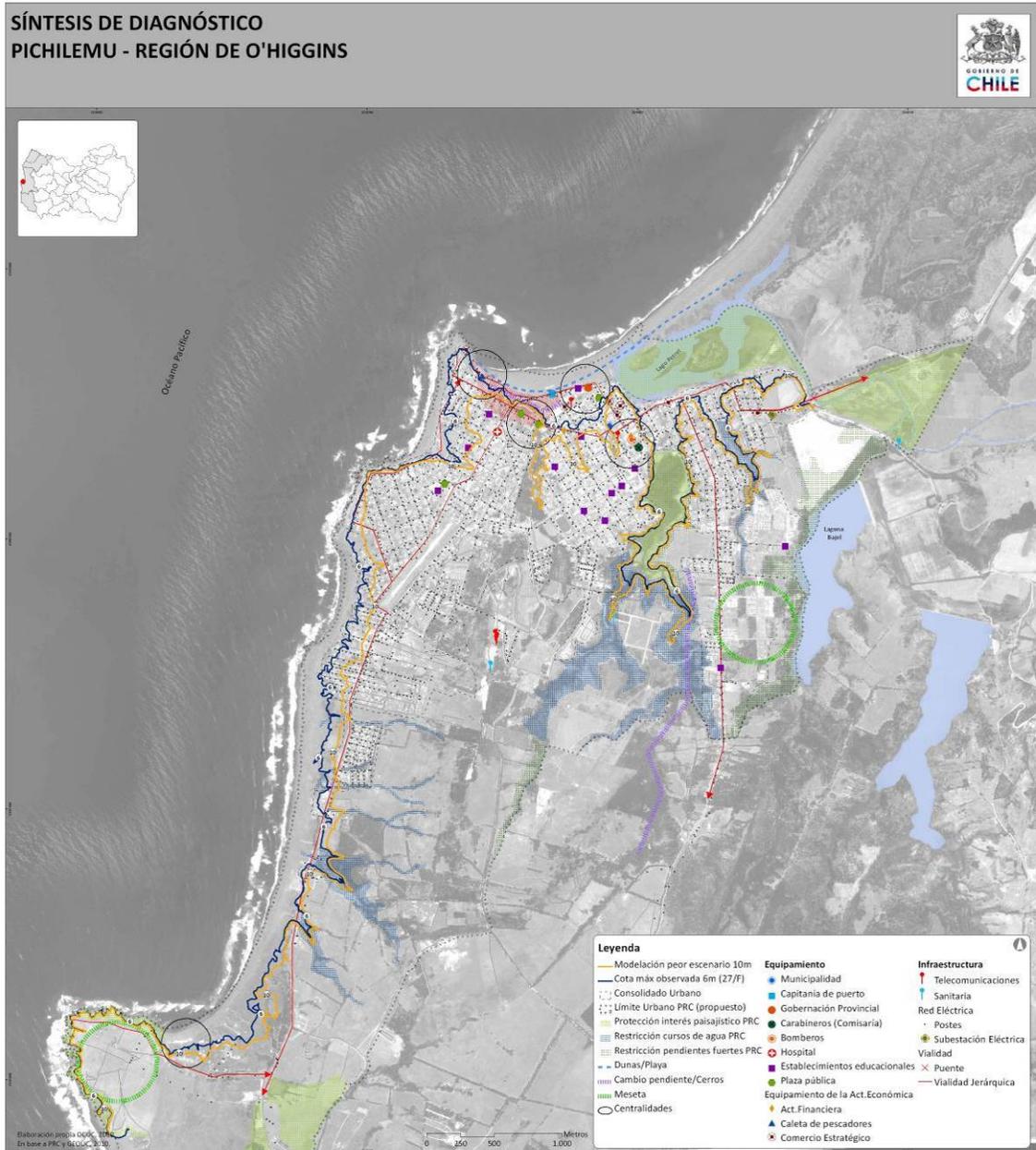
Además, Pichilemu posee dos plantas de tratamiento de agua y una planta elevadora, estando las tres localizadas fuera de las zonas de alto peligro de las cuatro amenazas analizadas.

Con respecto a la red eléctrica, esta localidad cuenta con una subestación eléctrica, la cual, al igual que la infraestructura sanitaria, se encuentra fuera de las zonas de alto peligro. Además, Pichilemu posee más de 2.000 postes, de los cuales sólo el 5% se localizan en zonas con alto peligro de tsunami.

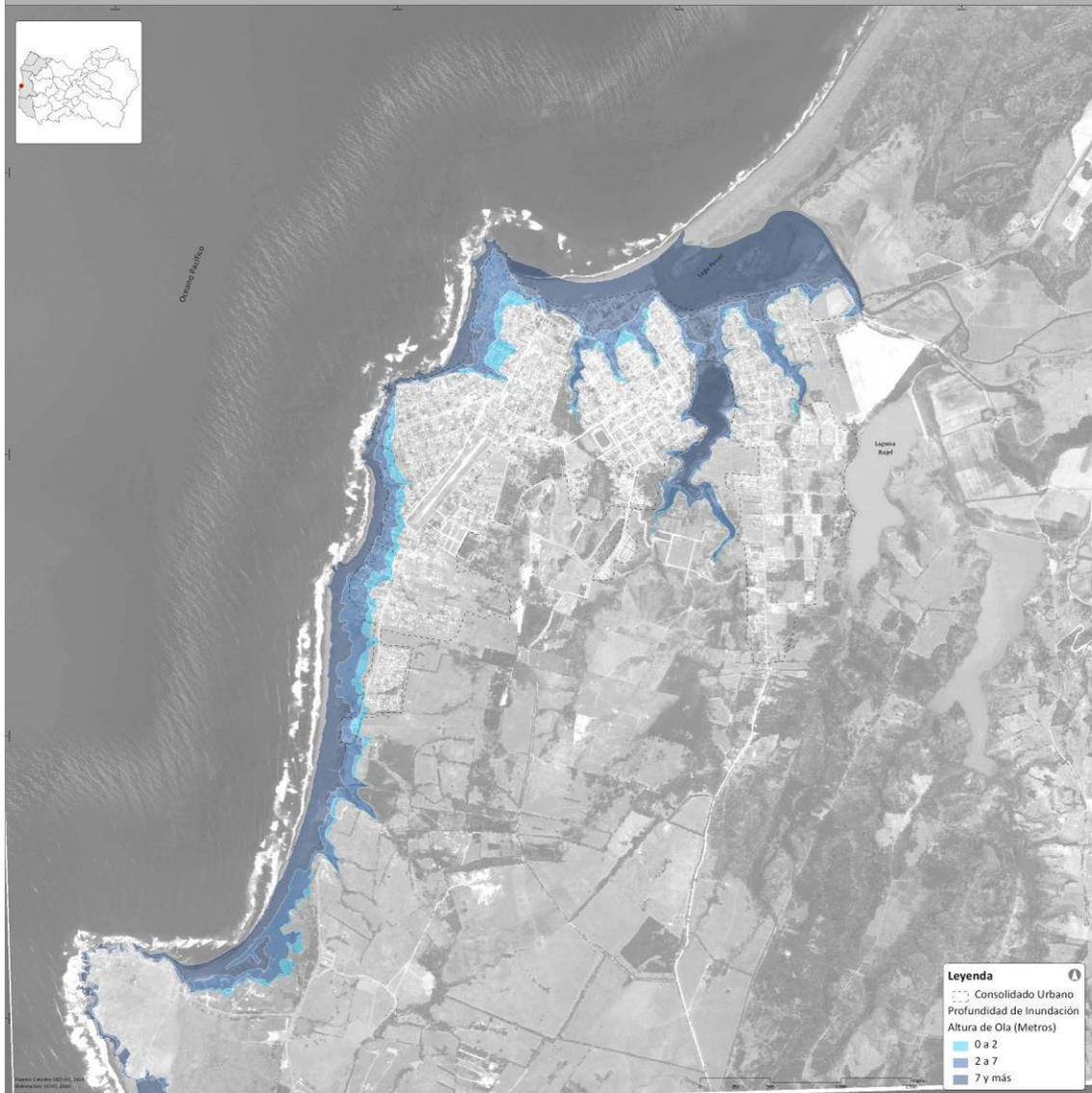
Por último, en Pichilemu existen 3 puentes, de los cuales uno está emplazado en un sector de alto peligro de tsunami e inundación fluvial, mientras que otro sólo se ve expuesto a alto peligro de inundación fluvial. Considerando la dificultad de relocalizar ambos puentes, se recomienda

