



ANEXO_ESTUDIO FUNDADO DE RIESGO

MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR
COMUNAL DE OSORNO
BARRIO PARQUE INTEGRADO,
SECTOR RAHUE BAJO

ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE OSORNO
REGIÓN DE LOS LAGOS



01. INTRODUCCION

El presente Estudio se refiere al Estudio de Riesgos desarrollado para la “Adecuación y Tramitación Plan Regulador Osorno”, desarrollado por la consultoría del Arquitecto Teodoro Veloso, elaborados por la Geógrafa Profesora María Victoria Soto Bäuerle, y entregado como antecedente base a la presente consultoría correspondiente a ESTUDIOS PREVIOS MODIFICACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE OSORNO, PLANO DETALLE, BARRIO PARQUE INTEGRADO, SECTOR RAHUE BAJO, incorporando las variables específicas para este último y concluyendo un Estudio de Riesgo definitivo.

El presente Estudio de Riesgos y Protección Ambiental, exigido en el Artículo 2.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, incorpora todos los contenidos en el Estudio base indicado, y complementa los antecedentes indicados referidos a las nuevas líneas de Inundación determinadas en el área de Estudio definidas en el Expediente de Expropiación desarrollado por SERVIU Región de Los Lagos, información que debe ser revalidada por nuevo Estudio a desarrollar por DOH.

De ese estudio anterior se incorporaron a éste, los siguientes contenidos; el Capítulo 1 “Geología”, el Sub-capítulo 3.3 “Riesgo Sísmico” y el Sub-capítulo 4.1 “Riesgos Antrópicos”. Todo el Capítulo 2, de carácter conceptual, “Amenazas de Origen Natural y la Condición de Riesgo Asociada” y el Capítulo 3 “Amenazas y Riesgos de Origen Natural en la Ciudad de Osorno”, fueron elaborados en la presenta consultoría fueron elaborados por la Geógrafa Profesora María Victoria Soto Bäuerle, quien ha suscrito el estudio completo.





02. GEOLOGÍA

02.1. GEOLOGÍA REGIONAL Y LOCAL

Regionalmente, entre los 5.490.000 N y los 5.520.000 N, al oeste de los 670.000 E, se encuentran representadas unidades geológicas del Paleozoico, Terciario y Cuaternario que incluyen un basamento cristalino, rocas sedimentarias marino-continentales y sedimentos consolidados a no consolidados, respectivamente (Figura 1.1).

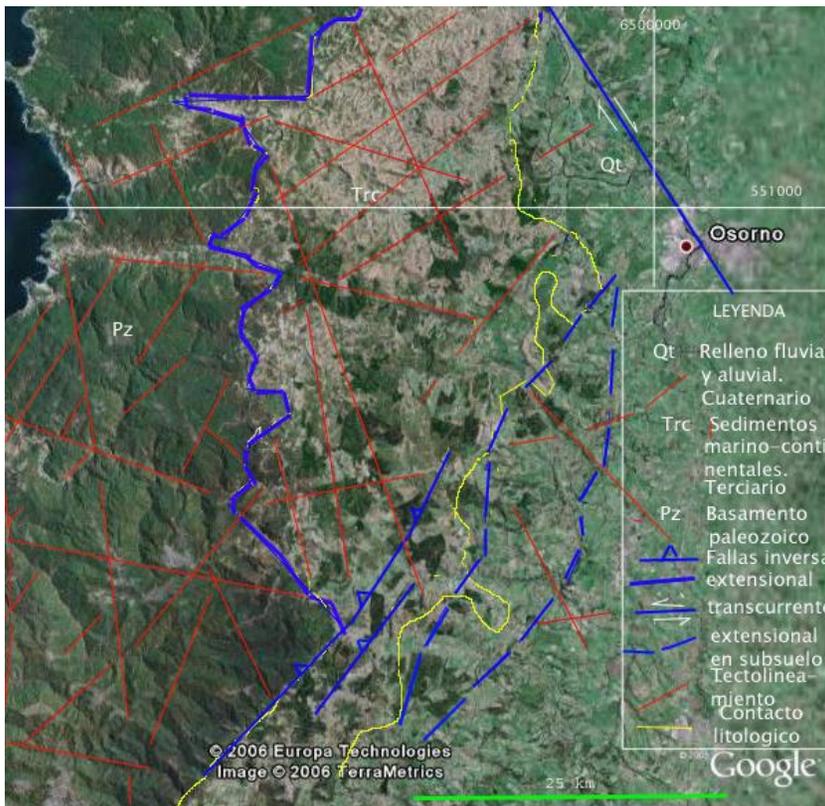


Figura 1.1 Geología regional, estructuras y lineamientos en la zona de Osorno

La Comuna de Osorno se encuentra ubicada sobre el relleno cuaternario del Valle Central. La geología local está representada por depósitos sedimentarios consolidados semiconsolidados e inconsolidados, de edades comprendidas entre el Pleistoceno Medio y el Holoceno. Las unidades geológicas, de más joven a más antigua, son las siguientes:

02.1.1. Depósitos sedimentarios consolidados, no consolidados y semiconsolidados



Corresponden a los depósitos de edad cuaternaria sobre los que se ubica la Comuna de Osorno.

Depósitos fluviales actuales, Hf. Gravos, arenas y limos no consolidados que forman los lechos y terrazas bajas actuales de los ríos activos Rahue y Damas. Estos depósitos se seleccionan e interdigitan entre sí cuando cambian las condiciones energéticas del transporte. Son materiales móviles que pueden ser arrastrados y redepositados en las laderas o a lo largo del cauce. En algunos sectores del río Rahue forman depocentros de material que va formando barreras bajas a lo largo del cauce, especialmente en las zonas de curvas o meandros. Holoceno.

Depósitos fluviales antiguos, PIHf. Arenas y gravas con matriz arenosa. Son depósitos estratificados, horizontales, localmente con estratificación cruzada. El material proviene de los depósitos glacio-fluviales, retrabajados, generados durante la Glaciación Llanquihue. Forman terrazas de 1 a 15 m de altura sobre los lechos de los cauces actuales principales. Pleistoceno-Holoceno.

Depósitos glaciofluviales, Glaciación Llanquihue, Plgf1. Gravos con bajo porcentaje de matriz arenosa que forman terrazas de entre 5 y 40 m de espesor en algunos de los cauces principales. Se presentan horizontales, localmente con lentes de arena, estratificación cruzada y paleocanales. Se distribuyen como extensas planicies hacia el sector oriental y nororiental de Osorno, fuera del área considerada. En el área se encuentran asociados al cauce del río Damas. Se consideran depósitos transportados por flujos muy activos, de alta capacidad. La continuidad con depósitos de morrenas permiten correlacionarlos con la Glaciación Llanquihue (73.000 a 14.000 AP) y asignarles una edad pleistocena superior.

