



## TERREMOTO Y TSUNAMI DEL 27 DE FEBRERO DE 2010. EFECTOS URBANOS EN LOCALIDADES DE LA PROVINCIA DE ARAUCO

### THE EARTHQUAKE AND TSUNAMI OF FEBRUARY 27, 2010 URBAN EFFECTS ON THE SETTLEMENTS OF THE ARAUCO PROVINCE

Roberto Morales Muñoz\*

#### RESUMEN

Frente a los graves daños causados por el terremoto y posterior tsunami del 27 de febrero del 2010 en las costas de la macrozona centro sur de Chile, especialmente en pequeñas localidades costeras que viven del mar, tanto de la pesca artesanal como del turismo local, siempre es posible sacar lecciones positivas, que permitan a través de la reconstrucción, mejorar la calidad y seguridad de estos asentamientos, en este caso particular, sobre la planificación de los asentamientos costeros de Tubul, Llico y Tirúa en la provincia de Arauco de la Región del Bio Bio,

El presente artículo entrega una visión sintética de los efectos urbanos de esta catástrofe, desde un punto de vista geográfico y señala las principales acciones que se están emprendiendo para lograr que su reconstrucción sea sustentable y contribuya a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

**Palabras claves:** terremoto, tsunami, planificación urbana, asentamientos costeros

#### ABSTRACT

In face of the severe damage caused by the earthquake and subsequent tsunami of February 27 - 2010 on the coast of the central-southern zone of Chile, especially in small coastal communities who live from the sea, both from fishing and from local tourism, it is always possible to draw positive lessons from the reconstruction process that allow to improve the quality and security of these settlements. This study addresses the specific case of the planning process of the coastal settlements of Tubul, Llico and Tirúa located in the province of Arauco, in the Bio Bio Region.

This article presents a synthetic vision of the urban effects of the catastrophe, from a geographical point of view, and points out at the main actions being undertaken to ensure a sustainable reconstruction and to contribute to improve the quality of life of its inhabitants.

**Keywords:** earthquake, tsunami, urban planning, coastal settlements



*Puente Llacolén, el principal viaducto de la ciudad de Concepción hacia la provincia de Arauco, muestra los efectos del megaterremoto del 27 de febrero de 2010.*

\* Geógrafo, Profesional Departamento de Desarrollo Urbano, Secretaría Regional Ministerial del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, correo electrónico: [rmorales@minvu.cl](mailto:rmorales@minvu.cl)

### Antecedentes generales

La madrugada del sábado 27 de Febrero del 2010 exactamente a las 03:34 hrs. azotó a Chile un sismo con características de terremoto de 8,8 grados de intensidad en la escala de Richter, que tuvo una duración de 2 minutos 45 segundos. Según la NASA la energía liberada por este movimiento sísmico es equivalente a 100 mil bombas atómicas de Hiroshima y produjo una redistribución de la masa terrestre del planeta, que cambió la rotación e inclinó el eje terrestre en 2,7 milisegundos de arco (equivalente a 8 cm.)

Se señala que este terremoto ha sido el quinto mas grande de la historia de la Humanidad, y tuvo su epicentro a 50 Km. al noreste de la ciudad de Concepción, y a 63 Km. al suroeste de la ciudad de Cauquenes de la Región del Maule, frente a las costas entre Curanipe y Cobquecura y a 47,4 kilómetros de profundidad bajo la corteza terrestre. Fue percibido en gran parte del cono sur con diversas intensidades, desde Ica en Perú por el norte hasta Buenos Aires y Sao Paulo por el oriente.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Enciclopedia Wikipedia: "Terremoto en Chile 2010"



Fig. 1. Edificio Alto Río en Concepción.



Fig. 2. Calle Aurelio Manzano en Concepción

En Chile alcanzó su máxima intensidad en las regiones del Maule y del Bio Bio, la Macro Zona Centro Sur del País. El gobierno decretó zona de catástrofe a las regiones de Valparaíso, O'Higgins, del Maule, del Bio Bio, La Araucanía y Metropolitana. (D.S. N°150 de 27/02/2010)

Otros efectos geofísicos producidos por el terremoto, según informaciones preliminares, fueron la elevación del suelo natural hasta 2,7 m en la provincia de Arauco e isla Mocha emplazada frente a Tirúa, y lo mas impactante fue el tsunami o maremoto que trajo consigo y que arrasó diversas localidades costeras desde Constitución hasta Tirúa por el sur.

El terremoto y posterior tsunami provocó la muerte de más de 500 personas, un centenar de desaparecidos y 800 mil personas damnificadas. Las ciudades y pueblos de la macro zona sufrieron grandes daños en las viviendas, edificios y obras de infraestructura vial, sanitaria y energética. Las viviendas de adobe y los edificios en altura fueron los más afectados por el sismo, del orden de 190 mil viviendas derrumbadas o inhabitables. Hubo incomunicación por el colapso de numerosos puentes en diversas ciudades y carreteras.



Fig. 3. Colapso Puente Llacolén



Fig. 4. Colapso total Puente Viejo

La caída del edificio Alto Río y el rescate de personas vivas y fallecidas atrapadas en su interior se convirtieron en uno de los símbolos emblemáticos del terremoto en Concepción, junto con la caída de lozas del puente Llacolén.

### El terremoto

Según el Servicio Geológico y Sismológico de EE.UU. (USGS), el terremoto de Chile tuvo dos focos de liberación de energía. La fractura de la placa se originó en Cobquecura y luego se dirigió al norte y en su trayectoria desencadenó un segundo epicentro a la altura de Curicó, debido a que se encontró con una zona con energía contenida, lo que produjo una segunda liberación de energía. Hacia el sur la situación fue diferente ya que el terremoto de 1960 (de 9,5 grados, siendo el más grande del mundo) liberó tanta energía que para Febrero 2010 no había transcurrido el tiempo suficiente para que ésta volviera a producir un nuevo epicentro en esa zona.

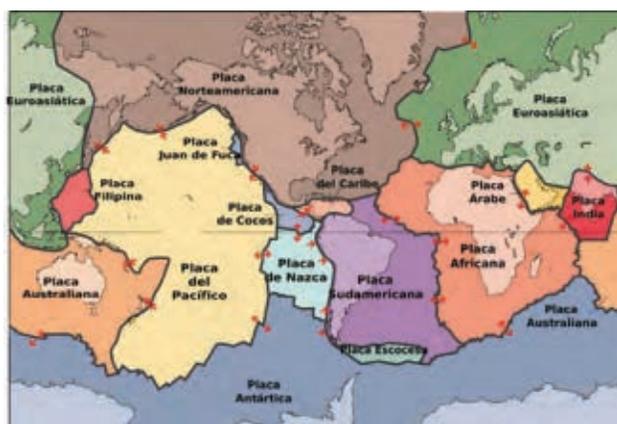


Fig. 5 Distribución de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana

De acuerdo a estudios preliminares basados en análisis satelitales efectuados por USGS, es posible detectar y comparar que el continente sufrió cambios en la altura con respecto al nivel del mar y en el desplazamiento en relación a sus coordenadas N y E. Tal es así que Lebu y la Isla Mocha se elevaron 3,38 m., la isla Santa María se elevó 2,0 m., Concepción se elevó 1,2 m., Talcahuano 1,5 m. Paradójicamente, Cobquecura que es una de las localidades costeras más cercanas al epicentro no sufrió una elevación, sino que por el contrario se generó un leve hundimiento. Más al norte la localidad de Iloca se hundió y sus efectos se pueden apreciar a simple vista en el cambio del curso en la desembocadura del río Mataquito. También se ha detectado cambios en los trenes de olas en las playas de Pichilemu, tan apetecidas por los surfistas, producto de modificaciones en la gradiente del fondo marino.

