

ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR COMUNAL DE ANGOL



ESTUDIO DE RIESGO

Septiembre 2013

TABLA DE CONTENIDOS

REGISTRO DE PROCESOS HISTÓRICOS DE PELIGROSIDAD NATURAL, VULNERABILIDAD Y EXPOSICIÓN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	3
CRONOLOGÍA SÍSMICA.....	4
1. Terremoto y maremoto de Concepción, 16 de marzo de 1657.....	4
2. Terremoto de Valdivia, 24 de diciembre de 1737.....	5
3. Terremoto del 19 de noviembre de 1822.....	5
4. Terremoto de Valdivia, del 7 de noviembre de 1837.....	5
5. Terremoto de Chillán, del 24 de enero de 1939.....	5
6. Terremoto de Angol, del 19 de abril de 1949.....	5
7. Terremoto de Valdivia, del 22 de mayo de 1960.....	6
8. Sismo en las provincias de Arauco, Malleco y Cautín, del 10 de mayo de 1975.....	6
ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL PASADO TERREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010 SOBRE LA COMUNA DE ANGOL.....	6
EXPOSICIÓN AL RIESGO.....	12
POBLACIÓN, EVOLUCIÓN Y PROYECCIONES.....	12
DENSIDAD.....	15
IMAGEN ESPACIAL DE LA COMUNA.....	18
MODELACIÓN DE EVALUACIÓN DE RIESGO, FACTORES Y VARIABLES ANALIZADAS.....	24
INTRODUCCIÓN.....	24
OBJETIVOS.....	26
<i>Objetivo general de la metodología empleada.....</i>	<i>26</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>26</i>
METODOLOGÍA.....	26
RESULTADOS. ACTUALIZACIÓN “ESTUDIO DE RIESGOS NATURALES”.....	28
PELIGROS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	28
<i>Inundación.....</i>	<i>28</i>
<i>Anegamiento.....</i>	<i>30</i>
<i>Remoción en masa.....</i>	<i>32</i>
<i>Sismos.....</i>	<i>43</i>
<i>Geomorfología.....</i>	<i>46</i>
<i>Marco Geológico.....</i>	<i>47</i>
<i>Introducción efecto de sitio.....</i>	<i>48</i>
VULNERABILIDAD.....	52
EXPOSICIÓN.....	53
PROCESO DE SUBSIDENCIA CANAL POCHOCHINGUE.....	55
CONCLUSIONES GENERALES.....	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ESTUDIO SÍSMICO.....	58

REGISTRO DE PROCESOS HISTÓRICOS DE PELIGROSIDAD NATURAL, VULNERABILIDAD Y EXPOSICIÓN.

INTRODUCCIÓN.

El 27 de febrero de 2010 el país vivió una de las catástrofes más devastadoras de las que tiene conocimiento nuestra historia.

Para hacer frente a las consecuencias que dicho evento generó y como se ha señalado, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo ha desarrollado un Programa de Reconstrucción Nacional “Chile Unido Reconstruye Mejor”, que en las áreas de Desarrollo Urbano y Territorial considera 2 etapas y 5 líneas de acción.

La intención en la actualización del Plan Regulador de la Comuna de Angol se encuentra inserta en la primera etapa del programa mencionado y dentro de la línea de actualización de los instrumentos de planificación territorial previa actualización y reconsideración en los ejercicios de este.

El objetivo de este plan es orientar la toma de decisiones respecto a la planificación y proyectos de inversión en estas ciudades, incentivar el desarrollo sustentable en lo económico, social y ambiental, incorporar instancias de participación ciudadana e integrar aquellas variables que permitan elevar el estándar urbano de nuestras ciudades más afectadas por dichos sucesos.

Además y por motivo de lo ocurrido el 27F se plantea la actualización de este documento como una oportunidad en la identificación de zonas de riesgo o daños por efecto del terremoto lo que se vuelve de vital importancia al momento de plantear nuevas posibilidades de desarrollo territorial en la zona urbana de Angol, toda vez que se entiende que los propósitos y alcances de este instrumento son, entre otros puntos, constituir una guía de trabajo que facilite la coordinación de las acciones del sector público en los distintos niveles de gobierno y oriente las acciones del sector privado, en el ámbito de la regeneración urbana, de manera que sirvan de vínculo entre la toma de decisiones sobre proyectos y acciones específicas y los objetivos estratégicos de desarrollo a mediano y largo plazo que cada comuna posee, y en este caso, Angol.

Ahora bien, el objetivo central del presente capítulo es realizar un registro exhaustivo de lo ocurrido el 27F en términos urbano-físicos en la comuna, cruzando información proveniente de los registros en daños materiales de la comuna, junto a los riesgos acaecidos en términos

físicos en el territorio para así arribar a un plan que sea efectivo y oportuno para el funcionamiento del sistema comunal y regional en su conjunto.

Evidentemente, las expectativas municipales y de la contraparte técnica del estudio frente a las posibilidades de resolver problemáticas como consecuencia del 27F en la actualización de este PRC, serán contrastadas con los aspectos geográficos, depoblación, demográficos, socio-económicos, socio-culturales e históricos de la comuna, a través de los antecedentes recogidos en la caracterización, lo que resulta fundamental a la hora de enfrentar el desarrollo y la regeneración urbana comunal pues ninguno de los actores comunales posee la capacidad ni los recursos, por sí solo, para lograr los objetivos planteados y se requiere, indiscutiblemente, de los esfuerzos de todos y todas y de la sinergia que ello provoca, para arribar a los mismos.

CRONOLOGÍA SÍSMICA.

Chile es, ha sido y será un territorio de permanentes terremotos de magnitud considerable. Hacer un catastro histórico de éstos es una tarea compleja, pues la instrumentación que hace posible la medición de sus características y principales efectos es bastante reciente. En efecto, la escala de Richter que es el instrumento que permite medir la intensidad de los terremotos, fue creada recién en 1930. Desde esta fecha hacia atrás no había un instrumento de medición común que permitiera categorizar a los terremotos.

Que no hayan existido instrumentos para medir los terremotos no quiere decir en ningún caso que no hayan existido terremotos. Por eso, el único registro que se tiene de los eventos anteriores a 1930 son los testimonios escritos de quienes vivieron esos momentos. En el caso de Chile, los principales aportes a esta materia, al menos en la época de la Conquista, fueron los escritos de sacerdotes Jesuitas como el padre Escobar o el padre Diego de Rosales, quienes registraron los terremotos de 1570 y 1575 como los primeros de intensidad notables en nuestra historia posterior a la Conquista española¹. En el resto de los casos, hay documentación oficial de los gobiernos de turno que permite dar con vasta información.

1. Terremoto y maremoto de Concepción, 16 de marzo de 1657.

Según los escasos registros que se tienen de este terremoto, la documentación señala que sacudió la zona entre el río Maule y el río Cautín y derribó prácticamente a toda la ciudad de Concepción. Las ruinas fueron llevadas por un violento tsunami. Los registros señalan que este maremoto se repitió dos (también se dice que fueron tres) veces, en medio de fuertes réplicas y que producto del terremoto y el maremoto fallecieron alrededor de 40 personas,

¹Información extraída del sitio Web <http://www.angelfire.com/nt/oldterremotosChile/>

pero las pérdidas materiales fueron las más cuantiosas, ya que prácticamente toda la población quedó sin techo.

2. Terremoto de Valdivia, 24 de diciembre de 1737.

Tampoco hay muchos registros sobre este terremoto. La mayoría se encuentra en el texto del historiador Barros Arana. Según los testimonios recogidos por este historiador, fueron tres los sacudimientos, aunque muy seguidos con cortos intervalos.

Casi todas las fortalezas y habitaciones fueron derribadas. El desastre fue de talmagnitud, que se evaluó seriamente el traslado de la ciudad a otro territorio.

Se estima que este terremoto afectó las regiones del Biobío, La Araucanía, Los Lagos y Los Ríos. Además, se estima que el número de muertos alcanzó las 212 personas.

3. Terremoto del 19 de noviembre de 1822.

El terremoto abatió la extensa zona del territorio chileno entre Illapel y Chiloé. Dos semanas antes un fuerte sismo había alertado a la población de Copiapó. Pero esta vez fue más intenso, cobrando no menos de doscientas víctimas fatales y otros tantos heridos. Duró tres minutos y medio, pero registró unas 170 réplicas menores en los días subsiguientes. No hay registros de pérdidas materiales o humanas en el territorio de Angol.

4. Terremoto de Valdivia, del 7 de noviembre de 1837.

Se estima que este terremoto afectó las regiones del Biobío, La Araucanía, Los Lagos y Los Ríos. Además, se estima que el número de muertos alcanzó las 212 personas.

5. Terremoto de Chillán, del 24 de enero de 1939.

Este terremoto afectó fuertemente a las provincias del Maule, Linares, Ñuble y Concepción, y los registros dicen que la tierra se movió desde Santiago hasta Temuco (llegando incluso a Mendoza). Murieron cerca de 6.000 personas. El sismo fue catalogado como magnitud 7,8 en escala Richter e intensidad X en escala Mercalli. No hay registros de pérdidas humanas o materiales en el territorio de Angol.

6. Terremoto de Angol, del 19 de abril de 1949.

Este sismo tuvo una magnitud de 7,3 grados en la escala de Richter y X grados en la escala de Mercalli. Fue apreciado entre Talca y Osorno y las ciudades más afectadas fueron Angol, Temuco y Los Ángeles. Murieron 35 personas, hubo 155 heridos y 2.065 damnificados.

7. Terremoto de Valdivia, del 22 de mayo de 1960.

Este terremoto cuyo epicentro fue en Valdivia es considerado como el principal terremoto de la historia, al menos desde que se pueden registrar. Su magnitud fue de 9,5 en la escala de Richter. Después del terremoto, hay registros de movimientos telúricos fuertes por al menos dos semanas más. El terremoto tuvo una duración de 10 minutos, aunque hay estudios que señalan que dicho movimiento en realidad fue una sucesión de más de 37 terremotos cuyos epicentros se extendieron por más de 1.350 km. Se devastó todo el territorio chileno entre Talca y Chiloé, es decir, más de 400.000 km².

Este sismo fue percibido en diferentes partes del planeta y produjo un maremoto que afectó a diversas localidades a lo largo del Océano Pacífico, como Hawaii y Japón, y la erupción del Volcán Puyehue cubrió de cenizas el Lago Puyehue. Fallecieron más de 2.000 personas y más de 2 millones quedaron damnificados a causa de este desastre.

El maremoto provocó más destrucción que el terremoto. Al igual que Corral, toda la costa sur fue prácticamente borrada del mapa. En la provincia de Cautín los pueblos más afectados fueron Toltén, Puerto Saavedra y Queule.

8. Sismo en las provincias de Arauco, Malleco y Cautín, del 10 de mayo de 1975.

Sobre este sismo no existen mayores antecedentes atribuibles a la comuna.

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL PASADO TERREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010 SOBRE LA COMUNA DE ANGOL.

Con el antecedente histórico antes expuesto, no sorprende que una de las localidades del extremo norte de la Región de La Araucanía más afectada por el terremoto de la madrugada del 27.02.10, haya sido la ciudad de Angol.

Diversos medios oficiales y de prensa comunicaron el colapso, parcial o total, de numerosas edificaciones, tanto particulares como estatales. En el informe del SERNAGEOMIN² se describe lo ocurrido y se explica cómo el movimiento sísmico habría detonado el colapso estructural de diversas edificaciones y solo escasas deformaciones del terreno, consistentes, principalmente, en agrietamientos en el suelo.

²SERNAGEOMIN; "Efectos Geológicos del Sismo del 27 de febrero 2010: Ciudad de Angol, Provincia de Malleco, Región de la Araucanía"; mayo 2010.

Importante parece considerar que Angol junto al sector de Huequén están fundados, principalmente, sobre una llanura aluvial (ríos Rehue, Picoiquén y Vergara), formada por depósitos de arenas, gravas y gravillas no consolidadas de baja calidad geotécnica. Respecto de los daños sufridos como consecuencia del pasado terremoto del 27 de febrero de 2010 y según información recopilada en los medios comunales, en el portal Canal de Noticias³ el 1 de Marzo de 2010 se afirma que “los daños estructurales más graves los tiene el Hospital de Angol⁴, que debió ser evacuado por completo, salvo el Servicio de Urgencia que actualmente funciona en el nuevo CESFAM Centro.” *Además se observan subsidencia en el casco antiguo de la ciudad y obturaciones en red de aguas lluvias que produjeron destrucción de infraestructura, algunas viviendas y calles del sector Huequén, así como de deslizamientos de traslacionales en el Parque Vergara.*

A nivel de viviendas, el catastro hecho en primer término por la comunidad y las autoridades municipales, concluye que: “la mayoría de las casas antiguas, especialmente en la avenida O’Higgins y en el centro de Angol se encuentran dañadas, y muchas de ellas inhabitables. En calle Lautaro hay varias estructuras parcialmente colapsadas, lo mismo que en Caupolicán, donde la mayoría de las viviendas de Caupolicán, entre Julio Sepúlveda y Chorrillos reportan daños sumamente severos ya que el canal Pochochingue, que pasa por la parte baja hizo descender el nivel del terreno incluso en la calzada, que registra una larga grieta, pero no hubo heridos. También hay graves daños en Prat, en varios locales comerciales y varias viviendas. Sin embargo, las casas de un piso y la mayoría de menos de 30 años de antigüedad no reportan daños serios, salvo destrucción casi total de loza y artículos electrónicos. Puente Vergara I y II resistieron, salvo con algunos daños parciales y sólo se registran daños en la ruta por el Vado Buenos Aires”.

La información recopilada en un primer momento por los habitantes de Angol a través de los medios de comunicación local, muestra coherencia con los estudios y observaciones hechas por SERNAGEOMIN:

“Se detecta en la Intersección de calle Caupolicán con Chorrillos hasta calle Colima en la intersección de calle Chorrillos con río Picoiquén, Parque Río Rehue, calles Lautaro con Traiguén y calles Yeli con Aulen en Huequén, áreas que experimentaron el hundimiento de viviendas, verificando efectivamente una subsidencia parcial de, a lo menos, 6 edificaciones (UTM N 5.814.453; UTM E 702.077, Datum Prov. SA 56) en la calle Caupolicán, con una serie de grietas en el pavimento siguiendo la dirección de la calle (E-W) y con hundimientos hacia el sur.

³http://www.canaldenoticias.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=5704:informese-aquiangol-severamente-golpeado-por-terremoto-que-causo-catastrofe-nacional&catid=90:destacados.

⁴Se hace mención al Hospital ubicado en Ilabaca 752, Hospital Dr. Mauricio Heyerman.

La visita al interior de las propiedades comprometidas permitió observar la existencia de un cauce natural (Pochochingue), de rumbo NW-SE, 6 m de profundidad, abierto, parcialmente canalizado y con alcantarillas en los cruces de calles.

Se observó también, en ambas riberas del Río Vergara y sobre el material de relleno (gravas y arenas), un juego de grietas paralelas al cauce, activadas por el sismo.

Estos juegos de grietas son escalonadas con aberturas 5 a 10 cm, para aquellas más distales, y de 10 a 20 cm en aquellas más proximales al cauce, ambas con saltos mayores a 15 cm. Este agrietamiento sobre material de relleno ocasionó el hundimiento y destrucción parcial de varias.

Así, resultaron con severos daños edificaciones sobre este cauce, principalmente, entre las calles Chorrillos, Sepúlveda e Ilabaca. Un seguimiento hacia las nacientes de este cauce permitió comprobar sus cabeceras hacia el norte, en el sector de El Embalse, y la existencia de algunos tributarios provenientes desde el NW. Las edificaciones cercanas a este cauce, entre Colima y Chorrillos también resultaron dañadas.

Por otro lado, en el extremo sur de la calle Chorrillos, próximo al río Picoiquén, se informó de daños parciales en una vivienda y en el Internado de Niñas Ilusión de Los Confines. En el lugar, se observó la presencia de un juego de grietas (N 5.814.185 / E702.048), de orientación aproximada N70°E y paralelas a la ribera norte del río Picoiquén.

Las grietas eran escalonadas, con aberturas de entre 10 a 15 cm, saltos de hasta 30cm hacia el río y se extendían más de 50 m. Este agrietamiento sobre material de relleno ocasionó la inclinación parcial de una vivienda y fracturamiento de la esquina del muro del internado. Este mismo juego de grietas, a lo largo del cauce del río Picoiquén, afectó varias viviendas en la calle Arturo Prat al llegar a calle Ilabaca.

En el extremo SW del Parque Río Rehue, se informó de daños parciales en pavimentos, aceras, alumbrado público y aparición de grietas. En ese sector se observó la presencia de un juego de grietas (N 5.813.998 / E 702.284) paralelas a la ribera norte del río Rehue.

Las grietas eran escalonadas, con aberturas de entre 10 a 40 cm, saltos de hasta 40cm, originando una remoción compuesta rotacional y traslacional, aunque el bloque marginal presentaba un basculamiento hacia el río. El juego de grietas se extendía en más de 200 m. Este agrietamiento sobre material de relleno ocasionó daños en infraestructura vial, alumbrado público (Figs. 5 y 7) y debilitamiento de árboles ribereños (álamos grandes y sauces), los cuales podrían colapsar y obturar el cauce del río Rehue.

En el extremo sur y SW de la calle Traiguén, se informó la aparición de grietas. En ellugar (N 5.814.304 / E 701.349), se observó la presencia de un juego de grietas de orientación NW, paralelas a la ribera norte del río Picoihuén. Las grietas eran escalonadas, con aberturas entre 2 y 5 cm, saltos máximos de hasta 20 cm hacia el río y se extendían en, aproximadamente, 30 m. Este agrietamiento sobre material de relleno no resultó en daños a la infraestructura, aunque debilitó el área del escarpe.

Grietas de aberturas y dimensiones menores se observaron inmediatamente hacia el oeste, en el área habilitada como 'camping'. En esta intersección (N 5.811.716 / E 705.327) se informó de la destrucción parcial del pavimento. Efectivamente, parte de la carpeta de concreto y aceras colapsaron en un radio de 10 m en torno a una tapa de alcantarillado, aunque no se observó un juego de grietas significativo asociado. El colapso se debió a un socavamiento previo del área de base que estaba húmedo y detonado por el sismo del 27.02.10.

Se observó, adicionalmente, la presencia de una delgada grieta principal de 1 a 3 cm de abertura, de orientación NE, que se prolongaba en, aproximadamente, 40 m y de la cual nacen algunas de abertura menor a 1 cm. Esta grieta, derribó parte de un muro interior de ladrillo de la Sala Cuna y Parvulario Villa Huequén, además de cruzar la calle Aulén".

La destrucción parcial o total de edificaciones en la ciudad de Angol correspondió, principalmente, al colapso de estructuras producto de la mala calidad de las mismas.

Resultaron *totalmente destruidas* aquellas construcciones de adobe, *severamente dañadas* aquellas construidas con ladrillos, *parcialmente dañadas* aquellas construidas en ladrillo pero con estructuras metálicas (fierros y cadenas) y *escasamente dañadas* aquellas construcciones en concreto armado o madera. Una parte menor de la destrucción correspondió al colapso de estructuras fundadas sobre material de relleno de mala calidad y escasa compactación.

La principal situación de peligro de la ciudad corresponde a la presencia del cauce natural que atraviesa parte de Angol y un sector del centro, canal Pochochingue, debido a la inestabilidad de sus laderas y a relleno artificial en sus márgenes. Por otra parte, algunas edificaciones se instalaron prácticamente sobre el cauce con pilares, las cuales colapsaron o quedaron severamente dañadas o inclinadas.

A lo largo del estero se observó una continuidad en agrietamientos, hundimientos y colapsos de algunas edificaciones y calles. Además, podría ocurrir la obturación de su curso medio-superior, lo cual provocaría eventuales represamientos. Se concluye que es recomendable intervenir el cauce mediante la competencia de la DOH, con un monitoreo y limpieza permanente del mismo para evitar aluviones.

Aquellas construcciones situadas en las proximidades de los cauces fluviales y debido a la mala calidad geotécnica de los depósitos aluviales (arenas y gravas no consolidadas), están expuestas a la formación de grietas paralelas a los ríos por la inestabilidad de los bordes de sus laderas inclinadas. En consecuencia, se recomienda, previa evaluación técnica de organismos competentes, la construcción de defensas fluviales.

Finalmente, se debe evaluar la situación de abundantes árboles ribereños localizados en áreas agrietadas que podrían colapsar y obturar los cauces de ríos.

Por otro lado y en relación al poblamiento de la comuna y su composición habitacional actual, de acuerdo a información obtenida del CENSO 2002 la ciudad (zona urbana) cuenta con 12.145 viviendas, de las cuales el 96,2% son casas, el 1,8% son mediagua, el 0,7% departamento, etc⁵.

Tabla Nº1: Tipo de Vivienda, comuna de Angol.

TIPO DE VIVIENDA	Viv. Urbana	%
Casa	11680	96,2
Departamento en edificio	81	0,7
Piezas en casa antigua o conventillo	73	0,6
Mejora, mediagua	221	1,8
Rancho, choza	34	0,3
Móvil (carpa, vagón, container, bote, lancha, similar)	0	0
Otro tipo de vivienda particular	20	0,2
Vivienda colectiva (residencial, hotel, hospital, etc)	35	0,3
Viajeros (no es considerado vivienda)	1	0
TOTAL	12145	100

Fuente: Censo de Población y Vivienda, año 2002.