Secuencia piroclástica-epiclástica San Pablo, Plsp. Flujos piroclásticos subaéreos y subacuáticos, con intercalaciones lacustres, formados principalmente por cenizas y lapilli. El material epiclástico está formado por gravas, gravilla, arena y arcilla. Su espesor alcanza a 50 m. Los depósitos presentan variaciones laterales, reconociéndose en lugares como depósitos piroclásticos homogéneos y consolidados, en otros como depósitos bien estratificados formados por material clástico fino y en otros como limos y arcillas. Entre estos tipos litológicos se encuentra la que ha sido denominada “cancagua”, que corresponde a una arena fina a media, mal clasificada, a veces arcillosa que lateralmente muestra lentes de material más grueso de origen volcánico proveniente de la erosión de morrenas más antiguas; presenta intercalaciones de arcilla lacustre, arenas con estratificación cruzada y conglomerados que reflejan la variación en la energía del medio en etapas póstumas a la última glaciación. Es un material muy cementado, firme, fresco y de buenas características geotécnicas.

Esta unidad, de carácter informal (Milovic et al., 2003), es la de mayor expresión al este, norte, sur y oeste de la ciudad de Osorno. Le ha sido asignada una edad pleistocena superior.

Depósitos glacio-fluviales. Glaciación Santa María, Plgf2. Gravos y arenas de moderada a buena selección, clastos redondeados a subredondeados, en parte de color amarillo anaranjado por efecto de meteorización. Localmente lentes y capas de arena cementada de hasta 5 m de



espesor. Aflora como una delgada capa en la base de las terrazas conformadas por la Secuencia piroclástica-epiclástica San Pablo. Pleistoceno.

Depósitos morrénicos, Glaciación Río Llico, Plm. Depósitos macizos de gravas con matriz de limo y arcilla que se extienden al oeste de la ciudad de Osorno, formando relieves discontinuos de hasta 200 m.s.n.m. Se reconocen desde Los Robles hasta Chahuinco. Los fragmentos se encuentran afectados por meteorización esferoidal. Matriz de color pardo a rojizo. Le ha sido asignada una edad pleistocena media.

02.1.2. Terrazas.

Los Depósitos glacio-fluviales de la Glaciación Llanquihue, la Secuencia San Pablo y los Depósitos de la Glaciación Llico forman terrazas fluviales antiguas, altas, que han sido labradas por los ríos Rahue y Damas. El río Rahue forma un amplio cauce con depósitos de terrazas aluviales actuales, las cuales han sido esporádicamente invadidas por las aguas; las terrazas nuevas son las más bajas, presentándose entre los 20 y 30 m y sobre ellas se ha construido gran parte de la ciudad. Las terrazas antiguas alcanzan alturas de 40, 50 y 60-70 m. La mayor parte de las terrazas antiguas están formadas por la denominada canchagua, la que se encuentra cubierta por un suelo que alcanza hasta 3m de espesor formado por limo, lodo arenoso y conglomerados no consolidados. Las pendientes de talud de las terrazas varían de 15 a 30°; las laderas se encuentran cubiertas por escaso coluvio, producto de la erosión y remoción en masa de las pendientes. En los bordes de las terrazas se han labrado en forma perpendicular numerosas quebradas de corta trayectoria, en general angostas, algunas de fuerte pendiente. Estas quebradas han sido originadas en cárcavas de poca extensión, que actualmente se encuentran cubiertas por construcciones y obras viales.

02.1.3. Rocas sedimentarias

Esta unidad se ubica hacia el este, fuera del área, sin embargo es posible que parte de ella se encuentre en profundidad bajo el relleno cuaternario.

Formación Santo Domingo, Msd. Conglomerados, areniscas y fangositas, de color gris a gris oscuro, con horizontes fosilíferos con abundante fauna de foraminíferos, invertebrados e impresiones foliares. Los fragmentos tienen su origen en rocas metamórficas. Disposición subhorizontal a 30°NW. Intensamente fracturada y con meteorización esferoidal. Los estudios geofísicos realizados han demostrado que esta secuencia alcanza espesores de hasta 2,4 km (McDonough et al., 1997). Corresponde a una secuencia depositada en ambientes marino, estuarino y aluvio-fluvial. De acuerdo a su fauna de foraminíferos se le ha asignado una edad miocena inferior a media.

En base a sondajes realizados por ENAP durante exploraciones petroleras, en esta secuencia se reconocieron, sobre basamento metamórfico, dos cuencas de acumulación originadas a partir del Terciario; en las secuencias acumuladas fueron separadas originalmente dos formaciones, una inferior, Formación Osorno (10-1.267 m de potencia) y una superior, Formación



Huilma. La secuencia se inicia con areniscas y arcillolitas carbonosas, continentales, y mantos de carbón con intercalaciones de piroclásticos. A la Formación Osorno se sobreponen discordantemente arcillolitas y limolitas marinas muy fosilíferas de la Formación Huilma (+590 m), la que a su vez se encuentra cubierta hacia el este de Río Bueno-Osorno-Río Negro (Altos de Río Negro), por conglomerados y areniscas gruesas continentales (+220 m) de la Formación Pelluco de edad terciaria superior-cuaternaria (Céspedes, 1979).

02.1.4. Basamento Metamórfico

Se ubica al este de Osorno, fuera del área, formando parte de las unidades geológicas regionales.

Basamento Metamórfico, Pz. Esquistos pelíticos con intercalaciones de esquistos máficos. El basamento se presenta regionalmente deformado a causa de movimientos tectónicos del Carbonífero- Triásico y foliado por los alzamientos tectónicos acaecidos en el Terciario. Se dispone como una franja en el borde costero de la Provincia. Su borde oriental se encuentra cubierto y en contacto por falla inversa con el Terciario continental, volcánico y marino de la Formación Santo Domingo.

02.2. TECTÓNICA

02.2.1. Tectolineamientos

La observación de las imágenes satelitales 1:500.000, fotos aéreas a diferentes escalas e imágenes de Google Earth, muestran a lo menos tres sistemas de tectolineamientos principales que caracterizan a la Cordillera de la Costa y Valle Central. Estos presentan direcciones NE, NNW y EW a N80W. De estos sistemas, los NE y NNW son los mejor representados. Algunos de ellos se insinúan continuando hacia la Depresión Intermedia. Se observan otros lineamientos menores de direcciones NW, NS y NNE, que se encuentran relacionadas con los valles fluviales. La mayoría corresponden a fracturas y fallas producidas por la tectónica del Terciario Superior y Cuaternario. Estas estructuras limitan bloques estructurales tectónicamente activos, principalmente en el borde costero (Figura 1).