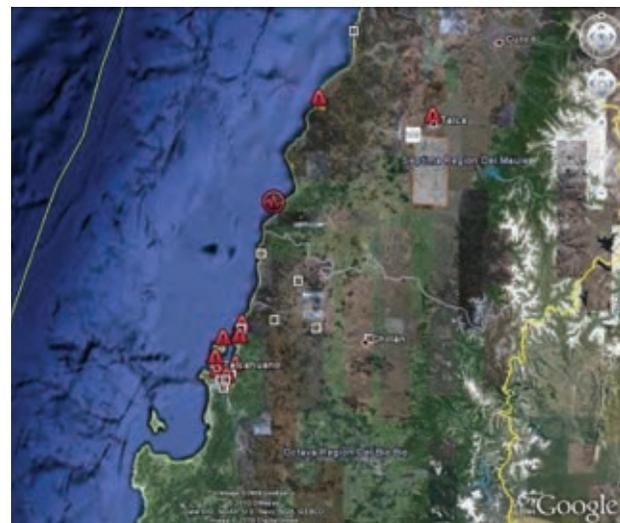


Fig. 6 Zona mayormente afectada por el terremoto

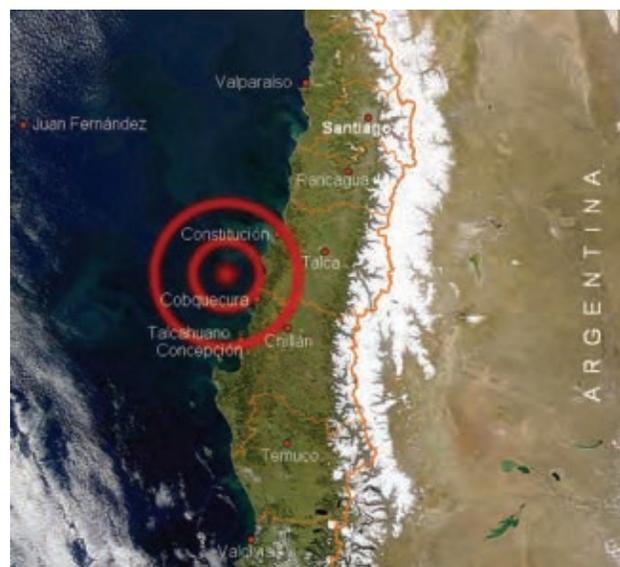


Fig. 7 Epicentro terremoto 27/ff/2010

El terremoto desencadenó una tipología de efectos físicos muy recurrentes en el territorio, que se asocian a riesgos naturales, entre los de mayor ocurrencia en casi todas las ciudades y pueblos costeros de la región se pueden destacar y agrupar en dos tipos: a) los procesos de remoción en masa como derrumbes y deslizamientos de terreno y desprendimientos de rocas y b) los procesos de asentamiento, hundimiento y ondulación por licuefacción del suelo.

Los primeros, de remoción en masa, están relacionados con los sectores de pendientes fuertes, sean estos acantilados marinos, laderas de cerros y quebradas, siendo en algunos casos procesos desencadenados por la acción antrópica (taludes artificiales sin tratamiento). Cabe destacar que tanto las arcillas y el maicillo (esquistos y granitos muy alterados) de la Cordillera de la Costa, como también las areniscas y

conglomerados de terrazas marinas secundarias y terciarias, son fácilmente erosionables y vulnerable a los deslizamientos y derrumbes.

En los acantilados de la costa de Tomé, de la península de Hualpén y Tumbes y del Golfo de Arauco, fueron procesos recurrentes con el terremoto, con mayor presencia en aquellos formados por terrazas marinas. Estos derrumbes y grietas pueden ser fenómenos que se activen con las lluvias invernales, debido a la mayor vulnerabilidad a la penetración del agua y consiguiente saturación de las masas y bloques inestables.

Con el sismo se activaron los procesos de remoción en masa de los acantilados y se generaron grietas en la cabecera de los deslizamiento y derrumbes, son grietas de tracción en el borde superior del talud, denominadas también de coronamiento de los acantilados. Estas grietas manifiestan la formación de nuevos escarpes, los que se pueden activar con las fuertes lluvias.



Fig. 8 Derrumbes y desprendimientos de bloques en acantilados marinos de Las Peñas y Lengua



Fig. 9 Grietas de tracción en caleta cocholgue (tome)

El segundo grupo, corresponden a los procesos o riesgos de hundimientos y/o asentamientos, fracturas - grietas y desplazamientos laterales del terreno especialmente en los bordes fluviales y de cuerpos de agua. Estos procesos van asociados o son originados por fenómenos de licuefacción de las arenas y arcillas saturadas por la napa freática próxima a la superficie. (Acomodo del material particulado del suelo y desplazamiento del aire y del agua subterránea hacia la superficie)

Este riesgo produce asentamientos diferenciales del terreno sobre arenas, arcillas y material heterogéneo de relleno, que trae como consecuencia un mal comportamiento de estos últimos, hundimiento y levantamiento de pavimentos, asentamiento diferencial y hundimiento de viviendas, colapso de redes de infraestructura sanitaria, entre otros.

Este es un fenómeno recurrente en muchas localidades de la región, especial impacto tienen los sectores residenciales como Bayona y San Pedro del Valle de rellenos sobre el humedal Los Batros de la comuna de San Pedro de la Paz y Valle Noble de rellenos sobre el lecho del río Andalién en Concepción. Estas y otras de similares características son

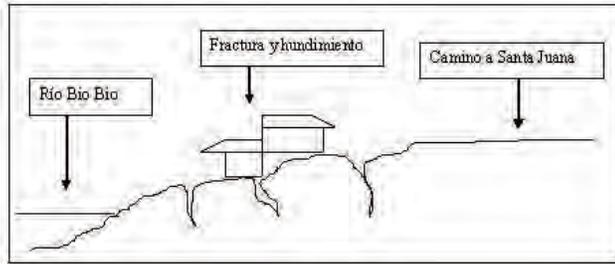


Fig. 10 Esquema de agrietamientos, hundimientos, y desplazamientos laterales en bordes fluviales.

áreas muy sensibles a estos fenómenos, especialmente cuando se efectúan malos rellenos, sin escarpe y sin una compactación adecuada, sobre terrenos de antiguos humedales y vegas. En la comuna de Hualpén estos procesos se produjeron en el sector Caleta Lengua, con grietas y hundimiento de terreno hacia el humedal del mismo nombre, son terrenos de rellenos artificiales de material heterogéneo (basuras y escombros), sobre terrenos saturados.



Fig. 11 Agrietamientos, asentamientos y desplazamientos laterales en bordes fluviales (camino a Santa Juana)



Fig. 12 Infraestructura vial afectada por agrietamientos y asentamientos (avda. Costanera Concepción)



Fig. 13 Hundimientos en rellenos de antiguos basurales (ribera río Bio Bio Hualpén)



Fig. 14 Hundimientos de rellenos sobre terrenos de humedal en Lengua

Los bordes fluviales son también áreas propensas a licuefacción debido a la proximidad de la napa y a rellenos efectuados sobre el cauce de los ríos y esteros. Es significativo el caso de ambas riberas del río Bio Bio, Camino a Santa Juana en la ribera sur y la Avda. Costanera en Concepción y en Hualpén, y la Ruta del Itata en el humedal Rocuant en la comuna de Talcahuano.

## El tsunami

El terremoto trajo asociado un extenso tsunami que azotó las costas de Chile central. La alerta de tsunami generada para el océano Pacífico se extendió posteriormente a 53 países ubicados a lo largo de gran parte de su cuenca, llegando a Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, la Antártida, Nueva Zelanda, la Polinesia Francesa y las costas de Hawái.<sup>2</sup>



Fig.15 Infraestructura vial afectada (ruta interportuaria Talcahuano - Penco)

En el litoral chileno este tsunami alcanzó su máximo impacto desde Constitución al sur hasta el Golfo de Arauco. Las ciudades más afectadas fueron Constitución y

los balnearios de Curanipe, Pelluhue e Iloca en la Región del Maule, la localidad de Perales, el balneario de Dichato, las ciudades de Penco y Talcahuano, las caletas de Tubul y Llico, la ciudad de Lebu y el pueblo de Tirúa, en la costa de la Región del Bio Bio. La ola más destructiva se produjo aproximadamente a los 90 min. después del terremoto y su altura varió entre 1,0 y 4,0 m.

En Constitución, la primera ola llegó cerca de media hora después del terremoto, que según testigos superó los ocho metros de altura, siendo seguida unos minutos después por una segunda ola más fuerte de unos diez metros y finalmente una tercera, similar a la primera.