La situación estructural de estas viviendas, graficada por la información del Censo del año 2002, cambió producto del pasado terremoto del 27 de febrero siendo la capital de la Provincia de Malleco la más dañada.

Según datos del SERVIU aproximadamente 3.200 viviendas de Angol sufrieron daños, razón por la cual hubo que instalar un total de 400 mediaguas.

Adicionalmente 120 familias declararon su calidad de damnificados lo que significa que sus viviendas serán subsidiadas para su reconstrucción.

⁵Plan de Regeneración Urbana Angol, MINVU, 2010.

Tabla Nº2: Estado de las viviendas, terremoto 27 de febrero 2010.

VIVIENDAS DESTRUIDAS	VIVIENDAS CON DAÑO MAYOR	VIVIENDAS CON DAÑO MENOR	TOTAL VIVIENDA DE LA COMUNA
146	260	303	13700
1%	2%	2%	100%

Fuente: Informe ALFA, ONEMI.

Un análisis cualitativo de la situación nos muestra que en la ciudad existe una importante cantidad de viviendas calificadas como semipermanentes o de emergencia, las cuales presentan deterioros sustanciales en su estructura y revestimientos.

Así podemos sostener que hay barrios donde las familias presentan condiciones de marginalidad habitacional y entre ellos se encuentra la población Trizano con 210 viviendas, población El Retiro con 700 viviendas, Huequén con 350 viviendas, Pampa Ingenieros con 170 viviendas, Las Azaleas con 60 viviendas.

Las 3.200 viviendas que sufrieron daños por el terremoto se encuentran ubicadas principalmente en el sector de Huequén, Coñuñuco, Pampa Ingenieros, El Cañón y Centro.

En la actualidad se cuenta con subsidios de acceso a vivienda que son coordinados y dirigidos a través del SERVIU en oficina ubicada en la ciudad de Angol. Dentro de los subsidios se encuentra el Fondo Solidario de Vivienda, Subsidio Habitacional, Subsidio Leasing Habitacional, Programa de Protección del Patrimonio Familiar, etc.

Conjuntamente y como se mencionó anteriormente, existe un subsidio de reconstrucción para aquellas viviendas que fueron severamente dañadas por el pasado terremoto.

Respecto de la situación laboral ésta se aprecia de la siguiente manera a partir del 27 de febrero de 2010:

En el Área Forestal existen tres grandes empresas que son representativas de esta rama: Forestal Mininco (oficinas barrio industrial), Forestal Cerda (sector Las Rosas) y Forestal Santa Elena (oficinas barrio industrial). Esta última se presentó en quiebra a mediados del mes de marzo, sin embargo, los problemas financieros que la llevaron a esta determinación serían producto de situaciones que la empresa arrastraba desde hace un tiempo. Por la magnitud del empleo perdido en este caso, se crearon instancias de diálogo entre trabajadores y la empresa que incluso contaron con la presencia de la Ministra del Trabajo.

El Área del Comercio se vio duramente afectada, principalmente en términos de infraestructura y pérdida en stock. El sector centro presenta los mayores problemas ya que las construcciones comerciales son antiguas y se presentaban debilitadas para enfrentar el terremoto.

En el sector agrícola se observan problemas en el Matadero de Angol ya que la gran mayoría de los animales que se faenan ahí vienen de la región del Biobío, los cuales no está llegando por problemas viales en aquella zona. Esto ha generado un problema en la cadena de distribución de aquellos productos (datos INDAP).

El Molino Angol se encuentra en operaciones actualmente pero presentó problemas menores que no le permitieron funcionar con normalidad las primeras semanas post terremoto (datos INDAP). El resto del sector agrícola estaría operando bajo condiciones de normalidad.

EXPOSICIÓN AL RIESGO.

POBLACIÓN, EVOLUCIÓN Y PROYECCIONES.

Las capitales provinciales de la región concentran la mayor cantidad de población:

Angol el 24,3% en la provincia de Malleco, y Temuco el 36,5% en la provincia de Cautín.

La Provincia del Malleco tiene 201.615 habitantes y la comuna de Angol tiene 48.996, lo que representa el 5,63% de la población total de la región. Un 10,60% (5.195 habitantes) corresponde a población rural y un 89,40% (43.801 habitantes) a población urbana.

Es posible dividir la región de la Araucanía, según su identidad social, cultural, productiva y geográfica, en 5 territorios. La comuna de Angol pertenece a la Araucanía Norte. En el cuadro siguiente se puede apreciar la distribución urbano –rural de la población por sexo.

Tabla N°3: Distribución Urbana-Rural, comuna de Angol

URBANA		RURAL	
HOMBRES	MUJERES	HOMBRES	MUJERES
20891	22910	2879	2316
47,70%	52,30%	55,42%	44,58%
43801 (89,4%)		5195 (10,6%)	

Fuente: Censo de Población y Vivienda, año 2002.

De acuerdo a los datos del Censo 1992 y 2002, la comuna pasó de tener una densidad de 38,7 habitantes por km² en 1992 a 42,5 en 2002, y de 9,0 viviendas por km² a 11,6 viviendas por km² en 2002.

Tabla Nº4: Población comuna de Angol, por sexo y área urbana y rural

	CENSO 2002					CENSO 1992				
	TOTAL	HOMBRE	MUJER	RURAL	URBANO	TOTAL	HOMBRE	MUJER	RURAL	URBANO
Angol	48.996	23.770	25.226	5.195	43.801	46.226	22.898	23.328	7.075	39.151
Región de La Araucanía	918.531	454.468	464.063	286.322	632.209	758.475	377.373	381.10	294.01	464.463
País	15.165.301	8	7.693.9	2.031.3	13.133.91	14.631.295	7.181.39	7.449.9	2.348.7	12.282.53

Fuente: Censo de Población y Vivienda, años 1992 y 2002.

Tabla Nº5: Porcentaje de Variación Censo 1992-2002.

	% VARIACIÓN				
	TOTAL	HOMBRE	MUJER	RURAL	URBANO
Angol	5,99	3,81	8,14	-26,57	11,88
Región de La Araucanía	21,10	20,43	21,77	-2,62	36,12
País	3,65	4,04	3,28	-13,51	6,93

Fuente: Censo de Población y Vivienda, años 1992 y 2002.

De acuerdo a la variación censal (grafico variación censo 1992 – 2002), el bajo crecimiento experimentado en la comuna de Angol de 46226 habitantes en 1992 a 48996 en 2002, con un aumento de 2770 habitantes nos hace pensar en un estancamiento de la población, además la tasa media de crecimiento anual del periodo 1992-2002 fue solo del 0,2%⁶ de lo que se puede inferir una evidente emigración de parte de la población, jóvenes en su mayoría, que va en busca de mejores condiciones de vida fuera de la comuna.

Contrariamente a lo que se puede esperar de la comuna, que es cabecera de servicios en la Araucanía norte y en particular sus centros urbanos aledaños, ésta no es lo suficientemente atractiva en términos de empleo y oportunidades para mantener y acrecentar su población, tomando en cuenta que la Araucanía es la región con mayor desempleo a nivel nacional con un 7,9%, en el trimestre diciembre a octubre del 2010 esta se incremento en un 1,2%, lo que significa un total de 33 mil personas sin trabajo, en la prensa es posible encontrar la siguiente información, “Esteban Grolmus, presidente de la Federación de Sindicatos del Retail, señaló

⁶<http://www.observatoriourbano.cl> – MINVU, Chile. 2010

que el Plan Araucanía no está registrando efectos positivos, como anunció el intendente Andrés Molina. En el caso de Temuco el desempleo también registró un incremento de 1,3 puntos porcentuales a un 8,6%, Mientras que en Angol el desempleo cayó a un 7%⁷. Grolmus señaló que estas cifras son preocupantes, ya que durante los meses de invierno el desempleo en La Araucanía aumentará de forma crítica, sobre todo en la provincia de Malleco⁸.”

En tanto, en los sectores rurales, se ha debilitado la red de centros poblados que apoyaba la agricultura tradicional de la misma manera que las redes de servicio que también se han debilitado. Escuelas y postas rurales vieron disminuir la población en sus respectivas áreas de influencia. Los establecimientos educacionales rurales municipalizados, sufren un progresivo deterioro, dada la falta de mantención y los escasos recursos municipales⁹.

Como características de la población se puede mencionar que “la edad promedio del jefe de hogar es de 51 años y su escolaridad promedio es de 8 años, lo que nos permite inferir que los jefes de hogar, a muy temprana edad comienzan su actividad remunerada dejando de lado sus estudios. Por otra parte, sus trabajos son esporádicos y en su mayoría ligados a trabajos de carácter manual. Otra característica es la población es que el 7,4% posee alguna discapacidad y el 84% pertenece al sistema público de salud. La participación laboral total es de un 58,5%, la participación laboral del hombre es de un 70,9% y la participación laboral de la mujer de un 47,4%¹⁰.”

Tabla N°6: Indicadores de la comuna de Angol.

Indicador	Valor	Unidad	Año
Población Comunal	48996	Habitantes	2002
Población estimada al año 2012	51268	Habitantes	2012
Población estimada al año 2020	51140	Habitantes	2020
Población comunal, tasa media de crecimiento anual, periodo 1992-2002	0,57	%	2002
Población Hombres	23770	Habitantes	2002
Población Mujeres	25226	Habitantes	2002
Población Urbana Comunal	43801	Habitantes	2002

⁷Según información del INE el desempleo en Angol el 2009 fue de un 17%.

⁸<http://prensa.radiobiobio.cl/2011/01/31/la-araucania-se-mantiene-en-primeros-lugares-de-desempleosegun-el-ine.shtml>

⁹Plan de Regeneración Urbana Angol – MINVU. 2011.

¹⁰Reporte Estadístico Comunal, Angol. Biblioteca Congreso Nacional de Chile. 2008.

Indicador	Valor	Unidad	Año
Población urbana Comunal, tasa media de crecimiento anual, periodo 1992-2002	1,12	%	2002
Índice de Vejez femenina	15,69	%	2002
Índice de Vejez masculina	12,882	%	2002

Fuente. www.observatoriourbano, MINVU, año 2010.

De acuerdo a la tabla anterior “Indicadores para la comuna de Angol” la población estimada en los próximos 10 años se prevé con un leve incremento, pero no significativo, lo que nos permitiría inferir que la emigración de la población joven en busca de mejores oportunidades continuará y no resulta fácilmente recuperable. “La comuna de Angol territorialmente se compone de una gran ruralidad con problemas de acceso al centro urbano, situación que condiciona los aspectos económicos productivos de los habitantes.

En relación a la escolaridad, el analfabetismo es superior en promedio a la realidad nacional con un 8,2% a nivel comunal en contraste al 3,9% del país¹¹, de esta información se infiere el analfabetismo funcional de parte de la población adulta y adulta mayor en especial de las zonas rurales, no tanto así en niños y jóvenes ya que se cuenta con “8 establecimientos de básica urbana completa de 1 a 8 básico; básica rural unidocente; 2, básica rural sin integración; 3, básica rural con integración; 1, educación media científico-humanista; 2, educación media técnico-profesional; 1, educación media polivalente; 1, educación carcelaria; 1 educación especial y, 1 establecimiento C.E.I.A¹².

Las características productivas existentes no se orientan a cubrir las necesidades del mercado, por el contrario, son las actividades de autoconsumo las que predominan.

Esta realidad conlleva a la existencia de un sector rural empobrecido, trayendo como consecuencia la migración histórica de campo-ciudad y la consolidación de la incapacidad de la solución a la superación de las necesidades básicas¹³.

DENSIDAD.

La densidad de la población comunal hacia el año 2002 era de 41,02 habitantes porKm²; ahora bien, esta densidad a nivel distrital tal como muestra la tabla “Densidad de la población comunal y distrital”, se concentra en el distrito de Regimiento, debido a que sus 7463 habitantes se ubican en 5,5 kms² teniendo una densidad de 1356 habitantes por

¹¹Encuesta CASEN, Ministerio de Planificación (MIDEPLAN) 2006.

¹²PADEM 2009. Comuna de Angol.

¹³Plan de Regeneración Urbana Angol – MINVU. 2011.

kilómetro cuadrado, equivalente al 2,7% de la población comunal y apenas un 0,4% de la superficie comunal.

-El distrito de Estación concentra el 41.4% de la población comunal, en un territorio de 11,4 kms² que es tan solo el 0,95% de la superficie comunal, con una densidad de 1780 habitantes por km².

-El distrito censal de San Rafael posee la menor densidad, ya que este último reúne apenas un 0,2% del total de la población comunal y un 10,81% de la superficie total del territorio comunal.

Tabla N°7: Densidad de la población comunal y distrital

Comuna y distritos Censales	Superficie (Km ²)	Población	Densidad
Angol	1194,4	48996	41,02
Centro	1	2175	
Hospital	5,8	5541	955,3
El cañón	28	4792	171,1
El Rosario	33,3	1844	55,4
Agua Fría	72,3	175	2,4
Chanleo	141,5	512	3,6
Los Alpes	200,4	269	1,3
Maitenrehue	216,2	691	3,2
San Rafael	124,2	138	1,1
Itraque	118,5	593	4,9
Lolenco	30	261	8,7
Colonia Manuel Rodríguez	103,7	534	5,1
Huequén	42,6	3079	72,3
Lealtad	60	607	10,1
Estación	11,4	20292	1780
Regimiento	5,5	7463	1356,9
Rezagados		40	

Fuente: INE, DPA, año 2007.

La distribución y localización de grupos humanos, actividades económicas y productivas en un territorio determinado, está dada por distintos tipos de variables, llámese de orden natural (morfología, clima, hidrología, etc.) o establecidas por el propio hombre, entre estas últimas es el ordenamiento territorial, a través de instrumentos de planificación como el Plan Regulador Comunal, el más determinante.

Históricamente en la ciudad de Angol, estos grupos humanos se asentaron en los lugares que tenían las mejores condiciones físicas para ser habitados, es decir, abundante agua y terrenos productivamente buenos desde el punto de vista agrícola.

Las condiciones naturales de la comuna han marcado claramente la tendencia de localización de la población: es así como la población se asienta preferentemente en la depresión intermedia, con una ocupación discontinua hacia las tierras altas de la Cordillera de Nahuelbuta, cuya altura que supera los 1.400 m.s.n.m. actúa como barrera natural impidiendo un poblamiento fácil.

El núcleo urbano se ubica principalmente en los sectores planos de la comuna en la zona de contacto de las últimas estribaciones de la Cordillera de Nahuelbuta con el valle, existiendo en los últimos años una tendencia a ocupar un anillo de expansión natural, en terrenos de mayor altura, los que sin embargo no se han constituido en polos relevantes de desarrollo por las dificultades naturales que presenta a la ocupación urbana¹⁴.

En cuanto a la base productiva de la comuna está dedicada especialmente a labores agrícolas, forestales, silvoagropecuarias y de servicios. Angol también tiene un potencial no explotado en el sector turismo. Su nombre significa en mapudungun 'subida a gatas' e históricamente ha sido considerado el principal punto de acceso a la zona norte de la Araucanía, hoy desfavorecida por su lejanía a la ruta 5 conectora del país. En el contexto regional, la comuna y en particular su núcleo urbano se posicionan como el principal abastecedor de servicios provincial para las distintas ciudades y pueblos rurales que rodean la comuna.

De acuerdo a la OIT La fuerza laboral en la comuna se concentra en tres aéreas que agrupan al 100% de los trabajadores de la comuna, como se ha señalado: la silvoagropecuaria con un 28%, el comercio con un 17% y el área de servicios y otros con el 55% de la fuerza de trabajo como se aprecia con detalle en la Tabla "Distribución de los ocupados por rama y tamaño de empresa". La primera se ubica en sectores rurales por lo cual se deben trasladar los trabajadores (empresas tienen servicios de traslado).

Frente a la caracterización de la Pequeña y Mediana Empresa, se presenta el siguiente cuadro explicativo y su distribución.

¹⁴Plan de Desarrollo Comunal de Angol, 2001.

Tabla N°8: Distribución de los ocupados por rama y tamaño de la empresa

Sector	Sectores más importantes		Unipersonales	MIPES	50 a 199 personas	200 y más personas
	personas	% del total	% del total	% del total	% del total	% del total
Sectores más importantes para la comuna en términos de empleo						
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	6677	28%	8%	45%	22%	26%
Comercio, hoteles y restaurantes	3907	17%	38%	44%	5%	13%
Servicios comunales sociales	6834	29%	31%	35%	20%	14%
Otros Sectores	6180	26%	28%	38%	6%	28%
Total (42% de los ocupados corresponde a mujeres)	23598	100%	25%	40%	14%	21%

Fuente: OIT, año 2010.

IMAGEN ESPACIAL DE LA COMUNA.

La comuna de Angol se sitúa en un territorio de Clima templado cálido con estación seca, que presenta precipitaciones que se prolongan durante el año, pero que declinan en los meses de primavera y verano; los promedios anuales de precipitación superan los 2.000 mm. Registra una oscilación térmica de 5°C y una temperatura media de 8°C el mes más frío y una temperatura de 15°C el mes más cálido.

Las condiciones climáticas de la comuna de Angol se ven afectadas principalmente por la influencia de la Cordillera de la Costa y por la carencia de una unidad climática definida. Por un lado en el valle se observa un vasto espacio ondulado con condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la agricultura, mientras que en la Cordillera de Nahuelbuta, donde se alcanzan alturas máximas de 1.500 m, esta potencialidad se restringe dando paso a la aptitud forestal¹⁵.

La Cordillera de la costa (Nahuelbuta) se constituye en un muro que se opone a las influencias oceánicas, continentalizando el interior recibiendo el choque de frentes. Debido a estas características la comuna está inmersa dentro de un clima de transición representado

¹⁵ Actualización Plan Regulador Comunal Angol -Sur Plan Ltda.- Corporación Chile Ambiente - mayo de 2004.

en el valle de Angol por un clima típicamente mediterráneo de estación seca corta con lluvias concentradas en invierno¹⁶.

Angol se encuentra clasificada, según las unidades naturales dentro de las llamadas cuencas y valles occidentales, ligados a la Cordillera de la Costa y a los relieves-islas que dividen la depresión intermedia¹⁷. La unidad morfológica de la Cordillera de Nahuelbuta, que abarca 70% de la superficie comunal, representa una zona de interés para la planificación y ordenación del territorio comunal, tanto por la incidencia en cuanto a superficie, como por las restricciones a diferentes usos del suelo derivadas de las fuertes pendientes.

En general esta comuna registra potencialidades, preferentemente, para el desarrollo de actividades turísticas por los singulares elementos de valor paisajísticos que presenta, incluyendo el Parque Nacional Nahuelbuta.

La comuna cuenta con una extensa red de cauces naturales dentro de los cuales, el río Rehue y el río Malleco son los más significativos para el desarrollo de actividades productivas en el valle de Angol.

Las condiciones naturales de la comuna han marcado claramente la tendencia de localización de la población: es así como la población se asienta preferentemente en la depresión intermedia, con una ocupación discontinua hacia las tierras altas de la Cordillera de Nahuelbuta, y que actúa como barrera natural impidiendo un Poblamiento fácil.

El núcleo urbano más importante de la comuna es la ciudad de Angol que se ubica en los sectores planos de la comuna en la zona ubicada a los pies de la Cordillera de Nahuelbuta, junto al río Vergara y Huequén. La Morfología urbana de la ciudad, producto de su desarrollo histórico y resultado del sitio natural, ha generado la fragmentación de Angol en a lo menos tres partes (el centro, zona eje O'Higgins y sector de Huequén).

El crecimiento se ha generado de modo disperso aumentando las distancias a ser recorridas peatonalmente para llegar al centro urbano y encareciendo los costos de urbanización. No es irrelevante que esta expansión no haya respetado las condiciones del sitio, tanto con respecto a zonas de riesgo como áreas de sensibilidad.

La ciudad se ha conformado a partir de un trama de damero ordenada fundacional, y que por presiones de crecimiento se extendió como ciudad lineal en torno al eje O'Higgins – D. Bullock conurbándose con el sector de Huequén y transformándose en una estructura híbrida que no recoge lo óptimo de estructuras más simples y limpias. Esta característica

¹⁶Idem.