reforzarlos estructuralmente, para impedir que se vean afectados ante un tsunami o una inundación fluvial. (Tabla 2, cuando corresponde)

5 PLANOS Y TABLAS



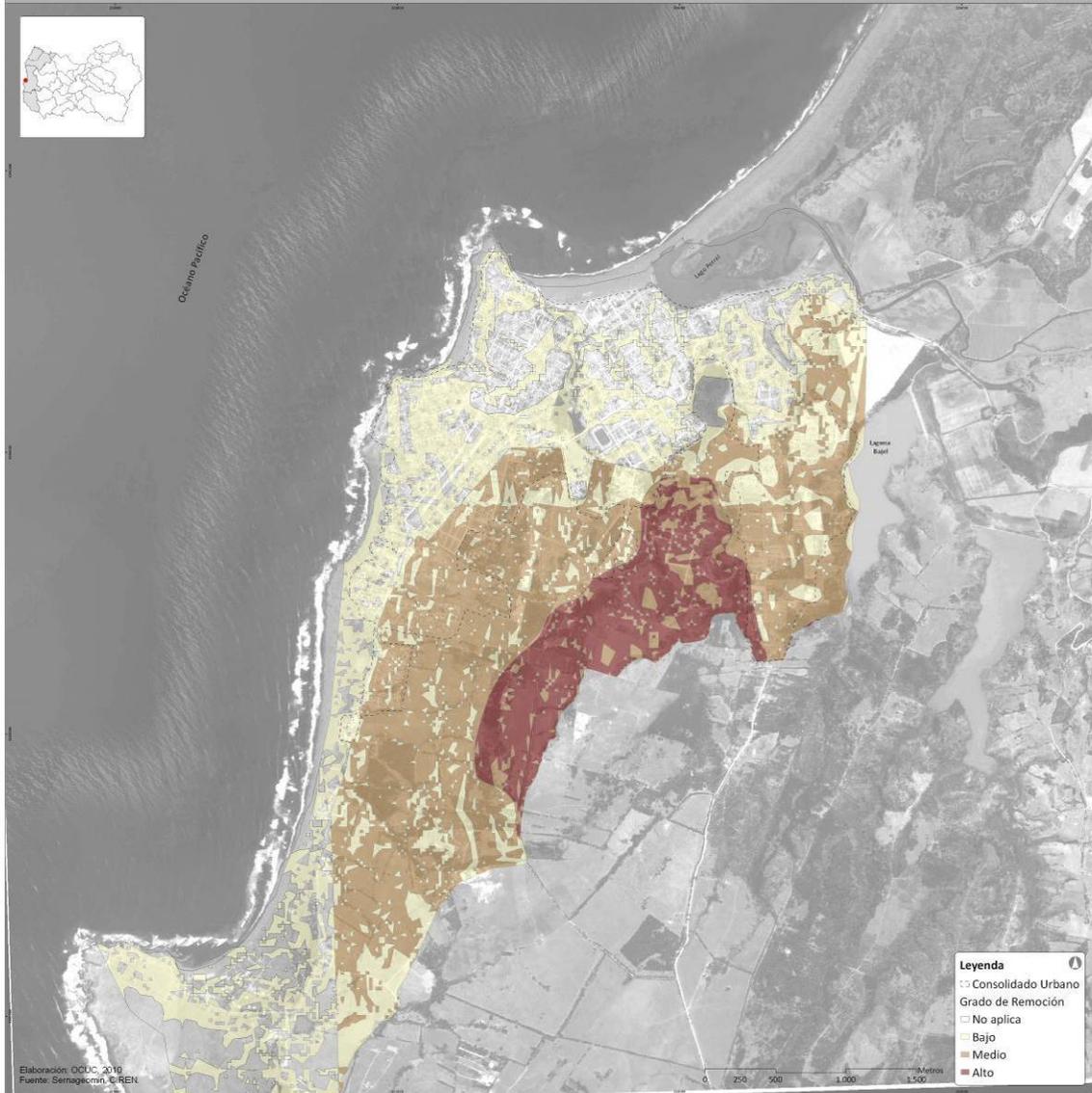
MODELACIÓN DE TSUNAMI - PROFUNDIDAD DE INUNDACIÓN PICHILEMU - REGIÓN DE O'HIGGINS