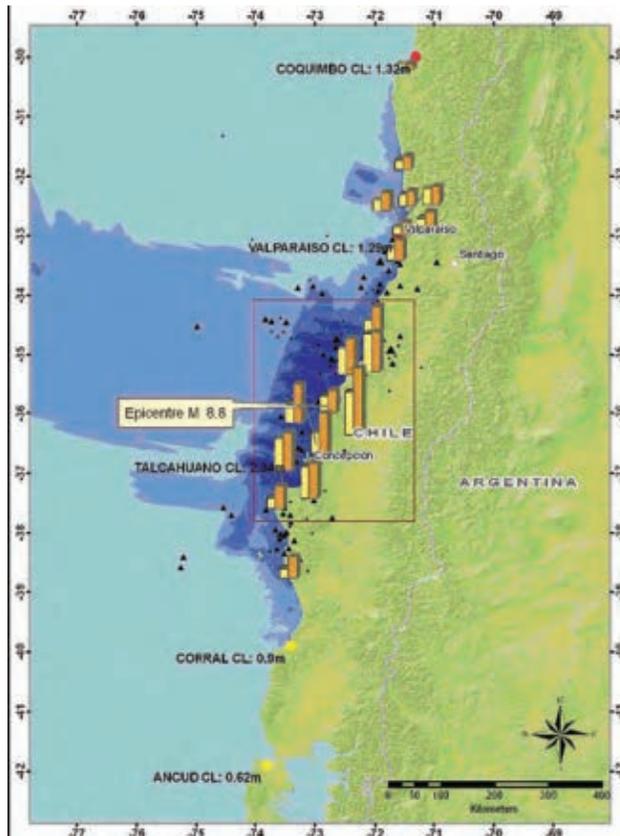


Fig.16 Localidades impactadas por el tsunami

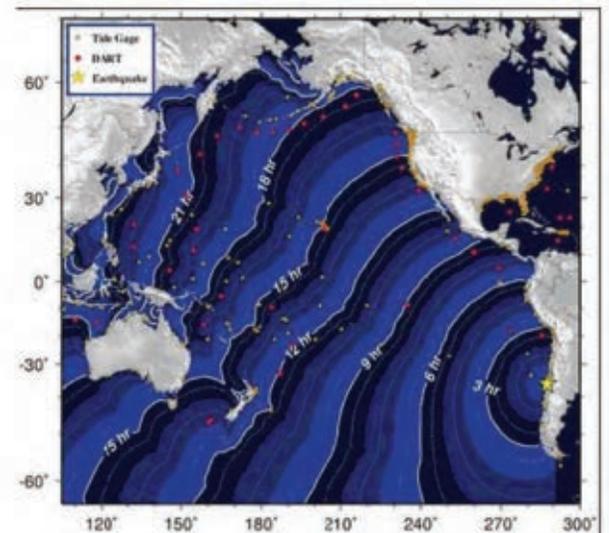


fig. 17 Tiempos de recorrido del tsunami

Cronología de ocurrencia de tsunamis en Chile					
Año	Lat (s)	Mag.	Ola (m)	Lugar obs.	Consecuencias
1570	36-75	8.85	-	Penco	Vaciante primero. Varias horas. Maremoto arrasó ciudad de Concepción (ubicada en actual Penco)
1657	36-39	8.0		Talcahuano, Valparaíso	Concepción inundada por tres días que terminaron de destruir todo lo que el terremoto había dejado en pie.
1730	30-36	8.75		Valparaíso, Coquimbo Talcahuano, Corral	Se observaron tres olas grandes que devastaron Valparaíso. Efectos peores que aquellos de 1657. Se sintieron tres sismos, primera ola llega 1 a 2 horas después del primer sismo. La ola mayor llega 3 a 4 horas después o una hora después del segundo sismo. Tsunami afecto 985 km de costa.
1751		6.0		Talcahuano	Vaciante seca la bahía y se recupera luego de 7 minutos.
1835		6.2	7.5	Talcahuano	En Talcahuano se informa de alzamiento topográfico en 2,7 m. Vaciante primero. Se observan tres olas, siendo la tercera la mayor. Agitación durante tres días y se percibe en todo Chile. Se supone erupción submarina en archipiélago Juan Fernández. En bahía de Concepción, buques anclados en aguas de 7 brazas de profundidad (12 m) quedan apoyados en seco. En isla Quiriquina se reportan alturas de inundación de 9 a 12 metros a las 5 horas del sismo. Buques arrastrados 300 m tierra adentro.
1668		8.5	5.0	Arica, Iquique Talcahuano, Corral	En Arica, la primera ola alcanza a 10 metros y se presenta después del sismo. La segunda y tercera ola alcanzan a 14 m. En Talcahuano sólo alcanza a 50 m.
1906		8.4		Valparaíso, Talcahuano	Terreno se levanta 70 a 80 cm a lo largo de 350 km. Grúa cae en el puerto.
1920		5.5		Talcahuano	Buques fueron violentamente remecidos por el movimiento del mar.
1960		8.6		Arica, Antofagasta, Caldera Coquimbo, Valparaíso, Talcahuano, Corral, Valdivia	Daños materiales ascedieron a medio millón de dólares y las pérdidas de vidas se estimaron en 2.000, principalmente debido al tsunami.
1985		8.3		Valparaíso, Talcahuano	Tsunami instrumental. En Talcahuano se reportan anomalías de mareas de 2 metros. En Valparaíso, anomalías de 70 cm. Epicentro frente a San Antonio (*)

Fuente. Alfonso Campusano O., Análisis de riesgo de tsunamis, isla Rocuant., Octubre 2005.

En Talcahuano, el impacto del mar generó olas de hasta 5 m. que arrastraron contenedores y naves hacia el centro de la ciudad, cubriendo de agua, barro y escombros sus calles. La infraestructura portuaria, la Base Naval y los astilleros de ASMAR sufrieron grandes daños. En Penco, el mar entro con gran fuerza alcanzando más de un metro de agua y llegando hasta la plaza de la ciudad.

El balneario de Dichato y caleta Villarrica prácticamente desaparecieron, siendo arrastradas por el tsunami más del 80% de sus viviendas.

Similar impacto tuvieron algunas caletas y localidades costeras del Golfo de Arauco y de la isla Santa María. En Llico la altura de la ola fue de entre 3 y 4 m.

Desde una perspectiva histórica, la ocurrencia de tsunamis en Chile se refleja en la siguiente tabla, de la cual se desprende que el principal episodio de gran magnitud de los últimos tiempos se produjo en 1960 (hace 50 años) conocido como el maremoto de Valdivia, sin embargo sus efectos se hicieron sentir desde Arica hacia el sur .

El terremoto del 27 de febrero que provocó el tsunami se produjo por el choque de las placas tectónicas, lo que

conlleva un proceso de subducción que originan violentos movimientos del fondo marino. Este fenómeno ocurrió en el borde convergente entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana, y estuvo caracterizado por un mecanismo focal de falla inversa causado por la subducción de la placa de Nazca por debajo de la Sudamericana.

El tsunami del 27 de febrero tuvo su epicentro de propagación en las cercanías de Cobquecura y de allí las olas se comienzan a expandir hacia el norte y hacia el sur. (Fig. 17) En este sentido, la orientación y la morfología litoral son determinantes en los efectos del tsunami, en este caso, es muy claro el impacto que tuvo en las costas y bahías abiertas hacia el norte, donde recibieron en forma directa el tren de olas. Es el caso de la bahía de Dichato, de la bahía de Concepción-Talcahuano y del Golfo de Arauco. Más al sur en la costa de la provincia de Arauco el efecto de resonancia tuvo gran impacto y daño en la localidad de Tirúa, debido a su morfología litoral.

Las bahías son muy vulnerables debido a que por ser costas semi cerradas las olas chocan y rebotan contra sus costas y se produce un efecto de resonancia que amplifica los efectos destructivos de la fuerza del mar.

### Los efectos urbanos del tsunami

En el Departamento de Desarrollo Urbano e Infraestructura de la Secretaría Ministerial de Vivienda y Urbanismo, como primera labor después del terremoto, se efectuó un catastro en terreno sobre los daños y áreas afectadas, para dimensionar el impacto de esta catástrofe y poder aplicar posteriormente, los planes y programas públicos atinentes a la reconstrucción y adecuar los instrumentos de planificación respectivos.

Como resultado de este trabajo, al suscrito le correspondió catastrar los efectos del tsunami en la provincia de Arauco, cuyos resultados sirvieron de base para la elaboración del presente artículo.<sup>3</sup>

Los principales efectos urbanos del tsunami, sin considerar el más importante que es la pérdida de vidas humanas, son las inundaciones generadas por el mar sobre las ciudades y pueblos, destruyendo viviendas, mobiliario urbano, calles y caminos, la vegetación y la infraestructura principalmente portuaria y pesquera. El mar golpea fuertemente la costa y penetra por los puntos más vulnerables que corresponden a las desembocaduras de ríos y esteros, inundando cientos de metros hacia el interior y arrasando con la ciudad a su paso.

Las localidades de la Región del Bio Bio afectadas por el tsunami del 27 de febrero 2010 son las indicadas en la tabla siguiente:

Comuna	Localidad	Afectación urbana por Tsunami	Poblac. 2002
Cobquecura	Tregualemu- Pullay	Si	211
	Buchupureo	No	478
	Cobquecura	No	1493
	Rinconada De Taucu	Si	120
	Colmuyao	Si	153
Trehuaco	Mela	No	91
	Boca Itata	No	
Coelemu	Vegas De Itata	No	319
	Perales	Si	404
Tome	Purema	Si	
	Dichato	Si	3488
	Pingueral	Si	
	Coliumo	Si	311
	Cocholegüe	No	
	Caleta Del Medio	Si	320
	Los Morros	Si	214
Tome	No	41198	
Penco	Lirquen - Penco	Si	45361
Talcahuano	Talcahuano	Si	161692
	Caleta Tumbes	Si	1344
	Lenga	Si	378
Coronel	Maule	No	
	Schuager	No	
	Coronel	No	91469
	Puerto Norte (Ism)	No	
	Puerto Sur (Ism)	Si	979
Arauco	Laraquete	No	4605
	Horcones	No	447
	Arauco	No	16291
	Raqui- Las Peñas	Si	99
	Tubul	Si	1944
	Llico	Si	530
Lebu	Punta Lavapie	No	1153
	Lebu	Si	20838
Tirúa	Quidico	Si	1013
	Tirúa	Si	2508

<sup>3</sup> El trabajo en terreno en la Provincia de Arauco se efectuó por un equipo de profesionales del DDUI integrado por los arquitectos Carol Andaluz Sandoval y Orlando Gijón Campos, junto al geógrafo autor del presente artículo.

