



ANEXO ESTUDIO FUNDADO DE RIESGO
MODIFICACIÓN PLAN REGULADOR
COMUNAL DE OSORNO
BARRIO PARQUE
INTEGRADO,SECTOR RAHUE
BAJO

ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE
OSORNOREGIÓN DE LOS LAGOS

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. OBJETIVOS DEL PLAN.....	7
1.2. ALCANCES	8
1.3. MARCO JURÍDICO	8
1.4. METODOLOGÍA.....	9
1.5. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	9
2. ÁREA DE RIESGO DE ORIGEN NATURAL	11
2.1. LÍNEA BASE	12
2.1.1. MARCO GEOMORFOLÓGICO Y GEOLÓGICO	13
2.1.2. MARCO CLIMÁTICO	20
2.1.3. MARCO HIDROLÓGICO	25
2.2. INUNDACIONES TERRESTRES.....	69
2.2.1. PELIGRO DE INUNDACIÓN POR DESBORDE DE CAUCE	69
2.2.2. PELIGRO DE INUNDACIÓN POR ANEGAMIENTO	85
2.3. TERRENOS PROPENSOS A AVALANCHAS O RODADOS	89
2.3.1. PELIGRO DE PROCESO DE LADERAS.....	90
2.4. SISMICIDAD	99
2.4.1. DIAGNÓSTICO DEL PELIGRO SÍSMICO.....	99
2.4.2. SUCEPTIBILIDAD DEL PELIGRO SÍSMICO	102
2.5. PELIGRO POR ACTIVIDAD VOLCÁNICA.....	102
3. ÁREA DE RIESGO GENERADAS POR ACTIVIDAD O INTERVENCIÓN HUMANA	105
3.1. RIESGOS POR ASENTAMIENTOS HUMANOS IRREGULARES.....	105
3.2. RIESGOS POR EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS	106
3.3. ZONAS NO EDIFICABLES.....	107
3.4. ÁREAS DE PROTECCIÓN DE RECURSOS DE VALOR NATURAL	107
3.5. ÁREAS DE PROTECCIÓN DE RECURSOS DE VALOR PATRIMONIAL CULTURAL	107



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen extraída de Google Earth, ubicación sector Barrio Parque Integrado.

Figura 2. Vista Aérea Proyecto. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N°3. Dominios Geomorfológicos Región de los Lagos. Tomado de Quezada (2015). En rectángulo rojo ubicación de Osorno. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N°4. Geología Osorno tomado de Sernageomin (2003), en recuadro azul área de estudio.

Figura N°5. Mapa Hipsométrico del sitio en estudio: Barrio Parque Integrado extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N°6. Mapa de pendientes del sitio en estudio: Barrio Parque Integrado extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N°7. Geología del área de Osorno. Tomado de Pérez et al (2003). Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N° 8. Estratos identificados. LEPUCV (2015). Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N° 9. CLIMOGRAMA Estación Osorno. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N° 10. Media Mensual de Humedad Relativa del Ambiente (%). Fuente: Dirección Meteorológica de Chile. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N° 11. Media Mensual de Velocidad del Viento (M/S). Fuente: Explorador Eólico, Ministerio de Energía. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N° 12. Media Diaria de Velocidad del Viento (M/S). Fuente: Explorador Eólico, Ministerio de Energía. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N° 13. Rosa de los Vientos Anual. Fuente: Explorador Eólico, Ministerio de Energía. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N° 14. Imagen elaborada por AAU tomando como base la imagen “Hidrografía ciudad de Osorno”. Fuente: Dirección General de Aguas.

Figura N° 15. Imagen elaborada por AAU tomando como base la imagen de “Ubicación Área de Anteproyecto” extraída de los Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1

Figura N° 16. Perfil 216. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 17. Perfil 217. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 18. Perfil 218. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 19. Perfil 219. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 20. Perfil 220. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.



Figura N° 21. Perfil 221. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 22. Perfil 222. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 23. Perfil 223. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 24. Perfil 224. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 25. Perfil 225. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 26. Perfil 226. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 27. Perfil 227. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 28. Perfil 228. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 29. Perfil 229. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 30. Perfil 230. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 31. Perfil 231. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 32. Perfil 232. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 33. Planta Sector Barrio Parque Integrado. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Figura N° 34. Planta Sector Barrio Parque Integrado. Fuente: Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Figura N° 35. Área de estudio. Fuente de elaboración propia.

Figura N° 36. Planimetría para determinación de los períodos de retorno. Fuente: Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

Figura N° 37. Área de emplazamiento de uso residencial. Fuente: elaboración propia.

Figura N° 38. Imagen fotográfica de la red de cauces superficiales. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

Figura N° 39. Quebradas drenajes aguas lluvias de poblaciones de Rahue Alto. Fuente elaboración propia.

Figura N° 40. Áreas de riesgo de inundaciones por anegamiento. . Fuente elaboración propia.

Figura N° 41. Esquema de caída de rocas. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

Figura N° 42. Esquema de deslizamiento traslacional. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

Figura N° 43. Esquema de deslizamiento rotacional. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

Figura N° 44. Esquema de flujo canalizado y no canalizado. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

Figura N° 45. Esquema de volcamiento en bloque y volcamiento flexural. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

Figura N° 46. Dibujo esquemático de un desplazamiento lateral. Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.



Figura N°47. Carta de pendiente de la ciudad de Osorno. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno.

Figura N°48. Sector con alto riesgo de inestabilidades por deslizamiento de suelos. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno.

Figura N°49. Recomendaciones de Sernageomin para el área de Osorno. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno.

Figura N°50. Marco tectónico de Chile Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno.

Figura N°51. Últimos terremotos en Chile. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno.

Figura N°52. Zona de subducción y tipos de sismos. Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno.

Figura N°53. Peligro volcánico asociado a la Región de Los Lagos. Fuente: Fuente: Extraído de Carta Geológica de Chile, Serie Geología ambiental, N°13 (Lara ET Al., 2011).

Figura N°54. Simbología asociada a la Figura N°53. Fuente: Fuente Extraído de Lara ET Al. (2011).

Figura N°55. Leyenda correspondiente a la Figura N°53. Fuente: Fuente Extraído de Lara ET Al. (2011).

Figura N°56. Sector de asentamiento irregular Fuente: elaboración propia.

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Temperatura Media y Precipitaciones. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile.

Cuadro N° 2. Promedio mensual de la humedad relativa del ambiente (%). Fuente: Estación de Monitoreo de Calidad del Aire Osorno, Ministerio del Medio Ambiente.

Cuadro N° 3. Velocidad media del Viento (M/S). Fuente: Explorador Eólico, Ministerio de Energía.

Cuadro N° 4. Características Estaciones Pluviométricas Juan Kalt – Osorno. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Cuadro N° 5. Tabla 3.2 Plan Maestro. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Cuadro N° 6. Tabla 3.3 Plan Maestro. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Cuadro N° 7. Tabla 3.2 Plan Maestro, Precipitaciones en mm entre 1 y 24 horas. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Cuadro N° 8. Intensidad de Precipitaciones en mm entre 1 y 24 horas. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Cuadro N° 9. Gráfico # 1: Curva IDF (1-24 hrs). Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Cuadro N° 10. Coeficiente de duración. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Cuadro N° 11. Precipitaciones en mm entre 0 y 60 Minutos. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Cuadro N° 12. Intensidad de Precipitación en mm entre 1 y 24 horas. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Cuadro N° 13. Gráfico # 2: Características Estaciones Pluviométrica Juan Kalt Osorno. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Cuadro N° 14. Sectores Zonas Inundables. Fuente: Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Rio Rahue.



Cuadro N° 15. Sectores de Extracción de Áridos. Fuente: Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue.

Cuadro N° 16. Resumen Perfiles Transversales. Fuente: Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue.

Cuadro N° 17. Relación de pendiente y aptitud de usos del terreno. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Cuadro N° 18. Clasificación de Remociones en Masa. Fuente: Elaboración basada en Varnes (1978) y Gonzales Vallejos (2002).

Cuadro N° 19. Factores condicionantes relevantes para cada tipo de Remoción en Masa, Lara (2007).

Cuadro N° 20. Relación entre rangos de pendiente y umbrales morfodinámicos de amenazas de origen natural.

Cuadro N° 21. Sectores Extracción de Áridos. Fuente: Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue.

INDICE DE PLANOS

- PLANO DE RIESGO DE INUNDACION Y ANEGAMIENTO
- PLANO DE RIESGO PROPENSO A AVALANCHAS O RODADOS



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento es un estudio complementario requerido por el Artículo 2.1.10. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones que forma parte de la Memoria de la Modificación al Plan Regulador Osorno, Barrio Parque Integrado, sector Rahue Bajo de la comuna de Osorno, denominado Estudio Fundado de Riesgos, en el cual se definen las áreas de restricción y condiciones para ser utilizadas de acuerdo a las disposiciones contempladas en los artículos 2.1.17. y 2.1.18. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, permitiendo establecer normas urbanísticas que permitan el desarrollo de loteos habitacionales y equipamientos.

El área de estudio considera la recopilación de antecedentes y análisis de los aspectos referidos a áreas de Riesgo Natural correspondiendo a Inundaciones, Remoción en Masa y Sismicidad; áreas de Riesgo por Acción Antrópica; y determinar recomendaciones respecto a Zonas no Edificables por factores de Riesgo y Áreas de Protección de Recursos de valor natural.

Los resultados de este estudio corresponden a la identificación y zonificación de áreas urbanas susceptibles a ser afectadas por un peligro natural, presentando un mapa de riesgos y cuadros de resumen, de acuerdo a la nomenclatura propuesta por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. La zonificación aquí presentada sirve de base para definir las áreas de riesgos y zonas no edificables para la formulación de los respectivos instrumentos de planificación (IPT).

1.1. OBJETIVOS DEL PLAN

El estudio tiene como objetivo identificar, caracterizar y graficar las áreas de riesgos del polígono de estudio, con la finalidad de factibilizarlo para acoger asentamientos humanos, en este caso suelo habitacional. El estudio debe determinar zonas no edificables o de condición restringida de edificación, que según razones fundadas limiten determinados tipos de construcciones.

El objetivo del estudio corresponde a la determinación de las áreas de riesgos por inundación por desborde de curso cualquier otro factor de riesgo natural, riesgos por remoción en masa, riesgos por acción antrópica y sus respectivas restricciones al desarrollo urbano asociado a cada uno de estos riesgos asociados.

Los objetivos específicos corresponden a:

- Identificar y caracterizar las áreas de riesgos de origen natural por inundaciones terrestres, remoción en masa y sismicidad.
- Identificar y caracterizar las áreas de riesgos generadas por actividad o intervención humana.
- Identificar y caracterizar las zonas no edificables.
- Identificar y caracterizar las áreas de protección de recursos de valor natural.
- Identificar y caracterizar las áreas de protección de recursos de valor patrimonial cultural.
- Especificar cartográficamente las áreas identificadas.



1.2.ALCANCES

Este trabajo corresponde al estudio fundado de riesgos y complementa la Memoria de la “Modificación al Plan Regulador Comunal Osorno, Barrio Parque Integrado, sector Rahue Bajo”, que tiene como objetivo definir “áreas de riesgos” según lo establecido en el artículo 2.1.17. y 2.1.18. de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Incluye un catastro de los peligros que han afectado el área de estudio, un diagnóstico donde se evalúan los factores que condicionan y desencadenan la ocurrencia de peligros geológicos (geología, geomorfología, clima, hidrografía, entre otros); y una zonificación de aquellos peligros donde se indica cual susceptible son algunos sectores de ser afectados.

Dado que el área de estudio es parte de la ribera del río Rahue, se cuenta con la colaboración de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), la cual se pronuncia respecto de las áreas de retorno del río Rahue, información que permite identificar las áreas propensas a inundación dentro del polígono de estudio.

Cabe precisar que las áreas de riego en particular las “R1”, “R3” y “R4” del Plan Regulador Comunal vigente contenida en el Plano y la Ordenanza Local para el polígono de la propuesta, y que corresponden a las existentes en la fecha de su formulación (1992), serán reemplazadas por las áreas de riesgo, actuales, propuestas en el presente instrumento de planificación territorial cuyos trazados se grafican en el plano BPI_LAM 01 y se detalla en la Ordenanza Local, para el polígono de estudio.

1.3.MARCO JURÍDICO

Se consideran entre otros, los siguientes antecedentes de tipo jurídico y administrativo para el estudio:

- Ley General de Urbanismo y Construcciones (DFL N° 458 de 1976 y sus modificaciones posteriores).
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (D.S. N° 47 de 1992 y sus modificaciones posteriores).
- Ordenanza Local Plan Regulador Comunal de Osorno (Res. N° 01 de 1992 y sus modificaciones posteriores).
- Política Nacional de Desarrollo Urbano.
- Ley N°19.300 Bases del Medio Ambiente.
- D.S. N° 66 del MDS (Art.13) y Convenio N° 169 de la O.I.T. (Art. 6).
- Ley Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional, respecto a las materias de ordenamiento territorial, fomento y actividades productivas, desarrollo social y cultural (Ley N°19.175).
- Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades (Ley N° 18.695 y modificación N°19.602).
- Ley General de Servicios Sanitarios (DFL N° 382 MOP1988).
- Reglamento de los Servicios de Urbanización, normas instrucciones y reglamentos vigentes de los Servicios Sanitarios, de Servicios Electrónicos y Combustibles, SERVIU y empresas de servicios como ESSAL, SEC, Etc.

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C.), en su apartado 2.1.17. “Disposiciones complementarias” indica la siguiente:

“En los planos reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos. Dichas áreas se denominarán “zonas no edificables” o bien, “áreas de riesgo”, según sea el caso, como se indica a continuación:



Por “zonas no edificables”, se entenderán aquellas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, en virtud de lo preceptuado en el inciso primero del artículo 60° de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. En estas áreas solo se aceptará la ubicación de actividades transitorias.

Por “áreas de riesgo”, se entenderán aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se restrinja determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole, suficientes para subsanar o mitigar tales efectos”. En el Marco de este informe, “áreas de riesgo” son definidas como las zonas susceptibles a ser afectadas por un peligro geológico.

1.4.METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo del estudio considera:

- Recopilación de antecedentes y de hechos históricos dentro del polígono de estudio, identificando la localización y recurrencia según fenómeno.
- Identificación de susceptibilidad de peligros geológicos y elaboración de planos de riesgo con entrega de insumos digitales, planos y documentos.
- Elaborar un informe que establezca criterios para la definición de la zonificación urbana del polígono de estudio.

El presente estudio complementario considera como insumo los siguientes estudios vigentes ejecutados específicamente para el área de propuesta:

- Estudio de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1 el Informe Parcial N°2, realizado para el MINVU, por la empresa Consultora Testing (2019-2020), el cual complementa los capítulos de “ubicación del Área de Estudio”, “Áreas de Riesgo de Origen Natural”, “Inundaciones Terrestres” y “Remoción de Masas” “Peligro por actividad Volcánica”.
- Estudio “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue”, fue realizado para la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, por la empresa SKM-IRH, cuyo documento Final (Versión E de 2014), el cual complementa los capítulos de “Áreas de Riesgo de Origen Natural” e “Inundaciones Terrestres”.

1.5.UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Este se ubica en la zona sur poniente de la ciudad de Osorno, en el sector denominado Rahue Alto, abarcando una extensión total de 99 hectáreas.

Específicamente, el sitio se encuentra en la ribera poniente del río Rahue (Figura N°01), al sur de la ciudad, con centro aproximadamente en las coordenadas N 5.504.900-E 655.500.





Figura 1. Imagen extraída de Google Earth, ubicación sector Barrio Parque Integrado.



Figura 2. Vista Aérea Proyecto. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.



El área de estudio corresponde a una terraza fluvial del río Rahue, que posee ocupación en la parte alta de la terraza por parte de campamentos irregulares. Con escaso desarrollo de vialidad (solo de tierra) e inexistencia de mobiliario urbano ni iluminación pública.

El terreno se segmenta en dos secciones, una terraza inferior y una superior diferenciadas por una pendiente considerable que fomenta el desarrollo de quebradas y abundante vegetación. En el sector suroriente del área de estudio, contiguo al río Rahue, se ubica el parque municipal abierto Arnoldo Keim, el cual posee abundante vegetación con alta presencia de árboles.

En tanto el área de influencia corresponde al área urbana contigua al área de estudio definida como Rahue Alto. Esta zona es más homogénea y totalmente urbanizada, a diferencia del área del estudio. Sus límites se definen al norte y poniente por las calles Avda. el Pacifico, Real, Germán Bueno, Tarapacá y Llanquihue, al oriente por el río Rahue y hacia el sur y sur poniente con el límite urbano.

2. ÁREA DE RIESGO DE ORIGEN NATURAL

A nivel regional, se desarrollan unidades geológicas del Paleozoico, Terciario y Cuaternario, incluyendo un basamento cristalino, rocas sedimentarias marino-continentales y sedimentos consolidados a no consolidados.

Particularmente, la comuna de Osorno se encuentra ubicada sobre el relleno cuaternario del Valle Central, donde se desarrollan depósitos sedimentarios de diversa índole de consolidación de edades comprendidas entre el Pleistoceno Medio y el Holoceno, todos de origen fluvial o glaciofluvial.

Los depósitos fluviales actuales corresponden a gravas, arenas y limos no consolidados que forman los lechos y terrazas bajas de los ríos Rahue y Damas. Corresponden a materiales móviles que son arrastrados y depositados a lo largo del cauce formando depósitos de materiales que dan forma a barreras bajas en sectores de meandros.

Aquellos depósitos fluviales antiguos que corresponden a arenas y gravas estratificadas, provienen de depósitos glacio fluviales retrabajados generados durante la glaciación Llanquihue. En la actualidad dan forma a terrazas de 1 a 15 metros de altura sobre los lechos de los cauces actuales.

La existencia de secuencia piroclástica-epiclástica corresponden a 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 y alcanza un espesor alcanza a 50 m.

Existen depósitos morrénicos provenientes de la glaciación Río Llico que corresponden a 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.