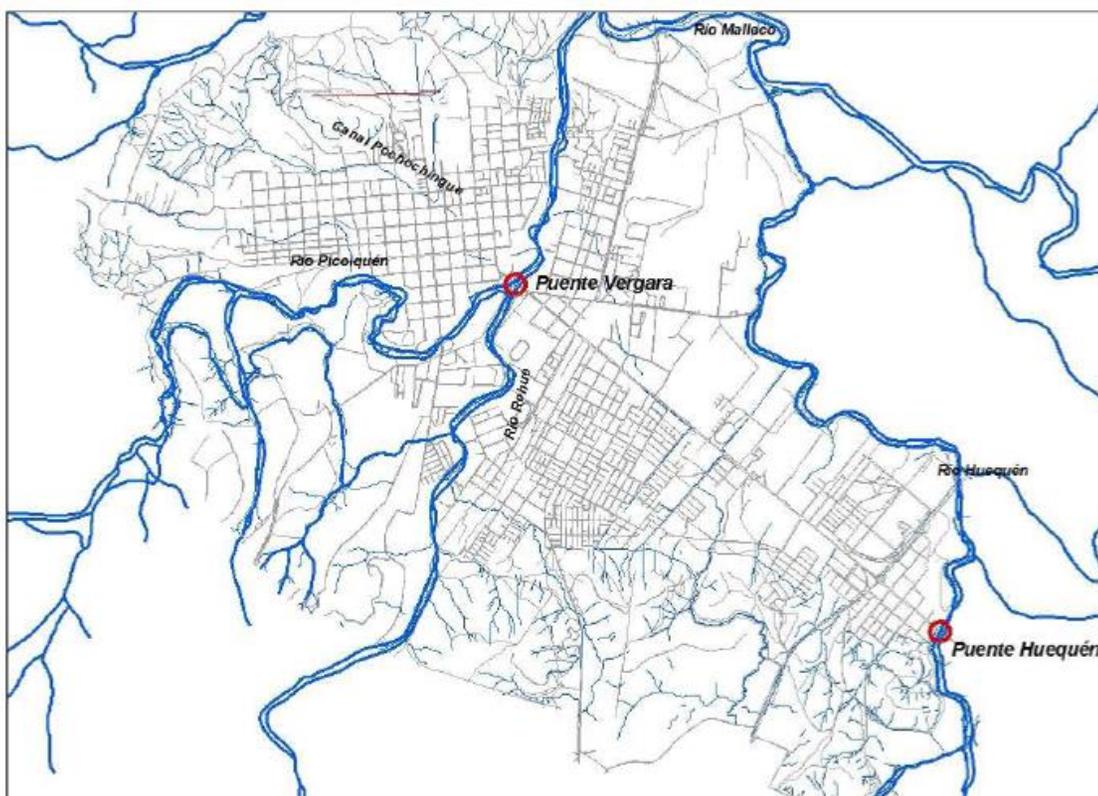
¹⁷Idem.

redunda en escasos puntos de conexión de ambos sectores de la ciudad. La red vial urbana de la ciudad de Angol, por cuanto presenta una estructura atípica: en el extremo sur oriente de la ciudad el acceso a los predios depende única y exclusivamente del eje Bernardo O’Higgins implicando características de vía colectora-distribuidora.

Adicionalmente, es el mismo eje el que resuelve la movilidad y conectividad con el resto de la ciudad hacia el norponiente, presentando características de autovía (oautopista), existiendo una suerte de incompatibilidad de funciones lo que redunda en soluciones de gestión de tránsito no compatibles y sin un objetivo común. La red vial presenta un sin número de ejes paralelos y perpendiculares inconexos en sus extremos.

Por un lado, el puente del Rio Vergara que actualmente corresponde al principal conector de ambos sectores y – en el caso de materializarse el Proyecto Bicentenario– se convertirá en un cuello de botella natural. Por otro, el puente del Rio Huequén ubicado más al norte de la ciudad pero que debido al escaso desarrollo del sector nororiente, es subutilizado. En el siguiente plano se identifican los puentes antesmencionados.

Imagen 1: plano ciudad Angol – puentes.

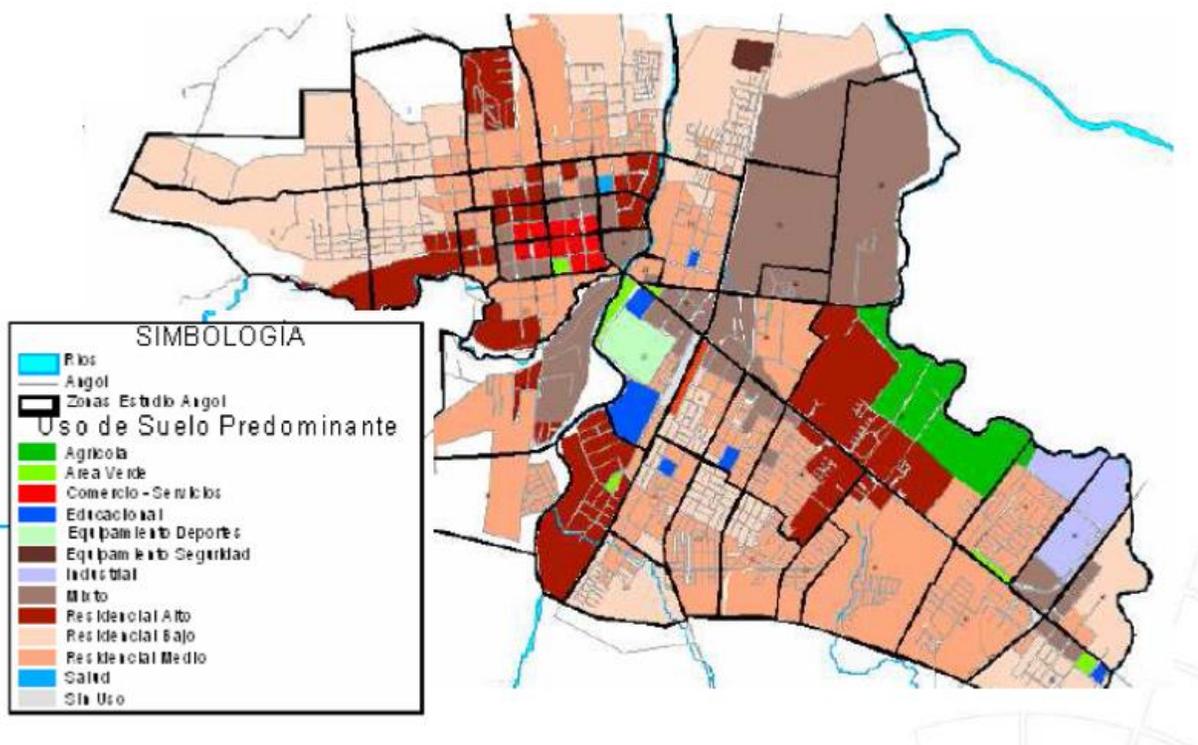


Fuente: Elaboración propia. PAC CONSULTORES Ltda.

Adicionalmente, el actual eje O’Higgins no tiene la capacidad (reserva de faja) necesaria para implementar ejes caleteros en sus bordes que hagan las labores de ejes colectores – distribuidores y pensar en un eje central de mayor movilidad. En consecuencia, es razonable pensar en la necesidad de implementar al menos un nuevo eje alternativo que aminore la presión de la circulación de la actual columna vertebral de la ciudad. Independiente de la cobertura de transporte público a los nuevos asentamientos, el actual sistema de la ciudad claramente posee una cobertura espacial deficiente.

De los usos de suelos se observa claramente la concentración de equipamiento cívico, cultural y servicios en sector del casco histórico en desmedro del resto de la ciudad por lo que los desplazamientos son habituales y continuos generando problemática de congestión vehicular. El eje de la Av. O’Higgins por ser una calle estructural en la comuna posee desde educación hasta zonas residenciales, pasando por servicios mixtos y de comercio. Hay una carencia de zonas de esparcimiento, estas sólo se ubican en torno al borde rio que no está potenciado como tal, se rescata la intervención del Parque Vergara que todavía se encuentra en alguna medida desconectado.

Imagen 2: usos de suelo Angol.



Fuente: SEREMI Vivienda – I. Municipalidad de Angol

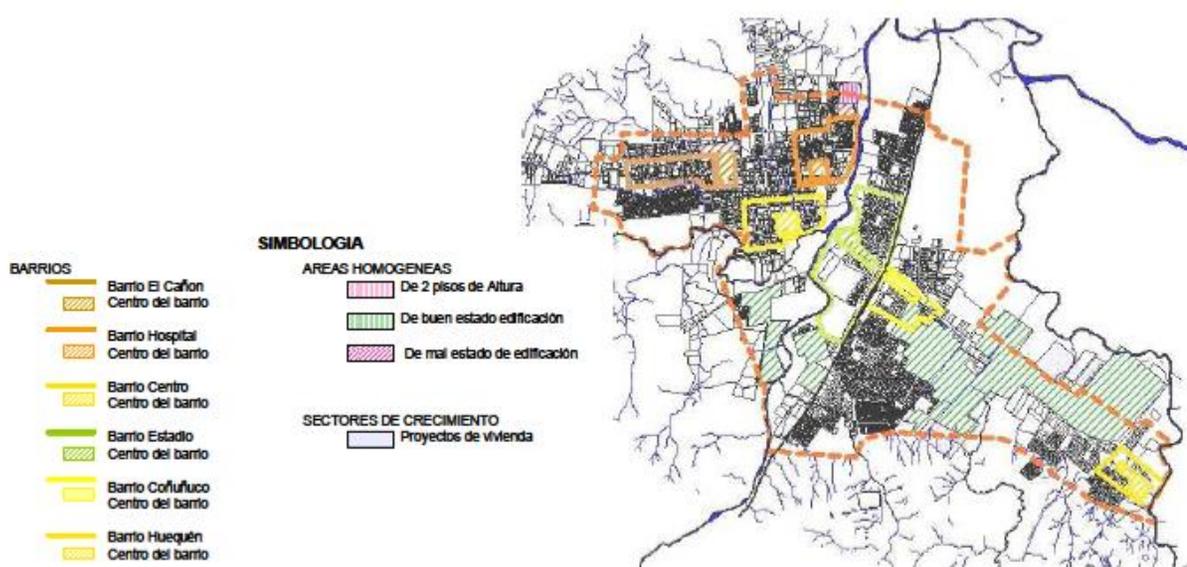
La altura general de la ciudad es de entre uno y dos pisos con la existencia excepcional de edificios de tres pisos o más, correspondientes a edificios públicos ubicados en la zona urbana histórica. Esta característica de una silueta continúa de baja altura, ha permitido que en sectores altos en los faldeos de la cordillera se destaquen elementos reconocibles a distancia. Junto a esto otros hitos tienen relación con edificios de instituciones como iglesias o edificios públicos de importancia en la trama del casco histórico.

La materialidad también varía de acuerdo a las zonas reconocibles, existiendo una predominancia de la albañilería en la zona del centro histórico y posteriores asentamientos utilizan madera y albañilería especialmente en el sector eje O'Higgins y áreas en torno a los barrios como el Cañón, Hospital, Coñuñuco y Huequén, sólo se observa la incorporación de hormigón armado en los edificios públicos.

El sistema de agrupación de las edificaciones también se encuentran relacionadas por zonas de acuerdo a su etapa de asentamiento fachadas continuas caracterizan al casco histórico y el sector de la plaza de Huequén, en cambio en sectores de barrios nuevos posteriores debido a la crecimiento de la ciudad aparecen las edificaciones aisladas con antejardines.

Las edificaciones que se observan en mal estado después del terremoto 27F se ubican en el casco histórico donde se encuentran los edificios de valor histórico, las zonas con buen estado de edificación se encuentran en su mayor parte en el eje de conurbación (gráfico resistencia al cambio).

Imagen 3: Límite Urbano Propuesto.



Fuente: Actualización Plan Regulador Comunal Angol -Sur Plan Ltda.-
Corporación Chile Ambiente - mayo de 2004.

Perceptualmente la ciudad de Angol a primera vista se presenta como una ciudad en extensión de grandes dimensiones entendida por la conurbación entre en el sector del casco histórico de Angol y el sector de Huequén Históricamente, se encontraba en el borde occidental de río Vergara o Rehue, entendiendo que los grupos humanos se asentaron en los lugares que tenían las mejores condiciones físicas para ser habitados, es decir, abundante agua y terrenos productivamente buenos.

El crecimiento y desarrollo de la ciudad y la presión por espacios habitables en terrenos planos ha generado una suerte de ciudad lineal en torno al eje O'Higgins -Dillmac-Bullock como columna vertebral creando una ilusión en torno de una ciudad poblada de grandes dimensiones, pero que sólo se ha concentrado en los bordes del eje.

Esto lleva aparejado una nueva percepción del centro, un cambio de centro físico de la ciudad que no tiene relación con el casco fundacional si no con este eje conectivo, que no está siendo potenciado en ninguna dimensión. La extensión lineal desmedida de la ciudad en desmedro de la conectividad peatonal y la concentración de servicios en el polo céntrico hace que sea habitual múltiples desplazamiento generando problemas de congestión, ya que existe sólo esta vía conectora. Estos problemas de desplazamiento se ven acrecentado al no existir un sistema de transporte adecuado a las necesidades de sus habitantes.

Por otra parte los ríos Huequén y Vergara que atraviesan la ciudad definen las zonas de asentamientos en plan urbano, zona cada vez más reducida para el crecimiento de la ciudad. Por su parte el Río Vergara posee una vocación que le permitiría transformarse en protagonista principal de la ciudad como un espacio atractivo para el habitante y el visitante, pero, contrariamente, se percibe como un sector deteriorado y sin potenciar. En síntesis, la ciudad desconoce su río.

MODELACIÓN DE EVALUACIÓN DE RIESGO, FACTORES Y VARIABLES ANALIZADAS.**INTRODUCCIÓN.**

El sistema natural es dinámico, sin embargo, esta característica del paisaje geográfico no siempre se considera en la planificación. Por su situación geográfica (al margen de la zona de subducción de placas tectónicas) y por las características del medio natural definidas por su extensión latitudinal y montañoso relieve; Chile se constituye en un país afectado constantemente por fenómenos naturales extremos, tanto en intensidad como en magnitud (Brignardello 1997).

Estos procesos acontecen por un aporte energético excepcional e inusitado al sistema natural; o bien por la liberación de energía potencial almacenada en algún componente del conjunto sistémico, superando los umbrales usuales en que tales procesos ocurren en el ciclo dinámico natural. Cuando estos eventos naturales inusuales generan daños en los elementos culturales del paisaje se producen catástrofes que, por su impacto económico, social y humano son difíciles de reparar (Brignardello 1997).

El *riesgo* es definido como la probabilidad de ocurrencia en un lugar dado y en un momento determinado, de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la comunidad y susceptible de causar daño a las personas y sus bienes. (Ayala –Carcedo, 1993).

Una forma de reducir estos desastres es determinar el grado de probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos naturales en áreas antropizadas. Esta probabilidad desconocida como riesgo natural, que se puede definir como el producto de la peligrosidad (P) por la vulnerabilidad (V) (Brignardello 1997).

Sin embargo, el riesgo natural no sólo existe en un lugar y tiempo determinados, sino que presenta una graduación de acuerdo a la mayor posibilidad de amenaza por un proceso natural extremo en áreas de mayor vulnerabilidad. Esta variable está condicionada por el grado de exposición al fenómeno (X) y la resistencia (R) a este, en relación inversa (Castro, C., et al 1995 en Brignardello 1997).

En consecuencia, el *riesgo* se establece mediante el producto del *peligro*, la *vulnerabilidad* y la *exposición*.

$$R = P * V * (X / R)$$

Comúnmente se relacionan los conceptos de: amenaza, vulnerabilidad y riesgos, siendo frecuentemente confundidos.

Con la finalidad de facilitar el análisis se definen a continuación, estos conceptos: La peligrosidad o amenaza es el fenómeno o desastre natural cuya dinámica puede desbordar sus umbrales más frecuentes de intensidad, magnitud y localización, pudiendo ocasionar daños a las personas y a sus bienes.

Chardon (2002) establece que los desastres naturales constituyen eventos que mostrando características excepcionales se presentan súbitamente de forma cataclísmica y afectan a uno o más sectores productivos. Estos eventos causan daños de consideración a la infraestructura física y de servicios, empeorando las condiciones de vida de amplios sectores de la población, lo que se traduce en un retroceso en el proceso de desarrollo (en González, 2005).

La vulnerabilidad es la capacidad de respuesta de las construcciones humanas a la activación de una amenaza. Es decir, la susceptibilidad al daño o destrucción de los elementos culturales por un fenómeno extremo. (Brignardello 1997).

También se define como la predisposición intrínseca o susceptibilidad de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas, por lo tanto, su evaluación contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo mediante interacciones del elemento susceptible con el ambiente peligroso (Chardon, 2002; Cardona, 1995 en González, 2005).

A diferencia de la amenaza que actúa como detonante, la vulnerabilidad social es una condición que permanece en forma continua en el tiempo y está íntimamente ligada a los aspectos culturales y al nivel de desarrollo de las comunidades (Maskrey (1989) y Medina (1992), en González 2005).

La exposición, alude a la población medida en número de habitantes o de bienes por unidad de superficie, situados al interior de una zona de peligro (Mardones, 2001).

Desde un punto de vista metodológico, el riesgo se obtiene relacionando la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno que lo genera, denominada amenaza, con la predisposición que ofrecen los elementos amenazados a ser afectados por el fenómeno, denominada vulnerabilidad. El riesgo puede ser de carácter geológico, hidrológico, atmosférico, geomorfológico o, también, tecnológico, dependiendo de la naturaleza de la amenaza a la cual está referido (Chardon, 2002; Cardona, 1995; ONEMI 2003 en González 2005).

El riesgo se ha definido como el resultado de la exposición de los individuos, como también las estructuras de su sociedad, con su grado de vulnerabilidad, que le es inherente, frente al peligro al que se verá sometida. También se puede definir como la destrucción o pérdida

esperada obtenida de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas (KUROIWA, 2002 en Chávez 2005).

Todos estos factores son excluyentes, puesto que si no existe fragilidad en el medio o evento detonante o energía capaz de generar un evento, no existe la amenaza. Asimismo, si no hay una exposición al fenómeno o la resistencia al fenómeno es infinita, no existe la vulnerabilidad (CASTRO, et al. 1995 en Elxmes 2006).

OBJETIVOS.

Objetivo general de la metodología empleada.

Zonificar áreas de riesgo para la zona urbana y de expansión, de Angol.

Objetivos específicos.

- Identificar áreas de peligro de remoción en masa, inundación y anegamiento.
- Caracterizar el peligro de subsidencia en el canal Pochochingue (zona urbana de Angol).
- Cuantificar variables de vulnerabilidad en la zona urbana de Angol.
- Cuantificar variables de exposición en la zona urbana de Angol.
- Relacionar factores de peligro, vulnerabilidad y exposición para determinar zonas homogéneas.
- Clasificar zonas de riesgo bajo, medio y alto en la zona urbana de Angol.

METODOLOGÍA.

La agregación de los tres factores de riesgo: peligrosidad, vulnerabilidad y exposición se realizó en base a la metodología utilizada por Mardones (2001), adecuada a la localidad y las variables disponibles en este estudio para la identificación de riesgos.

La zonificación de riesgos se realizó por medio de una agregación de cartas de peligro para cada tipo de proceso en evaluación.

Se elaboraron matrices de doble entrada por cada uno de los peligros, la vulnerabilidad y la exposición.

Luego se determinaron áreas de bajo, medio y alto riesgo, a través de la sumatoria lineal de estos factores mediante la agregación cartográfica con herramientas de análisis espacial (Spatial Analyst de Arc Gis 9.3).

La peligrosidad se determinó mediante un levantamiento geomorfológico, la identificación de variables morfométricas (pendiente y exposición), la determinación de cobertura vegetal y trabajo de campo para la identificación de áreas con amenaza de remoción en masa, anegamiento e inundación, correspondientes al informe realizado en la Etapa 1¹⁸ de este estudio.

Si bien en la anterior etapa se determinaron zonas de peligro geomorfológico, en ésta (correspondiente a la etapa 2 del estudio) se detallaron las variables consideradas y fueron procesadas en la identificación de zonas de peligro con sus respectivos factores, para realizar el análisis multicriterio agregando datos de exposición y vulnerabilidad.

El análisis multicriterio posee amplia aplicación en planificación, gestión ambiental y ordenamiento territorial, siguiendo los criterios de Barredo (1995) que utiliza métodos multicriterio como apoyo a los Sistemas de Información Geográfica –SIG- para generar una herramienta eficaz que sirva de apoyo a procesos de toma de decisiones y planificación (en Chávez, 2005).

Además en esta etapa del estudio se consideró un análisis del canal Pochochingue y el peligro asociado a subsidencia que presenta la zona. La utilización de planimetría generada en este estudio mediante un vuelo aerofotogramétrico, permitió identificar zonas de amenaza asociadas a la dinámica de este canal y establecer el peligro asociado a subsidencia del terreno.

La vulnerabilidad se determinó mediante la espacialización de variables identificadas en la elaboración del catastro solicitado en la primera etapa de este estudio. Las variables consideradas son: material de construcción, nº de pisos y estado de conservación de la construcción.

La exposición se determinó mediante la espacialización de información relativa a número de habitantes por manzana. La información utilizada corresponde a los datos del Censo de Población 2002 elaborado por el Instituto Nacional de Estadísticas. Una vez identificada la información por unidad mínima censal se diferenciaron sectores de alta, media y baja exposición de la población.

La jerarquización de los riesgos se obtuvo mediante la generación de una matriz de evaluación de los factores asociados a peligro, exposición y vulnerabilidad. Estos factores fueron procesados mediante herramientas de álgebra de mapas en un Sistema de Información Geográfico.

¹⁸En esta etapa se identificó el peligro mediante trabajo de campo, identificación de variables morfométricas (pendiente y exposición) y geo-proceso (intersección de estas variables).

RESULTADOS. ACTUALIZACIÓN “ESTUDIO DE RIESGOS NATURALES”.

Los peligros naturales de inundación, anegamiento y remociones en masa fueron evaluados en la etapa 1 mediante el procesamiento de capas de información, para la obtención de coberturas morfométricas (pendiente y exposición); además se consideró la información emanada del trabajo de campo enfocado a delimitar las zonas de peligro mediante observación directa. Este aspecto es considerado de mayor importancia en la determinación de peligros. No obstante, en el presente informe se han clasificado diversas variables asociadas a los tipos de peligro, que fueron sistematizadas en un Sistema de Información Geográfico, para su procesamiento con los factores de exposición y vulnerabilidad en la determinación del riesgo en la zona urbana de Angol.