En la comuna de Arauco se registraron aproximadamente 3.000 familias damnificadas (Secplan Arauco 18/03/10) que incluye a damnificados dispersos por la destrucción de sus viviendas debido al terremoto, en la ciudad de Arauco y en otras localidades menores, sin embargo la concentración mayor se produjo en los poblados costeros de Llico, Tubul y Las Peñas, afectados por el tsunami. También es significativa la infraestructura dañada en la cual se incluye el 40% de los pavimentos de la comuna. Cabe destacar que en la ciudad de Arauco y en las localidades costeras de Punta Lavapié y Laraquete los efectos del tsunami fueron mínimos y no afectó a viviendas.

Por su parte, los efectos económicos del tsunami en la provincia de Arauco fueron muy devastadores, especialmente en el sector productivo pesquero, como es el caso de la ciudad de Lebu, donde colapsó toda la infraestructura portuaria de esa ciudad y el 90 % de las embarcaciones, así también, el sector pesquero artesanal de Tubul y Llico se vio fuertemente afectado, con destrucción total de sus instalaciones costeras y embarcaciones menores, con el consiguiente impacto en el desempleo local.

En la costa entre Arauco y Las Peñas se registraron grandes derrumbes de los acantilados que cortaron el camino costero en diversos puntos, dejando sin acceso directo a las localidades más afectadas de esa comuna. Estos acantilados marinos están constituidos por material inestable de composición arenisca. El tsunami llegó hasta el camino costero, al pie del acantilado.



Fig. 18 Ubicación de las localidades de Arauco, Tubul y Llico en la costa del golfo de Arauco

### Caleta Tubul

La caleta Tubul se encuentra ubicada en la costa del Golfo de Arauco al poniente de la localidad de las Peñas y a 11 Km. de la ciudad de Arauco. El acceso a la caleta se efectúa a través de dos puentes que cruzan los cursos de agua principales del humedal Tubul – Raqui, el puente Raqui y el puente Tubul, ambos viaductos fueron destruidos completamente. También hubo daño parcial en las calles principales de esta localidad.

El tsunami produjo un área de inundación que llegó hasta el pie de los paleo acantilados, abarcando una superficie aprox. de 75 ha., siendo el área o frente de destrucción total el sector construido de borde playa y parcial en la ribera del río. (Fig. 19)

El número de viviendas destruidas con daño total fue de 300 viviendas, y con daño parcial 400 (en el sector ribereño) (Catastro Comunal Minvu 05-03-2010).

Para entender los fenómenos naturales y su impacto urbano es necesario describir algunas características geomorfológicas y de la génesis que explican su sitio actual. En este contexto, Tubul se encuentra asentado sobre una barra de arena de sedimentación fluvio marina reciente, formada sobre una llanura litoral muy baja, ubicada entre el pie del paleo acantilado y el sistema fluvial – humedal Tubul Raqui. Los sectores altos sobre el acantilado marino corresponden a terrazas marinas formadas por areniscas del Plioceno.

La dinámica litoral fue sedimentando arenas sobre la llanura baja, conformando una barra y ocasionando la

obstrucción del drenaje superficial, dando origen a lagunas intermitentes, pajonales y vegas, en general terrenos bajos y mal drenados, en su interior. Estas características explican la disposición del asentamiento humano el cual se asienta sobre las dunas y arenas de la barra, debido a que son los terrenos más altos y sin riesgo de anegamiento por precipitaciones invernales.

Este es un emplazamiento de gran fragilidad y vulnerabilidad frente a los fenómenos marinos, como marejadas y tsunamis, a tal punto que históricamente la acción erosiva del mar afectaba viviendas que debían ser trasladadas por que sus terrenos eran carcomidos por el oleaje.

Con el tsunami del 27/F/2010 esta caleta, si bien se vio muy afectada, no fue totalmente destruida y arrasada como podría haber sucedido, siendo favorecida por su orientación, la que no esta abierta ni expuesta directamente hacia el norte, desde donde venían las olas. También la favoreció la existencia de una gran boca que forma el humedal en su desembocadura, la que al ser un área baja el mar privilegia su penetración por allí.

Sin embargo, tal como se puede apreciar en las imágenes de la Fig. 21, el nivel de destrucción fue grande, siendo su mayor impacto el borde marítimo, es decir, la costa que mira hacia el océano, la cual tuvo un nivel de destrucción muy alto en sus edificaciones e instalaciones productivas. No fue tan así el borde fluvial del río Tubul donde las viviendas allí emplazadas solo fueron inundadas por el mar pero sin un nivel de destrucción mayor, no así las embarcaciones



Fig. 20. Área de impacto tsunami en Tubul sobre levantamiento aerofotogramétrico



Fig. 19. Área de impacto tsunami en Tubul sobre foto Google

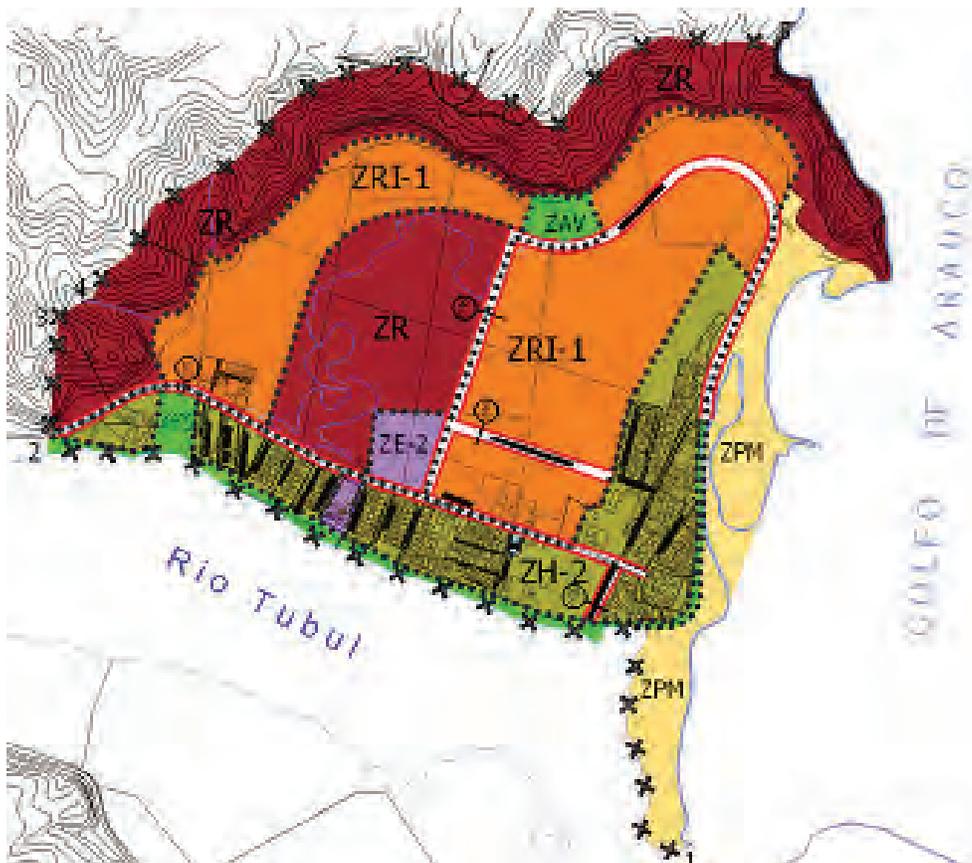


Fig. 22 Propuesta de plan regulador en estudio para Tubul

que fueron arrastradas por el mar, río arriba hasta por lo menos 2 km desde la línea de costa. El puente Tubul resultó totalmente colapsado por el terremoto.

Al efectuar una superposición entre la zonificación propuesta en el Plan Regulador Comunal de Tubul en estudio y las áreas de inundación y destrucción afectadas por el tsunami, se obtienen las siguientes zonas:

- Zona Habitacional Mixta 2 ZH 2
- Zona de Equipamiento 2 ZE 2
- Zona de Protección de Playa de Mar ZPM
- Zona de Riesgo Propensas a Aneamiento 1 ZRI 1
- Áreas Verdes
- Vialidad y otros Espacios Públicos de borde costero



Fig. 21 Imágenes del nivel de destrucción en caleta Tubul y puente Tubul

Es lógico considerar que en los bordes marítimos, fluviales y lacustres, se proponga una zonificación de espacios públicos, área verde y vialidad, correspondientes principalmente a paseos de borde costero, como también es normal reconocer una zona de protección de playa cuando ella existe y forma parte del centro poblado.

Sin embargo existe una zona de equipamiento educacional ZE-2 que corresponde a la escuela y una extensa zona de uso habitacional ZH-2, que reconoce el asentamiento del pueblo propiamente tal. Todas estas zonas están sujetas al riesgo de tsunami y fueron parcialmente afectadas el 27/F/2010

### Caleta Llico

La localidad costera de Llico también se encuentra ubicada en la costa del Golfo de Arauco a 12 Km. al poniente de la caleta Tubul. El acceso a la caleta se efectúa por el mismo camino desde Arauco, con lo cual su conectividad se vio seriamente afectada. Hubo daño total en las instalaciones pesqueras, en la costanera y en la calle principal del pueblo.