Respecto de las terrazas fluviales, cabe decir que corresponden en su mayoría a depósitos glacio-fluviales de la glaciación Llanquihue, la secuencia San Pablo y los depósitos de la glaciación Llico, y sobre estas se ha desarrollado la ciudad de Osorno. La mayor parte de las terrazas antiguas alcanzan alturas de 40 hasta 70 metros, conformadas por rocas de tipo Cancagua.



2.1. LÍNEA BASE

A la latitud entre los 40°S y 41°S los rasgos morfológicos principales son la Cordillera de la Costa, el Valle Longitudinal o Depresión Intermedia y la Cordillera Principal, ubicados en franjas de orientación norte sur. La ciudad de Osorno, área de interés de este estudio, se encuentra en la unidad correspondiente al Valle Longitudinal (Figura N°98).



Figura N°3. Dominios Geomorfológicos Región de los Lagos. Tomado de Quezada (2015). En rectángulo rojo ubicación de Osorno. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.



El Valle Longitudinal (VL) se ubica entre los dominios de la Cordillera de Costa y de la Cordillera Principal. El valle consiste en una zona amplia, deprimida, rellena por rocas sedimentarias y volcánicas terciarias, estas últimas en menor proporción. Dichas rocas terciarias se encuentran cortadas y cubiertas por depósitos glaciares, glacio fluviales, fluviales y piroclásticos de edad cuaternaria (Quezada, 2015).

El rasgo morfológico predominante de este segmento está dado por lomas suaves y planicies cortadas por losvalles de los principales cauces de aguas de la región. Desde un poco más al norte de los 40°S, el Valle Longitudinal se distingue claramente, adquiriendo su mayor longitud este-oeste desde Osorno al sur, la cual alcanza unos 80 km aproximadamente. Al norte de los 40º, el Valle Longitudinal desaparece, dada la prolongación hacia el Este de la Cordillera de la Costa. En el extremo norte del segmento, la Depresión Intermedia puede alcanzar los 200 m s.n.m., altitud que va descendiendo a medida que aumenta la latitud hasta el Canal de Chacao (Quezada, 2015).

En su extremo oriental se localizan los principales lagos de origen glacial, algunos de los cuales presentan formas elongadas en la dirección este-oeste.

La mayor parte del área de Osorno, situada en la Depresión Intermedia o Valle Longitudinal, presenta un relieve prácticamente plano, con alturas que no superan los 150 m s.n.m., excepto en el sector noroeste donde se presenta moderadamente ondulado alcanzando los 300 m s.n.m. (Pérez et al., 2003).

El área de Osorno se enmarca dentro de la hoya hidrográfica del río Bueno, que tiene una superficie total superior a los 16.000 km². Este río tiene como principales tributarios a los ríos Rahue y Pilmaiquén y desagua hacia el Pacífico y a los lagos Ranco, Puyehue y Rupanco (Pérez et al., 2003).

Los suelos corresponden en su mayor parte a Trumao, según la denominación local, o al orden Andisol y a la serie Osorno, de acuerdo a la Taxonomía de suelos (INIA, 1985 en Pérez et al., 2003). Son suelos derivados de cenizas volcánicas modernas que están dispuestas sobre los depósitos piroclásticos-epiclásticos, con buen drenaje y textura franco limosa a franco arcillo limosa, desarrollados en áreas de topografía ondulada, con pendiente de 2 a 5% (Pérez et al., 2003).

2.1.1. MARCO GEOMORFOLÓGICO Y GEOLÓGICO

A) GEOLOGÍA REGIONAL

Como se observa en la Figura Nº 4, a la latitud del estudio afloran distintas unidades con edades desde el Paleozoico al Cuaternario, las cuales, de la más antigua a más reciente, son:

Complejo Metamórfico Bahía Mansa (CMBM, PzTr4): Esta unidad, ubicada en la Cordillera de la Costa, está constituida por metapelitas, metacherts, metabasitas, esquistos y, en menor proporción, neises y rocas ultramáficas con protolitos de edades desde el Devónico al Triásico y metamorfismo del Pérmico al Jurásico. La edad de la unidad es paleozoica a triásica.

Secuencias sedimentarias marinas transgresivas plataformales (M1m): corresponde a areniscas finas, arcillolitas y limolitas del Mioceno. Esta unidad se ubica, al igual que la anterior, en la Cordillera de la Costa.

Secuencias y centros volcánicos parcialmente erodados (PPI3): lavas principalmente basálticas con intercalaciones de tobas y conglomerados del Plioceno-Pleistoceno. Esta unidad se ubica en la Cordillera Principal, al este del área de estudio.



Depósitos piroclásticos (PI3t): unidad, ubicada en el Valle Longitudinal, está constituida por depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso, de edad pleistocena. Hacia el oeste, hacia el sur y hacia el este, la unidad PI3t está en contacto con depósitos glaciales y fluvio-glaciales del Pleistoceno-Holoceno (Q1g).

Secuencias lávicas y centros volcánicos básicos e intermedios (PI3): depósitos piroclásticos andesítico-basálticos. Esta unidad, de edad pleistocena, se ubica en la Cordillera Principal.

Depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustres (Q1g): constituidos por diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. Estos depósitos ocurren en la Depresión Central de la región y corresponden a lóbulos morrénicos en el frente de los lagos proglaciales, en abanicos fluvio-glaciales frontales o varves en la ribera de lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del Pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a las glaciaciones Llanquihue (1; 35-14,2 ka); Santa María (2; 262-132 ka); Río Llico (3; 480-338 ka) o Caracol (4; 687-512 ka).

Depósitos fluviales (Qf): gravas, arenas y limos del curso actual de los ríos mayores o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación. Edad pleistocena a holocena.

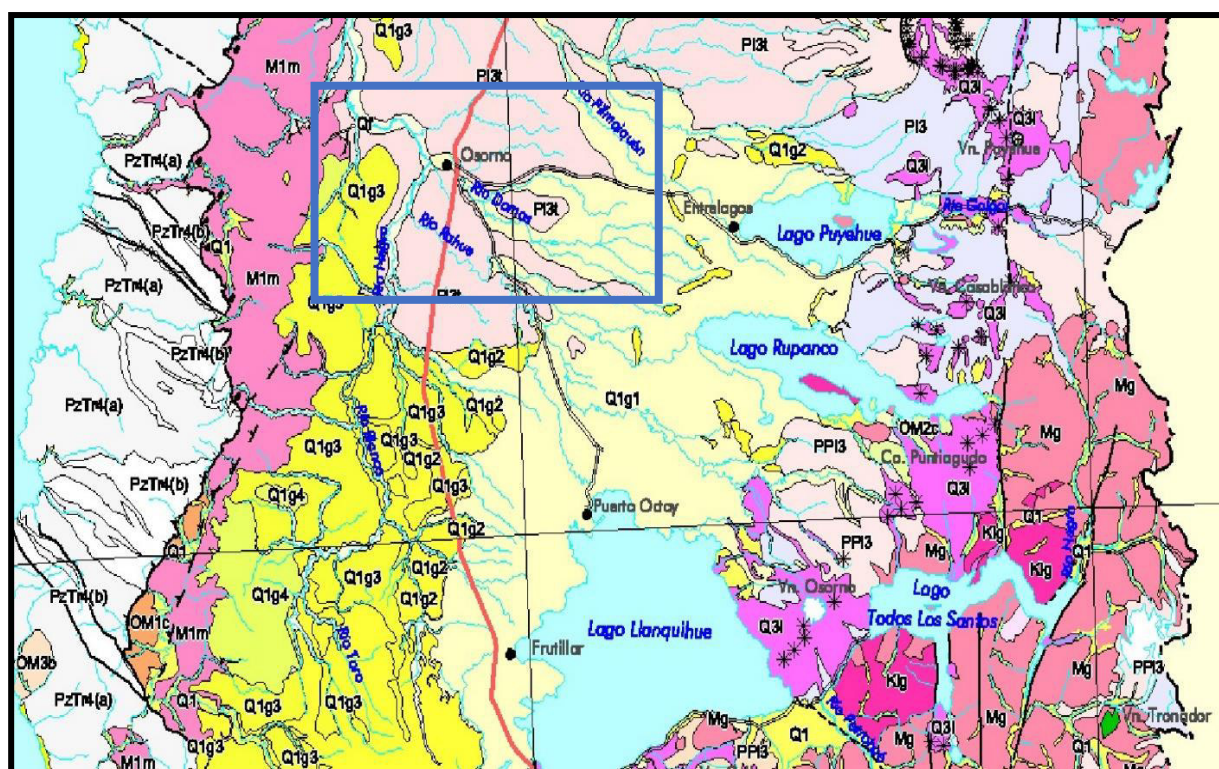


Figura N°4. Geología Osorno tomado de Sernageomin (2003), en recuadro azul área de estudio.

Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1

PzTr4: metapelitas, metacherts, metabasitas, esquistos y, en menor proporción, neises y rocas ultramáficas.

M1m: areniscas finas, arcillolitas y limolitas **PPI3:** Secuencias y centros volcánicos parcialmente erodados: lavas principalmente basálticas con intercalaciones de tobas y conglomerados **PI3:** Secuencias lávicas y centros volcánicos básicos e intermedios; depósitos piroclásticos andesítico-basálticos **PI3t:** Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos **Q1g:** Depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustres **Mg:** Mioceno (18-6 Ma). Granodioritas, dioritas y tonalitas



B) GEOMORFOLOGÍA LOCAL

El área de estudio se ubica en un sitio principalmente plano, correspondiente a una terraza aluvial del río Rahue, que alcanza alturas de entre 10 a 20 m.

Hacia el noroeste el sitio muestra un aumento de la altitud hasta alcanzar cotas de entre 60-75 m s.n.m., correspondiente a otro nivel plano, aterrazado. El paso de un nivel a otro lo constituye una ladera inclinada, a los pies de la cual se desarrollan pequeñas ondulaciones del terreno (Figura N°100).

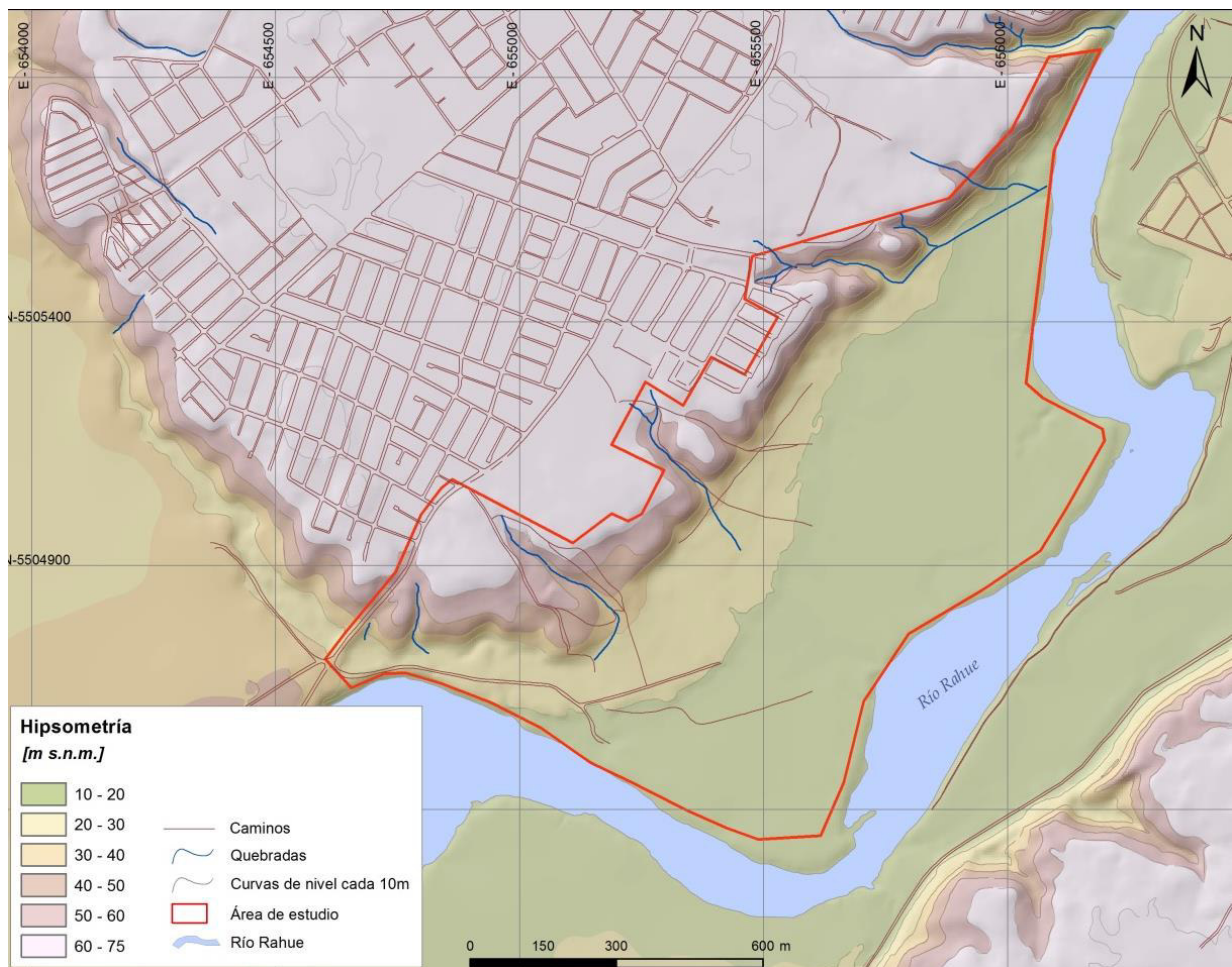
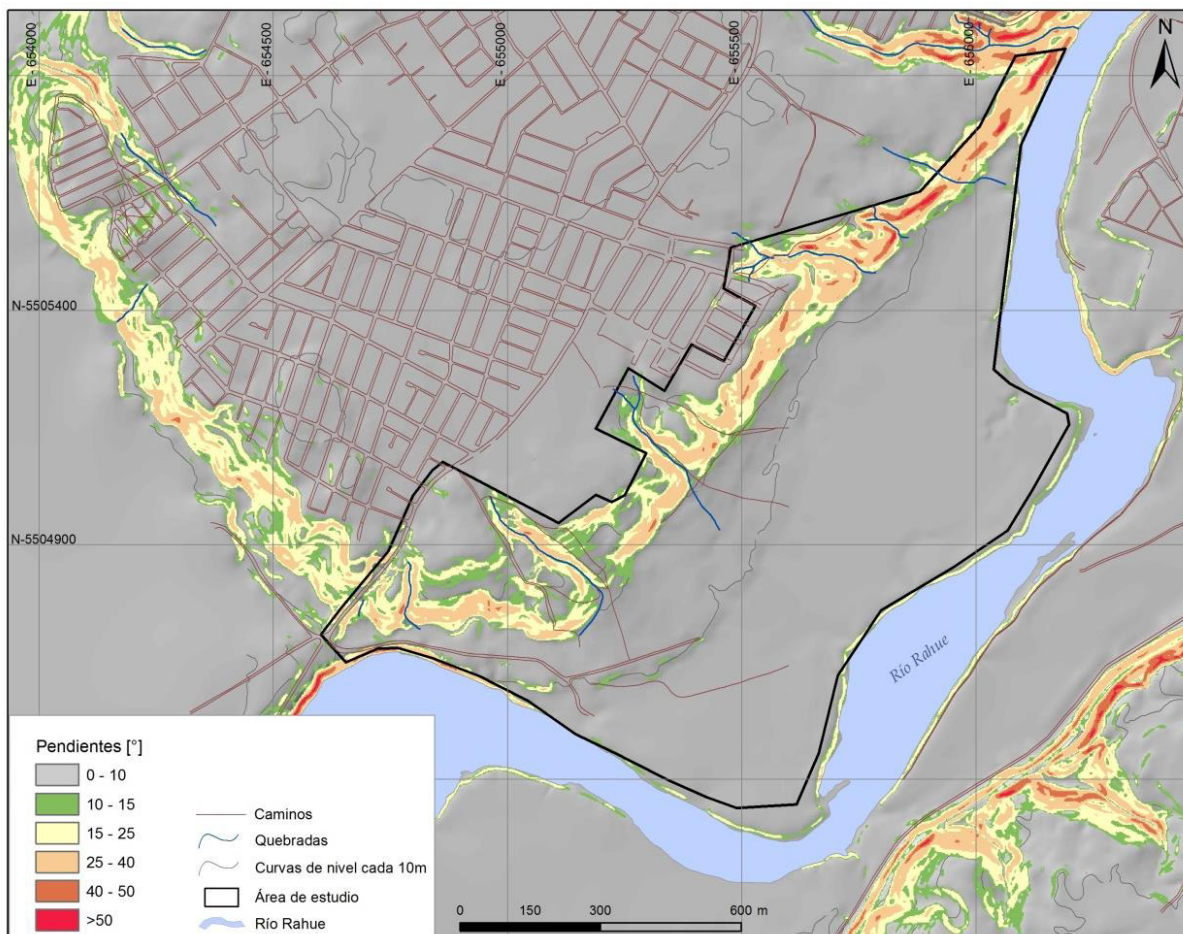


Figura N°5. Mapa Hipsométrico del sitio: Barrio Parque Integrado. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.¹

¹ Debe señalarse que, de las quebradas, esquematizadas en las Figuras N°5 y N°6, su envergadura es precisada en Plano de PRCO comuna de Osorno Barrio Parque Integrado Riesgo de Remoción en función de las curvas de niveles mostradas a mayor escala. Finalmente, del total de estas quebradas, se distinguen tres correspondientes al drenaje principal desde Rahue Alto, hasta el río Rahue, afectas a inundación por anegamiento y que son las que deben considerarse en el Plano de la Propuesta que se viene aprobando.





El área de estudio muestra una pendiente de hasta 10° en la terraza inferior, cercana al río, y en la terraza superior. En la ladera que une ambos niveles aterrazados la pendiente varía: al suroeste entre 10 y 40° y al noreste entre 10 y >50° (Figura N°101).²

Figura N°6. Mapa de pendientes del sitio en estudio: Barrio Parque Integrado. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Como se observa en la Figura N°6, el sitio está cruzado por pequeñas quebradas de orientación NW, las cuales tienen laderas empinadas, con pendientes dominantes de entre 25 y 40°.