A continuación se detallan las variables consideradas en la evaluación de peligros, vulnerabilidad y exposición; y sus factores considerados para la agregación de valores en la matriz establecida.

PELIGROS PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.**Inundación.**

Se define como inundación fluvial la invasión de un territorio por el escurrimiento descontrolado de un flujo fluvial, debido a una crecida. Las aguas desbordan de su cauce habitual, invaden el lecho mayor del río o las llanuras de inundación, terrazas inferiores y paleo cauces. Entre los factores que explican la ocurrencia de inundaciones está la topografía, las características de los sedimentos en el entorno del lecho que sufre la crecida, la influencia antrópica en las riberas y otros factores externos como la intensidad de la lluvia, las características hidrológicas y el estado del suelo y la vegetación en la cuenca de drenaje (Mardones, 2001).

En este informe se han considerado factores antrópicos, morfológicos y litológicos para su ponderación y posterior procesamiento con otras variables de peligro en el análisis de riesgos.

Se consideran áreas de mayor peligro de inundación la terraza fluvial inferior y riberas desprotegidas. Los depósitos fluviales, glaciales y lacustres constituyen material característico de las terrazas y depósitos más permeables.

Las características de vegetación y de precipitaciones se consideraron homogéneas en el área urbana. Si bien la cobertura vegetal es un factor que regula el régimen hidrológico controlando la infiltración y el escurrimiento superficial de aguas lluvia, además de proteger el suelo de la erosión; la omisión de este dato en el procesamiento de los factores se ha

realizado debido a que podría minimizar el peso de la variable morfológica que es la más importante en la evaluación del peligro de inundación.

La siguiente tabla muestra las variables consideradas en la determinación del peligro por inundación y los pesos de los factores establecidos para su posterior procesamiento:

Factor/Peso	1 - Mínima	2 - Media	3 - Máxima
Morfológico	Terraza superior	Terraza media	terrazza inferior
Litológico (geología)	Batolito (roca), rocas metamórficas	Batolito (regolito) depósitos aluviales	Depósitos fluviales, glaciares y lacustres
Antrópico	Riberas protegidas	Riberas medianamente protegidas	Riberas desprotegidas

La siguiente figura muestra el modelo raster del peligro de inundación. Se ha reclasificado el raster para su visualización con el objeto de destacar aquellas zonas de medio y máximo peso del factor:

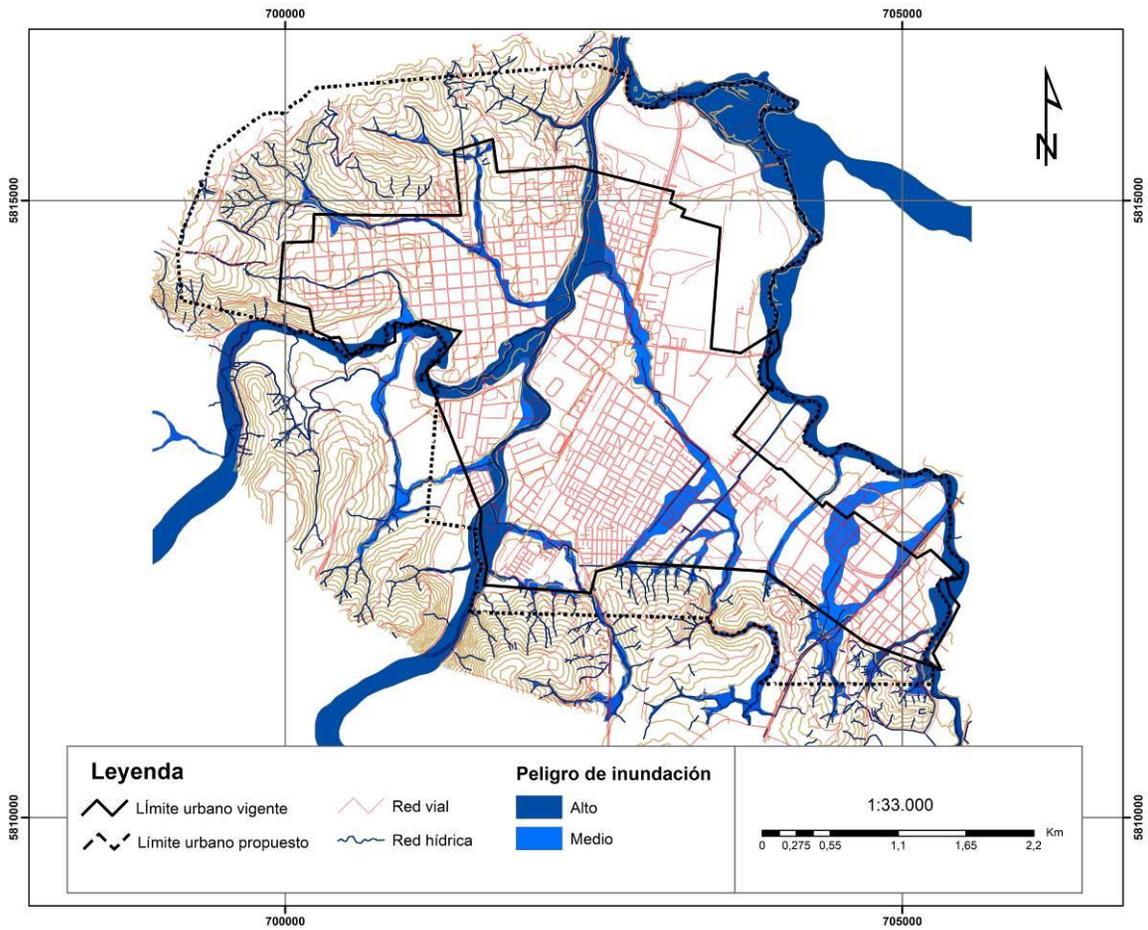


Figura 1: Modelo raster de peligro de inundación. (Se adjunta al estudio figura en mayor tamaño)

Anegamiento.

Anegamiento es la acumulación de un volumen de agua sobre la superficie del suelo y se produce por una serie de factores naturales y antrópicos, siendo el más importante las características físicas del suelo y subsuelo, pues la presencia de sedimentos impermeables limitan la capacidad del suelo para infiltrar con la debida velocidad el agua de lluvia y sectores deprimidos con pendientes débiles o nulas (Mardones, 2001).

Para identificar el peligro de anegamiento mediante variables espaciales se delimitaron aspectos referentes a litología, morfología y obstrucciones de tipo antrópico o natural.

Se consideraron como áreas de mayor peligro los paleo cauces y depresión estopográficas por constituir una morfología susceptible al anegamiento. Respecto a la litología se considera de mayor peligro las rocas metamórficas y magmáticas por su mayor impermeabilidad a diferencia de los depósitos no consolidados como depósitos fluviales, glaciales o lacustres.

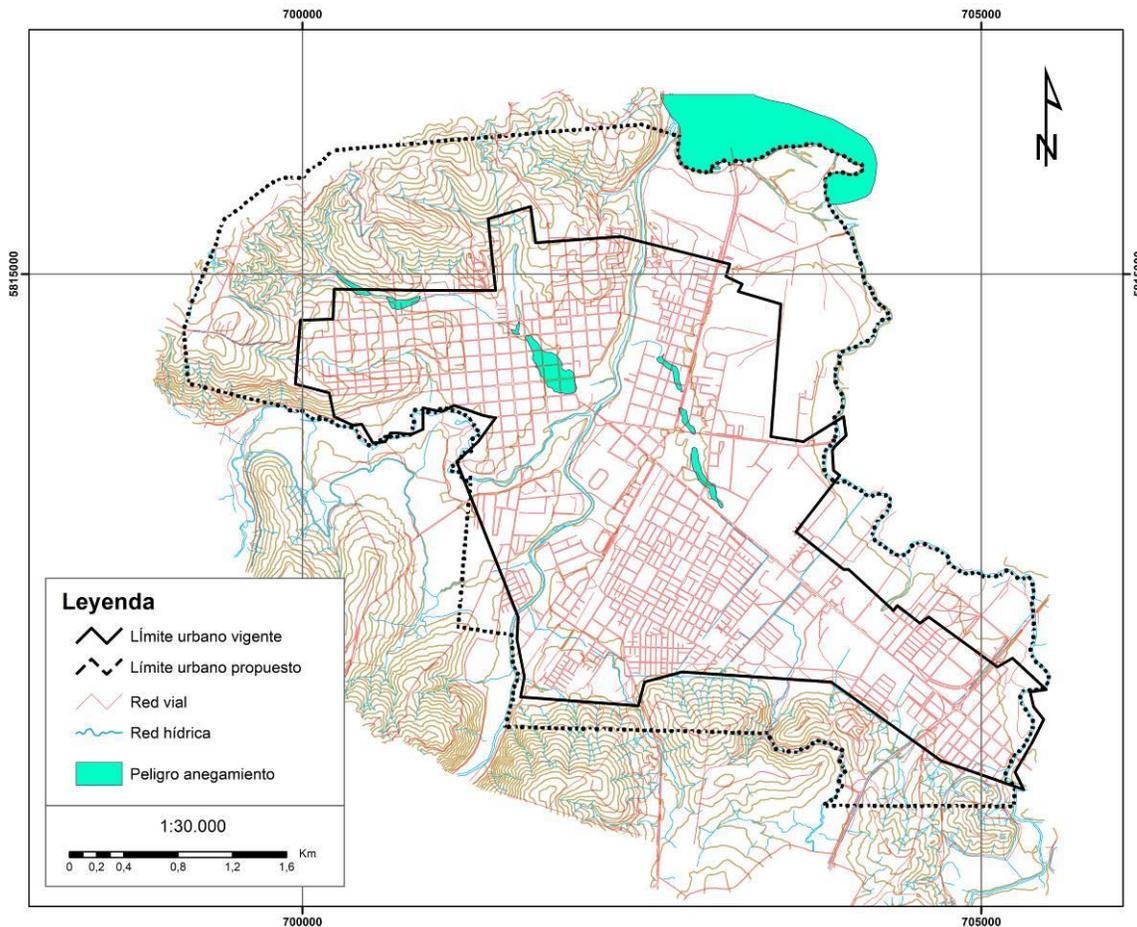
La siguiente tabla muestra las variables consideradas en la determinación del peligro por anegamiento y los pesos de los factores establecidos para su posterior procesamiento:

Variables y pesos para la determinación de peligro de anegamiento.

Factor/Peso	1 - Mínima	2 - Media	3 - Máxima
Morfológico	Plataformas y escarpes	Terraza inferior	Paleocauce, depresión topográfica
Litológico (geología)	Depósitos fluviales, glaciales y lacustres	Batolito (regolito) depósitos aluviales	Batolito (roca), rocas metamórficas
Obstrucciones naturales/artificiales	Sin obstrucciones	Obstrucción débil	Obstrucción total
Pendiente	5,1° - 10°	2,1° - 5°	0° - 2°

La siguiente figura muestra el modelo raster del peligro de anegamiento obtenido. Se ha reclasificado el raster para su visualización con el objeto de destacar aquellas zonas de medio y máximo peso del factor:

Figura 2: Modelo raster de peligro de anegamiento. (Se adjunta al estudio figura en mayor tamaño)



Remoción en masa.

Los movimientos en masa son procesos morfodinámicos que influyen en el modelado del paisaje. Se pueden interpretar como reajustes del medio en búsqueda de un estado de equilibrio, pues los procesos geológicos y climáticos van definiendo la morfología, especialmente en laderas las que se modifican para adaptarse a las condiciones cambiantes que impone la naturaleza o los efectos de la intervención humana.

La inestabilidad en laderas se debe al desequilibrio que se produce entre las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno, originando el movimiento, al ser superadas las fuerzas de resistencia por alguna modificación de las fuerzas existentes o la aplicación de nuevas fuerzas externas (Álvarez, 2006).

Para determinar el peligro de remoción en masa se consideraron las variables pendiente, exposición, cobertura de vegetación y litología, las cuales fueron clasificadas por categorías para otorgarles sus pesos respectivos.

La variable pendiente fue obtenida en la etapa 1 del estudio y clasificada de acuerdo a umbrales morfodinámicos de procesos de remoción en masa, para obtener el peligro geomorfológico.

La variable exposición fue obtenida en la etapa 1 del estudio y clasificada para obtener el peligro geomorfológico.

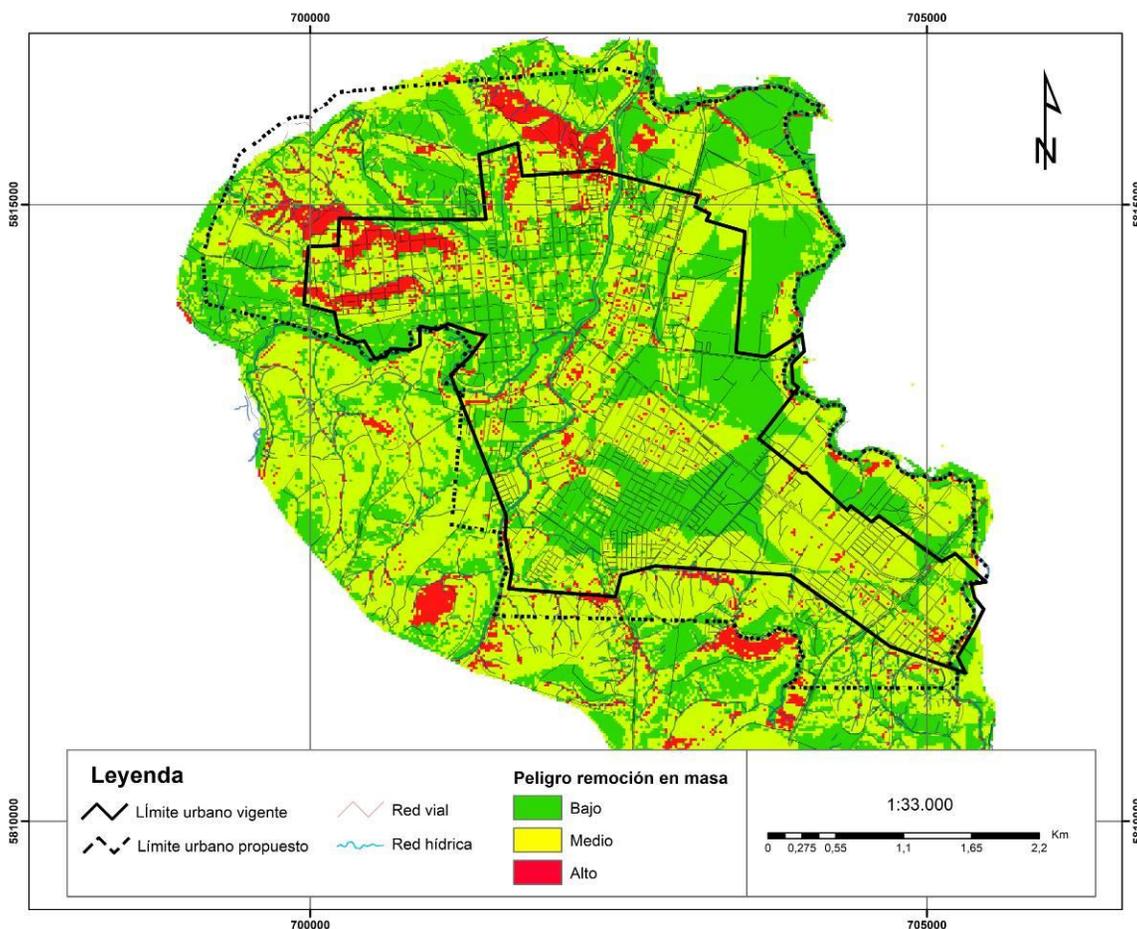
En la presente etapa se han utilizado los mismos valores, pero se han clasificado para determinar pesos según nulo, mínimo, medio o máximo efecto en los procesos de remoción en masa.

La siguiente tabla muestra las variables consideradas en la determinación del peligro por remoción en masa y los pesos de los factores establecidos para su posterior procesamiento:

Factor/Peso	0 - Nula	1 - Mínima	2 - Media	3 - Máxima
Pendiente	-	0° - 10°	10,1° - 30°	mayor a 30,1°
Exposición	plano	Sur - SE - SW	Este - Oeste	N - NE - NW
Cobertura Vegetación	Sin vegetación	Con vegetación	-	-
Litología	-	Roca Sana	Depósitos fluviales, glaciales y lacustres	Roca meteorizada (regolito), depósitos aluviales

La siguiente figura muestra el modelo raster del peligro de remoción en masa obtenido. Se ha reclasificado el raster para su visualización con el objeto de destacar aquellas zonas de medio y mínimo peso del factor:

Figura 3: Modelo raster de peligro de remoción en masa. (Se adjunta al estudio figura en mayor tamaño)
 (Se adjunta al estudio figura en mayor tamaño)



Los resultados de peligro natural (inundación, remoción en masa y anegamiento) mediante herramientas de álgebra de mapas muestran similitud en cobertura espacial con los resultados obtenidos para la determinación de peligros geomorfológicos. El trabajo de campo, la obtención de variables morfométricas a través de análisis espacial y el uso de herramientas de geoprocso (intersección de variables) fueron los procedimientos principales utilizados en la primera fase de este estudio.

Agentes desencadenantes de remoción en masa.

Un agente desencadenante es un factor externo que genera una respuesta traducida en una remoción en masa mediante el rápido incremento de esfuerzos o la reducción de la resistencia del material de una ladera (Wieczorek, 1996 en Lara 2007). Entre los agentes desencadenantes más comunes de remociones en masa están principalmente las lluvias de gran intensidad y los sismos; secundariamente las erupciones volcánicas, la intervención antrópica, la fusión de nieve y la erosión de canales (Lara 2007).

a. Precipitaciones

Las precipitaciones actúan aumentando el grado de saturación de los materiales, tanto en suelo como en fracturas, aumentando temporalmente la presión de fluidos.

Además, las precipitaciones intensas aumentan la escorrentía superficial, aumentando con esto la erosión del material en laderas con suelo suelto, y asociado se genera socavación y/o disolución de la ladera (Tabla).

Tabla: Efectos de la saturación por precipitaciones (Prieto, 1985) en Lara 2007.

Efectos asociados	Consecuencias	Inestabilidades producidas
Lluvias intensas - infiltración-	Elevación del nivel freático	Deslizamientos (plano) de suelo sobre rocas
		Deslizamientos circulares por empuje
	Cargas de fisuras	Deslizamientos de taludes en suelo o en roca blanda
		Vuelco de masas rocosas
	Saturación	Movilización de taludes en equilibrio estricto, reptaciones
		Hundimiento. Desplazamiento de bloques
Inundación de la base del talud	Disminución de resistencia en zonas críticas	Deslizamiento por falta de resistencia
	Efecto de desembalse	Deslizamiento por tracción de pie
	Arrastres superficiales	Flujos sólidos en torrentes
Erosión de laderas	Acumulaciones en pie de conos de deyección	Deflación del cono
	Erosión interna	Hundimientos generalizados
Socavación	Eliminación de zonas resistentes	Deslizamientos progresivos desde el pie
		Vuelco en la cima
Disolución	Creación de cavernas y túneles	Hundimientos en la cima
		Retroceso de cantiles

b. Sismos.

Los sismos son otros factores desencadenantes de remociones en masa en diversos escenarios geológicos y topográficos. Las aceleraciones sísmicas generan un cambio temporal en el régimen de esfuerzos al que está sometido la ladera, tanto normales como de corte, pudiendo producir su inestabilidad (Lara 2007).

Keefer (1984) ha realizado estudios a partir de sismos ocurridos principalmente en Los Ángeles, EEUU., estableciendo que los tipos de remociones más abundantes generados por terremotos corresponderían a caídas de rocas, deslizamientos desagregados (*disruptedlandslides*) de suelos con pendientes de laderas >15° y deslizamientos de roca con pendientes de laderas ≥40°, y secundariamente derrumbes en suelo, deslizamientos en bloques de suelo y avalanchas de tierra. Los flujos y avalanchas de roca son estadísticamente los que han generado mayor cantidad de muertes y daños. El autorestableció magnitudes mínimas aproximadas para la generación de cierto tipo de fenómenos de remociones en masa (en Lara 2007), (Tabla),

Tabla: Tipos de remociones en masa generadas por sismos.

Magnitudes Mínimas aproximadas (M), según Keefer (1984)	Magnitudes mínimas aproximadas (ML) según Rodríguez et. Al (1999)	Tipo de remoción en masa
4,0	5,5	Caídas de rocas, deslizamientos de roca, caídas de suelo, deslizamientos desmembrados de suelo
4,5	5,5	Subsidencias de suelo, deslizamiento de suelo en bloques
5,0	6,5	Subsidencias de roca, deslizamientos de roca en bloque, flujos rápidos de tierra, extensiones laterales de suelo, flujos rápidos de suelo, deslizamientos submarinos
6,0	6,5	Avalanchas de roca
6,5	6,0	Avalanchas de suelo

Las remociones en masa que involucran material suelto, sin cohesión, saturado y en pendientes de ladera bajas a moderadas comúnmente ocurren como resultado de una licuefacción del suelo inducida por el sismo. Este proceso es causado por perturbaciones rápidas en suelos saturados, sin cohesión, bajo condiciones de carga no drenada; estas condiciones hacen posible la generación de un exceso de presiones de poros y con ello una disminución de los esfuerzos efectivos actuantes sobre el suelo y su generación está condicionada por agentes de tipo histórico, geológico, composicionales y de estado (principalmente material suelto). Se ha observado y estudiado que este fenómeno puede darse tanto en arenas como gravas y limos (González *et al.*, 2002 en Lara 2007).

c. Otros agentes desencadenantes.