El tsunami produjo un área de inundación que es muy coincidente con el sector construido con destrucción total de las viviendas, y se enmarca dentro del área bajo la cota 5 m.s.n.m. El área de inundación total fue de 45 ha.



Fig. 23 Area de impacto tsunami en Llico sobre foto Google.

aproximadas. (Fig. 23) A diferencia de la caleta Tubul, Llico es un asentamiento con carácter de balneario, con abundantes viviendas de veraneo, algunas emplazadas frente a la playa, las que fueron destruidas en su totalidad.

La cantidad de viviendas destruidas con daño total fue de 320 viviendas (Catastro Comunal Minvu 05-03-2010). Construcciones de madera que fueron arrasadas y transportadas por la fuerza del mar.

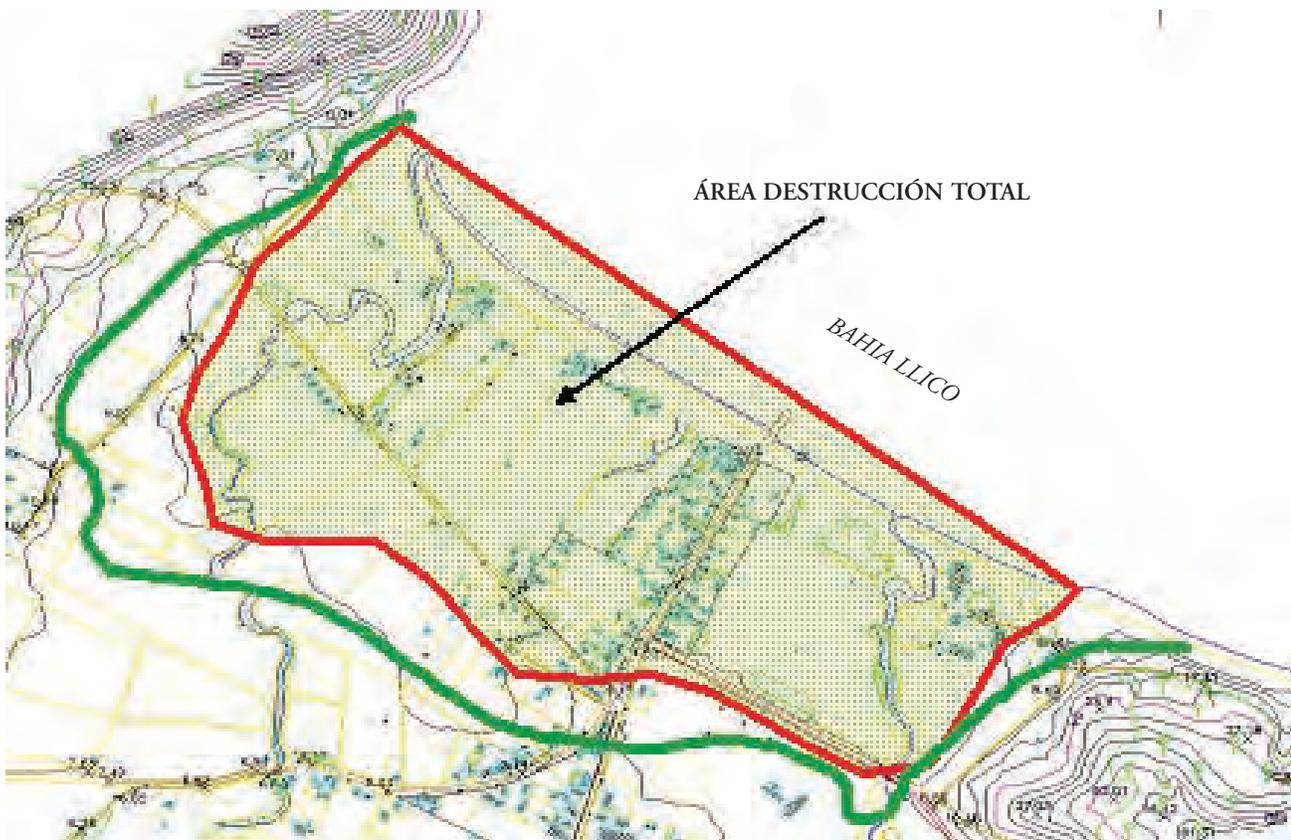


Fig. 24 Area de impacto tsunami en Llico sobre levantamiento aerofotogramétrico



*Fig. 25 Pueblo de Llico totalmente arrasado por el tsunami.*

El sitio natural de Llico corresponde a una pequeña llanura litoral de sedimentación fluvio marina reciente, conformando una bahía relativamente angosta, y que esta delimitada por una playa de borde y una duna muy intervenida por la acción humana. En ambos costados de esta llanura se desarrollan dos cursos de agua que canalizan el drenaje superficial desde las quebradas interiores hasta alcanzar el mar.

A diferencia de Tubul, el nivel del terreno de la llanura de Llico va subiendo con una suave pendiente hacia el interior, factor que impidió la penetración del mar más allá de la cota 5 m.s.n.m., evitando la destrucción de por lo menos el 50% de las viviendas emplazadas en esta localidad.

Sin embargo, la orientación que presenta esta angosta bahía totalmente abierta hacia el norte y la presencia de un gran bloque o punta de cerro saliente de la línea de costas que forma parte de la plataforma sedimentaria marina del Eoceno, ubicada hacia el poniente de la playa, fueron los

factores de la morfología litoral que agravaron los efectos del tsunami, al producirse un efecto de resonancia o rebote de la ola y volver ésta a penetrar por los cursos de agua hacia el interior del llano.

Debido al levantamiento del nivel del suelo generado por el sismo, la línea de costa se recogió aproximadamente 10 metros mar adentro, con respecto al nivel medio del mar que tenía antes del terremoto, quedando las instalaciones portuarias en tierra.

Tal como se puede apreciar en las imágenes de la Fig. 25, los daños causados por el tsunami fueron muy grandes, se destruyeron todas las instalaciones y viviendas del borde costero hasta una distancia de 400 m. hacia el interior. Fue destruida la infraestructura pesquera (muelle y construcciones de la actividad pesquera artesanal), el equipamiento comercial y de restaurantes, y numerosas viviendas de veraneo emplazadas frente a la playa (320 viviendas destruidas).

Al efectuar una superposición entre la zonificación propuesta en el Plan Regulador Comunal de Llico en estudio y las áreas de inundación y destrucción afectadas por el tsunami, se obtienen las siguientes zonas:

Zona Habitacional Mixta 2 ZH 2

Zona de Protección de Playa de Mar ZPM

Zona de Riesgo Propensas a Anegamiento 1 ZRI 1

Espacios Públicos de borde costero,

Áreas Verdes y Vialidad

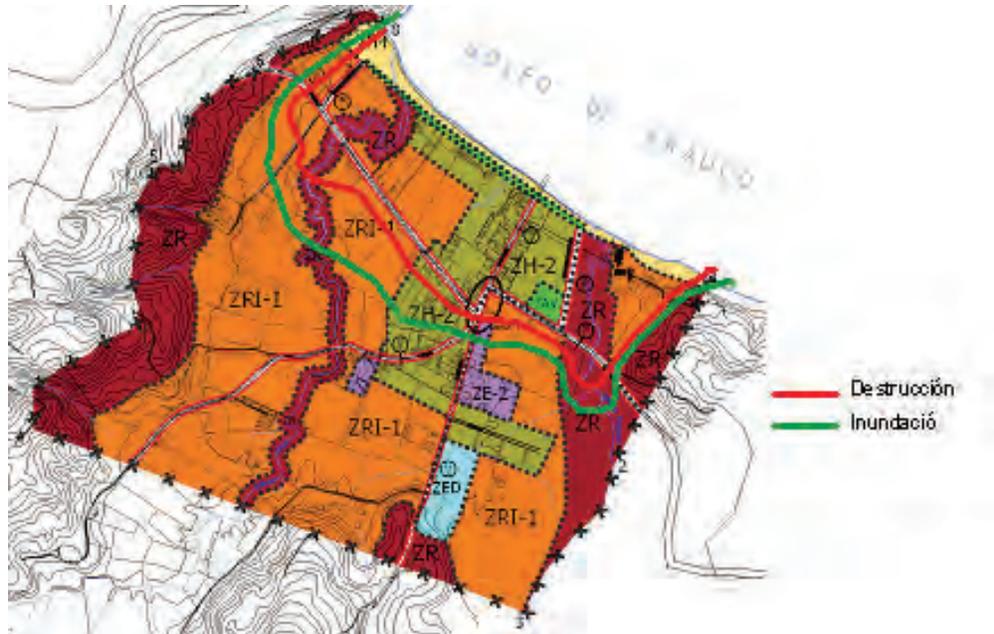


Fig. 26 Propuesta de plan regulador en estudio para Llico

Del mismo modo que en la caleta Tubul, el borde marítimo de Llico consideraba una zona de protección de playa, espacios públicos, área verde y vialidad, correspondientes a un paseo de borde costero. También se reconocía una zona residencial mixta consolidada ZH-2 y zonas de riesgo por inundación ZR y por anegamiento ZRI-1. Todas estas zonas están sujetas al riesgo de tsunami y fueron muy impactadas el 27/F/2010.