02.2.2. Fallas

Los perfilajes sísmicos realizados hace una década en la denominada Cuenca de Osorno-Llanquihue (Céspedes, 1979; McDonough et al., 1997), demostraron la presencia en superficie de varias estructuras activas desde el Mioceno y permitieron postular que el alzamiento regional del basamento estuvo vinculado a un fuerte incremento en la velocidad de subducción de la Placa de Nazca entre los 9,3 y 2,9 Ma (Mioceno Superior-Plioceno Inferior).

Las estructuras definidas se ubican al W y SW de Osorno (McDonough et al., 1997) y corresponden a fallas inversas, extensionales, transcurrentes y extensionales de subsuperficie que presentan direcciones al NNW, NS y NNE (Figura 1.1).



- Fallas inversas: Disponen sedimentos terciarios sobre el Paleozoico. Dirección NNE.
- Falla extensional de bajo ángulo. Pone en contacto Terciario y Paleozoico, al oeste de Osorno.
Dirección NS.
- Fallas extensionales de subsuperficie: Registradas por geofísica, tienen insinuación de trazas en superficie, que se aprecian en las imágenes satelitales. Dirección NNE.
- Fallas transcurrentes: De dirección NE. Desplazan el bloque estructural de la Cuenca Osorno- Llanquihue hacia el este, comprobada por el desplazamiento del Mioceno, afecta además al Cuaternario. Se encuentra documentada en el sector de Río Bueno.

Las fallas de subsuperficie corresponden a fallas normales, extensionales, que controlaron la sedimentación y que según la geofísica afectarían sólo al basamento y a los sedimentos terciarios, sin embargo una observación detallada de las imágenes satelitales y fotos aéreas demuestran cierta correspondencia con tectolineamientos que se observan en superficie, en el relleno cuaternario. Las fallas inversas evidencian una deformación compresiva posterior a la depositación (Elgueta y Urqueta, 1998).

02.2.3. Cuenca tectónica terciaria

Se ha estimado que el alzamiento regional del basamento de la Cordillera de la Costa (9,3 – 2,9 Ma) dio inicio a la cuenca Osorno-Llanquihue (Céspedes, 1979), en la que se han acumulado desde entonces más de 1.500 metros de sedimentos. La cuenca, según los antecedentes sísmicos y estudios de pozos de ENAP, correspondería a un graben asimétrico, con un margen occidental, ubicado al oeste del Valle Central, definido por una falla normal de bajo ángulo que pone en contacto el Terciario con el basamento. En la cuenca es posible separar dos subcuencas de acumulación que siguieron un desarrollo independiente y que se encuentran separadas por un alto paleogeográfico o Altos de Río Negro, de dirección NNE: la cuenca de Osorno ubicada entre los 40°05' y los 41°15', al oeste de la longitud Río Bueno-Osorno-Río Negro y la cuenca de Llanquihue, al este, que se extiende más allá del Golfo de Ancud.



03. AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL Y LA CONDICIÓN DE RIESGO ASOCIADA

La Oficina Nacional de Emergencia, ONEMI (en el Marco Conceptual de Protección Civil, Módulo Básico, Programa de Formación Profesional en Protección Civil, Nivel 1), define los siguientes conceptos:

El riesgo es la probabilidad de exceder un valor específico de daños sociales, ambientales y económicos en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado. El riesgo está conformado por una relación interdependiente y directamente proporcional entre los factores de amenaza y vulnerabilidad.

La amenaza se concibe como un factor externo de riesgo, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana, que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinada. Por ejemplo: la inundación producto del desborde de un río; la generación de un lahar debido a la erupción de un volcán; un terremoto producto de la actividad de una falla geológica, entre otros.

La vulnerabilidad se concibe como un factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuesto a una amenaza, que corresponde a su disposición intrínseca a ser dañado. Por ejemplo: son vulnerables poblaciones cercanas a un río indebidamente protegido, o a una bodega de sustancias peligrosas; torres de alta tensión en la ladera de un volcán activo; infraestructura no sísmo resistente en un área sísmica.

Se debe considerar también que el riesgo está relacionado con la probabilidad que se sufran ciertos daños, lo que no depende sólo de la amenaza, sino también de la susceptibilidad y capacidad de reacción de lo expuesto.

Para una mejor comprensión de la conformación del riesgo, es necesario indicar que tanto en la naturaleza como en la organización social, existen fenómenos y/o elementos que, debido a su propia dinámica, expresan su potencialidad de riesgo siempre y cuando estos procesos se encuentren relacionados, insertos o interactuando con o en territorios ocupados por personas.

Aquellos elementos o fenómenos del ámbito natural, tales como ríos, volcanes activos, temporales, marejadas, vientos fuertes, nevazones, sismos, tsunamis, etc. son procesos naturales que indican que la tierra está en permanente actividad y en un continuo proceso de búsqueda de su equilibrio físico.

El análisis de la vulnerabilidad de una determinada zona, debe estar centrado en la capacidad de respuesta de la población y su infraestructura a eventos naturales o contruidos que podrían causar daño. Esta capacidad de respuesta está relacionada a diferentes factores, entre los que se debe señalar la vulnerabilidad física, que indica la potencialidad del área de sufrir eventos naturales que impliquen riesgos y la vulnerabilidad social, que define la capacidad de la población para enfrentar los riesgos. Esta puede ser analizada considerando datos demográficos de la población, nivel educacional, nivel socioeconómico, percepción de los riesgos, etc., factores



04. AMENAZAS Y RIESGOS DE ORIGEN NATURAL EN LA CIUDAD DE OSORNO

04.1. AMENAZAS ASOCIADAS A LA GRAVEDAD Y PENDIENTE: REMOCIONES EN MASA

Los procesos de remoción en masa son fenómenos naturales frecuentes en aquellos territorios que presentan condiciones tales como: un régimen de abundantes y concentradas precipitaciones; relieves montañosos con laderas de fuerte pendiente; un substrato muy pobre y delgado en las laderas, o la presencia de una cobertura vegetal de baja densidad.

No obstante estar claramente señaladas las causas para la remoción en masa, deben confluír necesariamente todos los factores requeridos para que estos procesos ocurran, siendo el elemento precipitaciones acumuladas el detonante. Sin embargo, si éstas no alcanzan un determinado monto (umbral) / tiempo, los procesos de remoción en masa no se desarrollan. También puede ocurrir que durante un evento climático, y frente a una relación precipitaciones/tiempo favorable, el substrato presente condiciones que inhiban el desarrollo de estos procesos.