Otros tipos de agentes corresponden a la erosión de canales, la intervención antrópica, entre otros, asociados a la pérdida de resistencia del material involucrado ya sea producto de precipitaciones o

por factores artificiales como las sobre excavaciones, la realización de obras de arte en zonas susceptibles de ser removidas y represamiento de cauces (Lara 2007).

Determinación de tipos de remoción en masa.

El análisis de zonas probables de generación de ciertos tipos de remociones en masa depende del tipo que se esté considerando, pues cada evento tiene mecanismos de generación diferentes.

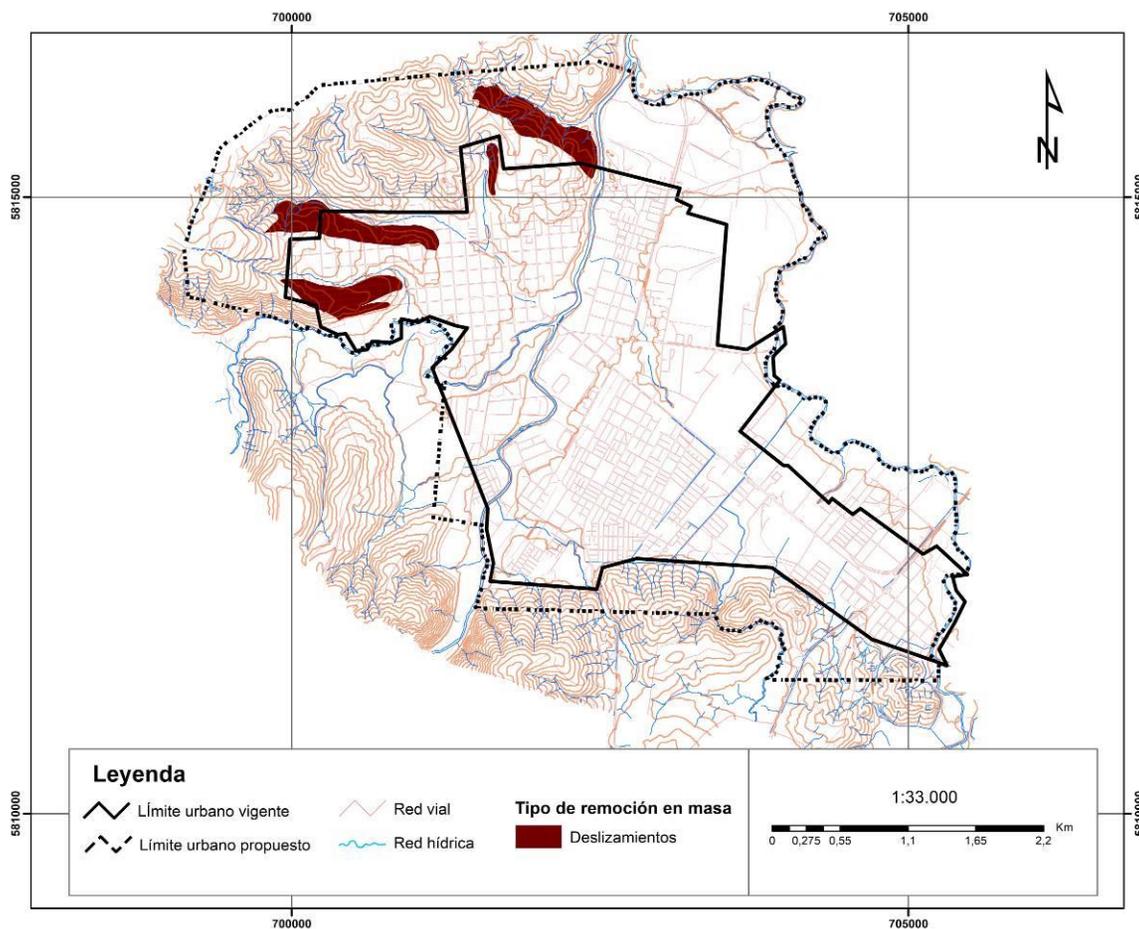
1. Deslizamientos.

Son movimientos de suelo o roca que se deslizan respecto al sustrato, sobre una o más superficies. Esta masa se desplaza en velocidad variable, pero suelen ser procesos rápidos y de grandes volúmenes. Debido a la pérdida de resistencia, del contenido de agua o de la pendiente, la masa puede continuar deslizándose y dar lugar a un flujo (Álvarez 2006).

El alcance de deslizamientos de roca se realizó mediante criterio geomorfológico y conservación de volúmenes de material deslizado y depositado. Los casos de deslizamientos en bloques tienen un alcance local al pie del talud de donde se generaron (Lara 2007).

En la zona norte afloran granitos con fuerte intemperización generando suelos tipo maicillo o regolito (Duhart, Moreno y Ramos 2010). Los suelos tipo maicillo son resultado de meteorización profunda favorecida por el diaclasamiento y el agua que permite la disgregación de materiales componentes de la roca. Este tipo de material es favorable para los procesos de remoción en masa del tipo deslizamientos, cuando el aumento de precipitaciones y la pendiente lo permiten.

La siguiente figura muestra los sectores donde existe peligro asociado a remociones en masa del tipo deslizamientos. (Se adjunta al estudio lámina en mayor tamaño)



2. Flujos.

Son movimientos de masas de suelo, derrubios o bloques rocosos con abundante presencia de agua, siendo ésta el principal agente desencadenante. El material está disgregado y se comporta como un fluido, sufriendo una deformación continua, sin presentar superficies de rotura definidas (Ferrer, 1987; en Hauser, 1993). Estos movimientos pueden suceder en laderas de bajas pendientes, incluso menos de 10° (Álvarez, 2006).

Los flujos se originan donde existe una cantidad de material detrítico suficientemente abundante que pueda ser movilizado mediante la adición de agua. La movilización de esta masa de suelo requiere inicialmente de la pérdida de la resistencia del material y aumento de los esfuerzos de corte actuantes sobre ésta, mientras que la condición de flujo está dada por la reducción de la viscosidad (Lara 2007).

Para estimar el alcance de los flujos en la zona urbana de Angol se utilizó el criterio geológico-geomorfológico, considerando los depósitos aluviales preexistentes y depósitos fluviales que limitan

el área de depositación del cauce, es decir, las zonas de avance del flujo corresponden al cauce de los canales.

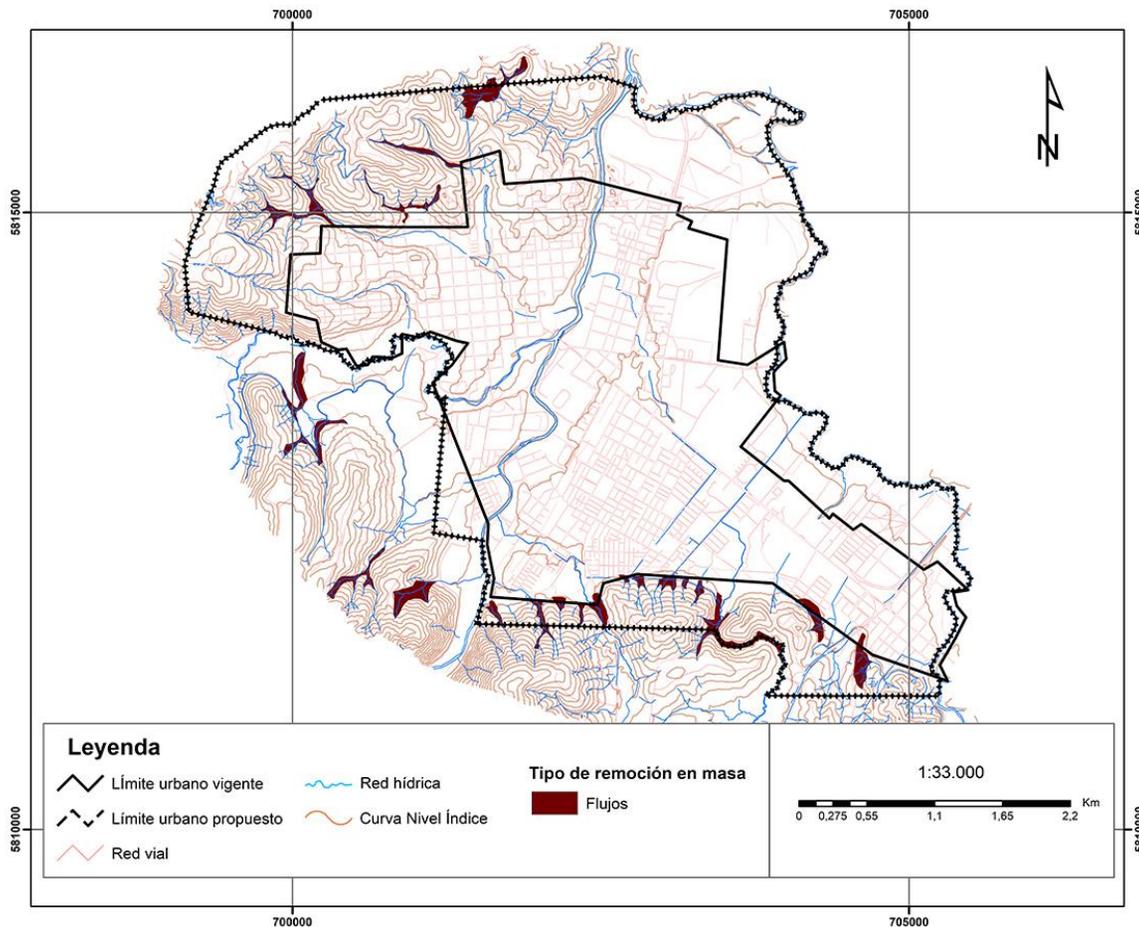
Para determinar de manera cuantitativa aquellas zonas donde el flujo pueda sobre pasarlos límites laterales del canal y ensancharse, se requerirían modelos hidráulicos (Lara2007).

Los cambios de pendiente se consideraron determinantes para el comienzo de la depositación.

Tabla: Relación entre probabilidades de alcance de flujos y pendientes (Lara 2007)

Probabilidad de alcance de flujos	Rangos de pendientes de quebradas
Bajo	10° - 13°
medio	13° - 15°
Alto	mayor a 15°

La siguiente figura muestra los sectores donde existe peligro asociado a remociones en masa del tipo flujos. (Se adjunta al estudio lámina en mayor tamaño)



3. Desprendimientos.

Los desprendimientos corresponden a caídas muy rápidas de bloques o masas independizadas por planos de continuidad preexistentes, siendo frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, en acantilados y en paredes rocosas (Álvarez, 2006).

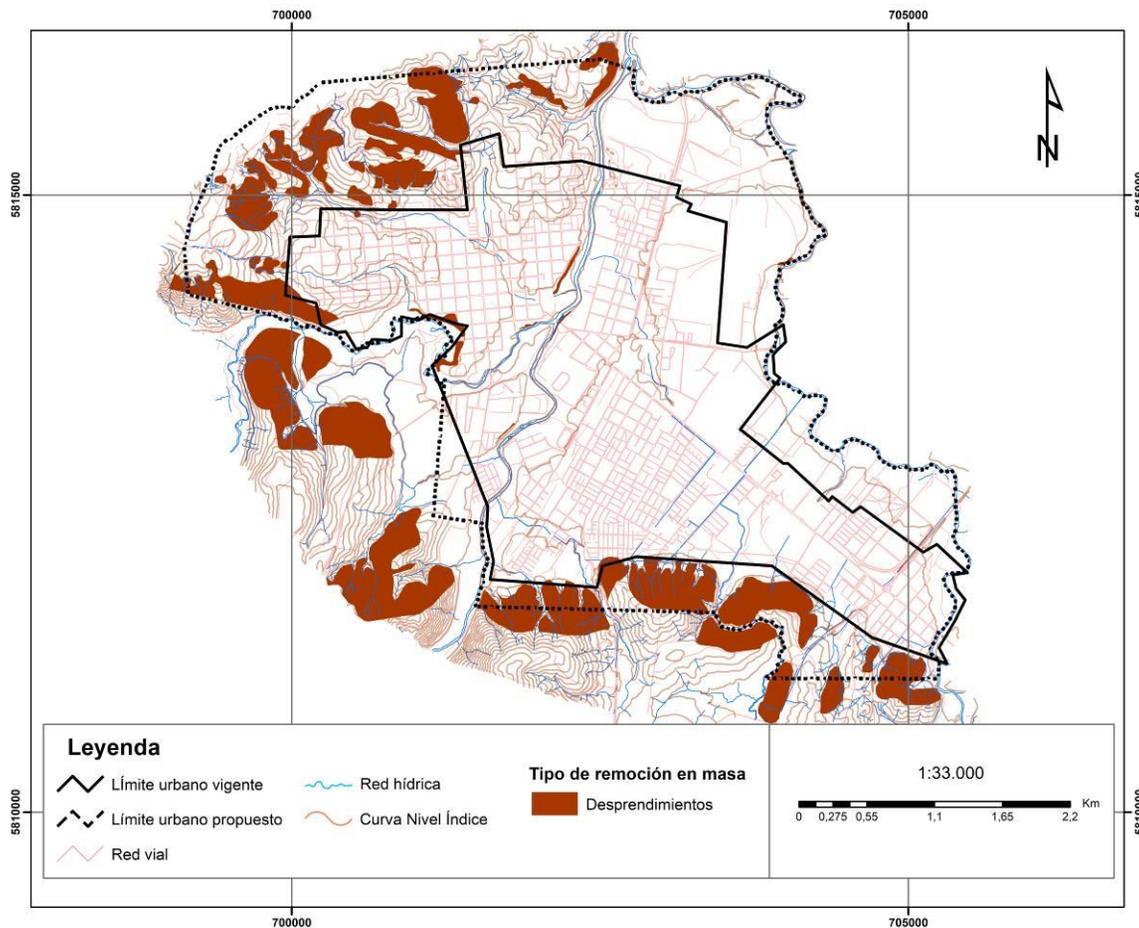
Los desprendimientos o caídas de roca se originan dado algún evento que produzca cambios en los esfuerzos actuantes sobre la roca (infiltración de agua en grietas producto de precipitaciones, procesos de hielo-deshielos en climas fríos, meteorización de la roca, sismos, entre otros). La geometría de la ladera es la responsable de la generación de los eventos, los cuales ocurrirán principalmente en laderas altas, de pendientes pronunciadas y donde el macizo esté fracturado de manera de generar los bloques susceptibles a las caídas (Lara 2007).

La Tabla muestra algunas de las propiedades cualitativas que controlan la generación de caídas de roca (desprendimientos) en una ladera y su relación con la frecuencia de los eventos.

Tabla: Control de la ladera en caídas de rocas (desprendimientos). Modificada de Pierson et al., 1990 en Lara 2007.

Categoría	Frecuencia de caídas			
	Pocas	Ocasionales	Muchas	Constantes
Altura de ladera (m)	-7,5	-15	-22,5	-30
Condición estructural	Discontinuidades, orientación contraria a la ladera	Discontinuidades, orientación al azar	Discontinuidades, orientación favorable	Estructuras continuas, orientación favorable
Condición superficie ladera	Rugosa, irregular	Ondulada	Planar	Sueva o con rellenos de arcilla
Características erosivas	Pocas, mal distribuidas en la superficie de ladera	Ocasionales, mejor distribuidas en ladera	Muchas, bien distribuidas en ladera	Demasiadas, bien distribuidas en ladera
Diferencias en tasas de erosión	Baja	Moderados	Alta	Extrema
Clima y presencia de aguas en laderas	Pocas a moderadas precipitaciones; sin periodos de hielo, o nula presencia de agua en ladera	Precipitaciones moderadas o periodos de hielos cortos, o presencia de agua intermitente en ladera	Gran cantidad de precipitaciones o periodos extensos de hielos, o presencia de agua continua en ladera	Gran cantidad de precipitaciones y periodos intensos de hielos, o presencia de agua continua en ladera y periodos extensos de hielo

La siguiente figura muestra los sectores donde existe peligro asociado a remociones en masa del tipo desprendimientos. (Se adjunta al estudio lámina en mayor tamaño)



Sismos

La zona donde se ubica el proyecto ha sido afectada por terremotos intraplaca de magnitud importante; se presentan además registros de eventos ocurridos en otras localidades, tales como el terremoto de Santiago de 1945 y Punitaqui de 1997.

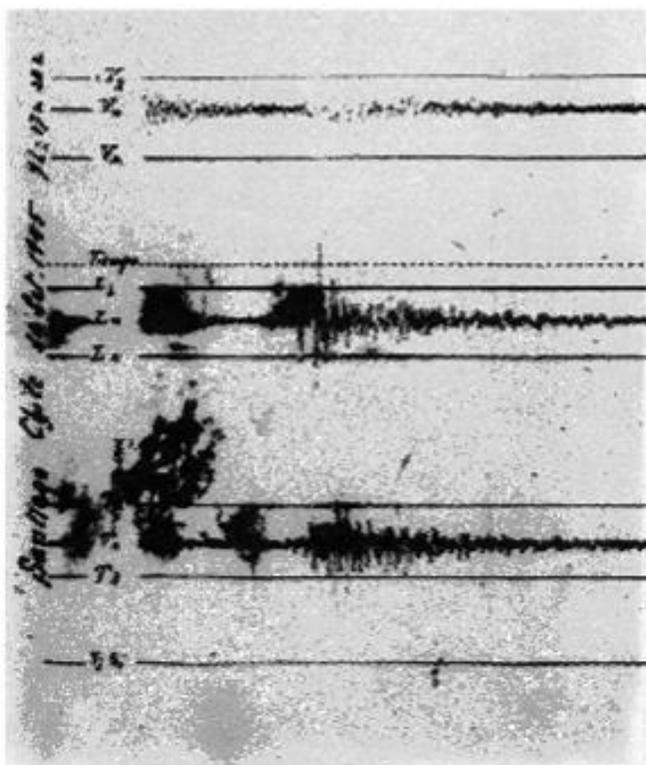


Figura: Acelerogramas del terremoto de Santiago de 1945 registrado en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

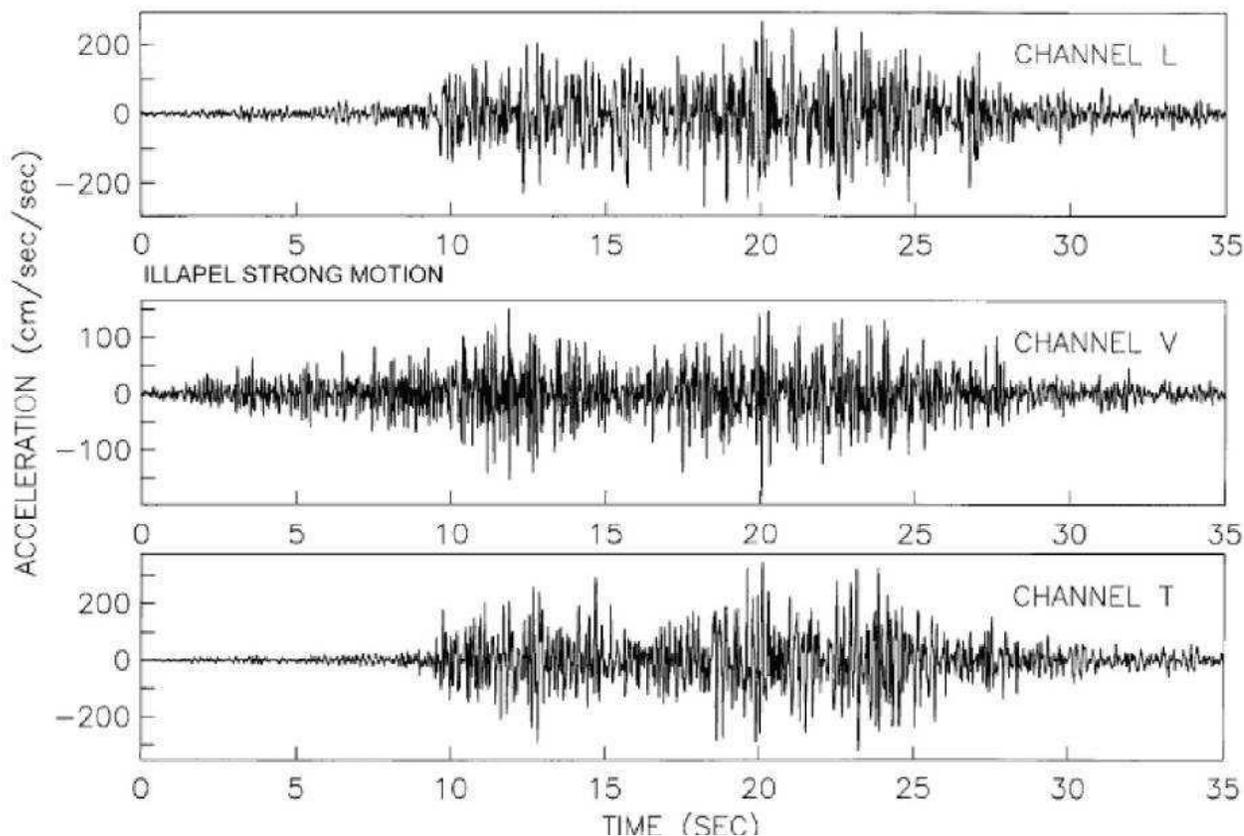
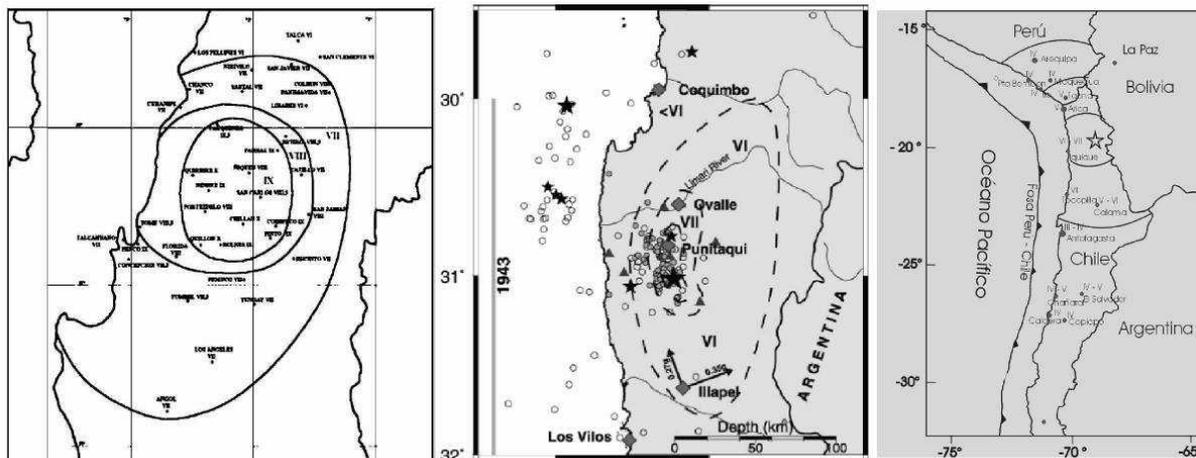


Figura: Registros de aceleraciones (en cm/s²) obtenidos en la ciudad de Illapel para el Terremoto de Punitaqui de 1997 (Pardo y otros, 2002).