La normativa urbanística de las zonas afectadas por tsunami en las localidades de Tubul y Llico se señala en las siguientes tablas:

USOS DE SUELO ZONA ZH-2 Zona Habitacional Mixta 2	
Tipo de uso	Permitidos – Condicionados - Prohibidos
Residencial	Permitido
Actividades productivas	Prohibido
Equipamiento	
Científico	Permitido
Comercio	Permitido excepto centros o estaciones de servicio, automotor y discotecas. Estas últimas sólo se permitirán asociadas a la actividad hotelera.
Culto y Cultura	Permitido
Deporte	Permitido, excepto estadios
Educación	Permitido
Esparcimiento	Prohibido
Salud	Permitido, excepto cementerios y crematorio
Seguridad	Permitido, excepto cárceles y centro de detención
Servicios	Permitidos
Social	Permitidos
Infraestructura	
Transporte	Permitido, bajo las condiciones establecidas en el Art. 16 de esta Ordenanza Local.
Sanitaria	Prohibido
Energética	Prohibido

CONDICIONES DE EDIFICACIÓN ZONA ZH-2 Zona Habitacional Mixta 2	
Superficie Predial Mínima	200 m <sup>2</sup> .
Coefficiente Máximo de Ocupación	0.6
Coefficiente Máximo de Constructibilidad	1.8
Altura Máxima de Edificación	10,5 m.
Sistema de Agrupamiento	Aislado/Pareado
Adosamiento	Permitido
Altura Máxima de Continuidad y/o Pareo	7,0 m.
Longitud Máxima Continuidad y/o Pareo	40% deslinde común
Antejardín Mínimo	2 m.
Densidad Habitacional Máxima Bruta	380 hab./ha.

USOS DE SUELO ZONA ZE-2 Zona Equipamientos 2	
Tipo de uso	Permitidos – Condicionados - Prohibidos
Residencial	Prohibido
Actividades productivas	Prohibido
Equipamiento	
Científico	Permitido
Comercio	Prohibido
Culto y Cultura	Prohibido, excepto centros culturales, museos, bibliotecas y salas de concierto.
Deporte	Permitido
Educación	Permitido
Esparcimiento	Prohibido
Salud	Permitido, excepto cementerios y crematorios.
Seguridad	Permitido, excepto cárceles y centros de detención.
Servicios	Permitido
Social	Permitido
Infraestructura	
Transporte	Permitido, bajo las condiciones establecidas en el Art. 16 de esta Ordenanza Local.
Sanitaria	Prohibido
Energética	Prohibido

CONDICIONES DE EDIFICACIÓN ZONA ZE-2  
Zona Equipamientos 2

Superficie Predial Mínima	600 m2.
Coefficiente Máximo de Ocupación	0.5
Coefficiente Máximo de Constructibilidad	1.2
Altura Máxima de Edificación	14 m.
Sistema de Agrupamiento	Aislado
Adosamiento	Permitido
Altura Máxima de Continuidad y/o Pareo	No aplica
Longitud Máxima Continuidad y/o Pareo	No aplica
Antejardín Mínimo	5 m., excepto Tubul que será de 2 m.
Densidad Habitacional Máxima Bruta	No aplica

USOS DE SUELO ZONA ZPM  
Zona de Playa de Mar

Tipo de uso	Permitidos – Condicionados - Prohibidos
Residencial	Prohibido
Actividades productivas	Prohibido
Equipamiento	
Científico	Prohibido
Comercio	Prohibido
Culto y Cultura	Prohibido
Deporte	Prohibido
Educación	Prohibido
Esparcimiento	Prohibido
Salud	Prohibido
Seguridad	Prohibido
Servicios	Prohibido
Social	Prohibido
Infraestructura	
Transporte	Permitido marítimo
Sanitaria	Prohibido
Energética	Prohibido

USOS DE SUELO ZONA ZRI-1  
Área de Riesgo Zona propensa a inundación 1

Tipo de uso	Permitidos – Condicionados - Prohibidos
Residencial	Permitido
Actividades productivas	Prohibido
Equipamiento	
Científico	Permitido
Comercio	Permitido
Culto y Cultura	Permitido
Deporte	Permitido
Educación	Permitido
Esparcimiento	Permitido
Salud	Permitido, excepto cementerios y crematorios.
Seguridad	Permitido, excepto cárceles y centros de detención.
Servicios	Permitido
Social	Permitido
Infraestructura	
Transporte	Permitido, bajo las condiciones establecidas en el Art. 16 de esta Ordenanza Local.
Sanitaria	Permitido sólo en Tubul plantas de tratamiento de aguas servidas, bajo las condiciones establecidas en el Art. 16 de esta Ordenanza Local. El resto prohibido.
Energética	Prohibido

CONDICIONES DE EDIFICACIÓN ZONA ZRI-1  
Área de Riesgo Zona propensa a inundación 1

Superficie Predial Mínima	500 m2
Coefficiente Máximo de Ocupación	0.3 viviendas, 0.6 otros usos
Coefficiente Máximo de Constructibilidad	0.6 viviendas, 1.8 otros usos
Altura Máxima de Edificación	7 m. viviendas, 14 m. otros usos
Sistema de Agrupamiento	Aislado/Pareado
Adosamiento	Permitido
Altura Máxima de Continuidad y/o Pareo	7 m.
Longitud Máxima Continuidad y/o Pareo	40% deslinde común.
Antejardín Mínimo	3 m.
Densidad Habitacional Máxima Bruta	240 hab./ha
Condiciones Especiales	Zona de Riesgos condicionada a la elaboración de estudios fundados, en conformidad al Artículo 2.1.17 de la O.G.U. y C y sus modificaciones, dada la existencia de riesgos de inundación y/o anegamiento.

Localidad de Tirúa

La localidad de Tirúa se emplaza a 170 Km. al sur de Concepción. en la costa de la provincia de Arauco.

Esta localidad fue muy afectada por el tsunami debido a que las olas penetraron por el río Tirúa y por los sectores bajos de la playa. El área de inundación total fue de más de 80 ha. aprox. incluyendo el lecho del río y la ribera sur. El área de inundación, al igual que en Llico, coincide con la curva de nivel 5 m.s.n.m



Fig. 27 Areas de impacto por tsunami en Tirúa 27/f sobre foto Google

Según se aprecia en la Fig. 27 existe un área de destrucción total de viviendas y equipamientos públicos y municipales emplazados frente a la avenida Costanera. Allí se encontraba el edificio de la Municipalidad, el Gimnasio Municipal y el Internado Antiguo Liceo C-90, los que fueron totalmente destruidos por el efecto del tsunami. Las obras de defensa fluvial (muro costanero) fueron parcialmente destruidas por el mar. Otras edificaciones dañadas fueron la sede de pescadores, el retén

de Carabineros, el Cuartel Cuerpo de Bomberos y el Terminal de Buses.

El Catastro Comunal Minvu de 05-03-2010 señala 90 viviendas destruidas, 55 con daño mayor y 330 con daño menor. Algunas viviendas fueron arrastradas cerca de un kilómetro por las olas que siguieron el curso del río.

Para entender el impacto del tsunami es necesario explicar el emplazamiento y el sitio natural de Tirúa, el cual corresponde a una llanura litoral de sedimentación fluvio-marina reciente, conformada parcialmente por una terraza fluvial baja y por depósitos de arenas y cordones de dunas semi estabilizadas.

Esta llanura se emplaza en la ribera norte de la desembocadura del río Tirúa, el cual en su curso inferior, presenta una amplia terraza de inundación que forma parte del lecho del río, y por tanto corresponde a terrenos bajos, por donde penetró con fuerza el mar el 27 de febrero.

Tal como sucedió en Llico, la morfología litoral al sur de Tirúa presenta un bloque o punta saliente de acantilados marinos constituidos por esquistos paleozoicos del Metamórfico de la Cordillera de la Costa. Este murallón que mira hacia el norte fue determinante en el choque de las olas que venían desde esa dirección y el efecto de resonancia desde donde el mar penetró con fuerza por el río hacia el interior. Según lo relatado por la Directora de Planificación Municipal, el impacto se produjo por el rebote de la ola inicial en la ladera sur del río, lo cual explica la desaparición de la costanera y el grado de destrucción de la primera línea de construcciones ubicadas frente a ésta.