Debe señalarse que, de las quebradas, esquematizadas en las Figuras N°5 y N°6, su envergadura es precisada en Plano de PRCO comuna de Osorno Barrio Parque Integrado Riesgo de Remoción en función de las curvas de niveles mostradas a mayor escala. Finalmente, del total de estas quebradas, se distinguen tres correspondientes al drenaje principal desde Rahue Alto, hasta el río Rahue, afectas a inundación por anegamiento y que son las que deben considerarse en el Plano de la Propuesta que se viene aprobando.

² Debe señalarse que, de las quebradas, esquematizadas en las Figuras N°5 y N°6, su envergadura es precisada en Plano de PRCO comuna de Osorno Barrio Parque Integrado Riesgo de Remoción en función de las curvas de niveles mostradas a mayor escala. Finalmente, del total de estas quebradas, se distinguen tres correspondientes al drenaje principal desde Rahue Alto, hasta el río Rahue, afectas a inundación por anegamiento y que son las que deben considerarse en el Plano de la Propuesta que se viene aprobando.



C) GEOLOGÍA LOCAL

En general, la geología del área de Osorno incluye depósitos sedimentarios no consolidados, depósitos piroclásticos-epiclástico y rocas sedimentarias. Los depósitos pleistocenos glaciofluvial y piroclásticos-epiclástico cubren cerca del 80% del área y representan la interacción de eventos glaciales y volcánicos ocurridos durante el Cuaternario (Pérez et al., 2003).

De acuerdo a Pérez et al. (2003), en el área de estudio se reconocen las unidades Hf, PIHf, Plsp y Plgf2 según lo señalado en siguiente figura

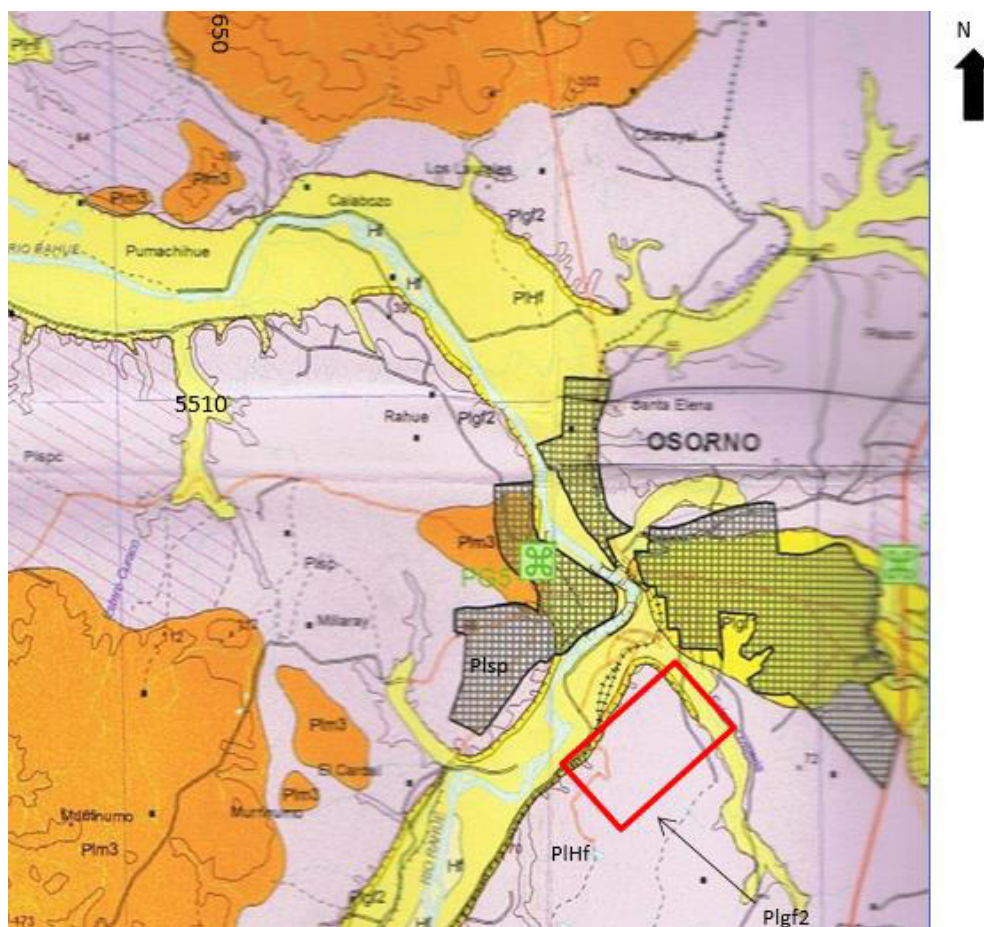


Figura N°7. Geología del área de Osorno. Tomado de Pérez et al (2003). Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Todas las unidades identificadas en el área corresponden a depósitos sedimentarios no consolidados y de más joven a más antigua corresponden a:

Depósitos fluviales actuales (Hf) (Pérez et al., 2003)

Depósitos compuestos de gravas y arenas, depositados en los lechos de los ríos donde constituyen las barras y terrazas más bajas del río Rahue. Los depósitos son clasto soportados, moderadamente seleccionados y, en parte, imbricados, con una matriz arenosa localmente ausente. En su mayoría, los clastos son subredondeados a bien redondeados y frescos. En sectores donde el torrente es de escasa energía, las terrazas más bajas, periódicamente



inundadas, están constituidas de arenas y limos.

Depósitos fluviales (PIHf) (Pérez et al., 2003)

Depósitos no consolidados compuestos de gravas y arenas. Las primeras son moderada a bien seleccionadas, bien redondeadas y en parte imbricadas, con matriz de arenas gruesas y medias. Los depósitos tienen estructuras de estratificación plana horizontal, cruzada y granodecreciente. Corresponden a depósitos que constituyen terrazas de 1 a 15 m de alto por sobre el lecho que actualmente ocupa el río.

La mayoría de los clastos están frescos y duros y provienen, principalmente, del retrabajo de depósitos glaciofluviales (Plgf1). Los depósitos están cubiertos por suelos entre 10 a 50 cm de espesor, desarrollados a partir de estratos de probable origen piroclástico. El escaso espesor y la relación morfoestratigráfica sugieren que estos depósitos son posteriores al último retiro de los glaciares asignados a la Glaciación Llanquihue (13.900 a AP).

Secuencia piroclástica-epiclástica San Pablo (Plsp) (Pérez et al., 2003)

Estos depósitos comprenden flujos piroclásticos subaéreos y subacuáticos, depósitos lacustres y, localmente, depósitos de retrabajo fluvial. Básicamente, los materiales piroclásticos corresponden a ceniza y lapilli, compuestos por fragmentos líticos y escorias, pómez, cristales y vidrio, mientras que los epiclastos son de tamaño bolón, grava, gravillas, arena y arcilla. Los máximos espesores observados en estos depósitos se aproximan a 50 m.

La secuencia San Pablo culmina con un potente nivel de flujo piroclástico, moderadamente a muy consolidado, con facies subacuáticas y distales fluviales locales.

De acuerdo a su posición estratigráfica, estos depósitos se encuentran bajo los depósitos de la Glaciación Llanquihue y sobre los depósitos de la Glaciación Santa María, lo cual permite asignarle una edad pleistocena superior.

Depósitos glaciofluviales de la Glaciación Santa María (Plgf2) (Pérez et al., 2003)

Las exposiciones de estos depósitos son escasas e incluyen gravas y arenas. Las primeras, clastosoportadas, moderadamente a bien seleccionadas, con clastos subredondeados a bien redondeados, en escasa matriz arenosa, con evidencias de meteorización, que les confiere un color amarillo anaranjado. Muestran buena estratificación plana horizontal, granodecreciente y, generalmente, están interestratificadas con lentes de arenas que presentan estratificación plana horizontal y cruzada (Antinao et al., 1998 *en* Pérez et al., 2003). Además, se encuentran estructuras de relleno de canales.

Generalmente, a partir de estos depósitos se ha desarrollado una cubierta de suelo de 1 a 3 m de espesor. La edad asignada a estos depósitos al ciclo de la Glaciación Santa María (entre 262.000 y 132.000 a AP).

D) GEOLOGÍA DEL SITIO

Las calicatas realizadas por LEPUCV (2015) en el sitio muestran un terreno constituido por depósitos no consolidados.

A nivel local el terreno en estudio se encuentra conformado por seis horizontes de suelo bien diferenciados en términos de los materiales constituyentes. Sin embargo, su distribución, espesor y profundidad presenta una condición de heterogeneidad (LEPUCV, 2015).

Los horizontes identificados son los siguientes (LEPUCV, 2015):

Horizonte H1: Capa vegetal conformada por limos con presencia abundante de raicillas. La consistencia se clasifica como suave con un estado de humedad húmedo. El espesor varía entre 0,15 a 0,25 (m).

Horizonte H2: limos de baja compresibilidad (ML), con arenas y presencia de gravas en proporciones menores. La consistencia se clasifica como muy suave a dura, con un estado de humedad clasificado como húmedo variando a



saturado, asociado con el nivel de aguas subterráneas. El espesor de varía entre 0,25 a 2,80 (m). Este horizonte fue detectado hasta alcanzar una profundidad máxima desde 0,40 (m) a 2,50 (m).

Horizonte H3: limos de alta compresibilidad (MH) con arenas. Este horizonte de espesor comprendido entre 1,10 a 2,80 (m) presenta in-situ una consistencia clasificada como muy suave a muy dura, asociada con una humedad variable entre los estados húmedo a saturado, dependiendo el nivel de aguas subterráneas. Este horizonte fue detectado hasta alcanzar una profundidad máxima desde 1,80 (m) a 4,00 (m). Nombre local trumao o ñadis.

Horizonte H4: material granular fuertemente cementado, denso y muy baja permeabilidad, con una densidad de partículas sólidas de 2,75 (gr/cc). Este horizonte de espesor indefinido, fue detectado de manera errática en el terreno en estudio a partir de una profundidad comprendida entre 1,80 a 3,10 (m). Nombre local: fierrillo.

Horizonte H5: gravas mal graduadas con limos (GP-GM, GM), con arenas y bolones de tamaño máximo entre 110,0 y 180,0 (mm). El estado de compacidad in-situ se clasifica como medianamente denso, con una humedad variable entre los estados húmedo a saturado, dependiendo el nivel de aguas subterránea. El espesor varía entre 0,30 a 1,80 (m). Este horizonte fue detectado hasta alcanzar una profundidad máxima desde 1,60 (m) a 4,00 (m).

Horizonte H6: arenas con limos en diversas proporciones (SP-SM, SP), gravas bolones de tamaño máximo entre 150,0 y 180,0 (mm). El estado compacidad medianamente densa, con una humedad variable entre los estados húmedo a saturado, dependiendo el nivel de aguas subterránea. Este horizonte de espesor comprendido entre 0,50 y 1,80 (m), fue detectado a partir de una profundidad variable desde 1,60 a 2,20 (m).

La distribución de los estratos y zona estimada de rellenos existentes dentro del terreno en estudio, se presenta en siguiente figura:

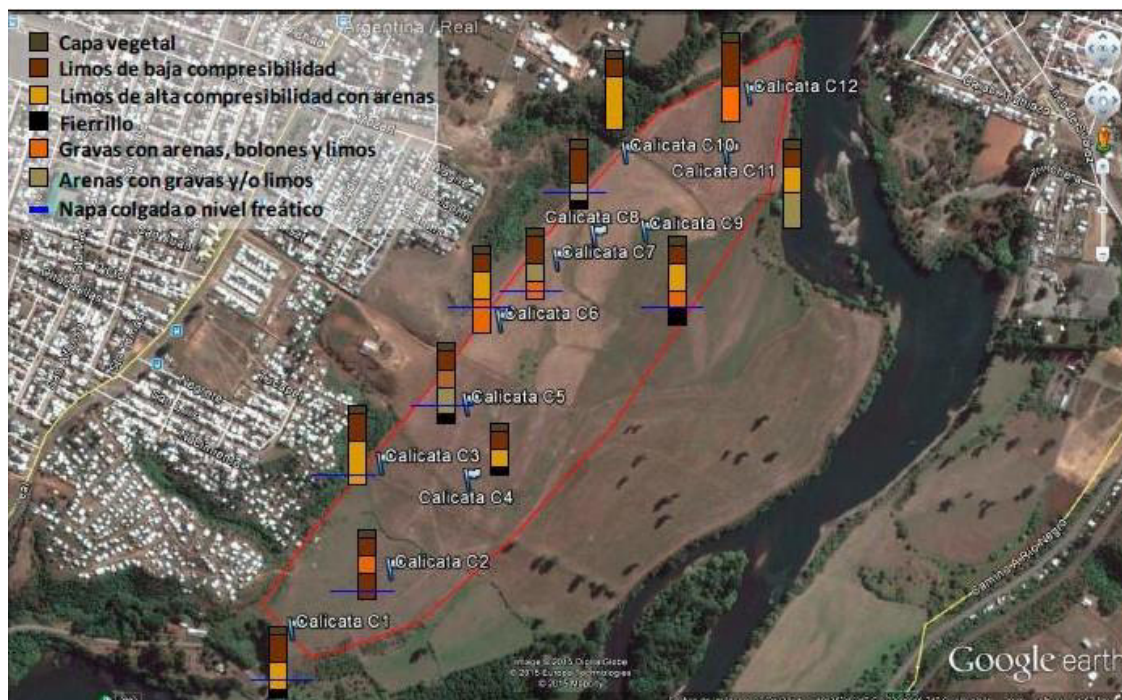


Figura N° 8. Estratos identificados. LEPUCV (2015). Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.



2.1.2. MARCO CLIMÁTICO

Según la clasificación climática de Köppen, el clima imperante dentro del área de estudio corresponde al denominado “Cfb” o Templado lluvioso cálido sin estación seca. En estos, la temperatura media del mes más cálido no supera los 22 °C, pero si superan los 10 °C durante cuatro o más meses al año, con una oscilación térmica diaria fuerte. Las precipitaciones se presentan a lo largo de todo el año, incrementándose en invierno, superando los 1.300 mm. Anuales, haciendo casi imposible encontrar meses secos.

A) METEOROLOGÍA

Se consideran los registros de la Estación Osorno (Cañal Bajo)³ de la Dirección Meteorológica de Chile, recopilando los registros de Temperatura (°C) y precipitaciones (mm). Revisando estos antecedentes, es posible apreciar una marcada estacionalidad entre invierno y verano, siendo los meses de mayo, junio, julio y agosto aquellos que presentan los mayores montos de precipitaciones de forma comparativa con el resto de los meses, así como se presentan las menores temperaturas medias del año.

Mes	Temp. Media	Precipitación
	(°C)	(mm)
Enero	15,2	48,7
Febrero	14,5	60,5
Marzo	12,6	53,2
Abril	10,2	105,2
Mayo	8,7	199,6
Junio	6,7	189,8
Julio	6,5	197,8
Agosto	7,1	173,0
Septiembre	8,2	104,6
Octubre	10,1	80,3
Noviembre	12,3	58,7
Diciembre	14,3	60,4

Cuadro N° 1. Temperatura Media y Precipitaciones. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile.

³ 40°36’S, 73° 03’W, 65 m.s.n.m.



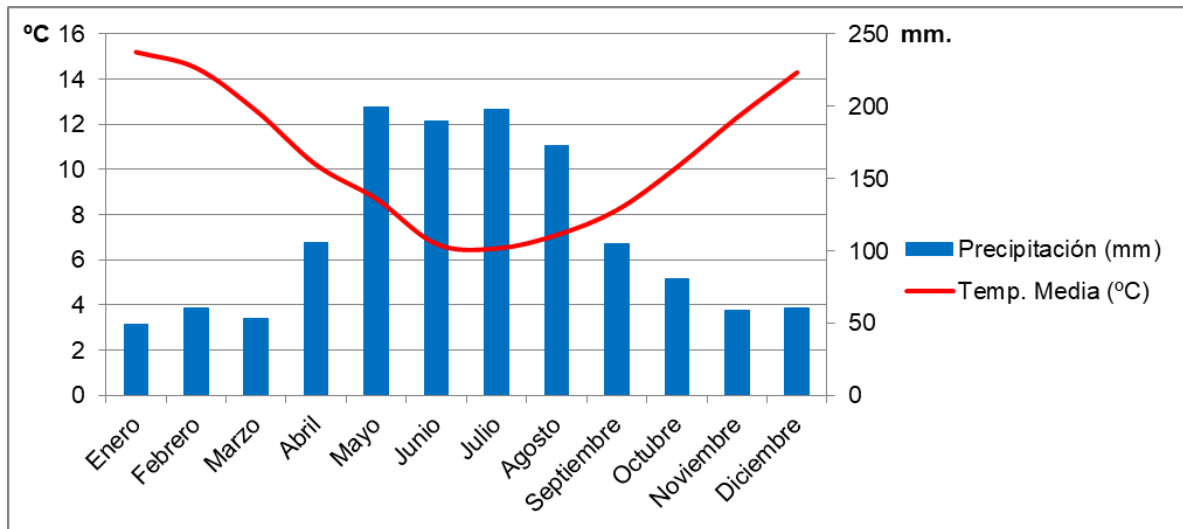


Figura N° 9. CLIMOGRAMA Estación Osorno. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Meses	Humedad (%)
Enero	61,4
Febrero	63,1
Marzo	67,7
Abril	76,5
Mayo	81,8
Junio	83,1
Julio	80,9
Agosto	78,1
Septiembre	72,2
Octubre	69,4
Noviembre	65,9
Diciembre	63,3

Cuadro N° 2. Promedio mensual de la humedad relativa del ambiente (%). Fuente: Estación de Monitoreo de Calidad del Aire Osorno, Ministerio del Medio Ambiente.