Todo ello implica que si bien se puede realizar una cartografía que incluya todas las variables señaladas, ello es una aproximación teórica. En la práctica, la determinación de áreas vulnerables a remoción en masa se debe realizar a escala local. Para ello una de las variables más indicativas de la susceptibilidad a deslizamientos y flujos, es la pendiente.

La pendiente corresponde a la inclinación del terreno respecto a un plano horizontal, expresada en porcentaje o en grados. Esta información permite analizar la aptitud de un determinado terreno para la realización de actividades humana o la generación de procesos físico naturales.

Una de estas clasificaciones de pendiente es la relacionada con el uso del suelo para viviendas y procesos constructivos, y el umbral de pendiente para la construcción sin mayores dificultades, corresponde a terrenos de menos de 5°. A partir de este límite, la actividad relacionada a la localización de viviendas y las actividades de construcción requieren de costos adicionales para compensar el efecto gravitacional de la pendiente. En general se establece también que el límite máximo está entre los 20°-30°.

No obstante la estandarización de estos datos, la interpretación del mismo debe ser hecha a la luz de las condiciones climáticas imperantes en la zona de estudio, tanto como de la estructuración sismotectónica. En el caso de la ciudad de Osorno, ambos factores son relevantes de considerar, debido a los altos montos de precipitaciones anuales, especialmente concentradas en invierno, la condición Andina de la cuenca hidrográfica en que se inserta y a la acción tectónica de la Región, que incide en la condición de inhabilidad de los terrenos de mayor pendiente para el uso el suelo urbano (Tabla 1).



Tabla 1: Relación de pendiente y aptitud de usos del terreno

Fuente: Waters et al., (1996).

| PENDIENTE | | VIVIENDAS Y CONSTRUCCIONES | MAQUINARIA DE CONSTRUCCION | CARRETERAS Y VIAS FERREAS | AGRICULTURA |
|-----------|---------|---|--|---|--|
| GRADO | % | | | | |
| > 15° | > 27 % | Desarrollo de construcciones y viviendas probablemente requiere extensas preparaciones y costosos trabajos precautorios para mitigar en algunos lugares los riesgos de inestabilidad de laderas | Construcción de caminos es difícil. El límite aproximado para la mayoría de las máquinas y vehículos pesados es 54%. | Construcción de carreteras y vías férreas requiere trabajos y costos crecientes al aumentar la pendiente. En general es más económico localizar las líneas férreas y carreteras mayores en terrenos de menor pendiente. | No es adecuado para rotaciones normales de cultivos, el costo de su cultivo es grande. |
| 11-15° | 20-27 % | | | | Límite aproximado para el uso de tractores. |
| 7 - 11° | 12-20 % | | Problemas para la mayoría de los vehículos. | | Problemas para tractores y uso de cosechadoras se hace muy restrictivo. |
| 3-7° | 5-12 % | Desarrollo de construcciones y vivienda probablemente requiera costos elevados para su preparación. | Uso de vehículos de construcción se hace difícil. | | Problemas en el empleo de máquinas de arado, desbrozadoras mecánicas, sembradoras y algunas cosechadoras |
| < 3° | < 5 % | Adecuado para la mayoría de los usos del suelo cuando no están presentes otras limitaciones físicas y no hay riesgo de inundaciones. | | | |

Teniendo en cuenta esta situación se realizó una carta de pendientes (Figura. 2.1), y en el contexto que la ciudad de Osorno se localiza en terrazas fluviales de diferente altura, separados por elevados escarpes, se aplicó la siguiente clasificación de pendientes y umbrales de generación de procesos tanto gravitacionales (remociones en masa), como de desborde fluvial (inundaciones).

Los valores de la tabla 2 corresponden a una clasificación de pendientes de detalle adaptada a las condiciones de inundabilidad asociadas a la hidrodinámica de río meandrante como la del río Rahue, en cuanto al análisis de las planicies fluviales, como también a los escarpes de las terrazas fluviales esculpidas en materiales sedimentarios inconsolidados y a los montos de precipitaciones en la zona, y a como como éstos son susceptibles de generar remociones en masa sólo por un factor de pendiente.



Tabla 2. Relación entre rangos de pendiente y umbrales morfodinámicos de amenazas de origen natural.

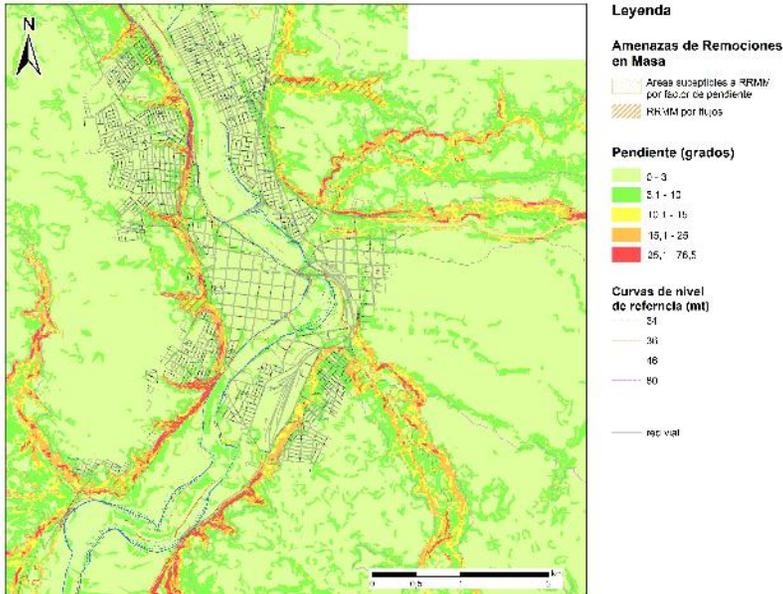
| Clase | Grados | Pendiente | Amenaza asociada |
|-------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1 | 0°- 3° | Horizontal (relativo) | Alta de Inundación |
| 2 | 3,1°- 10° | Sub-horizontal | Moderada de Inundación |
| 3 | 10,1°- 15° 15,1°- 25° | Moderada | Moderada en Remoción en Masa |
| 4 | >25° | Abrupta | Alta en Remoción en Masa |

Al aplicar esta clasificación de pendientes a la ciudad de la Osorno se aprecia tanto las áreas bajas sujetas pote

La información de la tabla 2 se ve reflejada espacialmente en la figura 2.1, que es indicativa de las áreas propensas a sufrir remociones en masa, sobre todo del tipo deslizamientos, debido a la sobresaturación del suelo por eventos pluviométricos prolongados y concentrados. Estos eventos además pueden coincidir con la ocurrencia de sismos de mediana intensidad que podrían generar sinérgicamente la remoción cuando el sustrato está previamente saturado.