Por la misma razón, hubo gran inundación y destrucción total en la ribera sur del río y en sectores bajos de vegas y humedales, el agua azotó fuertemente el acantilado ubicado en este sector y las viviendas, comercio y cabañas allí existentes fueron des-

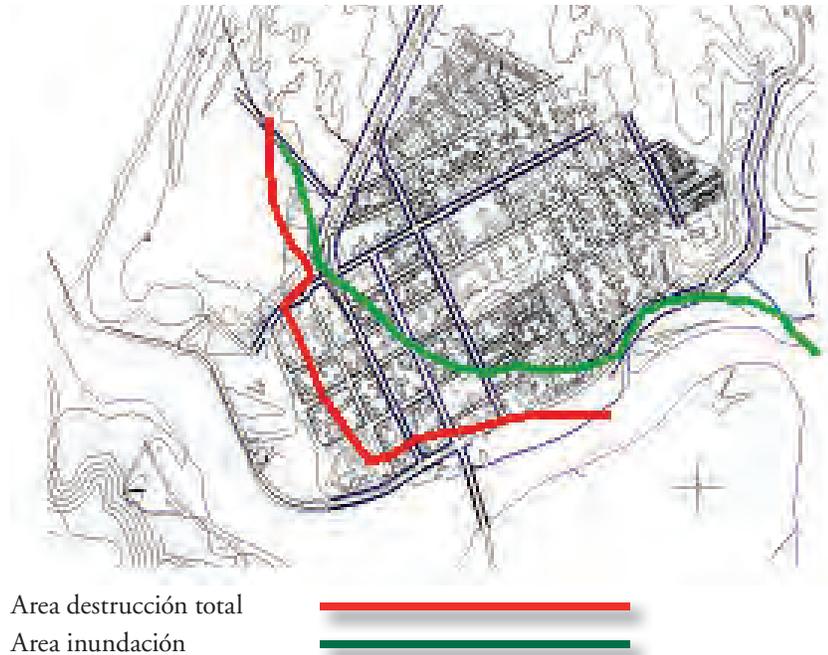


Fig. 28 Áreas de impacto por tsunami en Tirúa 27/f sobre levantamiento aerofotogramétrico

truidas totalmente. El agua llegó hasta 2 m de altura en sector del acceso a la subida del camino a Tirúa Sur. En cambio en el pueblo, en las calles paralelas a la Costanera, el nivel del agua alcanzó entre 80 y 40 cm.

Al efectuar una superposición entre la zonificación propuesta en el Plan Regulador Comunal de Tirúa en estudio y las áreas de inundación y destrucción afectadas por el tsunami, se obtienen las siguientes zonas:

- Zona Habitacional ZH-1
- Zona Habitacional ZH-3
- Zona de Equipamiento y Servicios ZEQ
- Zona de Terminal Pesquero ZTP
- Zona de Equipamiento Turístico ZET
- Espacios Públicos de borde costero, Áreas Verdes y Vialidad

Tal como es la constante en todos estos pueblos costeros, el borde marítimo de Tirúa consideraba una zona de protección de playa y dunas, acompañada de espacios públicos, área verde y vialidad, correspondientes a un paseo de borde fluvial y costero. También se reconocían dos zonas residenciales consolidadas ZH-1 y ZH-3; una zona de equipamiento y servicios donde se prohibía la vivienda y se permitían equipamientos diversos; una zona de terminal pesquero fluvial emplazada en la ribera del río, y una zona de equipamiento turístico de baja densidad, emplazada frente a la playa en las dunas. Parcialmente estas zonas están sujetas al riesgo de tsunami y fueron afectadas el 27/F/2010.

La normativa urbanística de las zonas afectadas por tsunami en las localidades de Tirúa se señala en las siguientes tablas:

<b>Zona zh-1 habitacional</b> Usos de suelo zona zh-1		<b>ZONA ZEQ DE EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS</b> USOS DE SUELO ZONA ZEQ	
Tipo de uso	permitidos - condicionados - prohibidos	Tipo de uso	permitidos - condicionados - prohibidos
Residencial	permitido	Residencial	prohibido, excepto vivienda complementaria a la actividad
Actividades Productivas		Actividades productivas	
Industria	molesta prohibido	Industria	molesta prohibido
Bodegaje y talleres	Inofensiva permitido	Bodegaje y talleres	Inofensiva permitido
Equipamiento		Equipamiento	
Científico	permitido,	Científico	permitido
Comercio	permitido, excepto discotecas,	Comercio	permitido
Culto y cultura	permitido	Culto y cultura	permitido
Deporte	permitido	Deporte	permitido
Educacion	permitido	Educacion	permitido
Esparcimiento	permitido, excepto zoológico	Esparcimiento	permitido excepto zoológico
Salud	permitido excepto cementerios y crematorio	Salud	permitido excepto cementerio y crematorio
Seguridad	permitido excepto cárcel y centros de detención	Seguridad	permitido
Servicios	permitido	Servicios	permitido
Social	permitido	Social	permitido
<b>CONDICIONES DE EDIFICACION ZONA ZH-1</b>		<b>CONDICIONES DE EDIFICACION ZONA ZEQ</b>	
Superficie predial mínima	100 m2	Superficie predial mínima	1.000 m2
Coeficiente máximo de ocupación	0,8 residencial y 0,6 para los otros usos permitidos	Coeficiente máximo de ocupación	0,6
Coefic. Máximo de constructibilidad	4,0	Coefic. Máximo de constructibilidad	----
Altura máxima de edificación	15 m	Altura máxima de edificación	libre según rasante
Sistema de agrupamiento aislado.	Pareado y continuo	Sistema de agrupamiento	aislado
Altura máxima de continuidad	7,0 m	Altura máxima de continuidad	no se permite
Longitud máxima de continuidad	residencial 60 % del deslinde; para otros usos 40% se permite	Longitud máxima de continuidad	no se permite
Adosamiento	según OGUC	Adosamiento	no se permite según OGUC
Distancia mínima a los deslindes	según OGUC	Distancia mínima a los deslindes	5 m frente a vías estructurantes
Antejardín mínimo	no se exige	Antejardín mínimo	5 m frente a vías estructurantes
Densidad habitacional máxima bruta	vivienda en extensión 140 hab/ha	Densidad habitacional máxima bruta	no consulta
Viviendas en altura	600 hab/ha		
<b>ZONA ZH-3 HABITACIONAL</b> USOS DE SUELO ZONA ZH-3		<b>ZONA ZTP ZONA DE TERMINAL PESQUERO</b> USOS DE SUELO ZONA ZTP	
Tipo de uso	permitidos - condicionados - prohibidos	Tipo de uso	permitidos - condicionados - prohibidos
Residencial	permitido	Residencial	prohibido, excepto vivienda complementaria a la actividad
Actividades productivas		Actividades productivas	
Industria	molesta prohibido	Industria	molesta permitido
Bodegaje y talleres	Inofensiva permitido	Bodegaje y talleres	Inofensiva permitido
Equipamiento		Equipamiento	
Científico	permitido	Científico	permitido, sólo complementario a la actividad principal de la zona
Comercio	permitido, excepto discotecas	Comercio	permitido, sólo complementario a la actividad principal de la zona
Culto y cultura	permitido	Culto y cultura	permitido
Deporte	permitido excepto estadio	Deporte	permitido, sólo complementario a la actividad principal de la zona
Educacion	permitido	Educacion	prohibido
Esparcimiento	permitido excepto zoológico	Esparcimiento	Permitido, sólo complementario a la actividad principal de la zona
Salud	permitido excepto cementerio y crematorio	Salud	Permitido, sólo complementario a la actividad principal de la zona
Seguridad	permitido excepto cárcel y centros de detención	Seguridad	Permitido, sólo complementario a la actividad principal de la zona
Servicios	permitido	Servicios	Permitido, sólo complementario a la actividad principal de la zona
Social	permitido	Social	Permitido, sólo complementario a la actividad principal de la zona
<b>CONDICIONES DE EDIFICACION ZONA ZH-3</b>		<b>CONDICIONES DE EDIFICACION ZONA ZTP</b>	
Superficie predial mínima	500 m2	Superficie predial mínima	1.000 M2
Coeficiente máximo de ocupación	0,5	Coeficiente máximo de ocupación	0,6
Coefic. Máximo de constructibilidad	5	Coefic. Máximo de constructibilidad	----
Altura máxima de edificación	15 m	Altura máxima de edificación	Libre según rasante
Sistema de agrupamiento	aislado	Sistema de agrupamiento	Aislado
Altura máxima de continuidad	no se permite	Altura máxima de continuidad	No se permite
Longitud máxima de continuidad	no se permite	Longitud máxima de continuidad	No se permite
Adosamiento	no se permite	Adosamiento	No se permite
Distancia mínima a los deslindes	según OGUC	Distancia mínima a los deslindes	Según OGUC
Antejardín mínimo	5 m. Frente a avda Costanera , 3 m para otras calles	Antejardín mínimo	No se exige
Densidad habitacional máxima bruta	vivienda en extensión 56 hab/ha	Densidad habitacional máxima bruta	No consulta
Viviendas en altura	400 hab/ha		