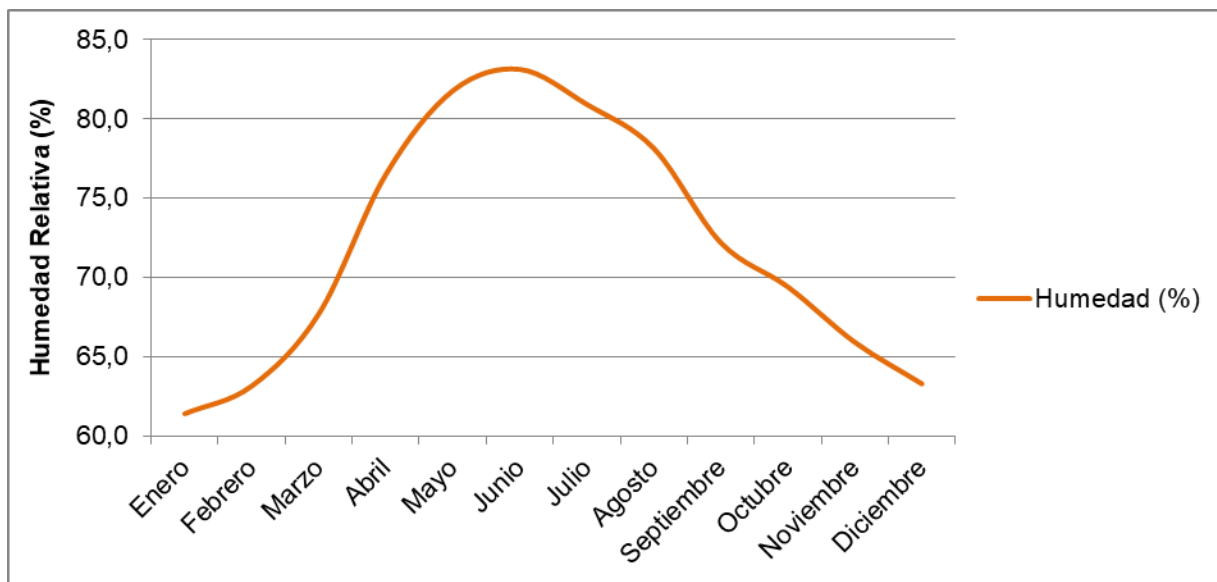


Figura N° 10. Media Mensual de Humedad Relativa del Ambiente (%). Fuente: Dirección Meteorológica de Chile. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, InformeParcial N°1.



	Medio Diario	Mínimo Diario	Máximo Diario
Enero	2,1	0,6	4,0
Febrero	2,6	0,9	4,5
Marzo	1,9	0,6	3,6
Abril	1,8	0,5	3,2
Mayo	1,7	0,5	3,3
Junio	2,7	0,9	4,7
Julio	2,8	1,1	5,0
Agosto	2,6	1,0	5,1
Septiembre	1,8	0,4	3,5
Octubre	2,3	0,8	4,1
Noviembre	2,1	0,6	4,1
Diciembre	2,1	0,6	4,1

Cuadro N° 3. Velocidad media del Viento (M/S). Fuente: Explorador Eólico, Ministerio de Energía.

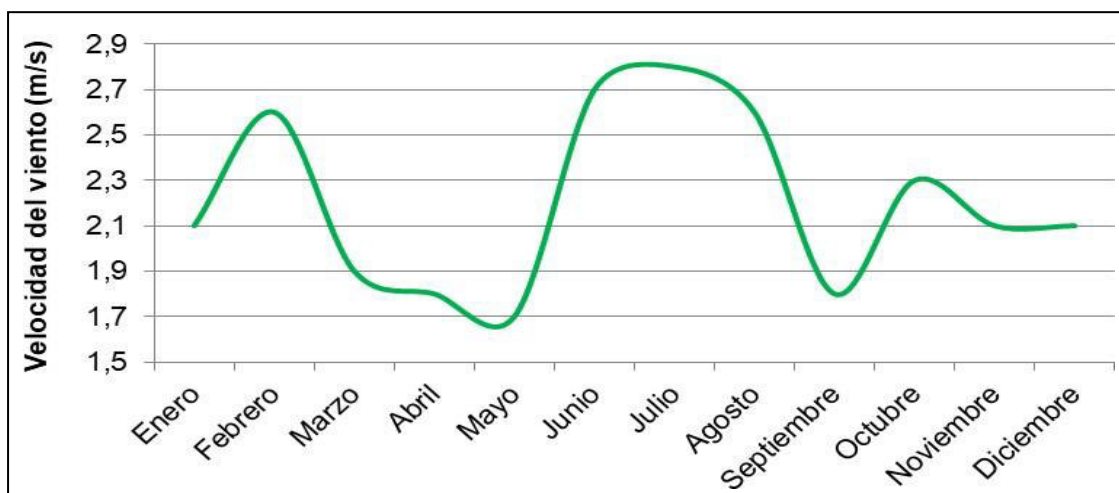
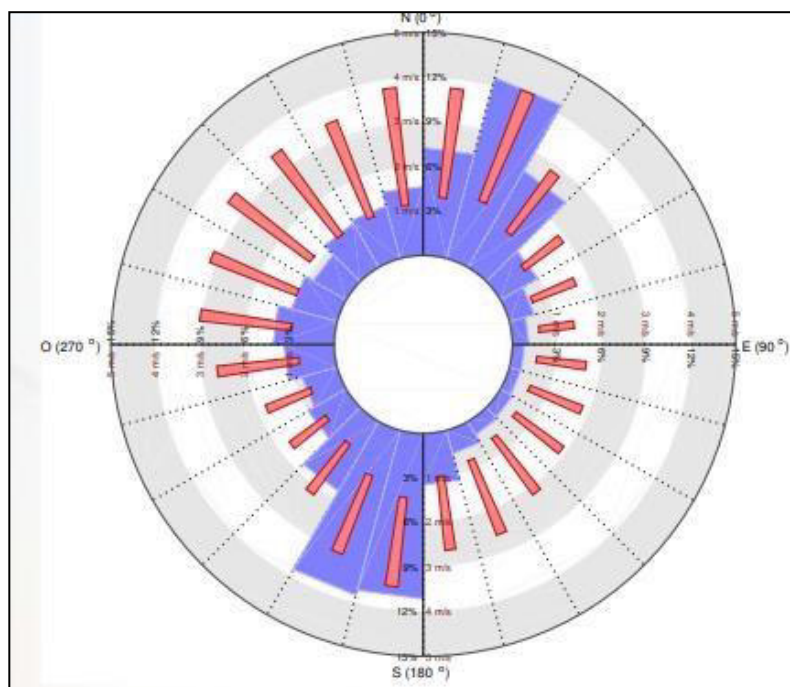
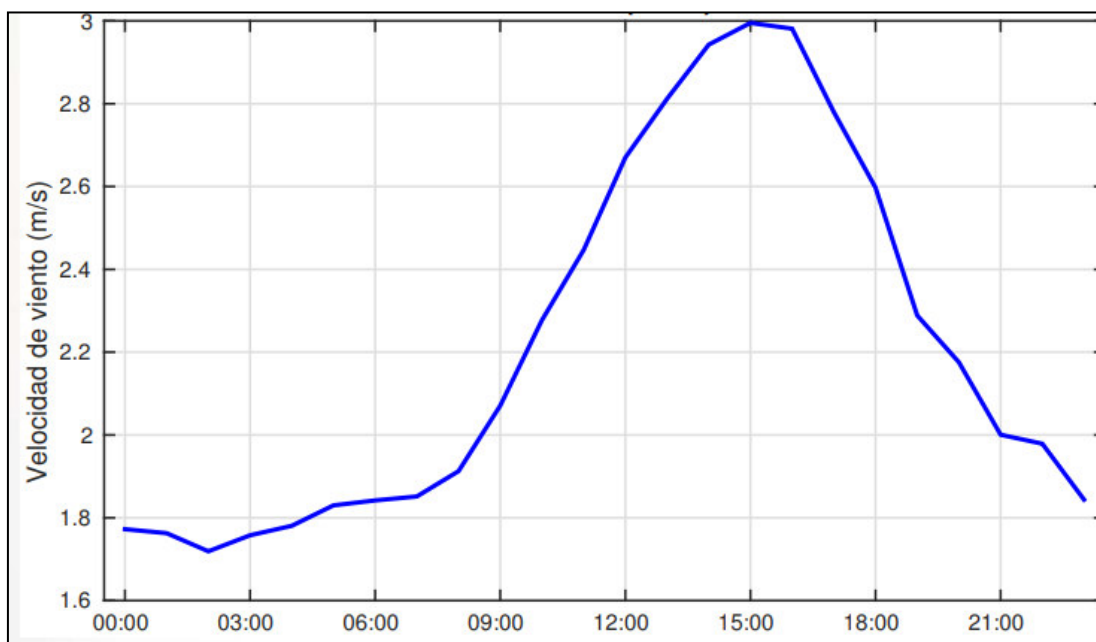


Figura N° 11. Media Mensual de Velocidad del Viento (M/S). Fuente: Explorador Eólico, Ministerio de Energía. Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.





2.1.3. MARCO HIDROLÓGICO

La región está ampliamente dominada por la presencia de lagos precordilleranos que alimentan a los principales cursos de agua de la región. Las cuencas que predominan son las denominadas exorreicas de tipo andinas, que son mayoritariamente de régimen pluvial (en ocasiones mixto). Los cursos de agua más importantes a nivel regional corresponden a los ríos Maullín, Petrohué, Puelo y Yelcho.

La ciudad de Osorno se encuentra en el contexto de la cuenca del río Bueno, y en la subcuenca del río Rahue Bajo, donde se desarrollan 2 grandes cursos de agua, los que corresponden a los ríos Damas y Rahue, siendo este último es más relevante.

El Rahue es un río de régimen pluvial que nace del lago Rupanco, pasando en su cauce medio por la ciudad de Osorno, en la unidad denominada valle central, siendo uno de los principales tributarios del río Bueno, uno de los mayores cursos de agua de la región. Hasta su junta con el río Negro posee una dirección WNW; para tomar luego, una dirección N.^a En su curso superior se presenta rápido y encajonado, mientras que en su curso medio y bajo se desarrolla de forma más lenta y en dos extensiones del cauce principal, haciéndolo en ocasiones navegable por embarcaciones menores. Su longitud es de 120 km de extensión y posee un caudal medio de 117 m³/s. Sus principales tributarios son los ríos Coihueco, Negro y Damas.

Es importante señalar que el área de estudio se emplaza sobre un lecho inundable del río Rahue, el cual presenta registros históricos de desbordes en un 40 % de la superficie estudiada. Situación relevante a ser considerada en los estudios específicos pertinentes para descartar situaciones de riesgo para el proyecto, considerando el historial de desbordes que el río presenta.

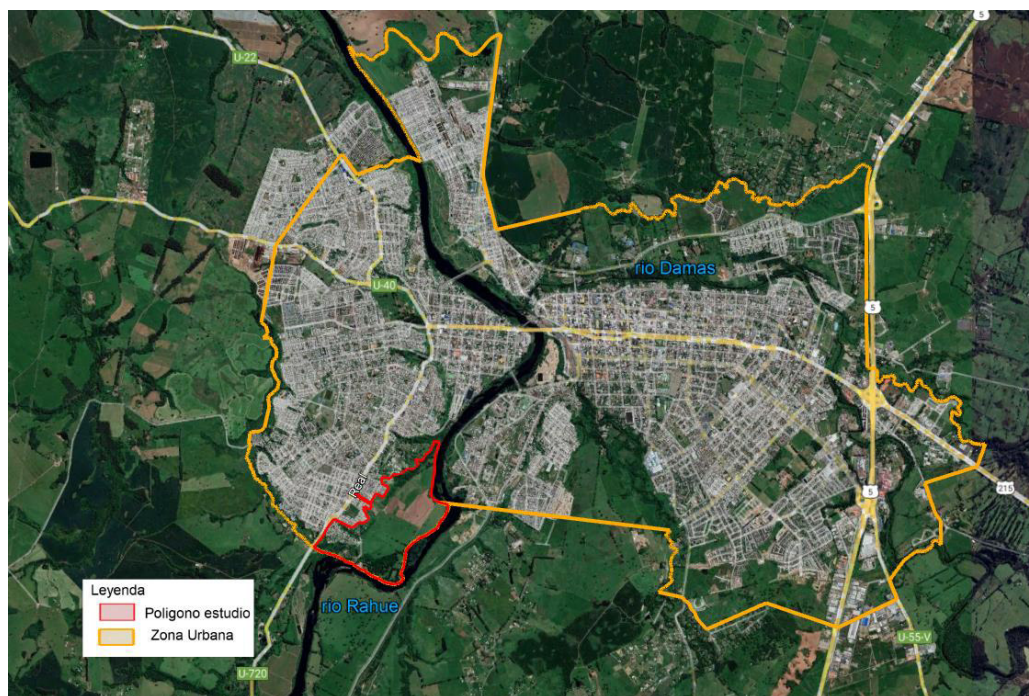


Figura N° 14. Ríos ciudad de Osorno imagen extraída de Google Earth, elaboración propia.



A) ANTEPROYECTO DRENAJE AGUAS LLUVIA

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.

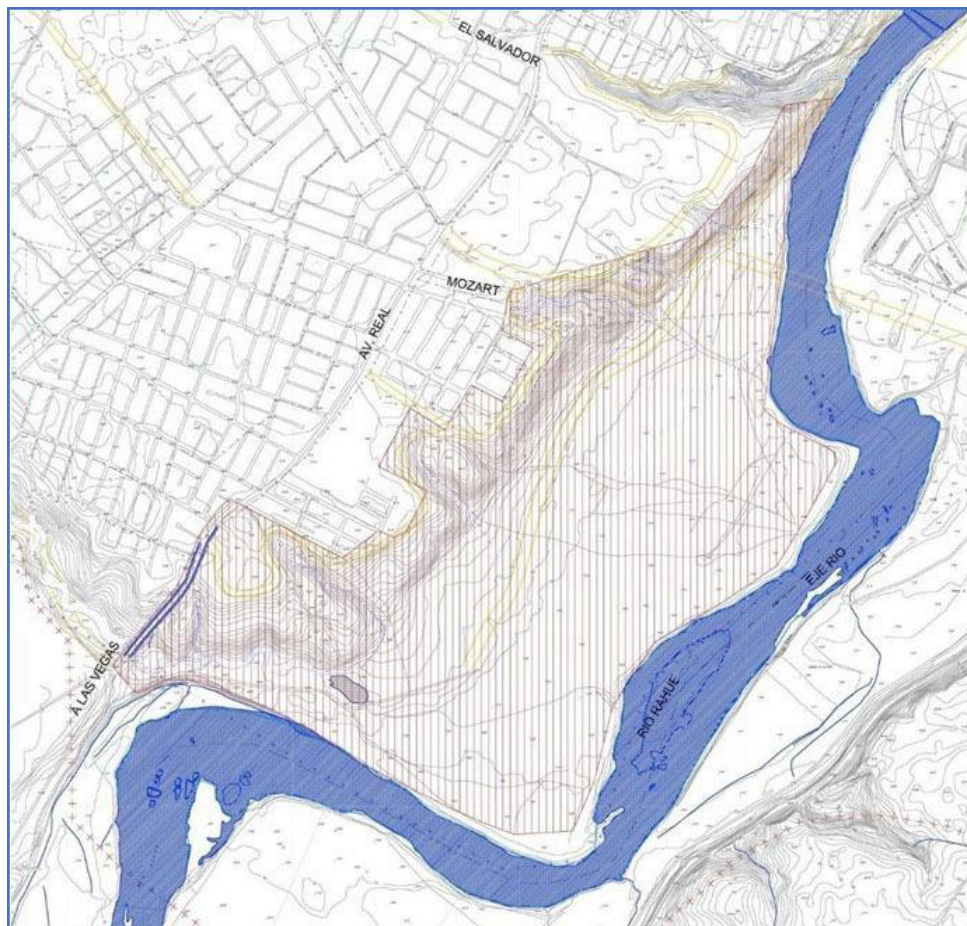


Figura N° 15. Imagen elaborada por AAU tomado como base la imagen de “Ubicación Área de Anteproyecto” extraída De los Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

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.

El presente capítulo se refiere al diseño de un sistema de evacuación de aguas lluvias, requeridas por la zona Barrio Parque a urbanizar; las aguas lluvias se diseñarán considerando las áreas tributarias propias del Barrio Parque y las adyacentes que pueden descargar hoy en esa zona. Considerando que topográficamente esta área corresponde a un



sector bajo nivel de crecidas del Río Rahue, este anteproyecto excluirá los caudales provenientes de inundaciones por esas crecidas, ya que se contempla proyectar las obras de defensa fluvial que impidan el ingreso de aguas provenientes del Río Rahue.

Así la solución de drenaje de aguas lluvias contemplará al final del sistema una planta elevadora que permita la descarga libre para colector de desagüe al Río Rahue, según cotas de eje hidráulico de crecidas en períodos de retorno de 50 años.

B) ANTECEDENTES PLUVIOMÉTRICOS

El objetivo del estudio hidrológico es determinar la magnitud de los caudales en crecida, que escurren a la plataforma vial del estudio “Barrio Parque Osorno”, a fin de definir la solución de drenaje de sus calles.

Como antecedentes se dispone del estudio “Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de la ciudad de Osorno, elaborado por CADE – IDEPE y aprobado el año 2002 por la Dirección de Obras Hidráulicas del M.O.P.

C) PLUVIOMETRÍA Y ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS

La zona del estudio presenta un régimen de precipitaciones netamente pluvial. Para determinar la lluvia de diseño para distintos períodos de retorno, es necesario considerar la serie anual de precipitaciones máximas en 24 horas asociadas a esos períodos de retorno, generando las curvas de intensidad-duración-frecuencia que se indican en ese estudio.

La Estación Pluviométrica más representativa de la zona es la estación Juan Kalt Bode que tiene las siguientes características:

Estación	Latitud	Longitud	Altura (s.n.m.)	Periodo de Registro
Juan Kalt	41° 27'	72° 56'	90	1977-2008

Cuadro N° 4. Características Estaciones Pluviométricas Juan Kalt – Osorno. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Precipitación de diseño

El estudio del Plan Maestro obtuvo como base la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años = $P_{10} = 87,96 \text{ mm}$.

Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

Para el cálculo de las intensidades de lluvia asociados a distintas duraciones se considerará lo indicado en la publicación “Técnicas Alternativas para soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos Guía de Diseño” (Minvu 1996) en que la precipitación máxima diaria (P_d) asociada a diferentes periodos de retorno (T) y diferentes duraciones (t horas) viene dada por la fórmula:

$P_{Tt} = P_{10d} \cdot C_{dt} \cdot C_{fT}$, en que:

P_{Tt} = lluvia con periodo de retorno T años y duración t horas

$P_{10d} = 87,96 \text{ mm}$

C_{dt} = Coeficiente de duración para t (horas)

C_{fT} = Coeficiente de frecuencia para T años de periodo de retorno



Los valores de coeficiente de frecuencia adoptados en el P. Maestro los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años son los siguientes:

Periodo de Retorno	2	5	10	25	50	100
Coeficiente de Frecuencia	0,697	0,879	1,000	1,153	1,266	1,378

Cuadro N° 5. Plan Maestro. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Los coeficientes de duración para duraciones entre 1 y 24 horas adoptados en el Plan Maestro para duraciones entre 1 y 24 horas son las siguientes:

Duración (horas)	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
Coeficiente de Duración	0,16	0,23	0,34	0,46	0,54	0,61	0,67	0,73	0,86	1,00

Cuadro N° 6. Plan Maestro. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Las precipitaciones (mm) para períodos de retorno entre 2 y 100 años, y duraciones entre 1 y 24 horas se indican en cuadro siguiente:

PRECIPITACION (mm) para duración entre 1 y 24 horas OSORNO - RAHUE							
P máx. en 24 horas = 87,96 mm							
PERIODO DE RETORNO (años)							
		2	5	10	25	50	100
Coeficientes de Frecuencia							
Duración	Coefic.	0,697	0,879	1	1,153	1,266	1,378
Horas	Duración						
1	0,16	9,81	12,37	14,07	16,23	17,82	19,39
2	0,23	14,10	17,78	20,23	23,33	25,61	27,88
4	0,34	20,84	26,29	29,91	34,48	37,86	41,21
6	0,46	28,20	35,57	40,46	46,65	51,22	55,76
8	0,54	33,11	41,75	47,50	54,77	60,13	65,45
10	0,61	37,40	47,16	53,66	61,86	67,93	73,94
12	0,67	41,08	51,80	58,93	67,95	74,61	81,21
14	0,73	44,75	56,44	64,21	74,04	81,29	88,48
18	0,86	52,72	66,49	75,65	87,22	95,77	104,24
24	1,00	61,31	77,32	87,96	101,42	111,36	121,21

Cuadro N° 7. Plan Maestro, Precipitaciones en mm entre 1 y 24 horas. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

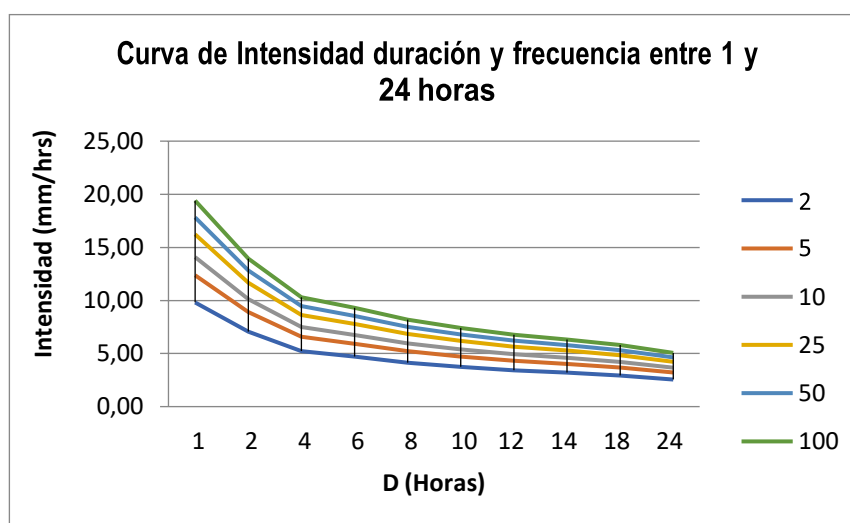
Las intensidades de precipitación en mm/hr entre 1 y 24 horas para los periodos de retorno entre 2 y 100 años se indican en cuadro siguiente:



INTENSIDAD (mm/hr) para duración entre 1 y 24 horas OSORNO - RAHUE						
Duración Horas	PERIODO DE RETORNO (años)					
	2	5	10	25	50	100
1	9,81	12,37	14,07	16,23	17,82	19,39
2	7,05	8,89	10,12	11,66	12,81	13,94
4	5,21	6,57	7,48	8,62	9,47	10,30
6	4,70	5,93	6,74	7,78	8,54	9,29
8	4,14	5,22	5,94	6,85	7,52	8,18
10	3,74	4,72	5,37	6,19	6,79	7,39
12	3,42	4,32	4,91	5,66	6,22	6,77
14	3,20	4,03	4,59	5,29	5,81	6,32
18	2,93	3,69	4,20	4,85	5,32	5,79
24	2,55	3,22	3,67	4,23	4,64	5,05

Cuadro N° 8. Intensidad de Precipitaciones en mm entre 1 y 24 horas. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Las curvas I-D-F se grafican según cuadro anterior.



Cuadro N° 9. Gráfico # 1: Curva IDF (1-24 hrs). Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Para duraciones inferiores a 1 hora y considerando que no se disponen de pluviografo se usará la expresión de Bell que determinará el coeficiente de Duración según $Cdt = 0,54 t^{(0,25)} - 0,50$

En que Cdt = Coeficiente de duración para t minutost = minutos en 10 y 60 minutos.

Duración (horas)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Coeficiente de Duración	0,46	0,56	0,64	0,71	0,76	0,81	0,86	0,90	0,94	0,97	1,0

Cuadro N° 10. Coeficiente de duración Fuente Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1



Las precipitaciones (mm) para periodos de retiro entre 2 y 100 años y duraciones entre 10 y 60 minutos se indican en cuadro siguiente:

PRECIPITACION (mm) - Para duración entre 0 a 60 minutos OSORNO - RAHUE							
PERIODO DE RETORNO (años)							
Duración	Coef.	2	5	10	25	50	100
Minutos	Duración						
10	0,46	4,5	5,7	6,5	7,5	8,2	8,9
15	0,56	5,5	7,0	7,9	9,1	10,0	10,9
20	0,64	6,3	7,9	9,0	10,4	11,4	12,4
25	0,71	6,9	8,8	10,0	11,5	12,6	13,7
30	0,76	7,5	9,4	10,7	12,4	13,6	14,8
35	0,81	8,0	10,1	11,4	13,2	14,5	15,8
40	0,86	8,4	10,6	12,1	13,9	15,3	16,6
45	0,90	8,8	11,1	12,6	14,6	16,0	17,4
50	0,94	9,2	11,6	13,2	15,2	16,7	18,2
55	0,97	9,5	12,0	13,7	15,7	17,3	18,8
60	1,00	9,8	12,4	14,1	16,3	17,9	19,4

Cuadro N° 11. Precipitaciones en mm entre 0 y 60 Minutos. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

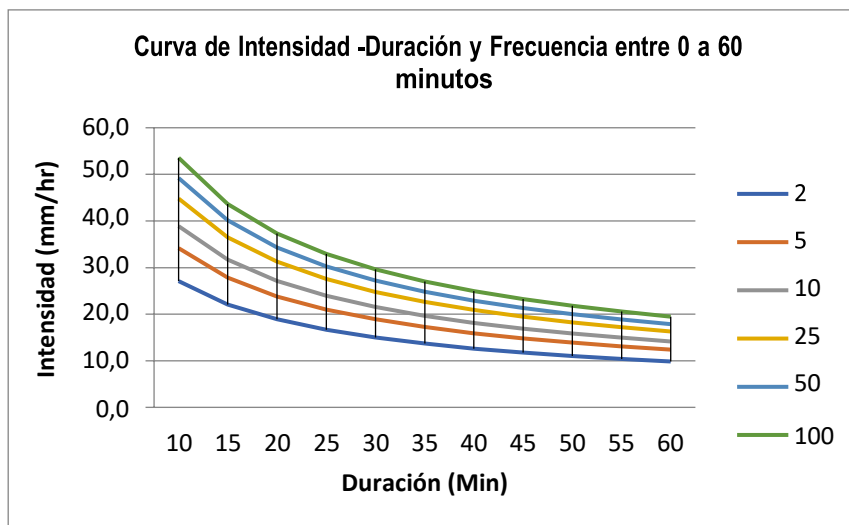
Las intensidades de precipitación (mm/hr) para periodo de retiro entre 10 y 60 minutos se indican en cuadro siguiente:

INTENSIDAD (mm/hr) - Para duración entre 0 a 60 minutos OSORNO - RAHUE						
Duración	PERIODO DE RETORNO (años)					
Minutos	2	5	10	25	50	100
10	27,1	34,2	38,9	44,8	49,2	53,6
15	22,1	27,8	31,7	36,5	40,1	43,7
20	18,9	23,8	27,1	31,3	34,3	37,3
25	16,7	21,0	23,9	27,6	30,3	32,9
30	15,0	18,9	21,5	24,8	27,2	29,6
35	13,7	17,3	19,6	22,6	24,8	27,0
40	12,6	15,9	18,1	20,9	22,9	25,0
45	11,8	14,8	16,9	19,4	21,3	23,2
50	11,0	13,9	15,8	18,2	20,0	21,8
55	10,4	13,1	14,9	17,2	18,9	20,5
60	9,8	12,4	14,1	16,3	17,9	19,4

Cuadro N° 12. Intensidad de Precipitación en mm entre 1 y 24 horas. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.



Las curvas I-D-F para duraciones entre 10 y 60 minutos se grafican según cuadro anterior



Cuadro N° 13. Gráfico # 2: Características Estaciones Pluviométrica Juan Kalt Osorno. Fuente: Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

D) CALCULO DE CAUDALES

Considerando que las áreas tributarias del barrio Parque Osorno son menores a 25 km² se usará para el cálculo de caudales el método racional que aplica la siguiente fórmula:

$$Q = C * I_{Tt} * A / 3,6$$

En que:

Q = Caudal m³/s

c = Coeficiente de escorrentía A = Área aportante (Km²)

I_{Tt} = Intensidad de precipitación para un periodo de retorno T y duración t, según curva IDF para una precipitación máxima en 24 horas de 87,96 mm y para un periodo de retorno de 10 años. La duración t corresponde al tiempo de concentración (T_c) del área tributaria.

El tiempo de concentración se calcula como $T_c = L / V_m$

(min) L = longitud de escurrimiento de la cuenca (m)

V_m (velocidad media de escurrimiento (m/s)

La velocidad media en cuencas urbanas con pendientes menores a un 5 % se calculan con la fórmula de la velocidad media (V_m) :

$$V_m = 3.668 * (i)^{0.4886} \text{ (m/s)}$$

En que

i = pendiente media de la cuenca



E) DISEÑO DE COLECTORES

Para los colectores se usará una cañería de Polietileno Alta Densidad con anillo de refuerzo estructural y su diseño estará dado por la fórmula de Manning:

Q= Caudal de aguas lluvias

(m³/s) A= Área de escurrimiento

(m²) R= Radio Hidráulico (m)

I= Pendiente longitudinal del colector (%)

El coeficiente de rugosidad a usar es:

n= 0.014 para cañerías de

hormigón n=0.011 para cañerías de

HDPE

Para determinar la capacidad máxima de la tubería, se considerará una altura de aguas máxima de 0.8 diámetro del colector para D<1000mm y de 0.9 diámetro del colector para D>=1000mm.

Así mismo, se verificará que las velocidades máximas de los colectores sean inferiores a 3,5 m/s.

F) DISEÑO DE SUMIDEROS

Se usarán sumideros según los tipos aprobados por SERVIU X Región. Todos tienen cámaras de inspección con decantador, y tienen rejilla horizontal y abertura de vertedero lateral a solera (SERVIU).

La unión de sumideros a cámaras de inspección u obra de arte será mediante cañería de hormigón de D=300mm, con pendiente mínima de un 3%. Las uniones de sumideros consideran machón tipo de refuerzo de hormigón en toda su longitud.

G) MODELACIÓN RÍO RAHUE

El programa HEC-RAS permite obtener la modelación del Río Rahue en sector de Barrio Parque, en que se ha proyectado la urbanización de esa área adyacente a ribera poniente del río.

Como antecedente de la modelación se han considerado los de hidrología y fluviometría desarrollados en el estudio "Diagnóstico y Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos, ejecutado por las oficinas de Ingeniería SKM e IRH para la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP.

En ese estudio se indican los siguientes antecedentes:

Caudales de Diseño.-

Los caudales adoptados corresponden a los indicados en tabla 7-31 , para el Río Rahue aguas debajo de la confluencia del Río Damas .

Periodo Retorno	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Caudal (m ³ /s)	1.262	1.731	1.995	2.293	2.496	2.688

Geometría del cauce.-

La versión usada es la 4 del programa, lo que requiere como datos de entrada la geometría del cauce existente para lo que se ingresó la información de 17 secciones, los que se denominan por orden numérico de manera ascendente de aguas arriba hacia aguas abajo (Nº1 en Km 0.040 hasta 17 Km 3,240).

El cauce en las secciones indicadas presenta un suelo compacto por lo que se aplicarán métodos unidimensionales en lecho fijo; el cauce en sector en estudio supone aplicable la ecuación de Manning para escurrimiento uniforme en que para cada sección:

$$Q = (V_i / n) * (\Omega^{5/3} / x_i^{2/3}) \quad , \text{ en m}^3/\text{s}$$

i= pendiente del lecho del cauce = 0.08

%n= coeficiente de rugosidad el

Manning Ω = sección del cauce (m²)

x_i =perímetro mojado (m)



Determinación del coeficiente de rugosidad para sección existente.-

Se usará el método del Cowan en el cual el cálculo del coeficiente de rugosidad “n” se realiza según:

$$n = m (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

donde n=coeficiente de rugosidad m=factor de corrección por sinuosidad

n0, n1, n2, n3 y n4 son parámetros que se han obtenido de la tabla 3.707.104 (B) del M.C

Vol.3. Así para el sector del cauce se tiene:

m = 1,0 (sinuosidad y frecuencia de meandros,

leve) n0 = 0.024 (material del lecho, grava fina)

n1 = 0.005 (irregularidad del perímetro leve)

n2 = 0.000 (variación de las secciones,
gradual)

n3 = 0.000 (efecto relativo de las obstrucciones,
despreciable) n4 = 0.005 (densidad de vegetación, baja)

$$\text{Luego } n = 1 (0.024 + 0.005 + 0.000 + 0.000 + 0.005) = 0.034.$$

En cauce existente se considerará n = 0.035.

Así para sectores de inundación adyacentes se tiene:

m = 1,0 (sinuosidad y frecuencia de meandros,

leve) n0 = 0.028 (material del lecho, grava gruesa)

n1 = 0.007 (irregularidad del perímetro leve a

moderado) n2 = 0.000 (variación de las secciones, gradual)

n3 = 0.000 (efecto relativo de las obstrucciones,
despreciable) n4 = 0.005 (densidad de vegetación, baja)

$$\text{Luego } n = 1 (0.028 + 0.007 + 0.000 + 0.000 + 0.005) = 0.04.$$

En sectores de inundación se considerará n = 0.040.

H)EJE HIDRÁULICO

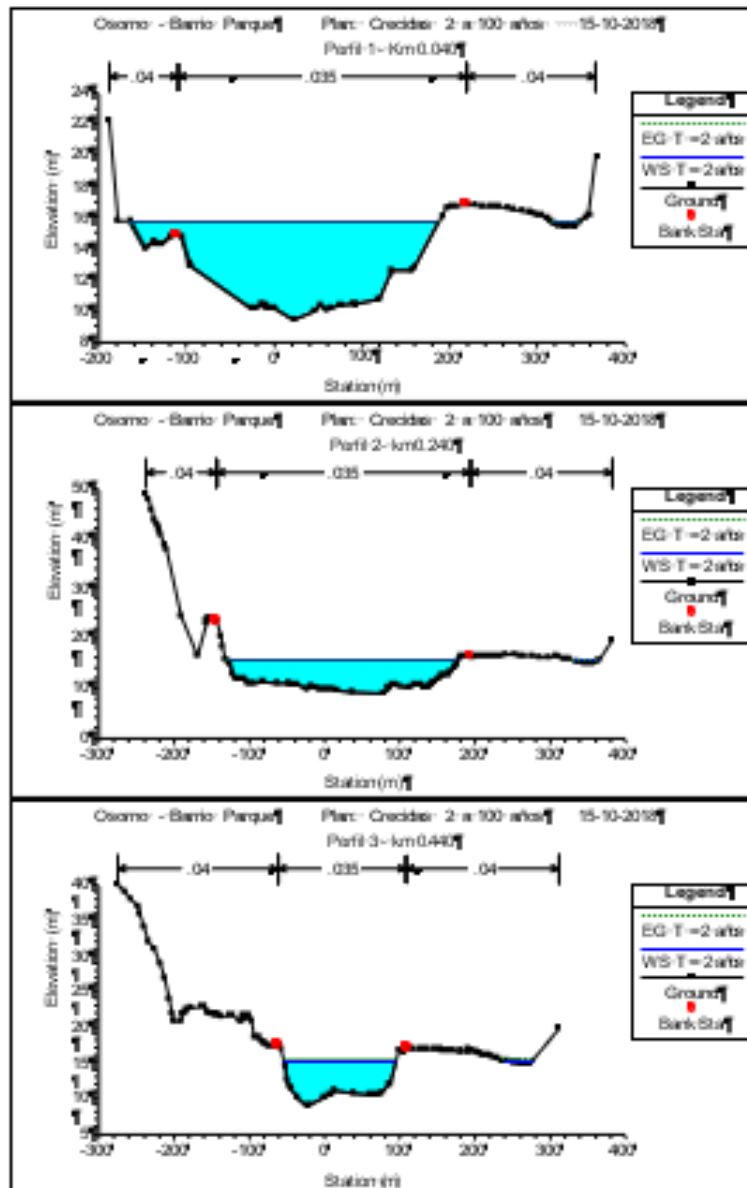
El programa HEC RAS 4.1.0 entrega como resultado el eje hidráulico en cada sección del tramo estudiado con valores de alturas de agua máxima, niveles de energía, velocidad, área de flujo, Nº de Froude.