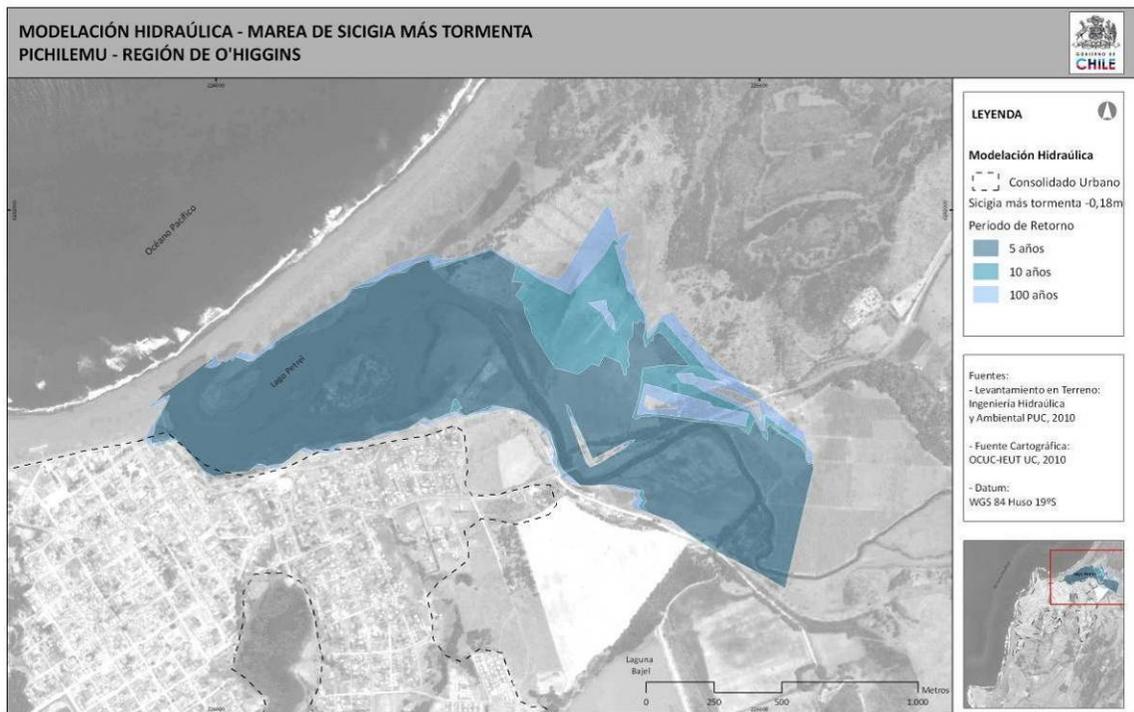
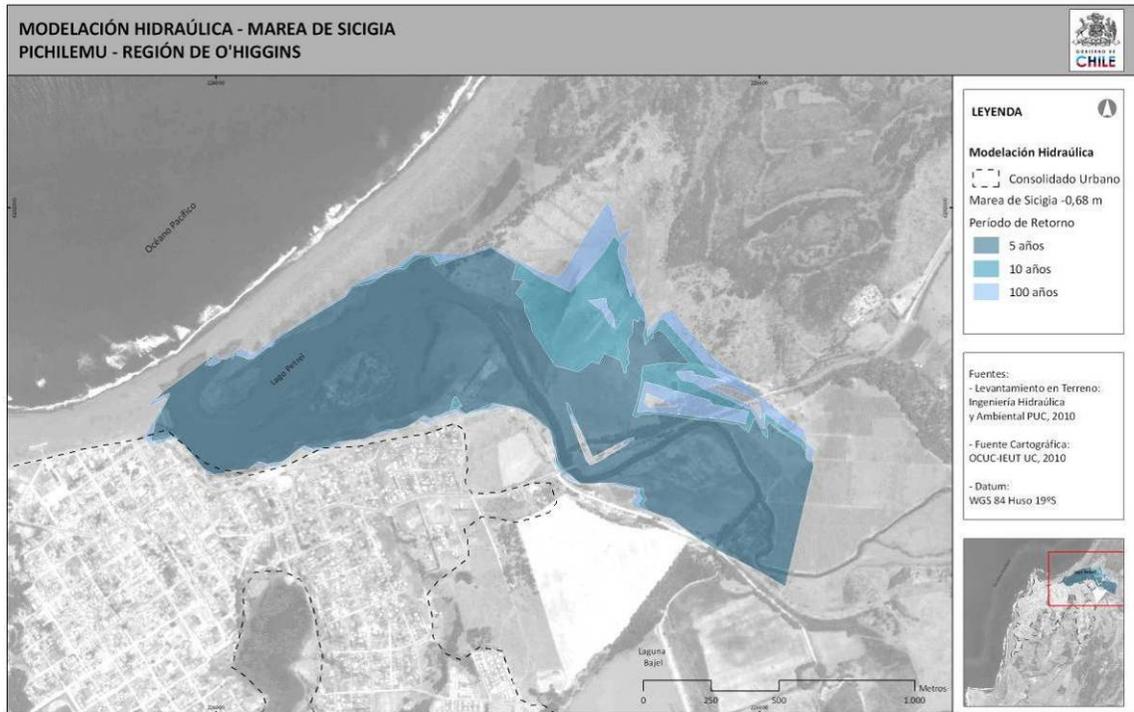