USOS DE SUELO ZONA ZET		
Tipo de uso	Permitidos - Condicionados - Prohibidos	
Residencial	Permitido sólo locales de hospedaje o similares	
Actividades productivas		
Industria		
Bodegaje y Talleres	Molesta	Prohibido
	Inofensiva	Prohibido
Equipamiento		
Científico	Prohibido	
Comercio	Permitido	
Culto Y Cultura	Permitido	
Deporte	Permitido	
Educación	Prohibido	
Esparcimiento	Permitido	
Salud	Prohibido	
Seguridad	Prohibido	
Servicios	Prohibido	
Social	Prohibido	

CONDICIONES DE EDIFICACION ZONA ZET	
Superficie predial mínima	2.000 M2

Coefficiente máximo de ocupación	0,6
Coefic. Máximo de constructibilidad	3
Altura máxima de edificación	Libre según rasante
Sistema de agrupamiento	Aislado
Altura máxima de continuidad	No contempla
Longitud máxima de continuidad	No contempla
Adosamiento	Según OGUC
Distancia mínima a los deslindes	Según OGUC
Antejardín mínimo	3 m.
Condiciones especiales (c)	Según artículo 13 de la presente ordenanza
Densidad habitacional máxima bruta	No contempla

### Acciones y recomendaciones finales

Estas tres localidades costeras de la provincia de Arauco (Tubul, Llico y Tirúa) no tienen instrumentos de planificación vigente y la propuesta de plan regulador que se encontraba terminada pero no aprobada, deberá ser revisada para con-



Fig. 29 Zona de borde fluvial mayormente afectada por el tsunami en tirúa frente a la costanera



Fig. 30 Desembocadura del río Tirúa. El tsunami destruyó el muro de defensa fluvial



Fig. 31 Viviendas dañadas por el tsunami frente a la ribera del río Tirúa



Fig. 32 Gimnasio municipal de Tirúa emplazado frente a la costanera del río



Fig. 34 Destrucción del borde fluvial productivo



Fig. 33 Calle costanera de Tirúa arrasada por tsunami. Aquí se emplazaba la municipalidad



Fig. 35 Borde fluvial con destino espacio público recreacional

siderar los riesgos de tsunami y corregir situaciones de emplazamiento actual, muchas generadas en forma espontánea y otras planificadas, y que no son recomendables debido a situaciones de riesgos naturales, como los señalados.

Las principales acciones emprendidas post terremoto, además de la emergencia, y en función de la reconstrucción son las siguientes: El Gobierno Regional del Bio Bio conformó una Comisión de Reconstrucción del Borde Costero que tiene por objeto abordar los planes maestros para la reconstrucción de 18 localidades costeras arrasadas por el tsunami, entre las que se encuentran estas tres localidades.

Paralelamente, la Subsecretaría de Desarrollo Regional del Ministerio de Interior firmó un convenio con la Universidad del Bio Bio para la elaboración de los estudios de riesgo necesarios para fundamentar cualquier propuesta de ocupación y uso del suelo de todas las localidades costeras afectadas por el tsunami.

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo está generando los recursos para abordar las modificaciones de los instrumentos de planificación de las localidades afectadas por tsunami

y por el terremoto, entre las que se considera la reformulación de los polígonos urbanos de estas tres localidades.

Finalmente, se señalan a continuación algunas recomendaciones generales para la planificación de estas localidades:

Considerar franjas de amortiguación o protección de olas, como barreras arbóreas, muros peraltados, entre otras.

Definir espacios públicos amplios de borde costero y fluvial que cumplan la función de áreas de amortiguación, con uso de vialidad, equipamiento y áreas verdes, e impedir la localización de viviendas en las áreas de destrucción total.

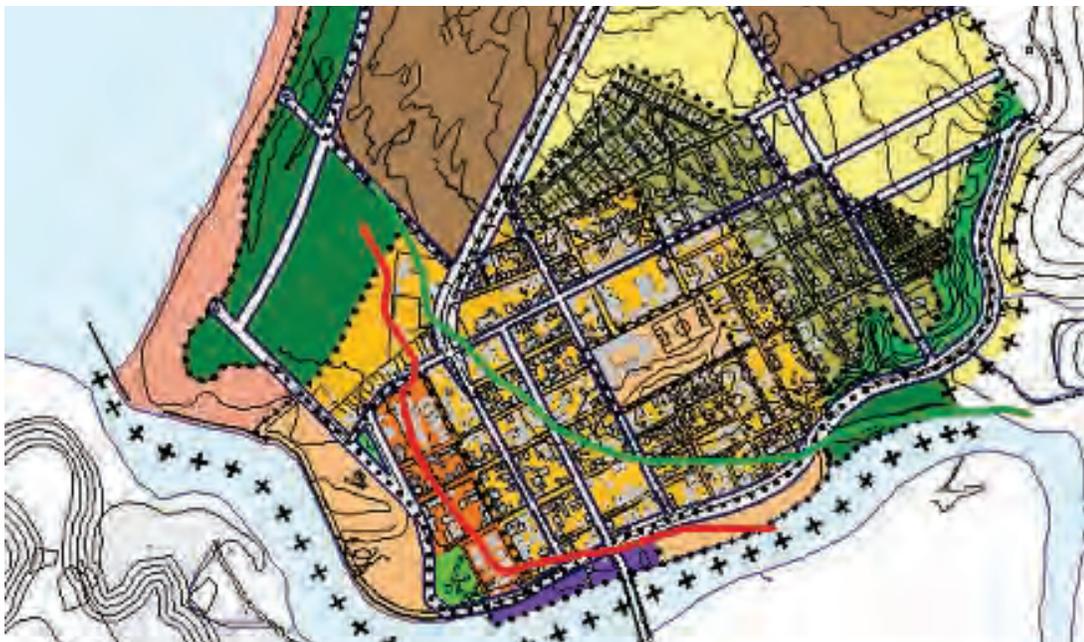
La inversión pública debería considerar además en su gestión a mediano plazo, defensas marítimas de borde costero, a través de la Dirección de Obras Portuarias.

La localización de viviendas debe estar emplazada fuera de la franja que enfrenta la playa de mar, pero tampoco pueden ser terrenos muy alejados de las fuentes de trabajo ya que la mayoría viven de la pesca y recolección de recursos marinos.

Se deben ejecutar vías de evacuación hacia zonas de seguridad debidamente señaladas.

Campañas de educación cívica en estas materias.

*Fig. 36 Areas de inundación y de destrucción por tsunami en tirua 27/sobre propuesta de plan regulador comunal*



La ocurrencia de este tipo de fenómenos y su análisis, permite dimensionar la fragilidad de los sistemas urbanos costeros, determinada principalmente por la morfología litoral que permite entender el sitio y emplazamiento de estos asentamientos. Estos factores deben ser considerados en la planificación del territorio, esto es, en el uso y ocupación del

espacio borde costero, y para ello, la geografía es la ciencia que por esencia aporta este tipo de conocimientos y se complementa con la planificación, para generar instrumentos sustentables y acordes con el medio ambiente natural y construido.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Campusano, O. Alfonso, Análisis de Riesgo de Tsunamis, Isla Rocuant. Octubre 2005

El Mercurio: "Terremoto en Chile, Imagen satelital muestra que la costa de Talcahuano se elevó 1,5 m tras terremoto" 29 Abril 2010

El Diario de Concepción: "Reportaje: Lecciones del Terremoto" 28 Marzo 2010-05-20

Enciclopedia Wikipedia: "Terremoto en Chile 2010"

Gobierno de Chile, Instituto de Seguridad Laboral ISL, Agencia Regional del Bio Bio: "Boletín especial Terremoto en Chile. Región del Bio Bio 27.02.2010"

Gobierno de Chile, Ministerio del Interior: "Por una cultura preventiva riesgo de tsunami" Presentación Power point

Gobierno Regional del Bio Bio: Comisión de Reconstrucción del Borde Costero CRBC 18: "Plan de Reconstrucción del Borde Costero"

Institute for the Protection and Security of the Citizen Joint Research Centro. Italia Marzo 2010: "Tsunami Chile 27 F 2010 - Parte 3- Estimación de la Inundación Costera"

Morales, M. Roberto "Informe Situación de Riesgo Sector Caleta Cocholgüe - Comuna de Tome" DDUI 4 Mayo 2010

Morales M. Roberto, Andaluz S. Carol, Gijón C. Orlando, Pincheira R. Liliana: "Informe Evaluación Efectos del Tsunami Provincia de Arauco Región del Bío Bío" DDUI Marzo 2010.

RapidEye: "Tsunami Chile Change Detection, A Rapide Investigation" 5 Marzo 2010-05-20

Seremi Minvu Región de la Araucanía: "Informe sobre tsunami en Tirúa"

Sernageomin: INF. BIOBIO 04 "Observación de daños en caleta Cocholgüe y Punta Lavapie" 9 Marzo 2010

Sernageomin: INF. BIO BIO 05 "Observaciones de daños en la localidad de Tubul y Llico" 10 Marzo 2010

Sernageomin: INF. BIO BIO 07 "Observaciones de daños en la localidad de caleta Las Peñas, y evaluación de los terrenos para viviendas provisorias en la ciudad de Arauco". 10 Marzo 2010

Servicio Geológico y Sismológico de Estados Unidos (USGS) Diversas informaciones en página Web.