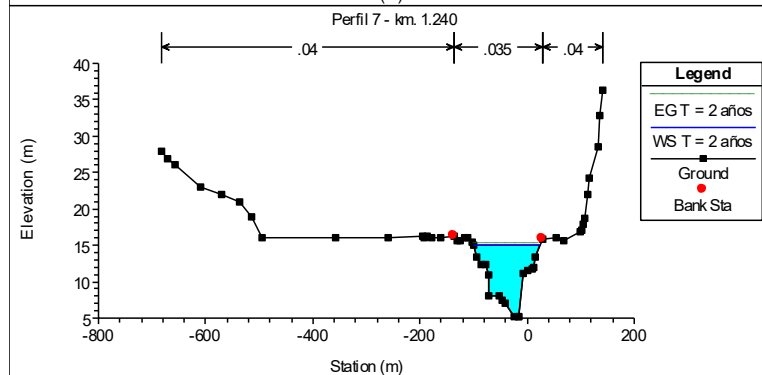
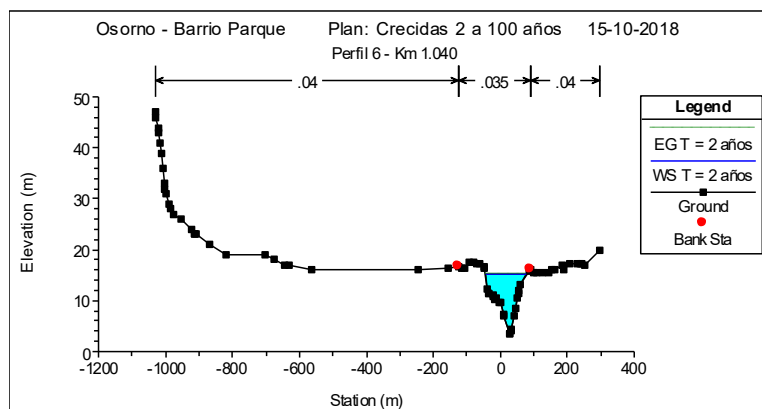
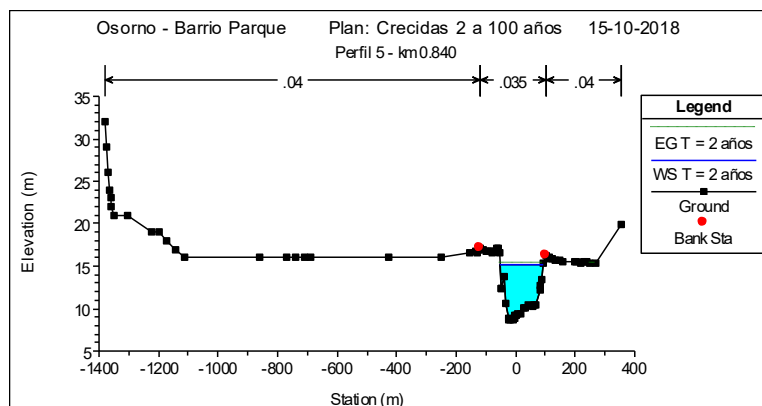
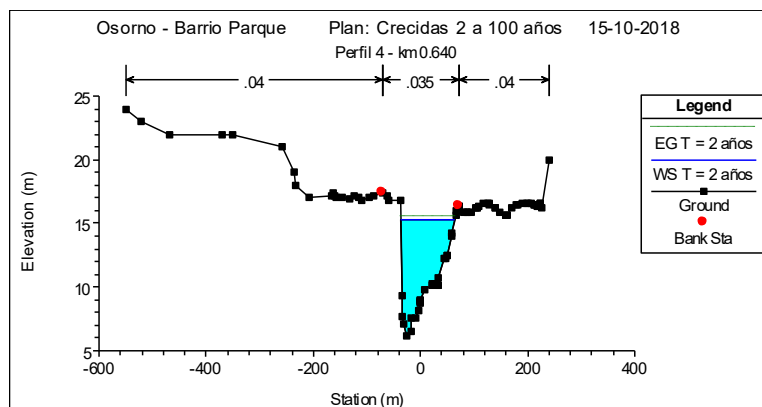
Las condiciones de borde hidráulico están definidas por la baja pendiente del Río Rahue ($i = 0.0008$) en ese tramo y supuesto que se mantiene aguas abajo. La pendiente fue obtenida de los antecedentes topográficos de la batimetría efectuada y verificada con los perfiles del plan maestro del Río Rahue en ese sector. Esa pendiente corresponde a un régimen de río subcrítico, y es la considerada en el programa para calcular la altura normal inicial.

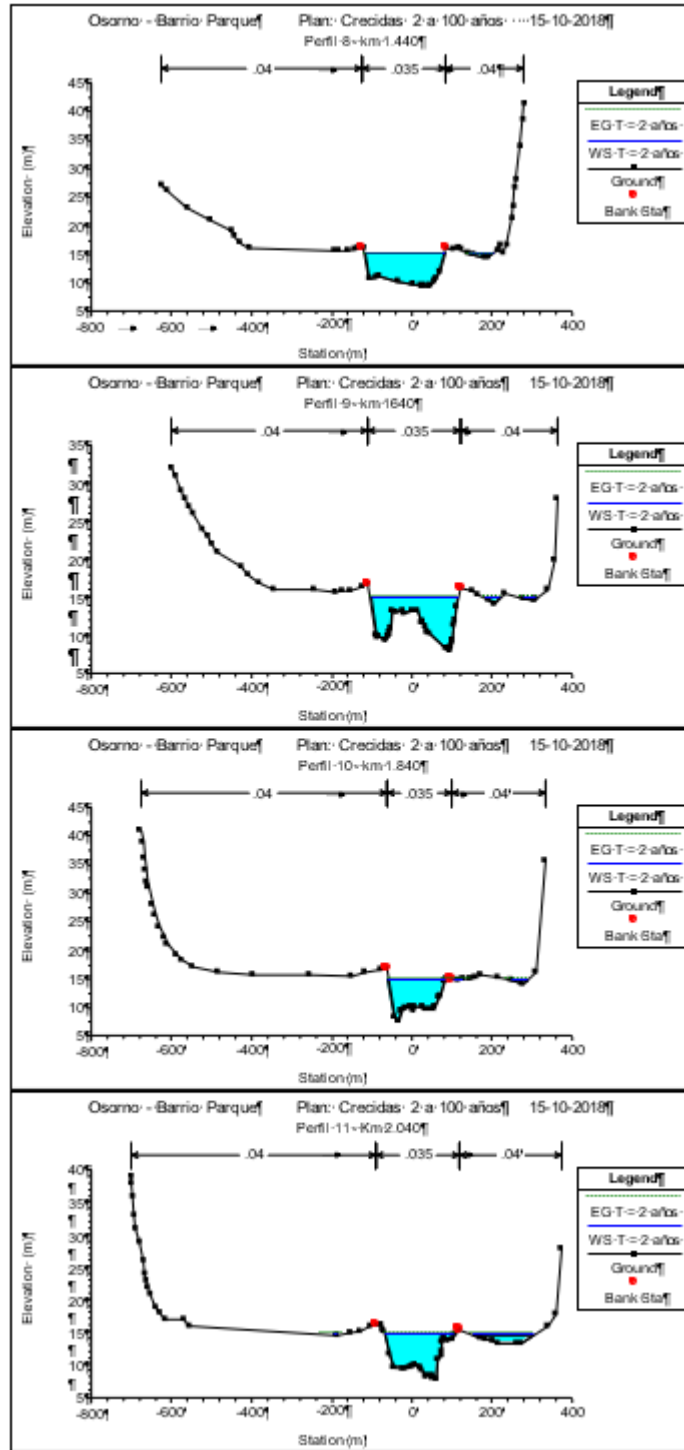
De los resultados entregados por HEC-RAS, el tramo presenta inundaciones en sectores bajos del Barrio Parque, lo que concuerda con resultados del estudio de la DOH.

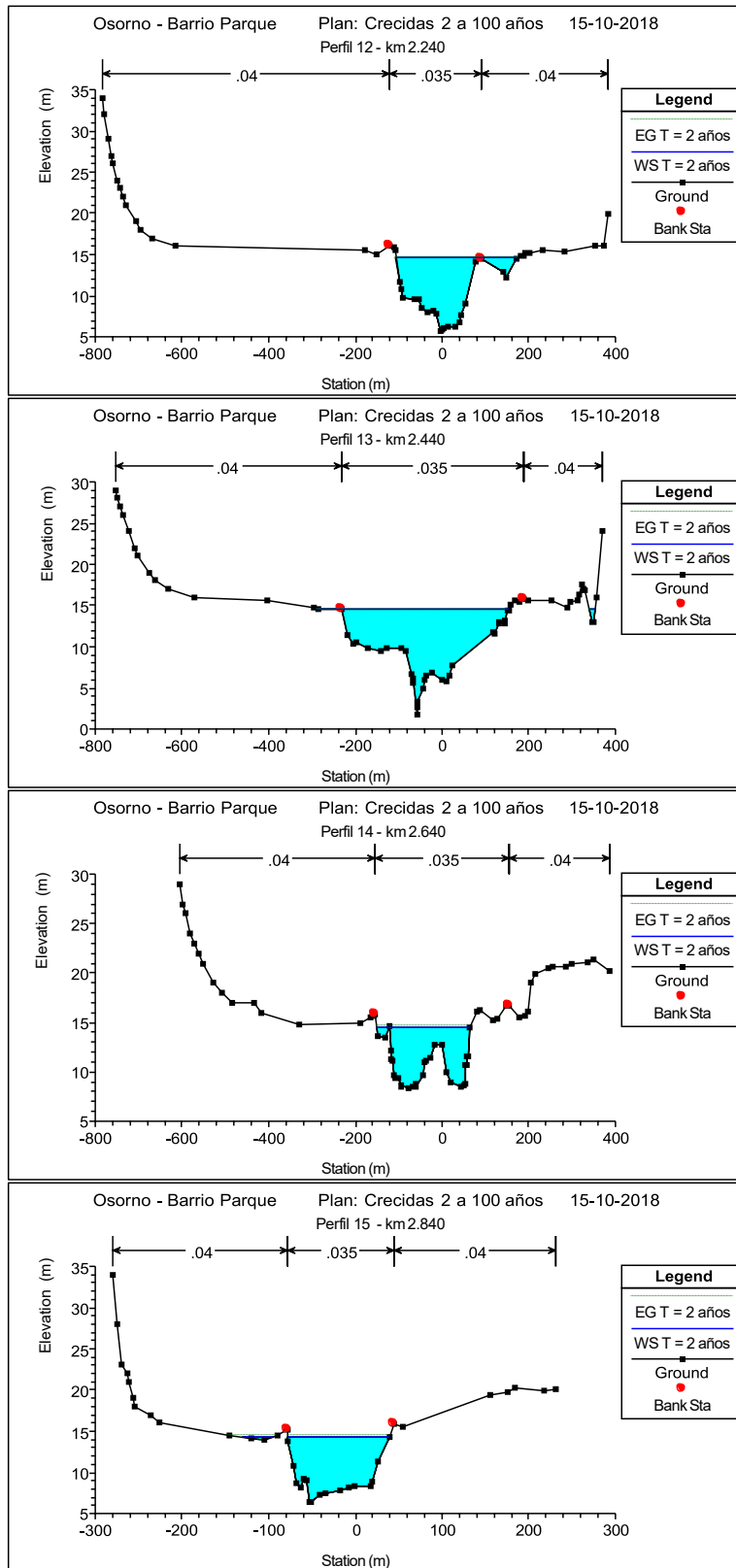


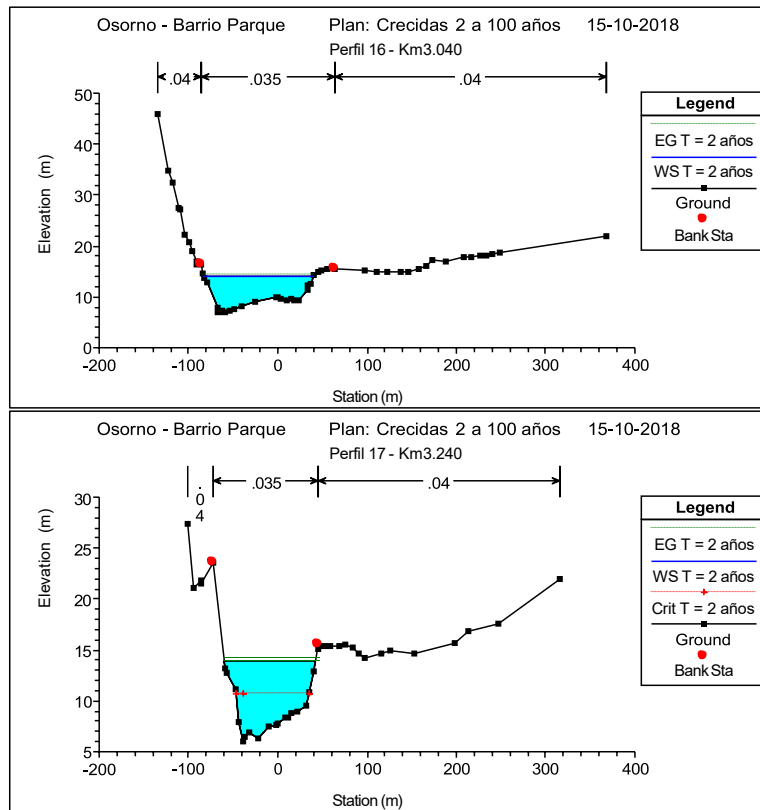
ANEXO SALIDAS HEC-RAS
T=2 AÑO







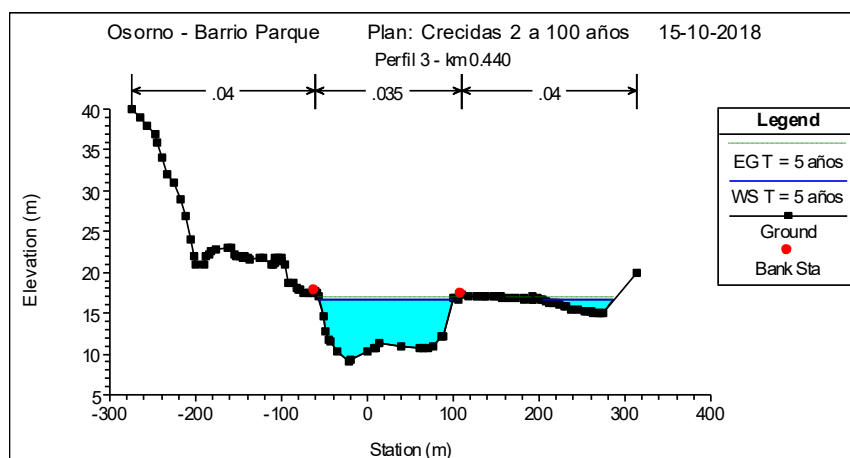
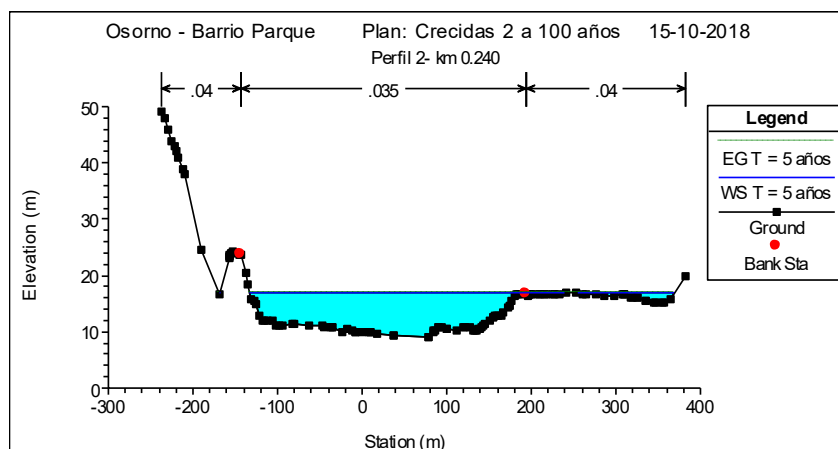
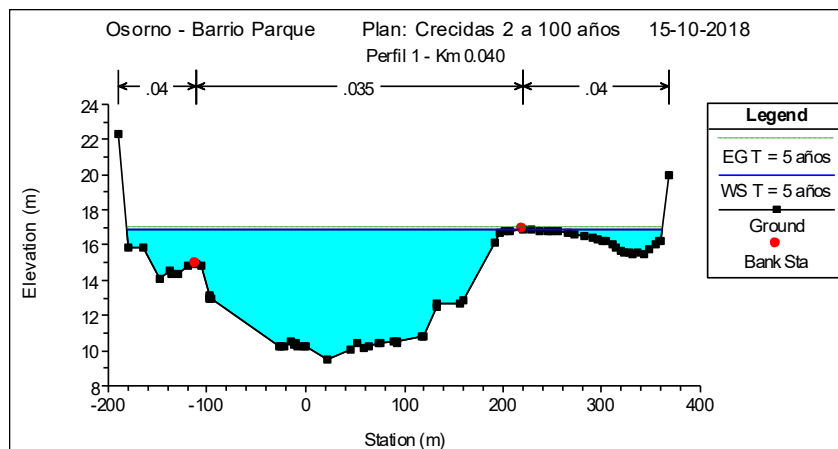