Otros terremotos intraplaca de profundidad intermedia de gran magnitud ($M=8$) son Chillán de 1939 y Tarapacá de 2005, que han sido los terremotos que más daño han generado en Chile. En la Figura 16 se presentan las curvas de intensidades de los terremotos de Chillán de 1939, Punitaqui de 1997 y Tarapacá de 2005, de izquierda aderecha, respectivamente; de este último evento, se tienen registros instrumentales, como los presentados en el Anexo (Figura 17). Nótese que estos eventos presentan altas intensidades en la zona epicentral, decayendo rápidamente con la distancia (Astroza y otros, 2002).



UNIVERSIDAD DE CHILE DEPARTAMENTOS DE GEOFISICA E INGENIERIA CIVIL
 PICA ETNA 2799
 JUNIO 13,2005 HORA 18:44 MAG 7.9 LAT -19:54:10 LON -69:07:40 PROF 111 KM
 LIMITES FILTRO PASA BANDA : 0.15-0.25 23.00-25.00
 VALORES MAXIMOS : E-W =720.54 cm/seg² N-S =532.72 cm/seg² VERTICAL =757.03 cm/seg²

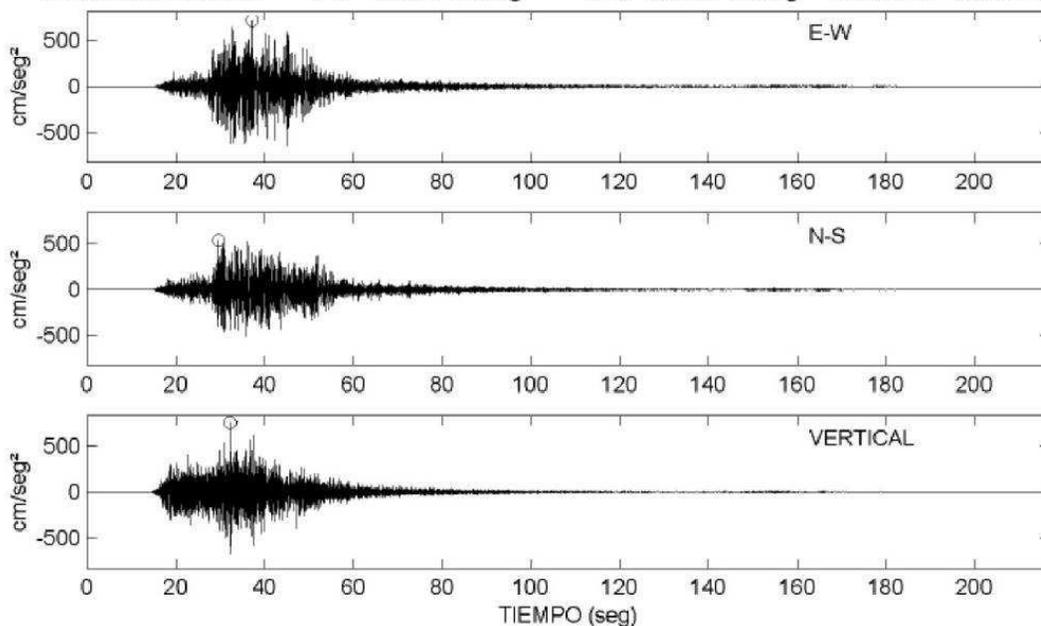
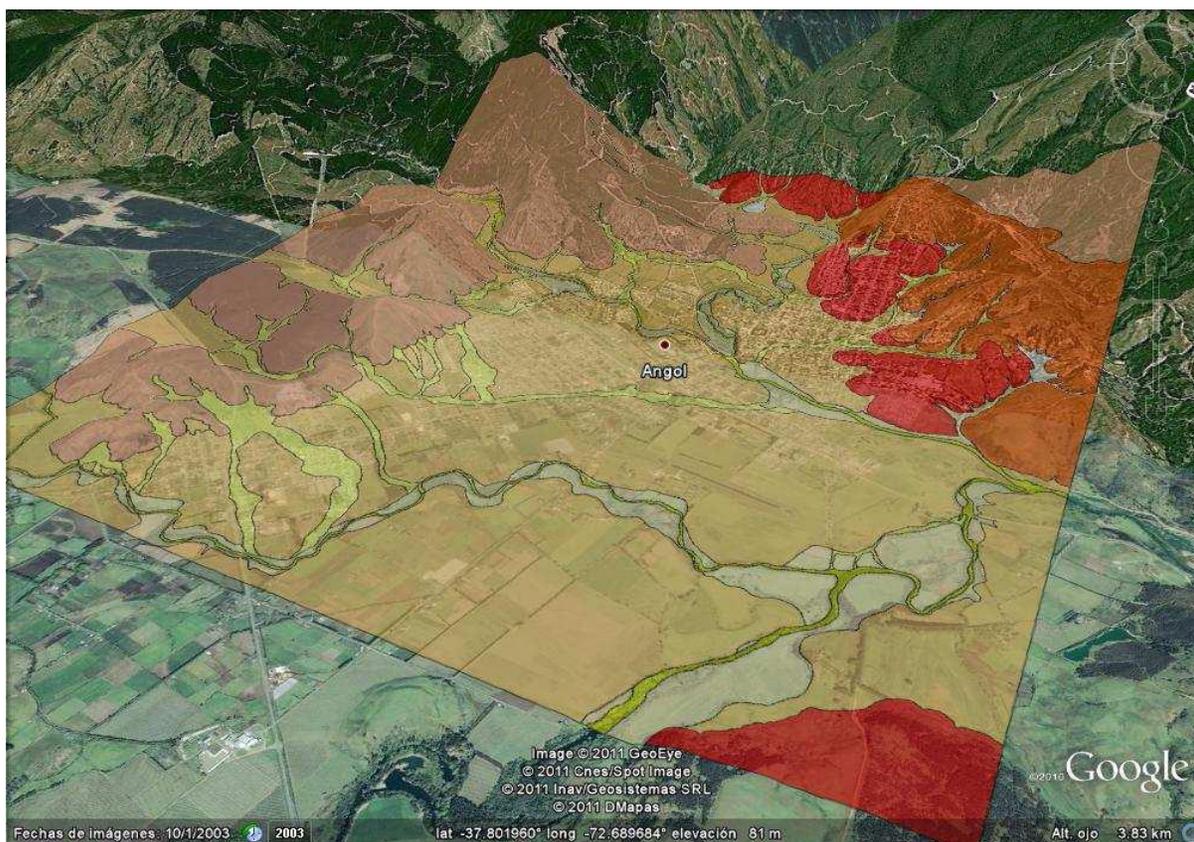


Figura: Registros de aceleraciones (en cm/s²) obtenidos en la ciudad de Pica para el terremoto de Tarapacá del 2005 (Boroschek y otros, 2005).

Geomorfología.

El rasgo geomorfológico distintivo de la zona en estudio es el flanco oriental de la Cordillera de la Costa, llamada Cordillera de Nahuelbuta a estas latitudes. Este macizo está constituida por rocas Paleozoicas de la Serie Oriental del Basamento Metamórfico definido por Aguirre et al (1972) y rocas intrusivas del Batolito Costero (Herve, 1977). Esta alcanza en las cercanías a la zona de estudio altitudes cercanas a los 800 msnm. Hacia el este del bloque Cordillerano se encuentra la depresión central formando una planicie entre los 80 a 90 msnm. Está constituida principalmente por depósitos glaciales, lacustres, fluviales y aluviales poco consolidados (Figura 227: en tonos crema y amarillo), atribuibles a las Formaciones Pelisto-holocenas de Fm. La Montaña y Fm. Depósitos Glacio-Lacustres Collipulli Angol. Ambas unidades geomorfológicas presentan una notable incisión fluvial por los ríos Picoiquén en la Cordillera de Nahuelbuta y por los ríos Vergara, Malleco y Picoiquén en la depresión Central.

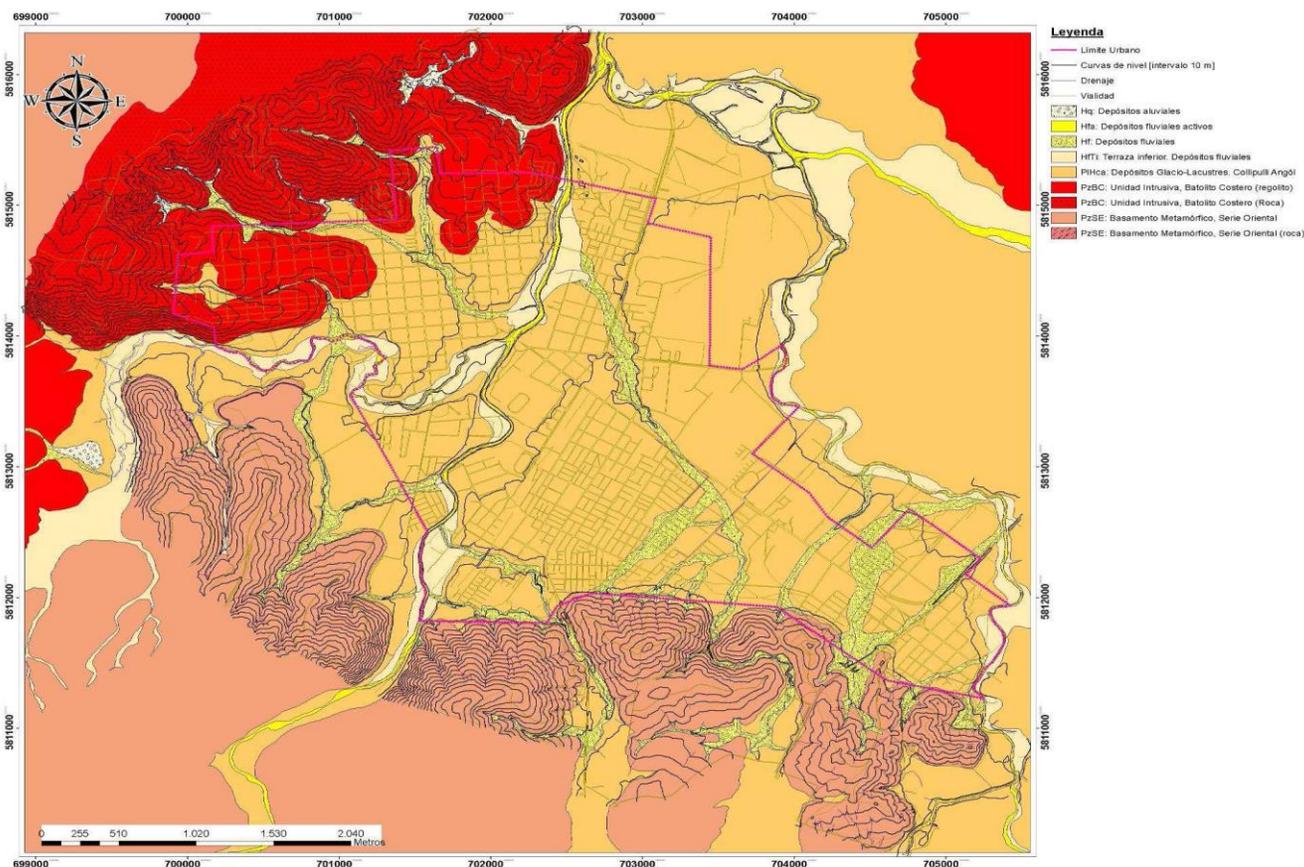
Figura: Vista SW de la ciudad de Angol. Se destaca en Rojo, Naranja y rosa las unidades asociadas a la Cordillera de Nahuelbuta y en tonos crema y amarillo los depósitos de la depresión central.



Marco Geológico.

Las unidades que afloran en el área de interés, de más antigua a más joven, son:

- (i) El basamento Paleozoico, representado por la Serie Oriental del Basamento Metamórfico Paleozoico (PzSe) y rocas intrusivas paleozoicas del Batolito Costero (Pzg), puestos en contacto principalmente por una relación de intrusión de edad Paleozoica superior-triásica inferior (Hervé, 1977).
- (ii) La cubierta son depósitos de edad pleisto-holoceno que representan un período de intenso movimiento glaciario sobre los depósitos volcánicos miocenos subyacentes de la Fm. Hueleheuco en la Depresión Central, dejando una cubierta de material glacio-lacustre y morrenico asociados a la Unidad Collipulli-Angol (PIHca). Finalmente se depositan las unidades holocenas asociadas a procesos aluviales y fluviales activos e inactivos.



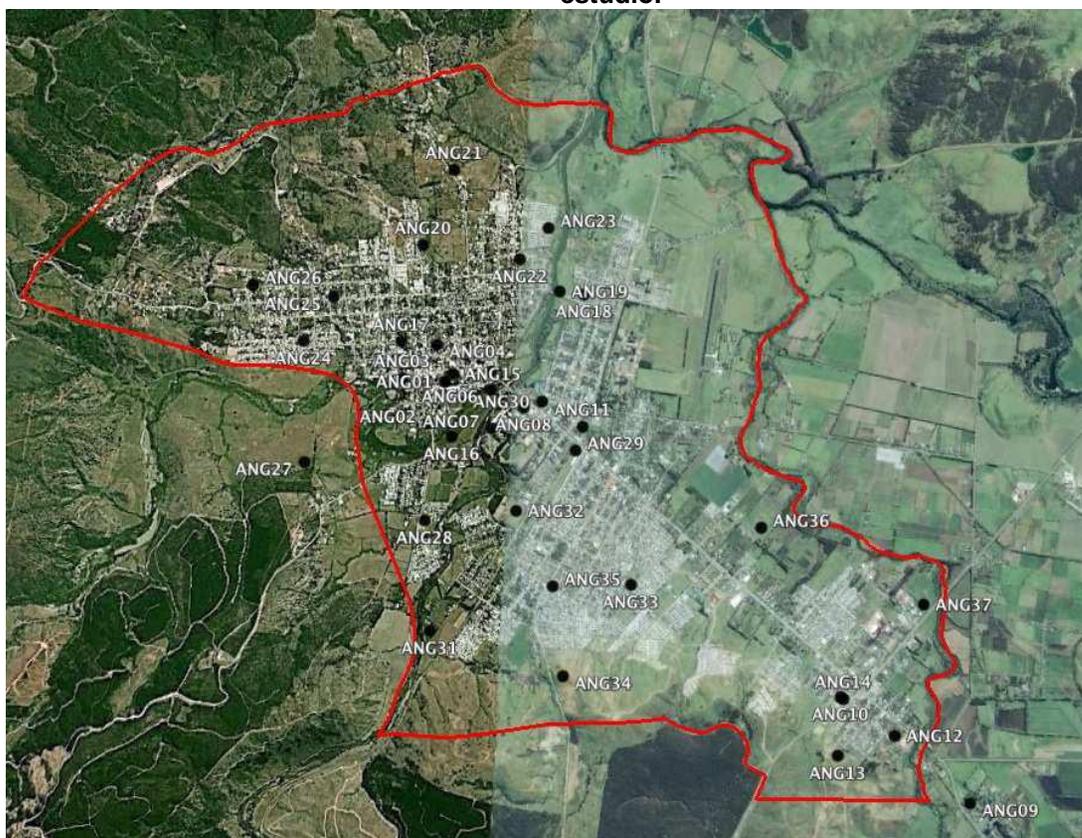
Introducción efecto de sitio.

Frecuencia fundamental de vibración de suelos.

Para realizar la estimación del efecto de sitio, es decir, la amplificación de las ondas sísmicas producto de las condiciones locales, se utilizarán las características dinámicas de los suelos; principalmente, la frecuencia fundamental de vibración. Este valor representa una propiedad intrínseca de los materiales y está fuertemente ligada con surigidez. Para su estimación se utilizará la razón espectral entre la componente horizontal y la vertical (RHV) de mediciones de microvibraciones (Nakamura, 2000), metodología que ha demostrado efectividad en ambiente tectónico andino como el Chileno (Pasten, 2007; Leyton y otros, 2011).

Las mediciones de microvibraciones se efectuaron durante un trabajo de terreno de 3 días para cubrir toda la zona en estudio, realizándose un total de 37 mediciones, tal como semuestran en la Figura 38. Cada una de estas mediciones consiste en registrar el movimiento natural del suelo por una ventana de 20 minutos, utilizando un geófono de 3 componentes. Un ejemplo se presenta en la Figura 39, donde se muestra el geófono (caja azul) realizando una medición sobre suelo natural.

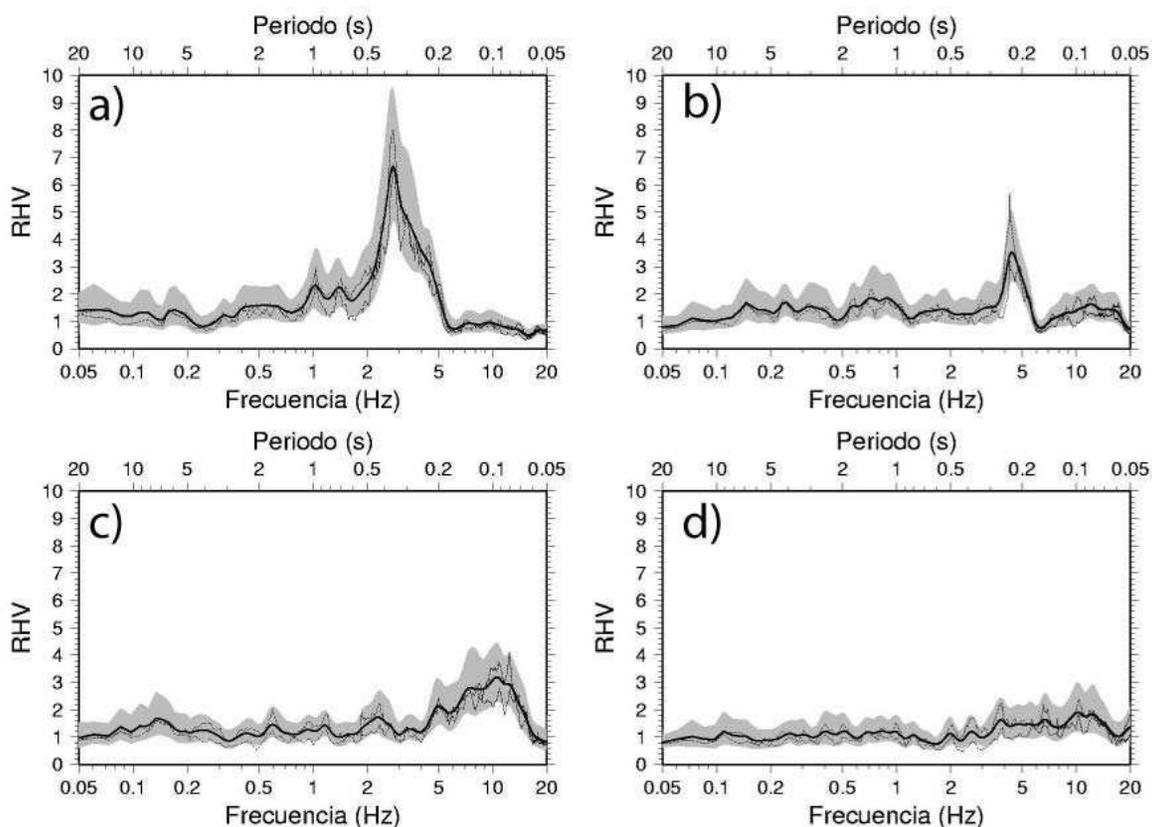
Figura: Fotografía aérea con las mediciones de microvibraciones realizadas en la zona de estudio.