Destacan como áreas de mayor amenaza a remociones en masa las señlas en color rojo, localizadas en el escape de la terraza oeste del río Rahue y las riberas de los tributarios en el margen éste.

Figura 2.1 Carta de pendiente en la ciudad de Osorno.



Fuente: estudio de riesgos Ma. Victoria Soto

Otro tipo de remociones en masa que se presentan en el área de estudio son los flujos o aluviones. Estos corresponden a áreas sujetas a la acción torrencial de quebradas. Estas quebradas corresponden a incisiones localizadas en los escarpes de las terrazas y a las riberas del río Damas y del estero Ovejería. Si bien son formas menores, estas pequeñas microcuencas y sus quebradas deben ser consideradas como áreas de amenaza debido a la capacidad de carga y torrencialidad, que es ayudada además por la fuerte pendiente. Debido al nivel de incisión y de pendiente, la acción de las quebradas debe ser considerada como un riesgo actual y latente.

De acuerdo con esto, la susceptibilidad o el riesgo de remociones del tipo flujo, o aluviones, en el caso del área de estudio, también están asociados a los escarpes de las terrazas fluviales, pero no sólo a las paredes del escarpe, sino que también a las pequeñas quebradas que se han desarrollado en éste.

Estas quebradas, representan áreas de alta amenaza de flujos, ya que la incisión está formada y la parte superior de la terraza constituye la cabecera de la micro cuenca de recepción. Desde ahí se desprenden los sedimentos que escurren como un flujo sobre saturado. Como estas cuencas son pequeñas, la magnitud del flujos es también reducida. Sin embargo las áreas en que estos procesos han sido demarcados como de amenaza por flujo, deben estar totalmente excluidas de usos urbanos por el impacto de las coladas de barro y rodados. Esto puede ser observado en la Lámina 1.

04.2. RIESGOS DE INUNDACIÓN



El comportamiento hidrológico de los cauces naturales se asocia a la dinámica de estos y a la manera cómo inciden negativamente en el territorio a través de los procesos de desbordes e inundaciones asociadas, como también del socavamiento y retroceso de las terrazas fluviales, con la consecuente pérdida de suelo.

Este comportamiento hidrológico de un cauce depende de una serie de factores asociados al dominio morfoclimático, a la alimentación, tamaño y jerarquía de la cuenca y al nivel de encauzamiento fluvial en una determinada sección transversal.

La mayoría de las ciudades y centros poblados de diferente jerarquía del país son ribereñas, en función a un patrón de poblamiento histórico ligado a la cercanía del recurso agua. Ello ha incidido en que muchas de estas entidades pobladas estén sujetas a riesgos recurrentes de inundación fluvial, como también a erosión o excavación y retroceso de las riberas.

A este escenario se debe agregar una componente ambiental que es la ocurrencia en las costas de Chile del Fenómeno del Niño, evento constituido por una anomalía térmica en el Océano Pacífico. En la actualidad el fenómeno está cada vez más estudiado y monitoreado permanentemente, lo cual permite pronosticar su ocurrencia con bastante certeza. De lo anterior se deduce también, que existe una cierta periodicidad, que si bien puede aún ser incierta, se sabe que se trata de un fenómeno recurrente y es posible diagnosticarlo tempranamente. Ello implica la necesidad de incorporar la ocurrencia del Niño en la planificación del territorio, como un componente climático ambiental periódico y recurrente que causa gran impacto en la población y el territorio, a través de fuertes precipitaciones que provocan inundaciones, desbordes de cauces y aluvionamientos.

La determinación de áreas sujetas a inundaciones por desbordes de cauces naturales permite establecer los límites que debería tener el poblamiento humano en las riberas de un río o estero. En la consideración de barreras naturales por factores hidrológicos, el factor topográfico también se correlaciona, puesto que son los terrenos más bajos y de menor pendiente son los que serán más vulnerables a las inundaciones, ya sea por desborde de cauces o bien por falta de escurrimiento superficial y saturación del suelo.

Las morfologías presentes y la dinámica fluvial constituyen el cuadro funcional del sistema. En este sentido el nivel de encauzamiento fluvial es la unidad de análisis morfológica más relevante, según la presencia y características de las siguientes formas:

T⁰, que corresponde al lecho mayor de inundación, que es la terraza baja que se inunda todos los inviernos. Este lecho o terraza baja, dado el patrón de drenaje meandrante del río Rahue, es casi inexistente, pero podría eventualmente ser asimilado por las condiciones climáticas a una T¹.

T¹, que corresponde a las terrazas de conformación actual, postglaciales (del Holoceno), que son inundadas durante los períodos de mayores crecidas, generalmente coincidentes con años El Niño. La T¹ representa el lecho de inundación recurrente en la figura 2.



T1, es un nivel de terraza que sólo está sujeta a inundaciones dependiendo de su altura y a socavamiento lateral en función al caudal y a la ausencia o poca amplitud de las terrazas T° y T'.

En el caso de estudio, de acuerdo a la geomorfología de las terrazas fluviales, estas áreas fueron identificadas como sin evidencias de inundaciones históricas pese a la baja pendiente y altura relativa con respecto al lecho.

Por otro lado, la interpretación geomorfológica de los niveles de terrazas y su relación con la dinámica de inundaciones debe ser también analizada a la luz de las obras de defensa fluvial realizadas, las que inciden en la reducción del riesgo, tal como ocurre en la zona urbana del barrio Francke.

04.2.1. Lechos Fluviales

Uno de los aspectos fundamentales para poder entender la dinámica de los cauces se refiere al patrón de drenaje de los cursos de agua. En este sentido, el río Rahue y los tributarios asociados presentan un claro patrón meandrante, que se asocia a un sistema morfoevolutivo de los lechos (Figura 2.2).

Este patrón de río meandrante está asociado a la evolución geomorfológica hidrológica ocurrida en la región durante el Cuaternario, donde se modelaron los niveles de terrazas fluviales que caracterizan el paisaje de Osorno y que se refleja en el perfil topográfico transversal al río Rahue de la Figura 2.3.

Figura 2.2 Patrón evolutivo de terrazas fluviales y meandros asociados. Fuente: Hugget (2003).