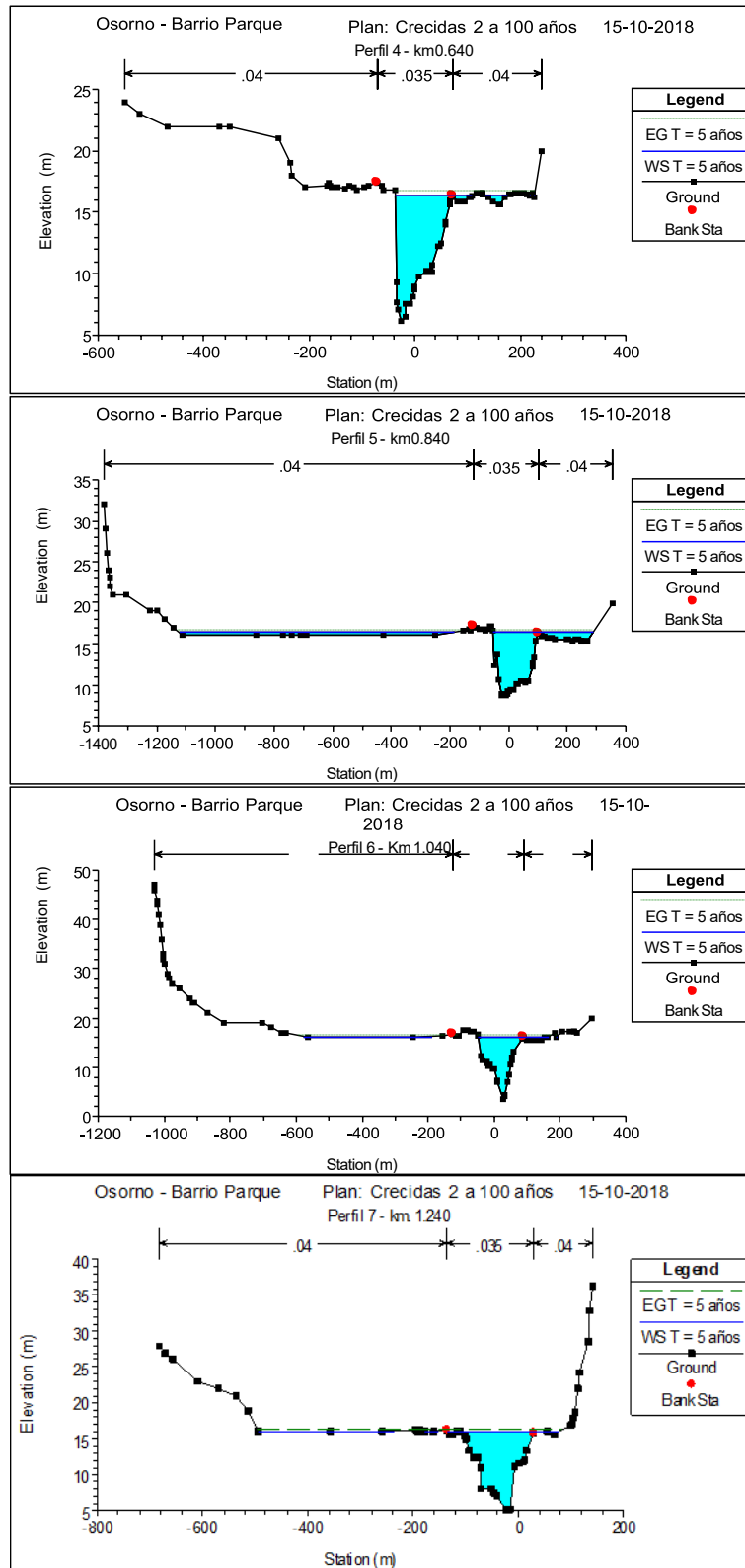


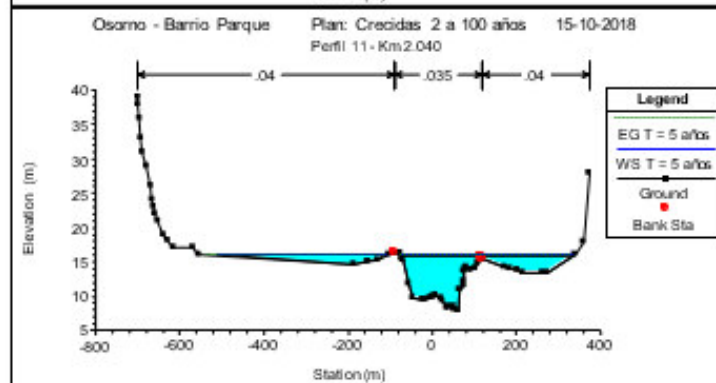
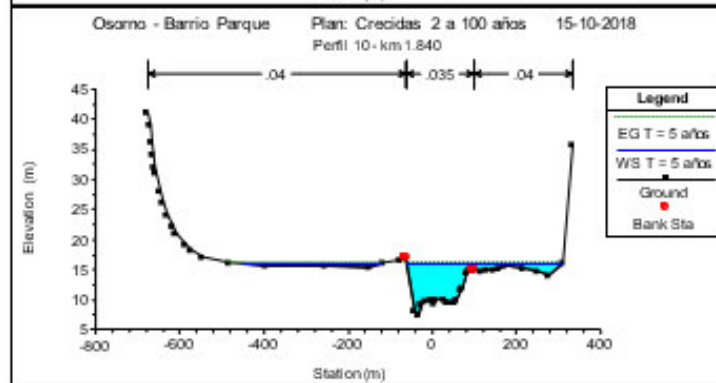
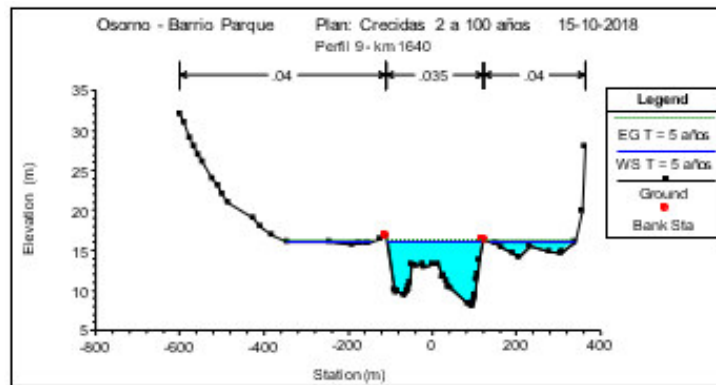
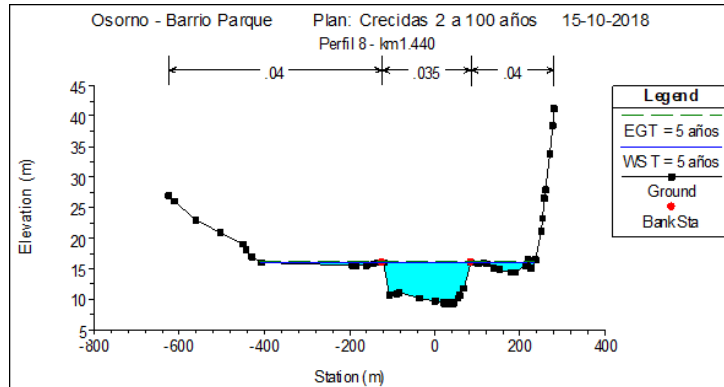
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Osorno	17	T = 2 años	1262	9,52	15,74		15,79	0,0163%	0,96	1349,94	381,37	0,15
Osorno	16	T = 2 años	1262	8,92	15,72		15,76	0,0102%	0,83	1526,97	340,43	0,12
Osorno	15	T = 2 años	1262	9,18	15,53		15,70	0,0576%	1,86	689,31	188,75	0,28
Osorno	14	T = 2 años	1262	6,22	15,28		15,56	0,0783%	2,34	539,04	101,31	0,32
Osorno	13	T = 2 años	1262	8,65	15,21		15,40	0,0580%	1,89	666,6	143,24	0,28
Osorno	12	T = 2 años	1262	3,39	15,11		15,29	0,0480%	1,90	664,49	122,35	0,26
Osorno	11	T = 2 años	1262	5,20	15		15,19	0,0526%	1,94	652,07	122,92	0,27
Osorno	10	T = 2 años	1262	9,16	14,98		15,08	0,0333%	1,41	914,24	259,35	0,21
Osorno	9	T = 2 años	1262	8,06	14,88		15,00	0,0504%	1,53	840,55	290,51	0,25
Osorno	8	T = 2 años	1262	7,40	14,69		14,88	0,0622%	1,92	673,69	210	0,29
Osorno	7	T = 2 años	1262	7,90	14,6		14,75	0,0577%	1,72	819,84	335,72	0,27
Osorno	6	T = 2 años	1262	5,65	14,6		14,67	0,0160%	1,13	1184,75	281,93	0,15
Osorno	5	T = 2 años	1262	1,80	14,62		14,64	0,0047%	0,60	2113,15	456,57	0,08
Osorno	4	T = 2 años	1262	8,40	14,49		14,60	0,0459%	1,51	838,38	212,41	0,24
Osorno	3	T = 2 años	1262	6,42	14,29		14,50	0,0540%	2,00	637,54	153,04	0,28
Osorno	2	T = 2 años	1262	6,99	14,12		14,37	0,0765%	2,18	578,01	123,42	0,32
Osorno	1	T = 2 años	1262	6,00	13,92	10,72	14,20	0,0801%	2,37	531,63	102,54	0,33

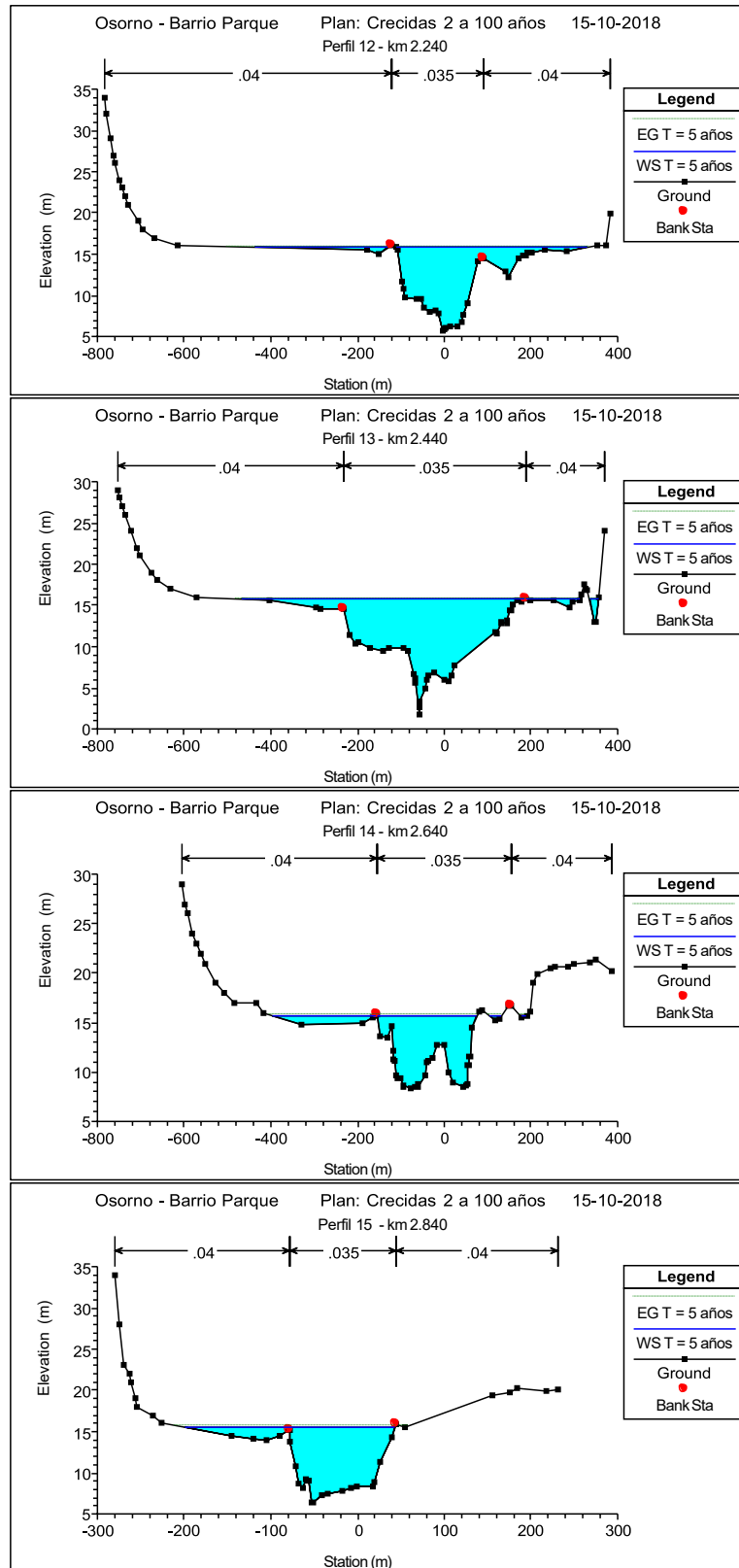


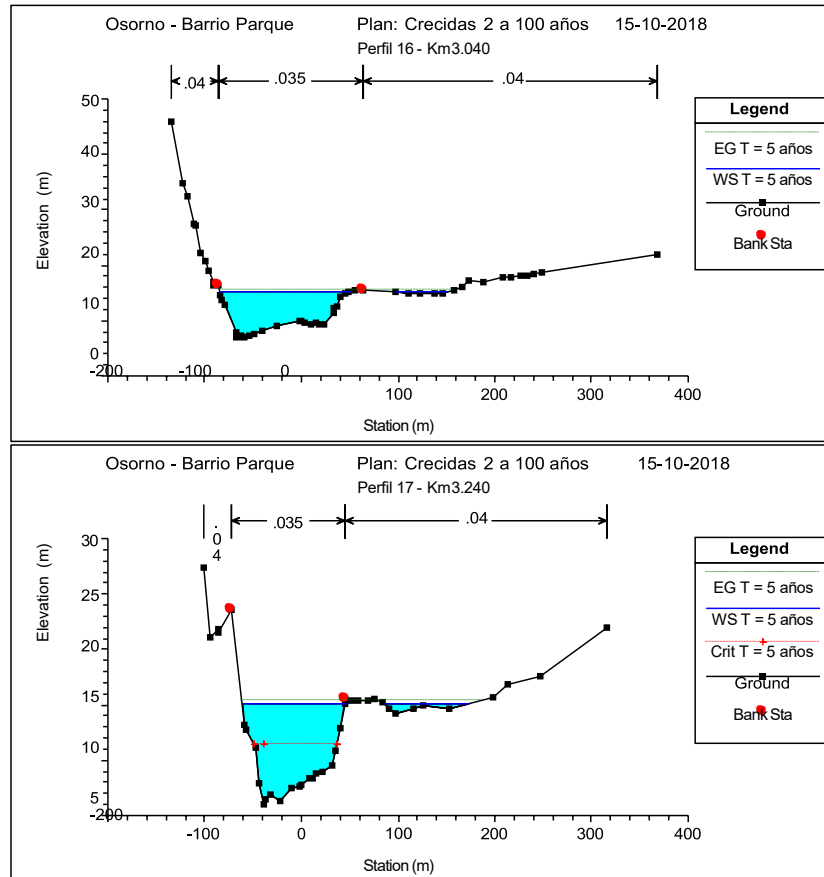
T=5 AÑOS







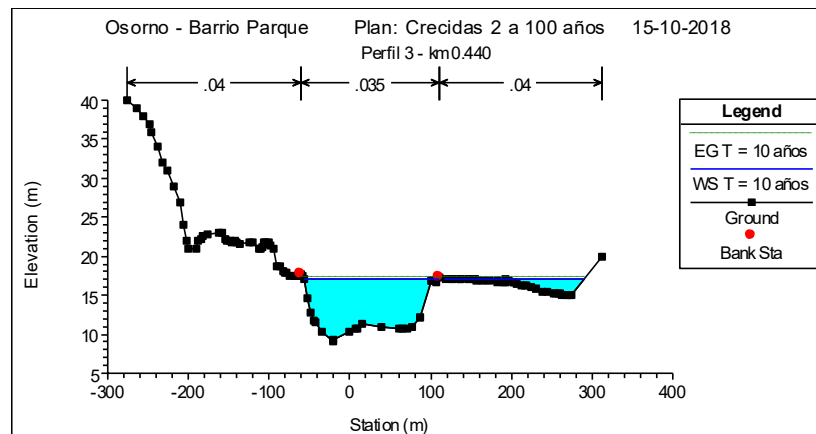
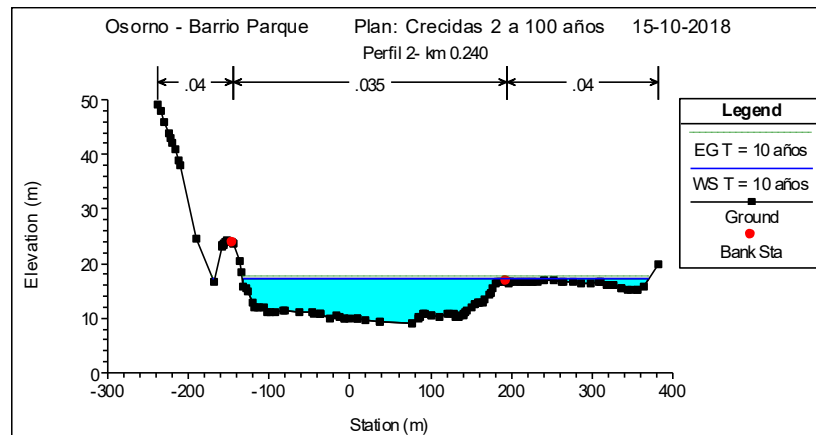
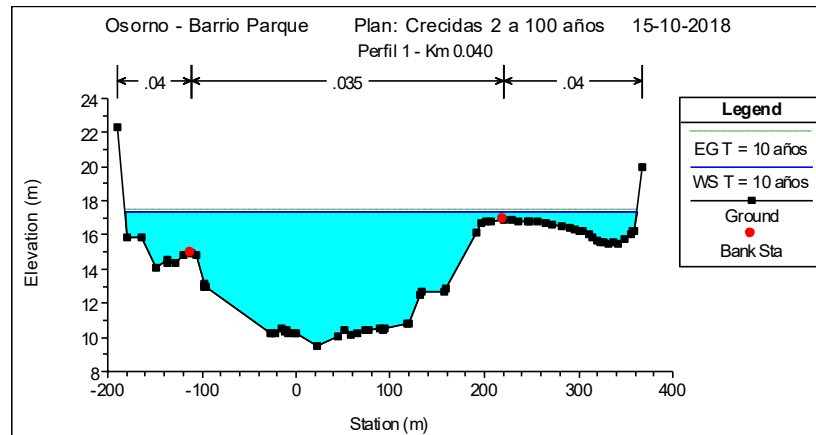