Posteriormente, a través de la mencionada técnica RHV se estimará la frecuencia fundamental, tal como se muestra en la Figura 40. En ella se presentan los tipos de curvas encontradas en la zona de estudio, las cuales se caracterizan por presentar:

- a) Pico de gran amplitud: es decir un alto contraste entre la cobertura de relleno (suelo) y basamento, lo que en general se asocia a suelos de mala (o baja) calidad.
- b) Pico de baja amplitud. Es decir la relación entre la respuesta de suelo y basamento es comparable, por ende se asocia a suelos de buena calidad o más competentes (en cuanto a respuesta sísmica).
- c) Pico en alta frecuencia, pero baja amplitud. En general frecuencias sobre 5 Hz representan suelos de buena calidad.
- d) Curva esencialmente plana, sin una clara frecuencia fundamental. Estas unidades corresponden a suelos bastante buenos, en los que no se observa contraste entre suelo/basamento, por ende son suelos competentes sísmicamente que tienen un comportamiento similar a la roca, es decir no tienden a amplificar el parámetro de movimiento (aceleración y/o intensidad).

Figura: Taxonomía de las curvas de la razón espectral de las componentes horizontales sobre la vertical (RHV) observadas en la localidad en estudio.



A partir de esta clasificación es posible estimar cómo se comportará el suelo frente al movimiento generado por un gran sismo, tal como lo muestran Leyton y Ruiz (2011). En particular, en frecuencias cercanas a 1 Hz se tiene un posible acoplamiento entre el movimiento del suelo y de las edificaciones

sobre éste, produciéndose un aumento en el movimiento y acumulación de daños, tal como lo muestran Leyton y otros (2010; 2011).

Para frecuencias superiores a 5 Hz, el impacto es mucho menor, dado que las estructuras no poseen periodos cercanos estos valores. El caso de las curvas planas de RHV se produce cuando no existe una clara interface entre la roca y el relleno natural, probablemente debido a que éste último posee características similares a la roca o porque definitivamente no existe relleno natural. Estos sitios se caracterizan por no producir un marcado efecto de amplificación de las ondas. Finalmente, se ha visto que la amplitud del pico de RHV es proporcional a la diferencia de propiedades mecánicas entre el suelo y la roca (Bonney-Claudet y otros, 2009), lo que se caracteriza por producir una marcada amplificación de las ondas sísmicas, lo que conlleva una esperable acumulación del daño producto de los grandes terremotos.

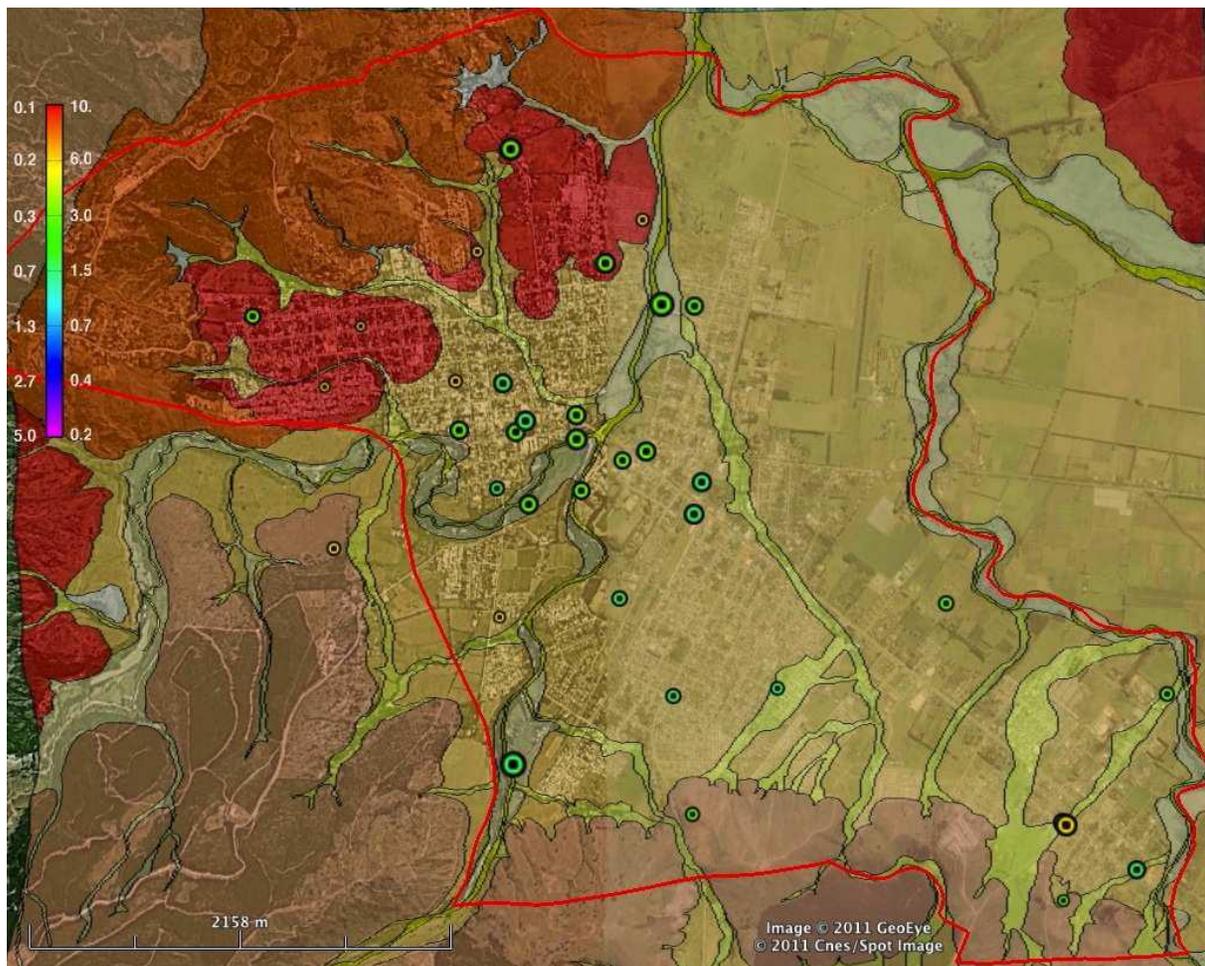
Frecuencia fundamental de los suelos.

En la zona de estudio se realizaron 37 mediciones de micro vibraciones, cubriendo las principales unidades geológicas presentes en el lugar. Tal como se menciona anteriormente, ellas se caracterizan no sólo por entregar la frecuencia fundamental de vibración de los suelos, sino que es posible obtener la amplitud de la razón espectral RHV, la cual es un estimador del efecto de amplificación sísmica. En la Figura 46 se presentan los resultados de cada una de las mediciones proyectados sobre una foto aérea de la zona de estudio, teniendo como fondo la geología. En ella **el color es proporcional a la frecuencia fundamental y el tamaño a la amplitud de la razón RHV**. De esta Figura es posible ver que la zona de estudio se caracteriza por presentar frecuencias fundamentales entre 1 a 3 Hz, con una marcada amplitud, existiendo algunos lugares con presencia de frecuencias mayores, pero con menor amplitud.

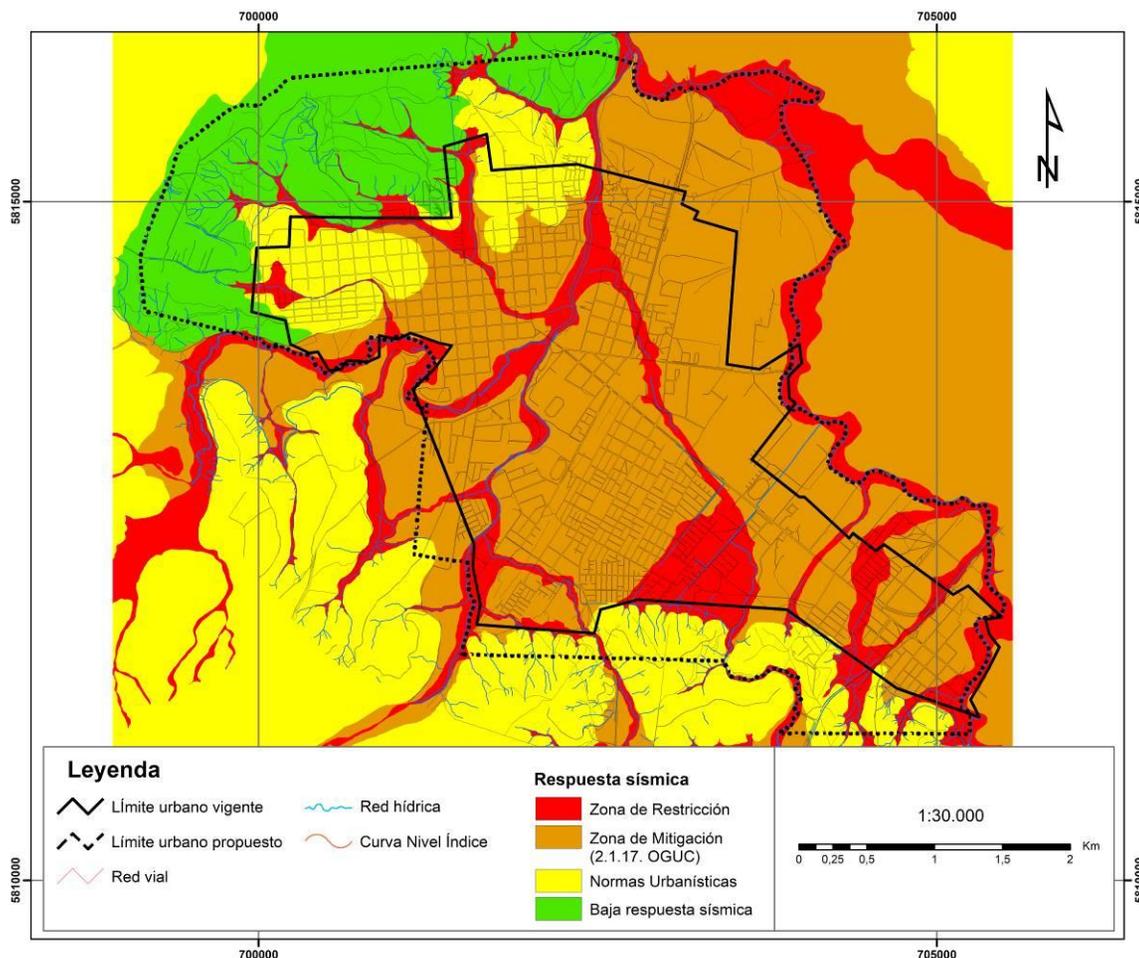
En particular, la unidad PzBC (regolito) presenta algunos sitios con frecuencias fundamentales entre 1 a 3 Hz (mostrados con color verde en la Figura 41), pero también se observan otros con frecuencias mayores (~ 7 Hz, mostrados en naranja en la misma Figura), reflejando presencia de suelo más competente (mejor calidad). Por otro lado, la unidad PIH se caracteriza por poseer, principalmente grandes amplitudes con frecuencias fundamentales de 1 a 3 Hz, características típicas de suelos arenosos. Este tipo de suelo a mostrado presentar amplificaciones de las ondas sísmicas frente a grandes terremotos (Leyton y otros, 2011).

En términos prácticos, cuando el tamaño de las mediciones sea mayor, quiere decir que se reconoce un mayor contraste entre suelo/basamento, por ende el suelo de fundaciones considerado de menor calidad (o menos competente), es decir presencia de suelos con alto contenido de finos.

Figura: Foto aérea con los resultados de HVR de microvibraciones, el color es proporcional a la frecuencia fundamental (ver escala en borde superior izquierdo), y su tamaño a la amplitud del pico observado. También se ha dibujado la geología superficial descrita en el capítulo anterior.



Dadas las características geológicas y las frecuencias de los suelos observadas en las distintas unidades geológicas, se propone el siguiente mapa de respuesta sísmica para el área en estudio, mostrado en la siguiente figura. (Se adjunta al estudio lámina en mayor tamaño)



VULNERABILIDAD.

La evaluación de la vulnerabilidad se determinó mediante el análisis del material de construcción, el nº de pisos y el estado de la edificación.

Los datos fueron extraídos del catastro actualizado por la Consultora y el catastro realizado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de la IX Región a consecuencia del evento del 27 del Febrero del 2010.

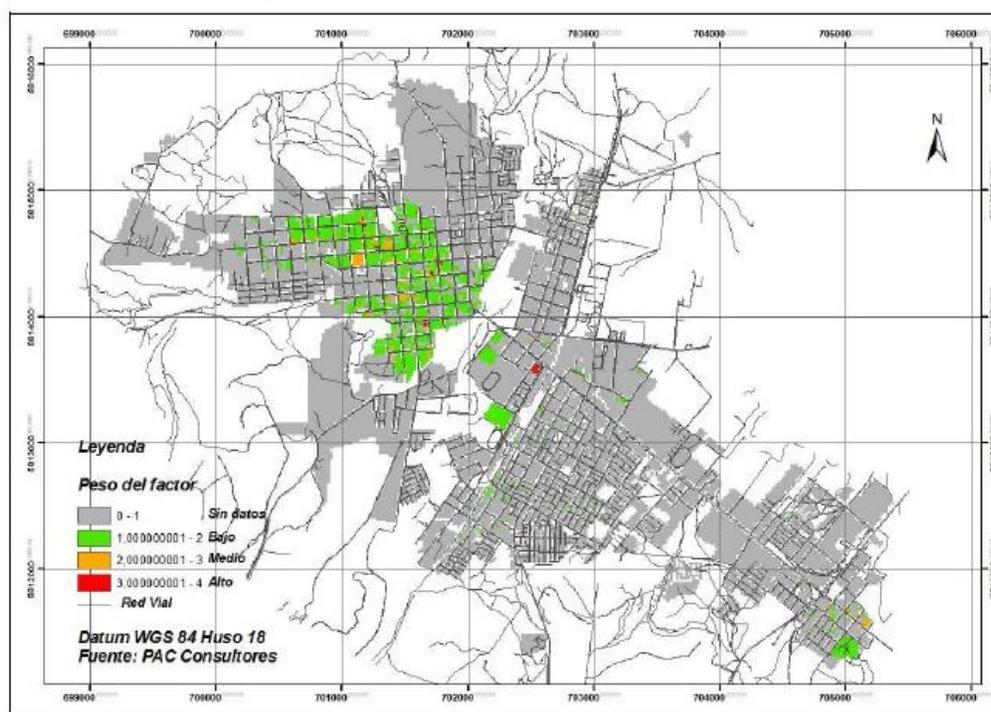
Esta variable presenta sectores “sin información” debido a que el catastro fue realizado con el objetivo de determinar y caracterizar sectores donde las viviendas fueron afectadas por el terremoto.

La siguiente tabla muestra las variables consideradas en la determinación de la vulnerabilidad y los pesos de los factores establecidos para su posterior procesamiento:

Factor/Peso	0 - Nula	1 - Mínima	2 - Media	3 - Máxima
Material de construcción	Hormigón Acero	Madera	Ladrillo Mixto	Precario Adobe
N° de pisos	1	2	3	4 o más
Estado	Sin daños	Daños menores	Daños mayores	Destruída o para demoler

La siguiente figura muestra el modelo raster de la vulnerabilidad obtenida:

Figura: Modelo raster de vulnerabilidad.

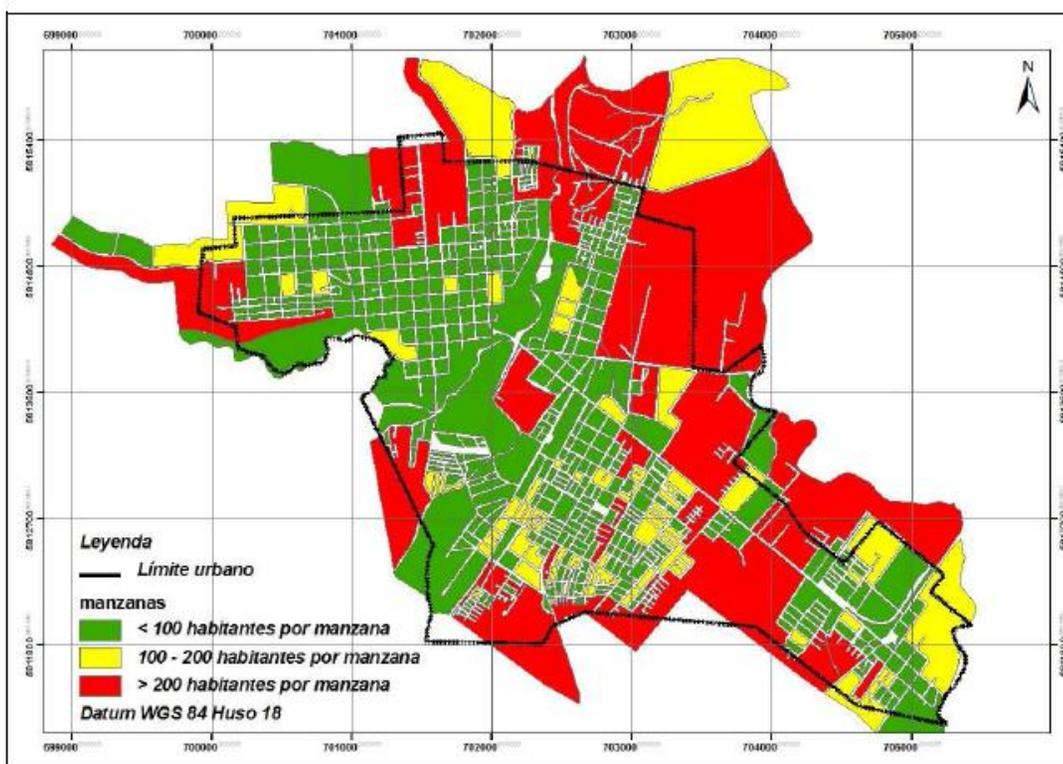


EXPOSICIÓN.

La exposición de población se determinó respecto a la distribución de población por manzana censal. La clasificación de baja, media y alta exposición se estableció según la metodología de Mardones (2001). Se debe señalar que hay sectores que presentan una mayor exposición aún cuando corresponden a un sector de menor densidad de población. Esto se produce por el

tamaño de las manzanas periféricas que difieren totalmente de las manzanas correspondientes a la zona central consolidada de la ciudad. La siguiente figura muestra la distribución de población por manzana censal, según datos de población (INE 2002).

Figura: distribución de población por manzana censal.

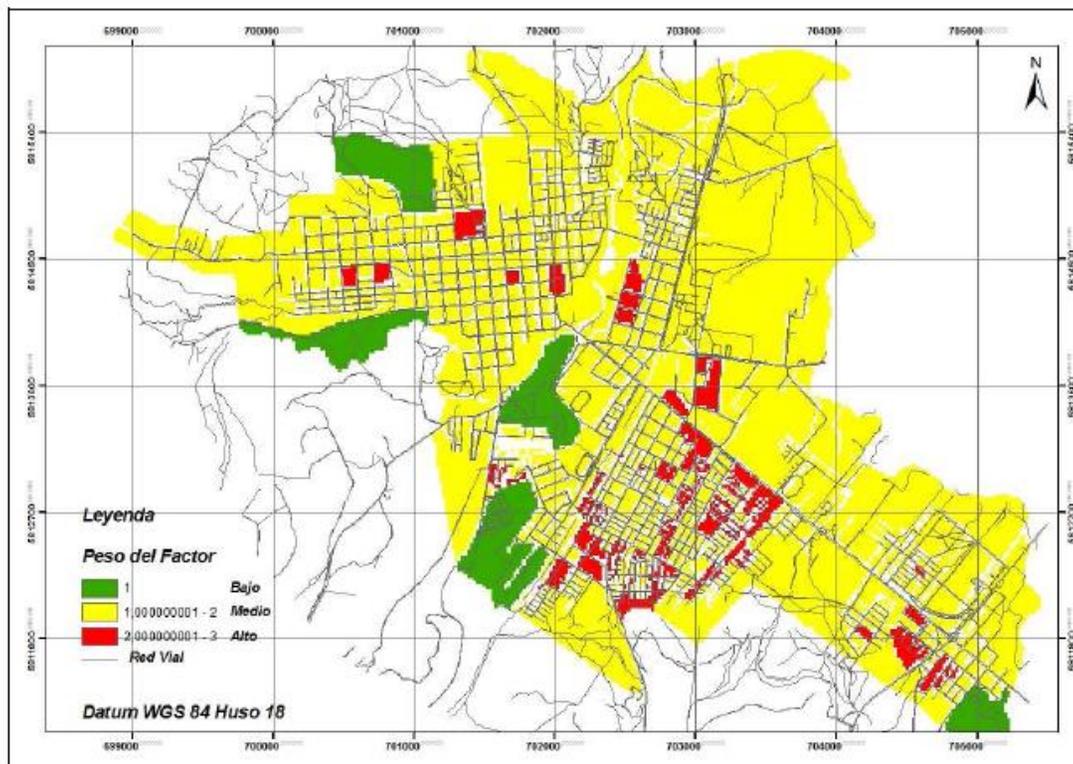


La siguiente tabla muestra las variables consideradas en la determinación de la exposición de población y los pesos de los factores establecidos para su posterior procesamiento:

Factor/Peso	1	2	3
N° de habitantes por manzana	menor a 100	100 - 200	mayor a 200
Exposición	Baja	Media	Alta

La siguiente figura muestra el modelo raster de la exposición obtenida.