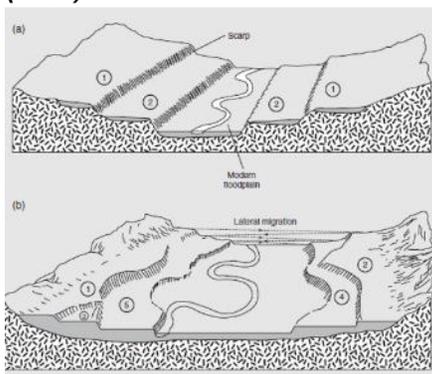
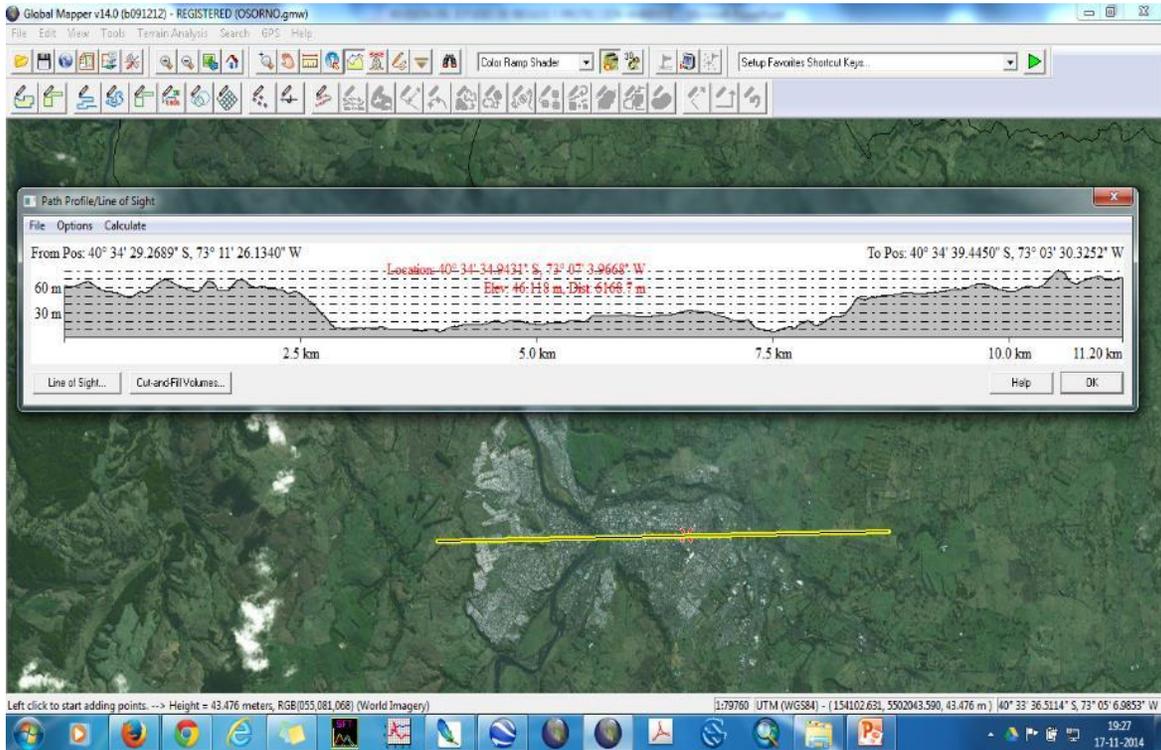


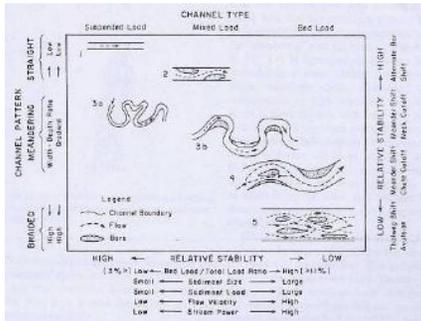
Figura 3-3 Perfil transversal terrazas fluviales y lecho río Rahue. Fuente: estudio de riesgos Ma. Victoria Soto



Los lechos corresponden a las formas específicas que adopta el trazado de un río, y cómo se modelan los bancos y canales existentes según las condiciones morfosedimentarias de las cuencas asociadas. En este sentido es importante destacar la presencia de dos ambientes morfológicos diferentes, cuyas características inciden en los tipos de lechos existentes. El modelo da cuenta de los tipos diferentes de lechos, de las variaciones en tipo y tamaño de la carga transportada y en el grado de estabilidad de los lechos (Fig. 2.4).

El río Rahue corresponde a un lecho meandrante, tal como se observa en los esquemas 3ª, 3b y 4 en la Figura 2.3. Los ríos meandranes se caracterizan por presentar un lecho único, con un canal único que divagan desarrollando ondas de mayor o menor sinuosidad. Corresponde a un río que transporta carga sedimentaria más bien fina, de profundidad relevante, y un borde de terraza generalmente elevado asociado a la neotectónica. El caudal, torrencialidad y profundidad del río dependerá del régimen de alimentación del mismo, siendo en este caso glacio-nivo-pluvial, con máximo caudal en invierno y primavera. La altura del borde de la terraza es variable y corresponde a un análisis de escala métrica, que debe ser realizado para la implementación de las obras de defensa fluvial, que en el caso de estudio deben ser planteadas.

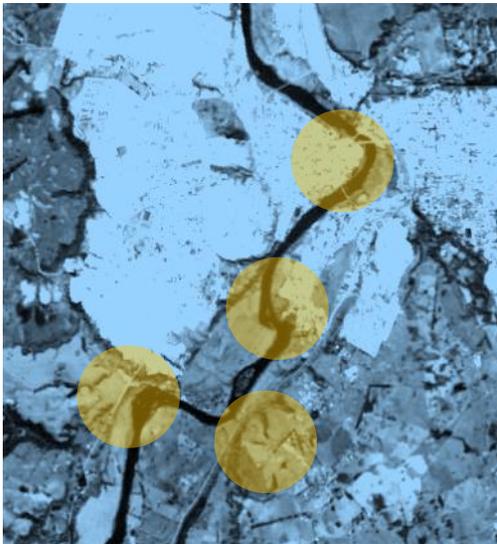
Figura 2.4. Clasificación de canales según la carga de sedimentos.



Fuente: Shumm (1981, en Miall 1996).

Esta situación de amenaza en estos lechos se debe a que presentan como característica dinámica una ribera cóncava, que erosiona y una convexa, acresional, siendo este el mecanismo de migración de los meandros (Esquema 3 en Figura 2.4). La ribera cóncava corresponde a las entrantes, consideradas como tales teniendo como referencia un observador imaginario en el centro del lecho en dirección aguas abajo (Fig. 2.5). Esta relación es muy importante para establecer la amenaza de erosión lateral, tanto como los desbordes fluviales.

Fig. 2.5. Condición dinámica de los lechos meandrantés



Erosión en la sección cóncava y depositación en el margen convexo del río

La amenaza por erosión lateral de la terraza, es un proceso asociado a crecidas torrenciales. El caudal sobresaturado excava la base de las terrazas promoviendo el derrumbe de la parte superior y así se genera un retroceso de las paredes del lecho.