REMOCIÓN EN MASA PICHILEMU - REGIÓN DE O'HIGGINS

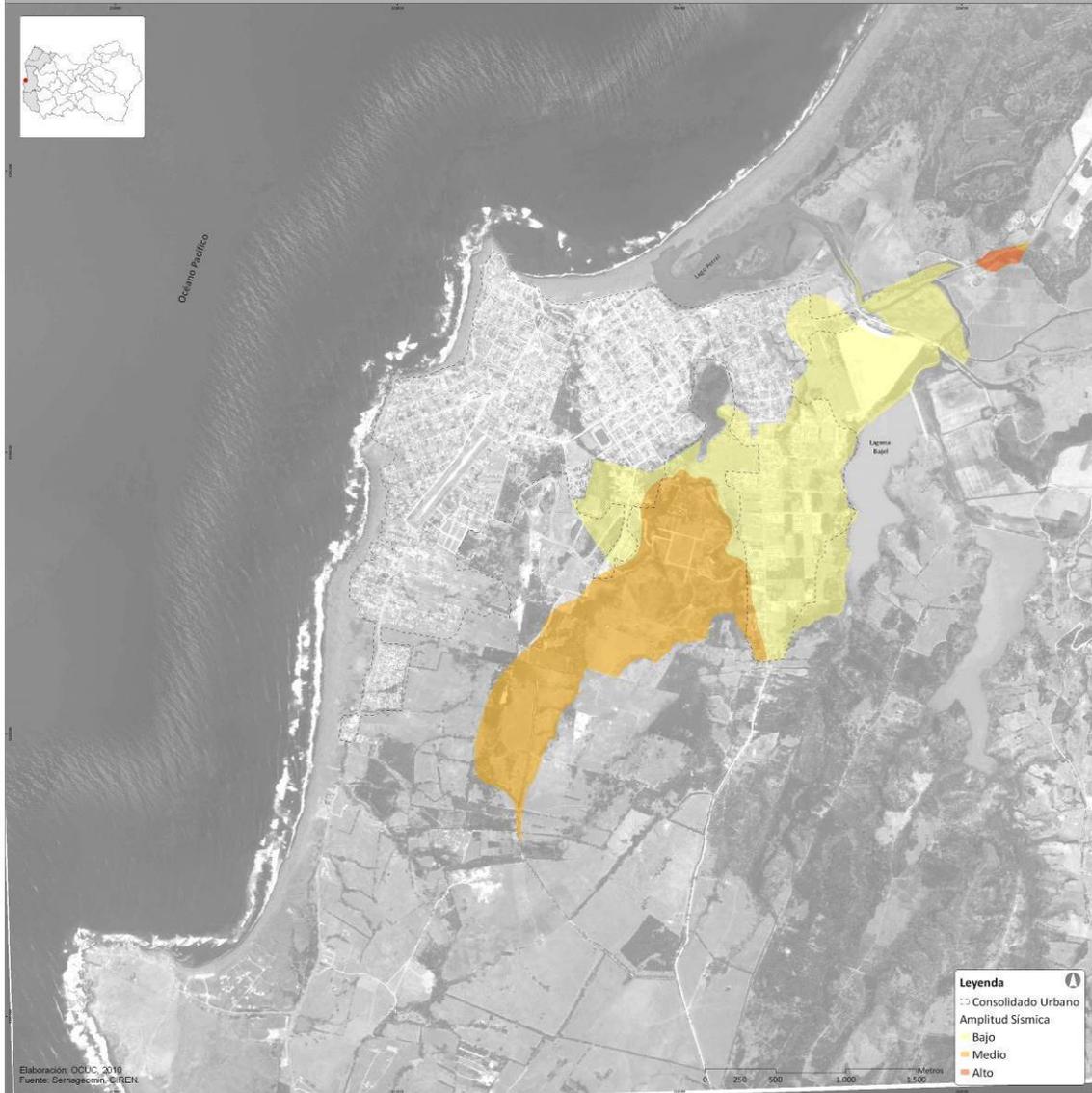


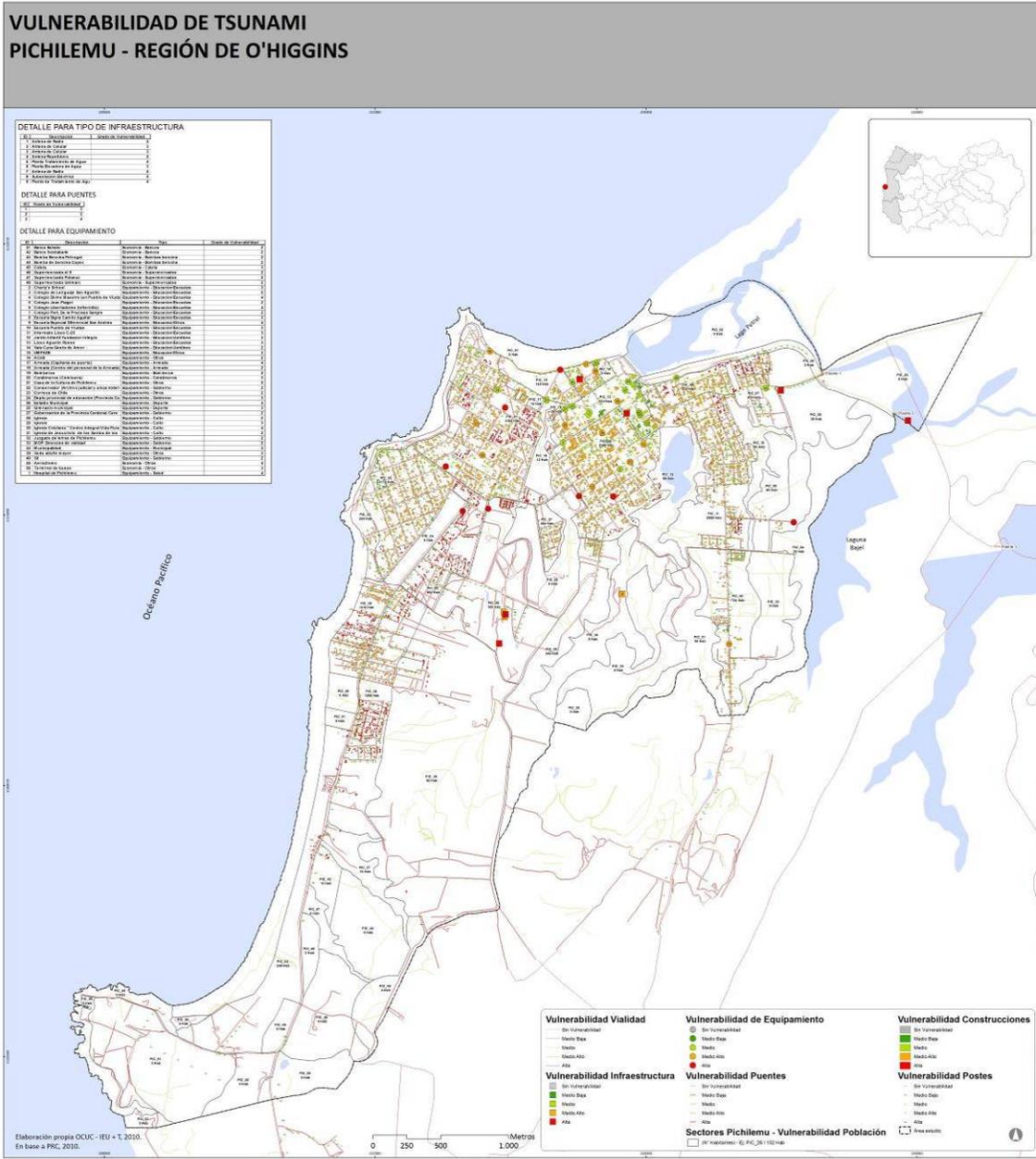
REMOCIÓN EN MASA POR LLUVIA PICHILEMU - REGIÓN DE O'HIGGINS

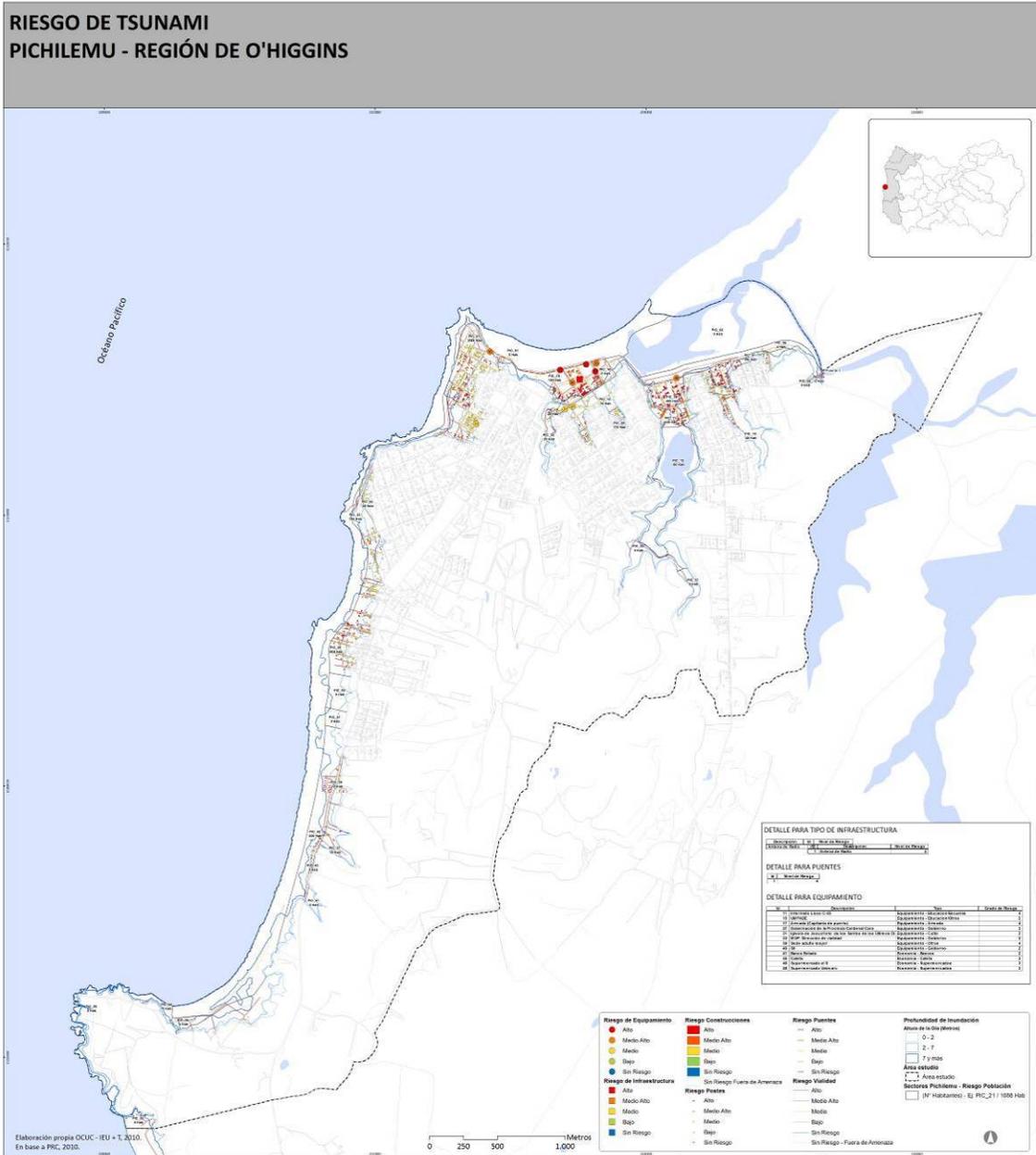


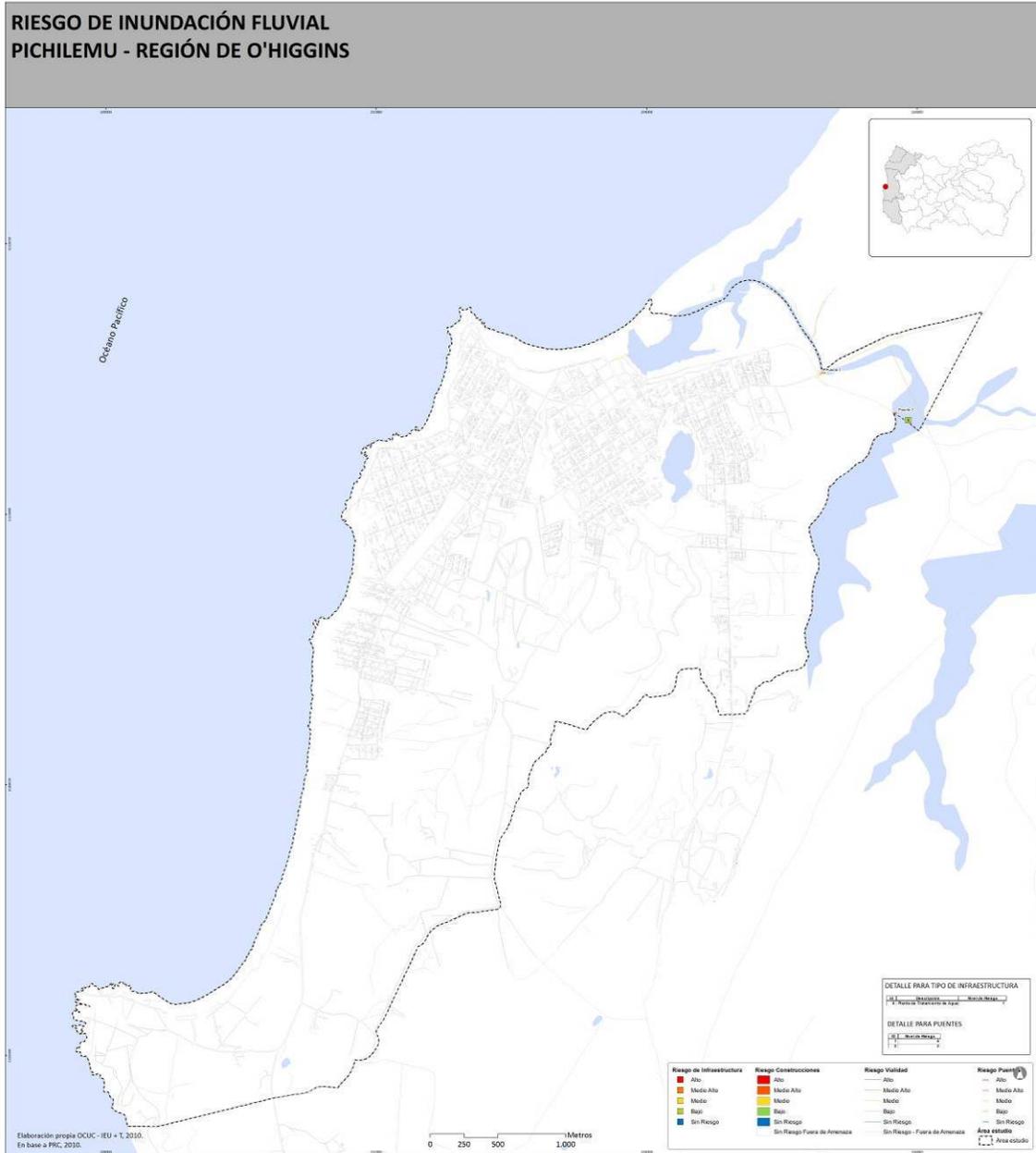


AMPLITUD SÍSMICA PICHILEMU - REGIÓN DE O'HIGGINS

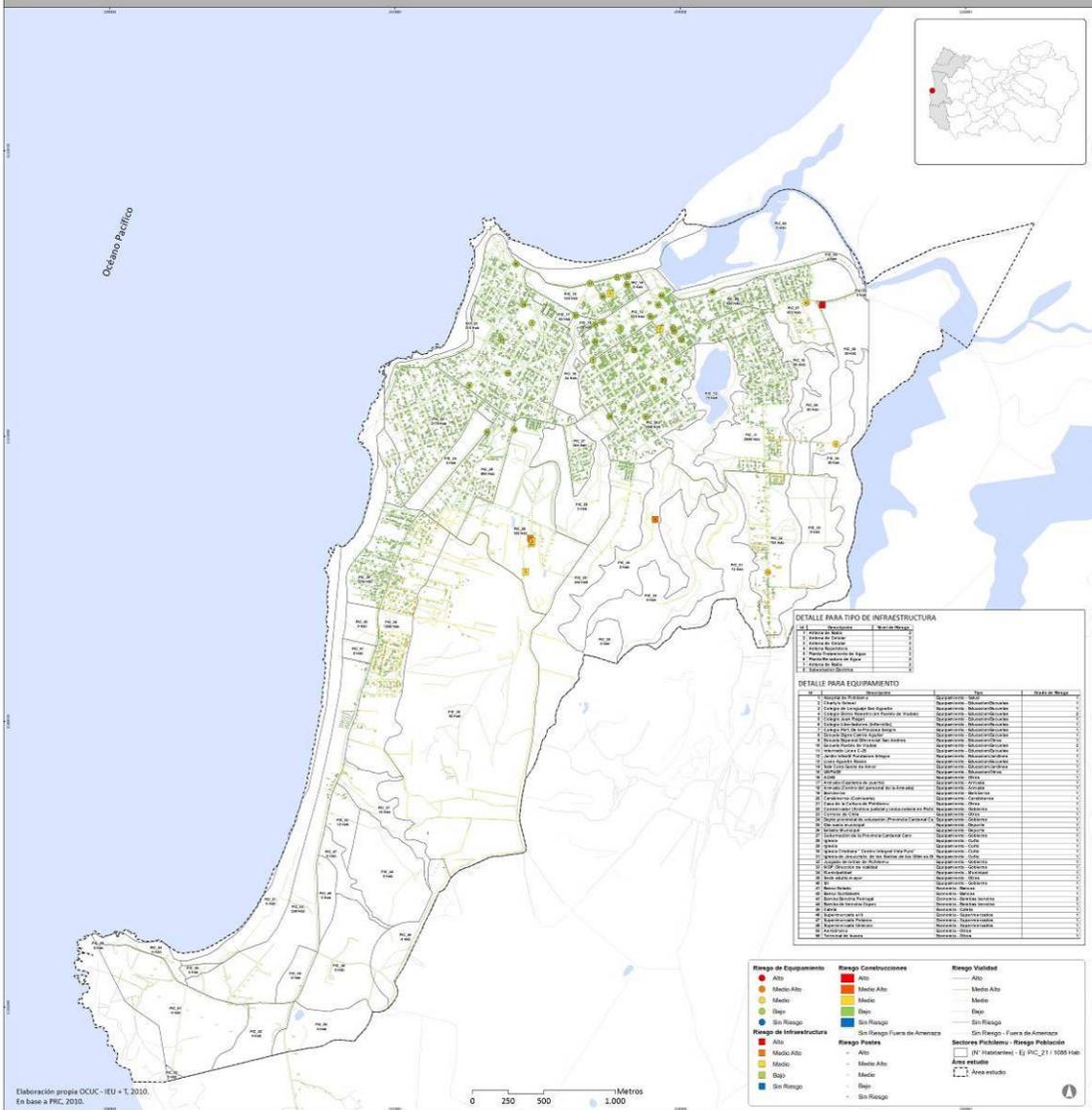




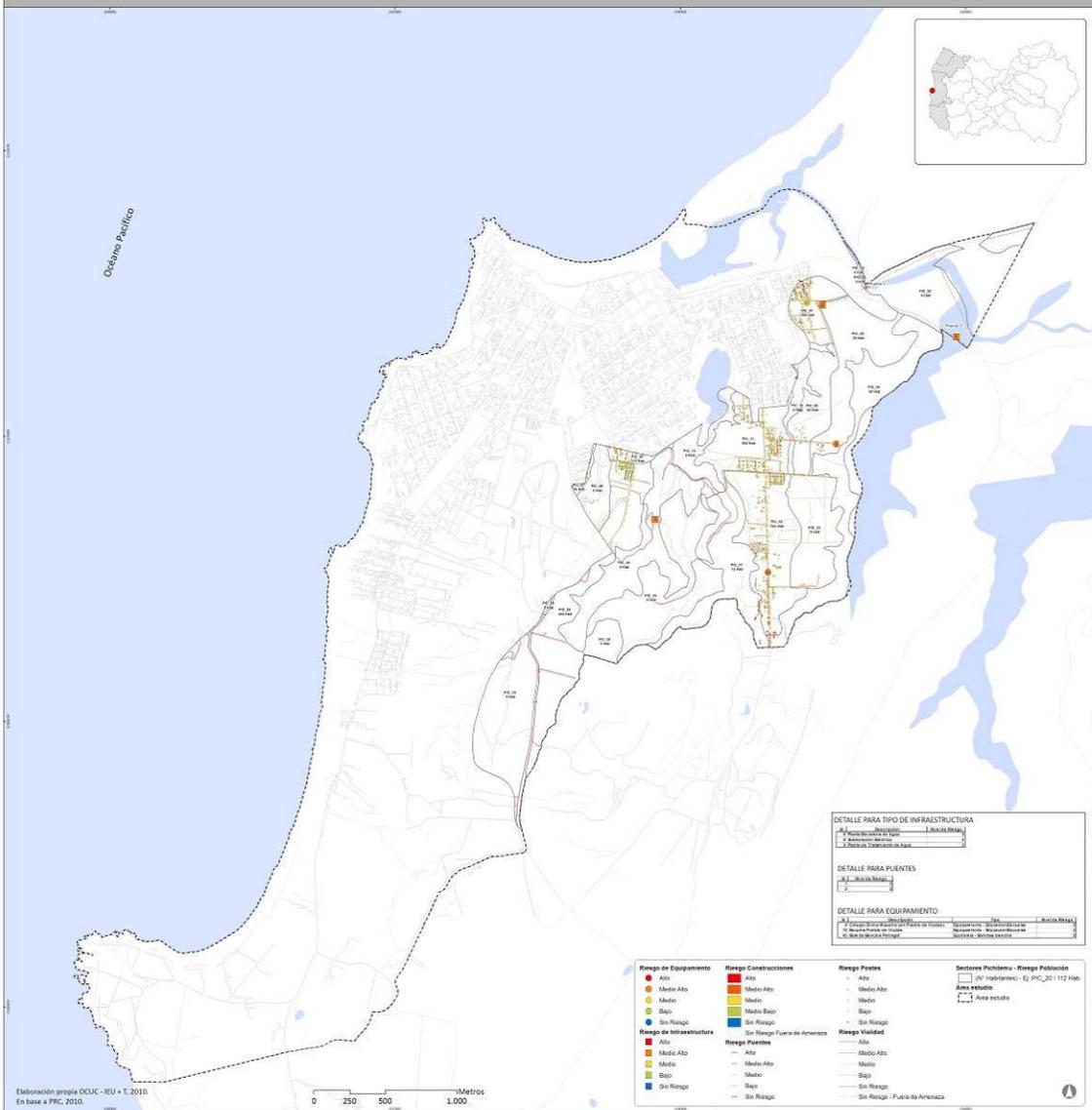


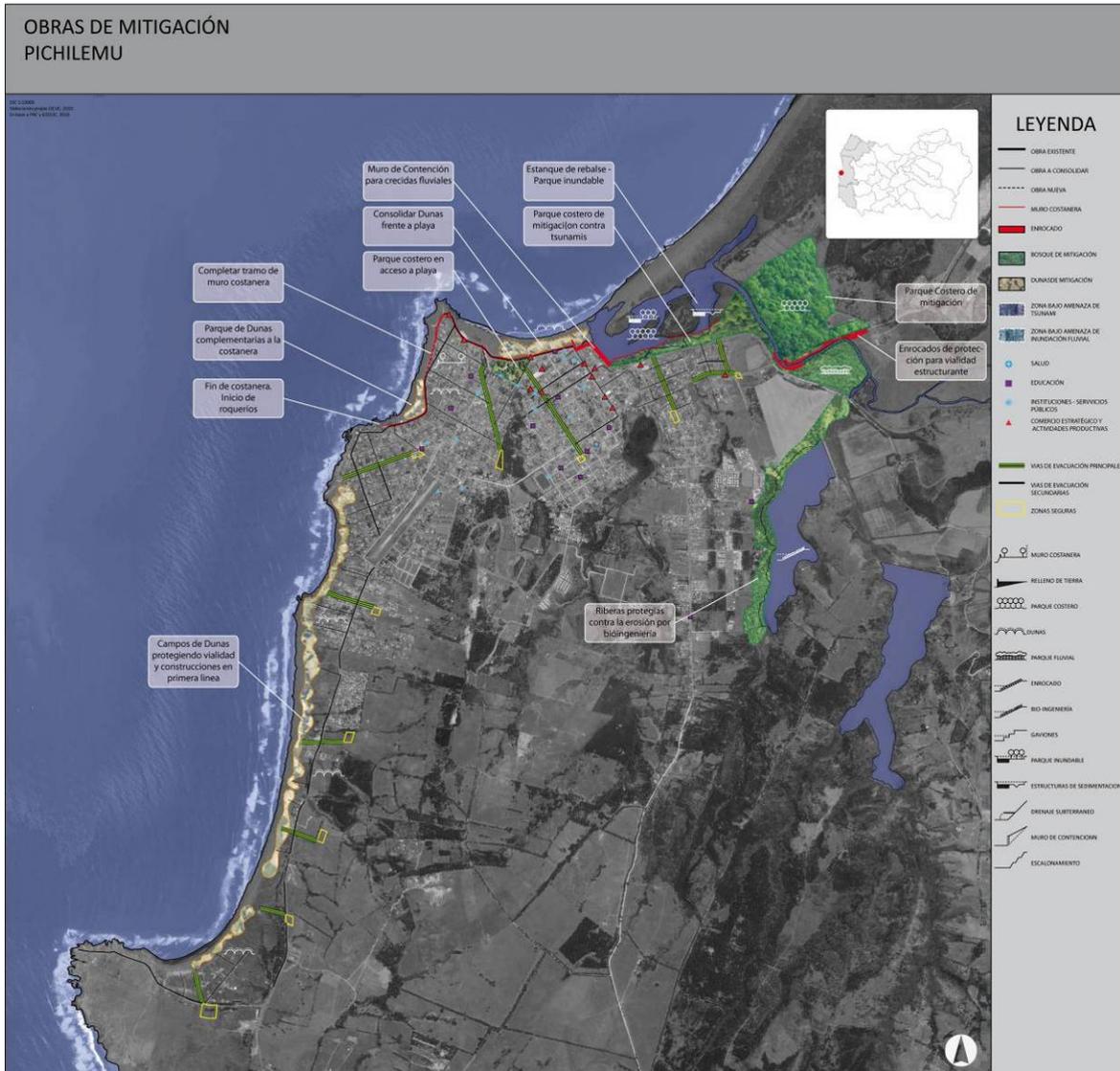


**RIESGO DE REMOCIÓN EN MASA
 PICHILEMU - REGIÓN DE O'HIGGINS**



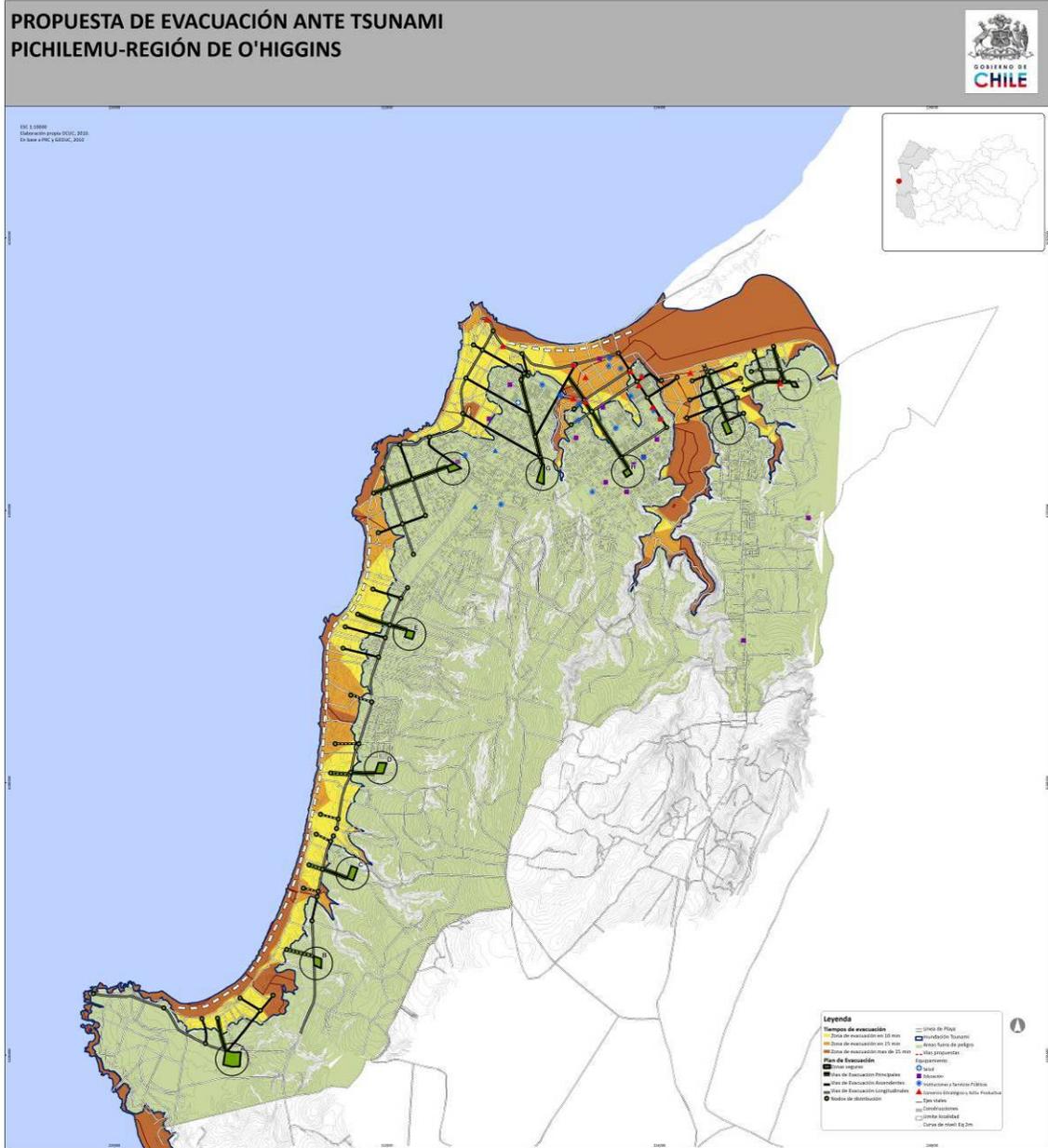
**RIESGO DE AMPLITUD SÍSMICA
 PICHILEMU - REGIÓN DE O'HIGGINS**







Recomendaciones respecto a inundación fluvial, Pichilemu.