Figura: Modelo raster de exposición.



PROCESO DE SUBSIDENCIA CANAL POCHOCHINGUE.

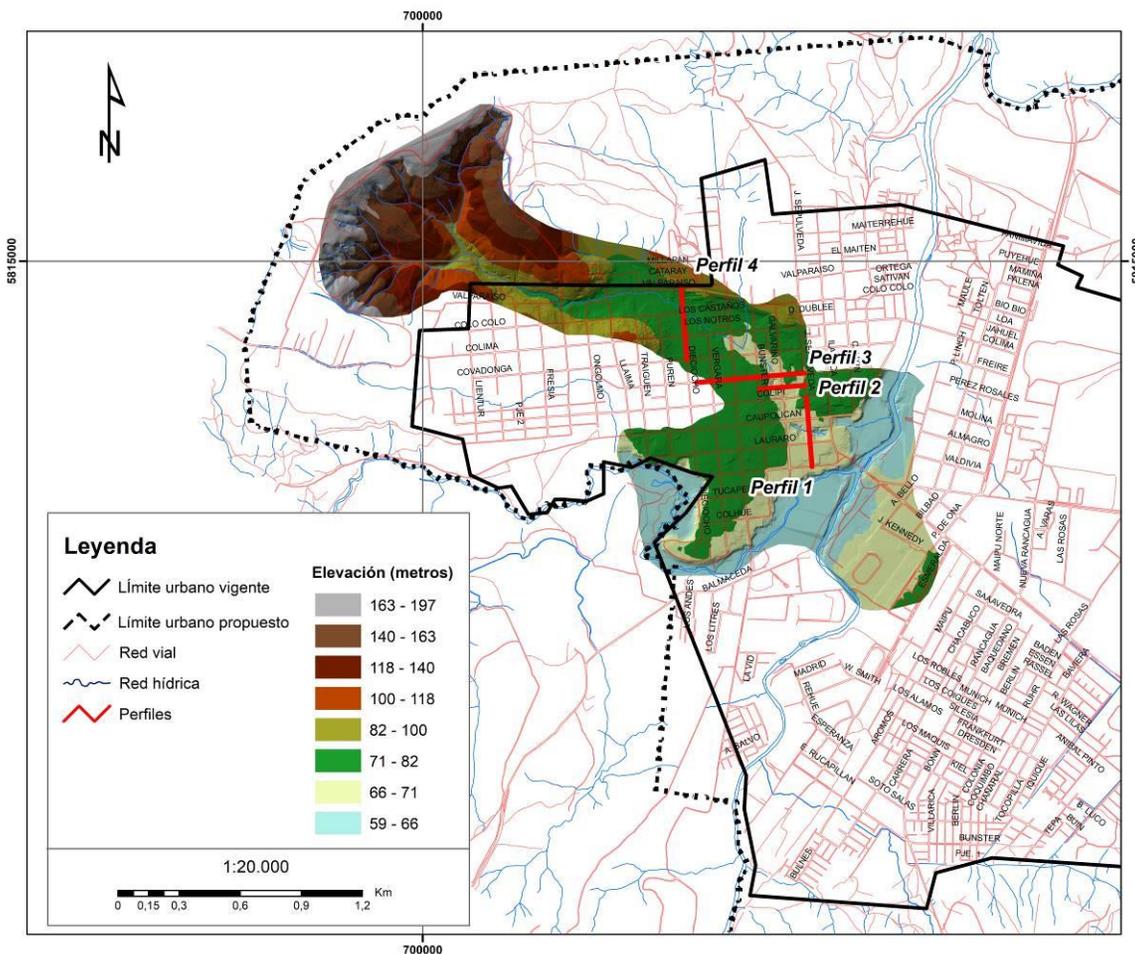
Se entiende por subsidencia “un descenso lento y paulatino del suelo” (Durán, 1987 en Hauser 1993).

Los hundimientos lentos o subsidencias pueden afectar a todo tipo de terrenos y son generados por cambios tensionales inducidos en el terreno por descenso del nivel freático, minería subterránea y túneles, procesos lentos de disolución y lavado de materiales, procesos de consolidación de suelos blandos y orgánicos. Las subsidencias naturales son generalmente procesos muy lentos, aunque generalmente aumentan por intervención antrópica (Hauser 1993).

Si la subsidencia ocurre en zonas urbanas puede dañar y agrietar las edificaciones y afectar sus cimientos. Otras consecuencias son los anegamientos y cambios en la morfología del drenaje (Hauser 1993).

El canal Pochochingue se extiende en dirección noroeste – sureste de la ciudad de Angol. Se observa el proceso de subsidencia en la zona baja de la cuenca, el cual ha sido graficado mediante perfiles transversales en cuatro zonas donde se pudo observar este proceso mediante trabajo de campo y observación del modelo de elevación digital elaborado. El siguiente modelo de elevación del terreno muestra el canal Pochochingue y los sectores donde se han elaborado los perfiles transversales al cauce del canal en estudio.

Figura: Canal Pochochingue y perfiles transversales. (Se adjunta al estudio lámina en mayor tamaño)



El canal Pochochingue presenta acentuado proceso de subsidencia en la zona proximal de la microcuenca, donde la canalización en estos sectores ha acentuado el proceso mencionado y aumentado las posibilidades de inundación debido a la urbanización del área adyacente.

CONCLUSIONES GENERALES.

Las zonas atribuidas a peligros naturales, inundación, anegamiento y remoción en masa determinadas mediante herramientas de álgebra de mapas coinciden con las zonas determinadas en la etapa 1 del estudio, identificación de peligros geomorfológicos. La metodología utilizada fue el uso de herramientas de geoprocso (intersección) de variables morfométricas y trabajo de campo.

La determinación de peligros en la presente etapa, a través de la agregación de variables y su cuantificación mediante el uso de un Sistema de Información Geográfico, permitió espacializar con mayor precisión las áreas de peligro, de modo de obtener zonas homogéneas delimitadas en el territorio (Plano Riesgos Angol).

Las capas de información obtenidas en cada tipo de peligro fueron reclasificadas en cuatro categorías (muy bajo, bajo, medio y alto) para su mejor visualización. Sin embargo, una vez que se integró la información se reclasificó en tres categorías (alto, medio y nulo) para la espacialización cartográfica de los riesgos.

La identificación de factores de Vulnerabilidad y Exposición se subordinó a la zona urbana consolidada, debido a la información disponible (bases de datos INE Censo 2002, manzanas área urbana y Catastro elaborado por esta consultora para el presente estudio). No obstante, se pudo caracterizar estos factores, identificándose una mayor exposición en el sector suroeste de la ciudad. También se identificó áreas de exposición en el casco histórico de la ciudad y el sector de Huequén.

La Vulnerabilidad muestra un riesgo alto y medio disperso en el centro urbano. No presenta áreas homogéneas, siendo principalmente los elementos asociados a diferencias de materialidad y estado de las viviendas los que se presentan dispersos en el área urbana. Esta variable se trabajó con información obtenida del catastro elaborado por la Consultora. Por lo tanto, las áreas periféricas carecen de información para esta caracterización.

En referencia a las amenazas naturales el peligro de inundación constituye la principal amenaza asociada al área urbana consolidada. Los ríos Rehue y Picoiquén se desplazan en un nivel de base de poca pendiente, ambos forman una amplia llanura de inundación siendo más notoria en sectores donde la red de drenaje muestra una morfología de tipo meandros. La unión de ambos drenes forma el río Vergara, siendo esta confluencia de drenes una división natural al espacio urbano. De este modo se diferencia la zona urbana correspondiente al casco histórico del área de expansión de la ciudad.

El río Malleco atraviesa la ciudad de sur a norte y su morfología de meandros ha generado una amplia llanura de inundación que en su confluencia con el río Vergara muestra amplios sectores de anegamiento.

El peligro medio de inundación se observa principalmente en áreas de paleo cauces, donde actualmente es inexistente o ha sido modificada la red de drenaje, sin embargo se debe señalar que en períodos de crecidas excepcionales, los cuerpos fluviales recuperan su curso normal.

En referencia al peligro de remoción en masa, el sector noroeste de la ciudad presenta riesgo medio y alto referente principalmente al material meteorizado de rocas graníticas (regolito) correspondiente al Batolito de la Costa (Cordillera de Nahuelbuta) y material no meteorizado pero en sectores de mayor pendiente asociados a las cabeceras de las microcuencas existentes. Es decir, la existencia de diversos sistemas vertiente-talweg generados por la presencia de microcuencas asociadas a escurrimiento estacional, constituyen otro elemento que condiciona la forma del territorio a amenazas del tipo remoción en masa.

El sector sur de la ciudad presenta rocas metamórficas correspondientes al Basamento metamórfico de la Serie Oriental. En esta zona los riesgos se generan principalmente por las pendientes de las microcuencas superiores en relación con los umbrales morfodinámicos de desencadenamiento de procesos de remoción en masa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ESTUDIO SÍSMICO.

De acuerdo a los estudios de peligro sísmico realizados, a partir de un enfoque probabilístico y determinístico, para cada localidad, se determina que son susceptibles a ser afectadas por un sismo de magnitud importante para los siguientes períodos de retorno (enfoque probabilístico):

De acuerdo al Mapa de Sismicidad Global (GSHAP, 1999, Global Seismic Hazard Assessment Program), los valores de pga para esta zona (proveniente de estudios probabilísticos) corresponden a 45 % de g para un periodo de retorno de 475 años, siendo consistente con el valor encontrado en este estudio de detalle para la comuna de Angol.

A partir del levantamiento geológico efectuado en este estudio se reconocen las siguientes unidades geológicas:

Unidades de Roca: Corresponden al basamento metamórfico (filitas y gneises) y al batolito costero, que afloran principalmente en la Cordillera de Nahuelbuta.

En general, los afloramientos de roca del basamento son discontinuos debido a que hay una fuerte meteorización de las rocas en casi todo el sector generando grandes espesores de regolito.

Unidades Fluviales, Aluviales y Glaciares: Corresponden a depósitos de arcillas, arenas y gravas, con distintos grados de consolidación y clasificación.

En la comuna de Angol destacan los Sedimentos Glacio-lacustres Collipulli-Angol, que corresponden a gravas mal seleccionadas, matriz soportadas y con una matriz de tamaño arcillo-limoso color café oscuro. Otros depósitos que se reconocieron en el área corresponden a los depósitos fluviales activos y antiguos, que corresponden a arenas gravosas con alto contenido de finos.

A partir de la geología levantada en terreno, y mediciones de microvibraciones se estimó el efecto de sitio para el área urbana de la comuna, es decir, zonas donde se espera una eventual amplificación del parámetro (Intensidad) en relación a un suelo competente (que en este caso correspondería a las unidades de roca fresca). A partir de esto, se han establecido principalmente 4 zonas cuya respuesta frente a sollicitaciones sísmicas debería ser similar, estas son:

- i. **susceptibilidad baja**, está formada principalmente por afloramientos de roca: batolito y basamento metamórfico. Es decir, zonas de buena respuesta de sitio, en donde no se esperaría un incremento de la Intensidad reportada producto de un sismo destructivo.
- ii. **susceptibilidad media** está compuesta predominantemente por basamento muy meteorizado, lo que en terreno se reconoció con espesores inferiores a 10 metros de regolito, conformando una capa de suelo de bajo espesor.
- iii. **susceptibilidad alta**, está conformada por suelos mal gradados con alto contenido de finos (principalmente arcilloso). Son estas zonas en donde se espera un aumento del valor en relación a parámetros que expresen las características del movimiento (aceleración y/o intensidades). Se sugiere denominarlas como “zona de riesgo” según definición dada en el Art. 2.1.17 de la OGUC
- iv. **susceptibilidad muy alta:** Por ejemplo en los humedales, paleocanales y áreas circundantes a cauces de ríos y esteros. En estas zonas debieran haber restricciones al emplazamiento de viviendas y se recomienda cómo uso de suelo áreas verdes y equipamiento deportivo.

La mala calidad de los suelos que predomina en la comuna de Angol, responde a una clasificación dinámica en donde se esperarían amplificaciones del factor a considerar (aceleración y/o intensidad). Se espera una amplificación entre 0.5 a 1.0 (susceptibilidad media) y entre 1.0 a 1.5 (susceptibilidad alta) grados de intensidad de Mercalli. Esto tiene relación directa con el grado de daño esperado de acuerdo al tipo de construcciones fundadas sobre estas unidades de suelo.

Recomendaciones Generales

Recomendaciones en cuanto a Peligro Sísmico:

Algunas de las medidas de mitigación recomendadas, corresponden a:

- i. De acuerdo a las indicaciones estipuladas por la OGUC, mediante estudios de mayor detalle, como por ejemplo, estudios de mecánica de suelos, y/o estudios competentes a la Dirección de Obras Hidráulicas).
- ii. En aquellas zonas de susceptibilidad alta, se sugiere considerar uso comercial y edificaciones de baja altura (elevación no superior a 4 pisos). Se recomienda también solicitar estudios detallados de mecánica de suelos que permitan la caracterización del comportamiento sísmico (estático y dinámico) de un determinado sitio en el cual se pretende construir una obra de consideración (ya sea por la alta densidad ocupacional o por ser una edificación y/o infraestructura estratégica, etc.). Se recomienda imperiosamente considerar las exigencias estipuladas en la normativa vigente al periodo de la construcción. Por otra parte, en aquellas zonas de riesgo, el emplazamiento de nuevas edificaciones estratégicas deberá considerar el artículo 4º de la Norma Técnica NTM 003 2010 “Edificaciones estratégicas y de servicio comunitario”.
- iii. Solicitar estudios fundados en aquellas zonas de susceptibilidad moderada considerando las normas urbanísticas establecidas por el PRC e indicadas en el Art. 1.4.4 de la OGUC.
- iv. Se recomienda la construcción de viviendas de altura no superior a 4 pisos. En este aspecto se sugiere la evaluación previa de la clase de vulnerabilidad de la estructura a construir, criterio global que permitiría conocer el desempeño sísmico de la estructura considerando otros aspectos que a priori no se pueden definir (por ejemplo la materialidad y/o tipología de la vivienda). Este criterio también es aplicable a algunas áreas con susceptibilidad alta.

En cuanto a recomendaciones que este equipo puede indicar referente a tipologías constructivas, Sistemas de agrupación y/o números de piso de las construcciones a emplazar acorde a la zonificación de riesgos, son solo de carácter indicativos y no mandatorias.

En esta línea, se recomienda que las viviendas sociales que se construyan en zonas de susceptibilidad alta, sean de preferencia equivalentes a clase de vulnerabilidad C ó D en la

Escala EMS (Escala Macrosísmica Europea) acorde a las adaptaciones hechas en Chile por Monje y Astroza. Es decir, viviendas rígidas de albañilería reforzada (de preferencia confinada) de ladrillo cerámico de 1 y 2 pisos con diseño sísmico. En caso de considerar estructuras de 3 y 4 pisos, se recomienda solicitar evaluaciones de las clases de vulnerabilidad y procurar que correspondan a clases C ó D, sugiriendo que sean de albañilería confinada o híbridas, es decir con presencia de un porcentaje considerable de muros de hormigón armado.

Viviendas multifamiliares (blocks) de un número de piso mayor no se recomiendan, a excepción de que sean de hormigón armado en su totalidad y cuenten con diseño sísmico según consideraciones normativas vigentes, tomado en cuenta la respuesta sísmica de las unidades de suelo de fundación, además de una rigurosa supervisión en obra de los profesionales competentes, que aseguren la integridad de la estructura.

De acuerdo a la zonificación propuesta, en las zonas denominadas zonas ZA1, Z-A2 y Z-A6 (situadas en la unidad correspondiente a regolito/roca) deben exigirse estudios geotécnicos que demuestren la capacidad de fundación de los suelos para cada proyecto.

En aquellas zonas de susceptibilidad muy alta, se recomienda considerarlas áreas de restricción. Se sugiere destinarlas a áreas verdes y/o equipamientos deportivos, no considerando en este aspecto infraestructura estratégica como pudieran ser gimnasios, las que en la eventualidad de un sismo destructivo, en muchas ocasiones se reconvierten en albergues.

Se recomienda también, estudios a escala del proyecto de evaluación de vulnerabilidad de líneas y servicios vitales. Es decir, identificar emplazamiento de líneas críticas para la conectividad y operatividad de la comuna (contar con inventario). Para ello, se sugiere tomar en consideración el documento "Seismic vulnerability and impact of disruption of lifelines in the conterminous in United States", ATC-25 FEMA, 1991. En estudios más detallados, incluso se recomienda evaluar posibles pérdidas económicas asociadas a diversos escenarios de riesgos geológicos que pudieran comprometer la integridad de dichas líneas vitales.

Recomendaciones en cuanto a Peligros Naturales:

Medidas en las zonas de Remoción en masa

- i. Llevar a cabo una cartografía/catastro de deslizamientos activos. Y dentro de la determinación de susceptibilidades de deslizamientos, se debe considerar que si la dirección de foliación de la roca es coincidente con la dirección de la pendiente aumenta de gran manera la susceptibilidad.

- ii. Utilizar marcadores fijos para determinar la evolución de los deslizamientos, en forma de estacas, hitos y/o tensómetros ubicados en distintos lugares del deslizamientos y que su posición sea medida periódicamente (cada semana o quincenalmente) con respecto a un punto fijo cercano, de forma tal de poder establecer las características (dirección, velocidad, aceleración, entre otros) de movimiento del material del deslizamiento.
- iii. En caso de precipitaciones realizar mediciones más frecuentes en los deslizamientos, debido a que la saturación de agua del material puede acelerar el movimiento del material, y en el peor de los casos transformarlo en un flujo.
- iv. Llevar registro de las mediciones de velocidades y de precipitaciones, con el fin de conocer la relación de estos dos elementos.
- v. En caso de determinar una aceleración de material, evaluar medidas de contención, o mitigación y evaluar mediante algún consejo técnico integrado por organismos competentes en la materia, la aplicación de plan de contingencia, desalojo preventivo, etc.
- vi. Realizar análisis geotécnicos de suelo y roca en las distintas unidades geológicas definidas, para así pronosticar el comportamiento de la cobertura y el basamento frente a condiciones anómalas: sismos, infiltración excesiva de aguas lluvias, entre otros aspectos.

Las tipologías constructivas recomendadas, son:

- I. En las zonas de **Riesgo alto de Remoción en Masa**, sólo se recomienda considerarlas áreas de restricción. Se sugiere destinarlas a áreas verdes y/o equipamientos deportivos.
- II. En las Zonas de **Riesgo Medio de Remoción en Masa**, se sugiere considerar uso comercial y edificaciones de baja altura (altura no superior a 4 pisos).

Medidas en las zonas de Inundación:

- I. Llevar a cabo un estudio de variables Hidromorfométricas a nivel de Microcuencas.
- II. Elaborar estudios Hidrogeológicas para determinar posición y variación del nivel freático.

Las tipologías constructivas recomendadas, son:

- I. En las zonas de **Riesgo alto de Inundación**, sólo se recomienda considerarlas áreas de restricción. Se sugiere destinarlas a áreas verdes y/o equipamientos deportivos.

Medidas en las zonas de Anegamiento:

- I. Realizar análisis geotécnicos de suelo y roca en las distintas unidades geológicas definidas, para así pronosticar el comportamiento de la cobertura y el basamento frente a condiciones anómalas: sismos, infiltración excesiva de aguas lluvias, entre otros aspectos.
- II. Elaborar obras de ingeniería necesarias para mejorar el escurrimientode las aguas.

Las tipologías constructivas recomendadas, son:

En las zonas de **Riesgo alto de Anegamiento**, se sugiere considerar uso mixto y edificaciones de baja altura (elevación no superior a 4pisos). Se recomienda también generar obras de mitigación según los resultados de los análisis recomendados anteriormente.

Erika Alvarez Cortez

Bióloga en Gestión de Recursos Naturales

Bibliografía.

Álvarez Arriagada, Manuel. "Factibilidad de utilización de técnicas geofísicas en estudios de fenómenos de remoción en masa". Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile (2006).

Brignardello, Luigi. "Proposición metodológica para la evaluación y zonificación integrada de riesgos naturales mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica". Revista de Geografía Norte Grande, 24: 91-102 (1997).

Chávez, Carolina. "Amenazas naturales en media y baja montaña asociados al corredor de comercio Las Leñas, VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins".

Memoria para optar al título de Geógrafo. Universidad de Chile (2005).

González, Claudio. "Estudio áreas de riesgo geomorfológico de la zona urbana y de expansión de la comuna de San Antonio, V Región". Memoria para optar al título de Geógrafo. Universidad de Chile (2005).

Hauser, A. "Remociones en masa en Chile". Servicio nacional de Geología y Minería.

Boletín 45. Santiago (1993).

Mardones, María. "La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción" (2001).