04.2.2. RIESGO SÍSMICO

Compromete la totalidad del sector considerado. La zona de Osorno históricamente ha sido afectada, en mayor o menor grado, por la actividad sísmica. Según Thomas y Moraga (1960) la buena calidad del subsuelo de la ciudad, constituido casi totalmente por canchagua y en parte por



conglomerados en las terrazas más altas y la buena construcción de los edificios fueron las razones de la relativa escasa cantidad de daños en el terremoto de Mayo del 60. Mal comportamiento habría tenido el material de terrazas bajas (20m) y material de relleno artificial, principalmente el afectado por acuíferos subsuperficiales que saturaban el material de relleno.

04.3. AREA DE RIESGO DE INUNDACIÓN SEGÚN ESTUDIO HIDROLOGIA E HIDRAULICA ACTUALIZADO.

El presente capítulo, concluye las áreas de riesgo de inundación, según El informe Indicado en la introducción del presente estudio, correspondiente al análisis actualizado del comportamiento hidráulico e hidrológico del Rahue específico para el área de estudio correspondiente al Polígono del IPT Barrio Parque Integrado, realizado por la consultora Testing y mandado por SERVIU Los Lagos, dentro del contexto del Estudio "CONSTRUCCIÓN MACROINFRAESTRUCTURA BARRIO PARQUE DE OSORNO"

Según lo concluido en dicho informe, en el Capítulo referido a Hidrología e Hidráulica (cap.05.), el proyecto Barrio Parque Osorno considera habilitar para uso urbano un sector de aproximadamente 100 Há adyacentes a ribera oriente del Río Rahue, área hoy afecta en buena parte a inundaciones por caudales de crecida del río que la circunda. Para la habilitación del área se debe analizar el drenaje de las aguas lluvias superficiales propias del área y de las provenientes de zonas más altas que puedan desaguar en ese sector. A su vez se deben estudiar las obras de defensa fluvial que permitan proteger el área de inundaciones provenientes de las crecidas del Río Rahue.



Área de estudio: fuente, elaboración propia

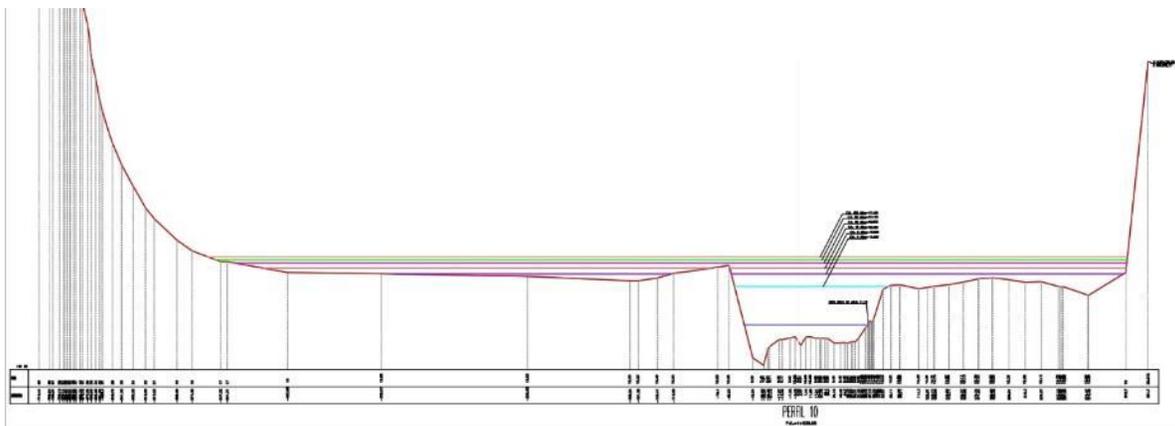
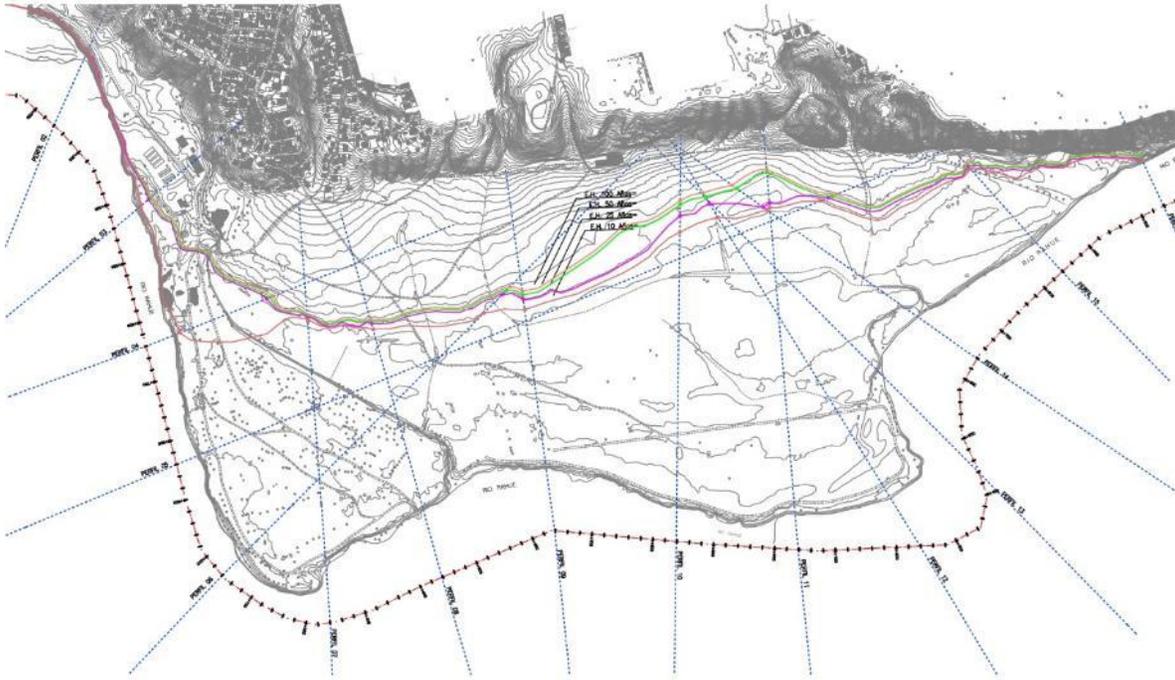
04.3.1. Resultados de la Modelación del Río Rahue, para el Área de Estudio

Del mismo estudio indicado, a partir de la Modelación Hec-Ras, se determinaron los Caudales de Diseño, la Geometría del Cauce, la Determinación del Coeficiente de Rugosidad para Sección Existente, y finalmente el eje Hidráulico que permitió definir los periodos de Retorno, que en definitiva determinarían el área de riesgo para el emplazamiento de la zona residencial, para el IPT