| Equipamiento Crítico | Profundidad Inundación Tsunami | Período Retorno Inundación Fluvial | Grado de Remoción en Masa | Grado de Licuefacción |
|---|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Bomberos | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Carabineros (Comisaría) | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Charly's School | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Colegio de Lenguaje San Agustín | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Colegio Divino Maestro (Pueblo de Viudas) | 0 | 0 | Medio | 0 |
| Colegio Jean Piaget | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Colegio Libertadores (Infiernillo) | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Colegio Part. De la Preciosa Sangre | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Escuela Digna Camilo Aguilar | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Escuela Especial Diferencial San Andrés | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Escuela Pueblo de Viudas | 0 | 0 | Medio | 0 |
| Hospital de Pichilemu | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Internado Liceo C-25 | 7 y más | 0 | Bajo | 0 |
| Jardín Infantil Fundación Integra | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Liceo Agustín Rosse | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| Sala Cuna Gesto de Amor | 0 | 0 | Bajo | 0 |
| UMPADE | 0 a 2 | 0 | Bajo | 0 |
| Equipamiento de Alta Congregación | | | | |
| Estadio Municipal | 0 | 0 | Bajo | 0 |

*El "0" indica que el equipamiento se encuentra fuera de la zona de amenaza.

Tabla 1 Grados de amenazas por Equipamiento Crítico y de Alta Congregación localidad de Pichilemu.

Fuente: Elaboración propia en base a catastro realizado en terreno.

| Infraestructura | CANTIDAD TOTAL | CANTIDAD DE INFRAESTRUCTURA EN | | | |
|-------------------------------|----------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------|
| | | Tsunami "7 y MÁS" | Inundación Fluvial "5 AÑOS" | Remoción en Masa "ALTO" | Licuefacción "ALTO" |
| Antena de Celular | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Antena de Radio | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Antena Repetidora | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Planta de Tratamiento de Agua | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Planta Elevadora de Agua | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Planta Tratamiento de Agua | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Subestación Eléctrica | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Postes | 2.095 | 105 | 0 | 0 | 0 |
| Puentes | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 |

Tabla 2 Cantidad de Infraestructura Básica en zonas de alto peligro según amenaza. Localidad de Pichilemu.

Fuente: Elaboración propia en base a catastro realizado en terreno.