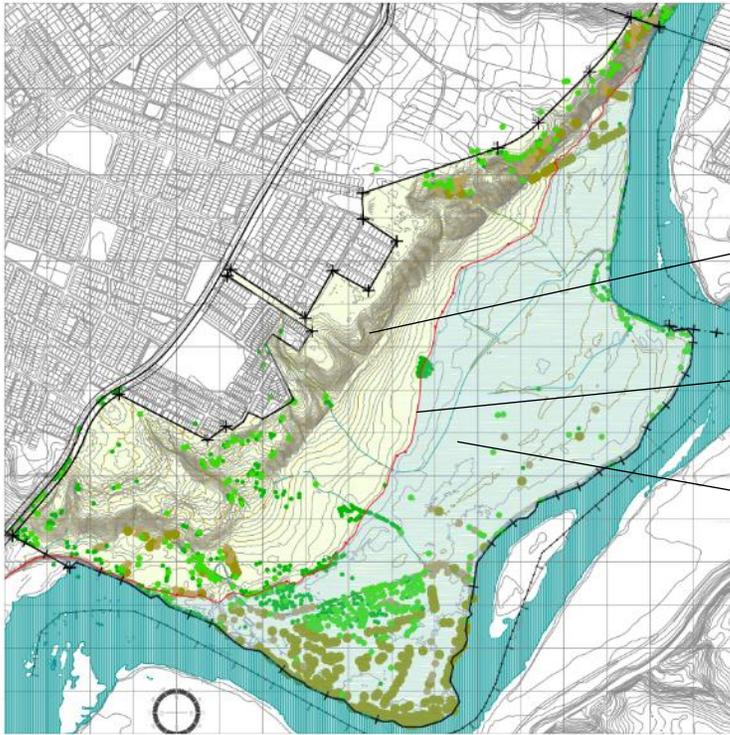
en

desarrollo.



Planimetrías para la determinación de los periodos de retorno.

Según lo anterior, se desprende la determinación del límite que se define para el emplazamiento del área residencial para Barrio Parque, fuera del área de riesgo por inundación, definido por el Periodo de Retorno de los 100 años.



área emplazamiento zona uso residencial

E.H. 100 años

área inundable

Área de emplazamiento de uso residencial: fuente, elaboración propia

Oscar Moebis Uribe
Arquitecto Director del Estudio



BIBLIOGRAFÍA

- Decreto MMA N°32 del 17 de agosto de 2015. "Aprueba Reglamento para la Evaluación Ambiental Estratégica".
- Estrategia Regional de Desarrollo Región de Los Lagos 2009 – 2020. GORE Los Lagos.
- Diagnóstico PLADECO. "Actualización Plan de Desarrollo comunal para la I. Municipalidad de Osorno 2013 – 2017". I. Municipalidad de Osorno y Secretaría Comunal de Planificación (SECPLAN), 2013.
- Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, en la provincia de Osorno. Dirección Regional de Obras Hidráulicas (DOH) del Ministerio de Obras Públicas. 2015.
- "GUÍA PARA EL USO DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA EN CHILE" Ministerio del Medio Ambiente. Comité Interministerial de Evaluación Ambiental Estratégica. Oficina de Evaluación Ambiental. Diciembre, 2015.
- "GUÍA DE ORIENTACIÓN PARA INCORPORAR LA DIMENSIÓN AMBIENTAL EN PROCESOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL SUSTENTABLE" Ministerio del Medio Ambiente. Comité Interministerial de Evaluación Ambiental Estratégica. Oficina de Evaluación Ambiental. Septiembre, 2015.
- "GUÍA DE BUENAS PRACTICAS EN LAS RELACIONES ENTRE LOS ACTORES INVOLUCRADOS EN PROYECTOS QUE SE PRESENTAN AL SEIA". 2013. Servicio de Evaluación Ambiental. Gobierno de Chile.
- "GUÍA PARA LA PARTICIPACIÓN ANTICIPADA DE LA COMUNIDAD EN PROYECTOS QUE SE PRESENTAN AL SEIA". 2013. Servicio de Evaluación Ambiental. Gobierno de Chile.
- Plan Regulador Comunal de Osorno. Memoria Explicativa. Ordenanza Local. Plano PRCO-1. Plano PRCO-2. I. MUNICIPALIDAD DE OSORNO TEODORO VELOSO G. Arquitecto Consultor. Enero 2017.
- Plan Regulador Comunal de Osorno. Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). I. MUNICIPALIDAD DE OSORNO TEODORO VELOSO G. Arquitecto Consultor. Enero 2017.
- Memoria Plan Maestro "Modificación Plan Regulador Comunal de Osorno – Seccional Barrio Parque Integrado, Sector Rahue Bajo". I. MUNICIPALIDAD DE OSORNO y SERVIU SEREMI MINVU LOS LAGOS. Mayo, 2015.
- Decreto MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES N°236 del 02-OCT-2008 "Promulga el Convenio N°169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes de la Organización Internacional del Trabajo".
- Plan de Descontaminación Atmosférica de Osorno (PDAO). Seremi del Medio Ambiente de la Región de Los Lagos, 2016.
- Política Nacional de Desarrollo, "Ciudades Sustentables y Calidad de Vida". MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. 2014.
- Estadística Climatológica Tomo I. Dirección General de Aeronáutica Civil. Marzo 2001. Pp. 488-588.
- LEPUCV, Laboratorios de Ensayos. 2015. INFORME MECANICA DE SUELOS IT/S-10715. "Estudios Previos Plan Maestro Barrio Parque, Comuna de Osorno".
- MOP, Ministerio de Obras Públicas, 2017. Dirección General de Aguas. Mapa Hidrogeológico de Chile.
- Plan de Descontaminación Atmosférica para la Comuna de Osorno (PDAO). 2016. Decreto Supremo N°47/2015 Ministerio del Medio Ambiente.
- Teodoro Veloso 2015. Anteproyecto Plan Regulador Comunal Osorno. Informe Ambiental Complementario.
- YEOMANS W. C. (1986) Visual Impact Assessment: Changes in natural and rural environment. John Wiley and Sons. New York.
- M. AGUILÓ. 1992. Guía para la elaboración de estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología, MOPT.
- Proyecto de documento final de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III), Quito, Octubre de 2016

Linkografía:

- <https://es.climate-data.org/location/149423/> Consultado En septiembre 2017.
- <http://sinca.mma.gob.cl/index.php/estacion/index/id/180>. Consultado En septiembre 2017.
- http://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/guias/Guia_Evaluacion_Paisaje_130926.pdf Consultado En septiembre 2017.
- http://www.sinia.cl/1292/articles-31018_Bueno.pdf Consultado En septiembre 2017.