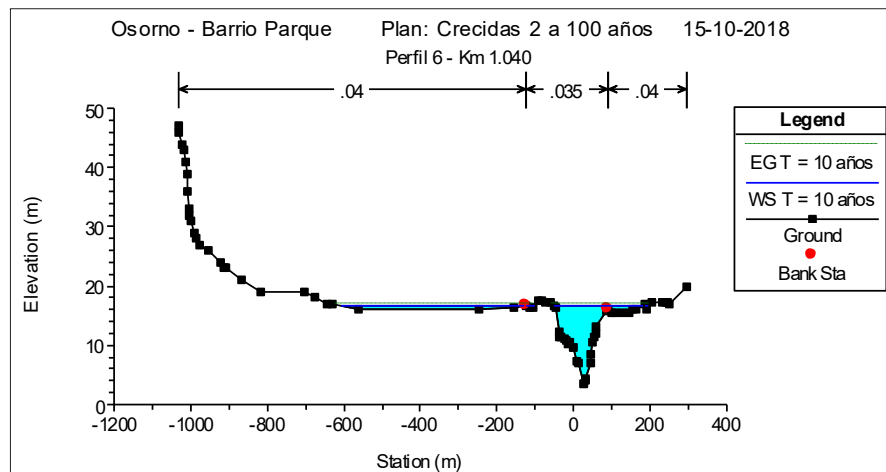
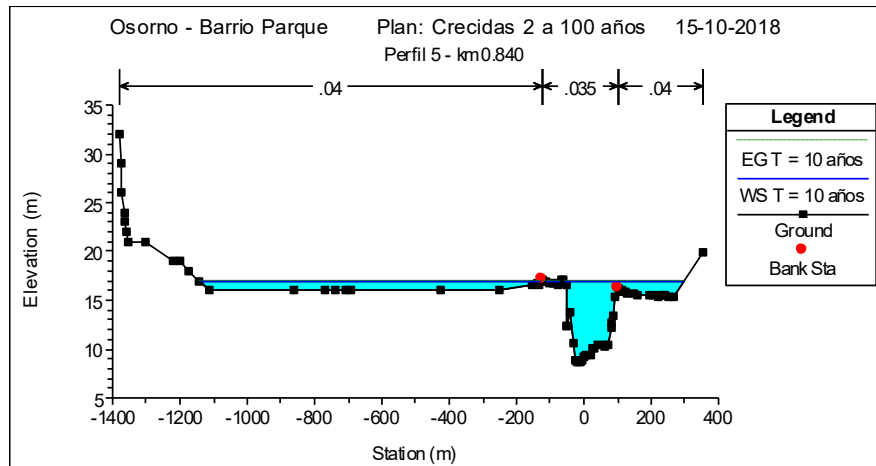
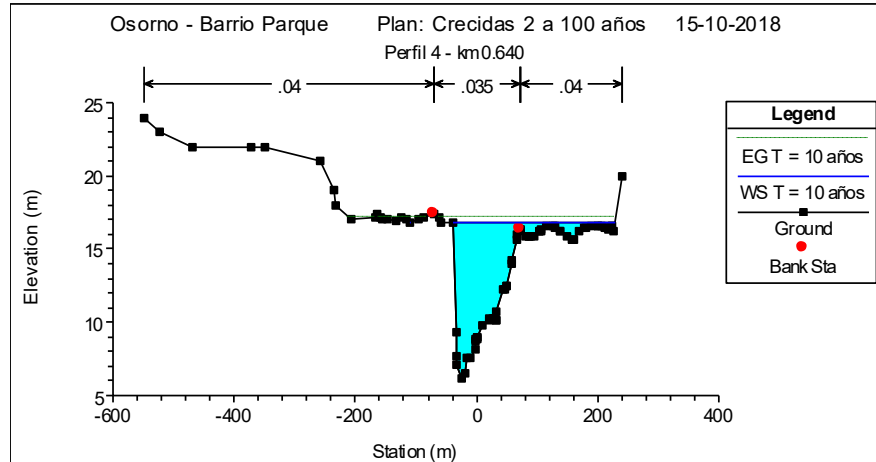


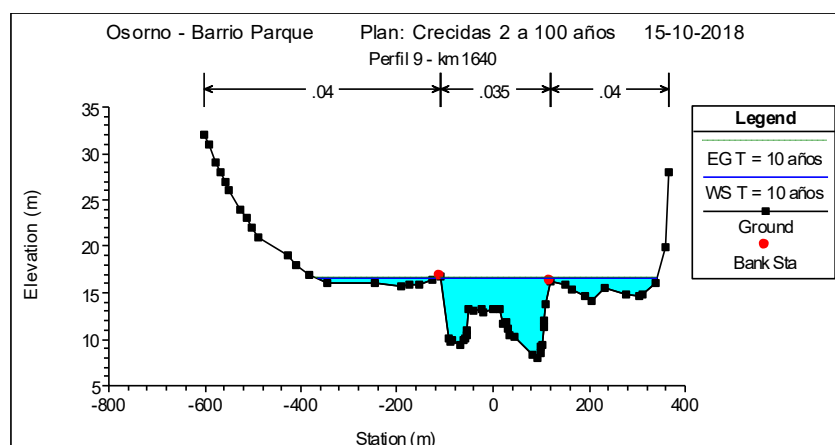
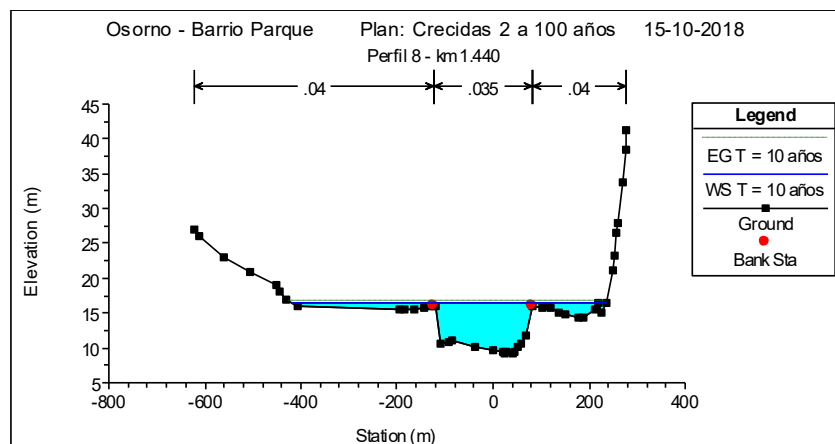
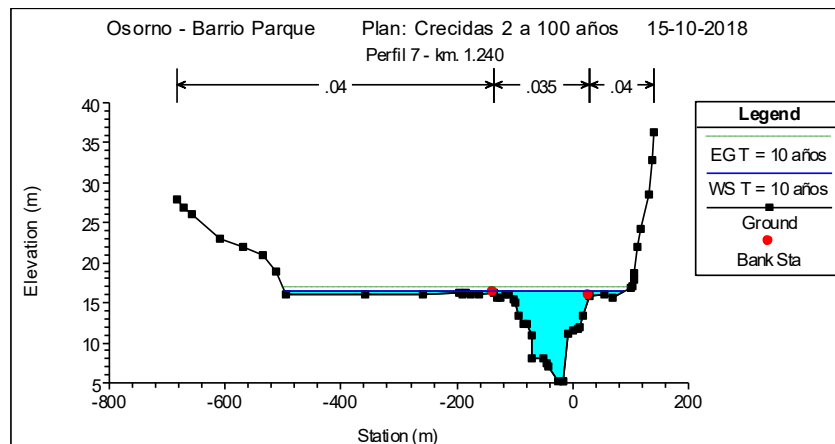
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Osorno	17	T = 5 años	1731	9,52	16,9		16,95	0,0145%	1,01	1859,05	534,26	0,14
Osorno	16	T = 5 años	1731	8,92	16,88		16,92	0,0100%	0,91	1974,84	486,98	0,12
Osorno	15	T = 5 años	1731	9,18	16,67		16,87	0,0513%	1,98	934,45	239,76	0,27
Osorno	14	T = 5 años	1731	6,22	16,37		16,72	0,0866%	2,63	681,88	191,43	0,35
Osorno	13	T = 5 años	1731	8,65	16,38		16,54	0,0465%	1,87	1320,07	1278,04	0,26
Osorno	12	T = 5 años	1731	3,39	16,21		16,44	0,0525%	2,10	926,48	606,27	0,28
Osorno	11	T = 5 años	1731	5,20	16,07		16,31	0,0719%	2,16	824,44	493,76	0,31
Osorno	10	T = 5 años	1731	9,16	16,08		16,19	0,0296%	1,49	1330,36	639,21	0,21
Osorno	9	T = 5 años	1731	8,06	16,01		16,12	0,0370%	1,53	1274,75	629,03	0,22
Osorno	8	T = 5 años	1731	7,40	15,86		16,03	0,0495%	1,90	1145,35	704,42	0,26
Osorno	7	T = 5 años	1731	7,90	15,82		15,92	0,0359%	1,52	1535,15	809,49	0,22
Osorno	6	T = 5 años	1731	5,65	15,8		15,87	0,0153%	1,24	1646,01	744,06	0,15
Osorno	5	T = 5 años	1731	1,80	15,82		15,84	0,0048%	0,66	2793,13	802,73	0,09
Osorno	4	T = 5 años	1731	8,40	15,7		15,81	0,0402%	1,50	1272,56	508,68	0,23
Osorno	3	T = 5 años	1731	6,42	15,47		15,71	0,0514%	2,17	877,84	242,56	0,28
Osorno	2	T = 5 años	1731	6,99	15,29		15,58	0,0765%	2,37	745,13	191,63	0,33
Osorno	1	T = 5 años	1731	6,00	15,06	11,46	15,41	0,0800%	2,64	680,74	192,21	0,34

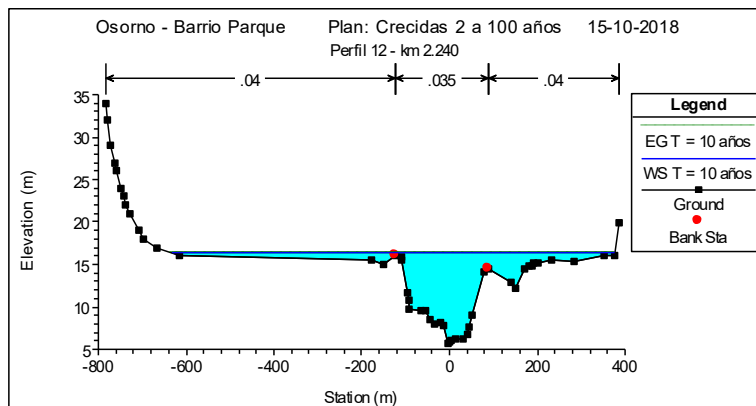
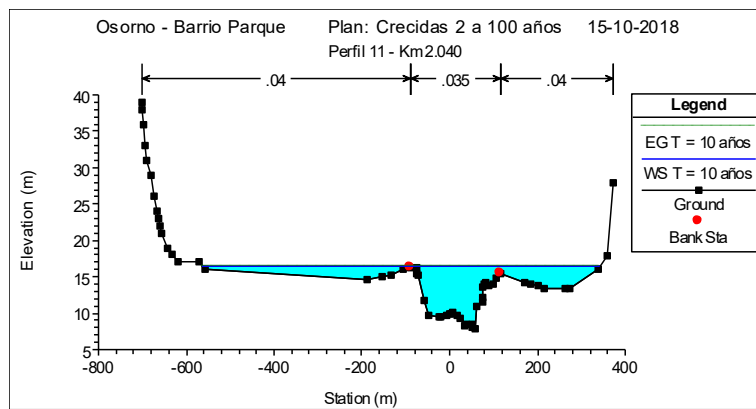
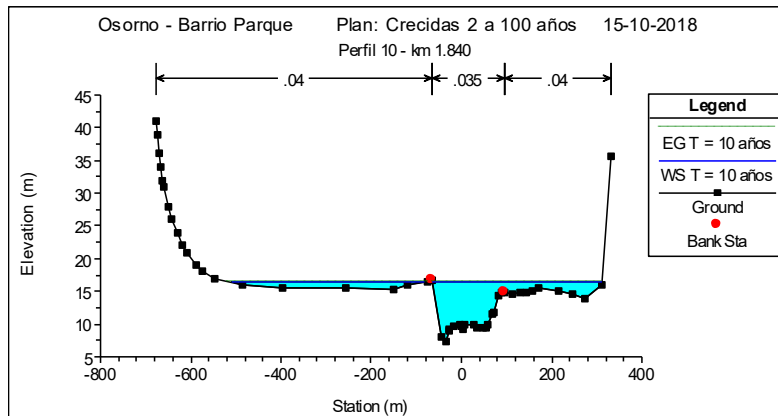


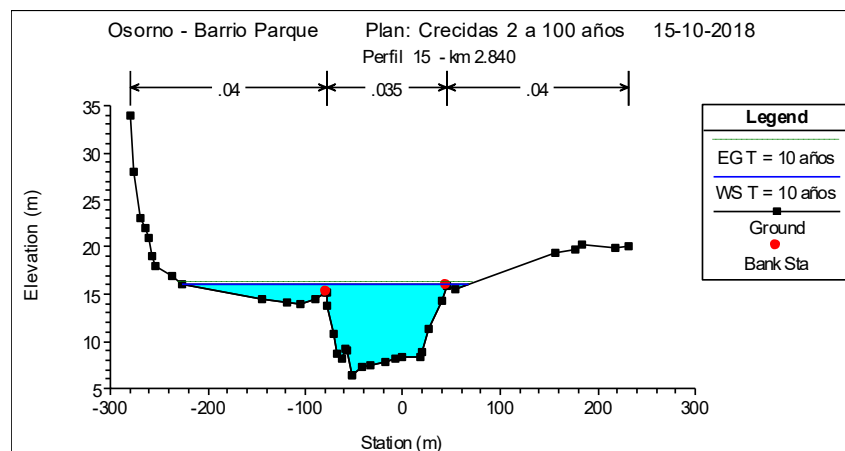
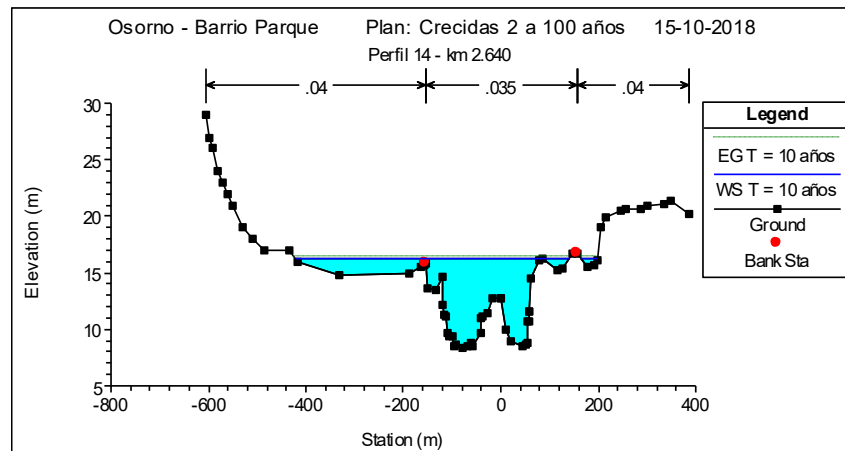
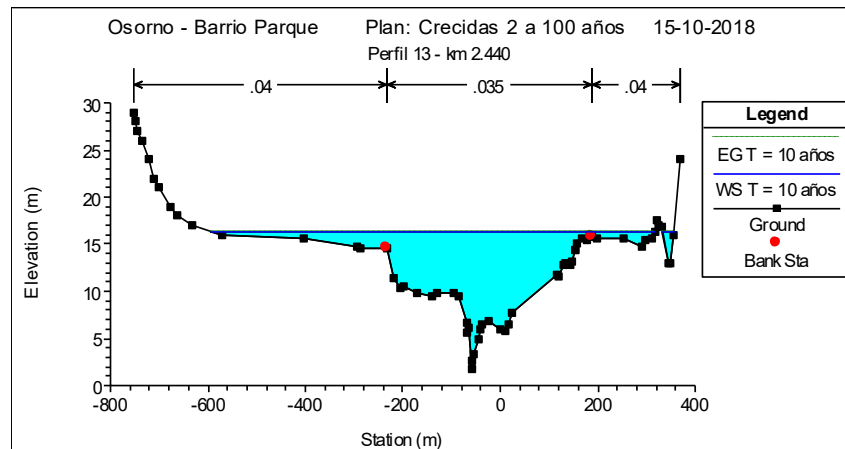
T=10 AÑOS

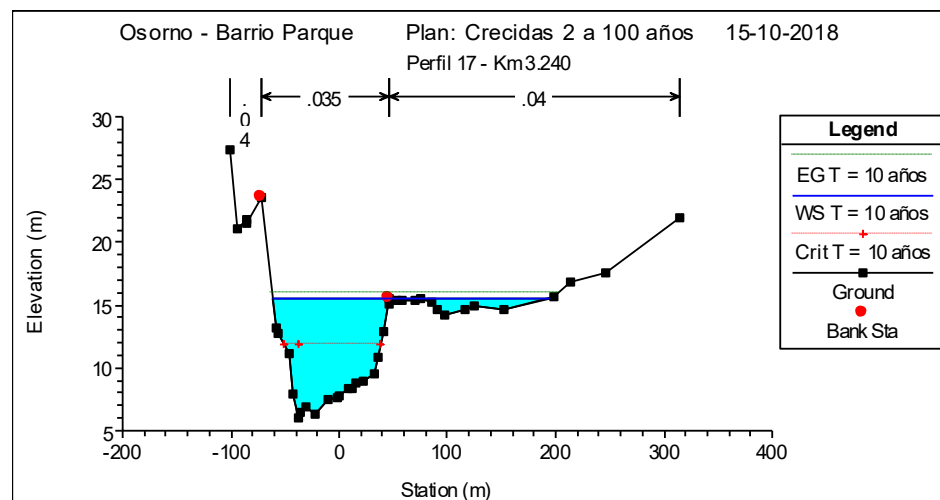
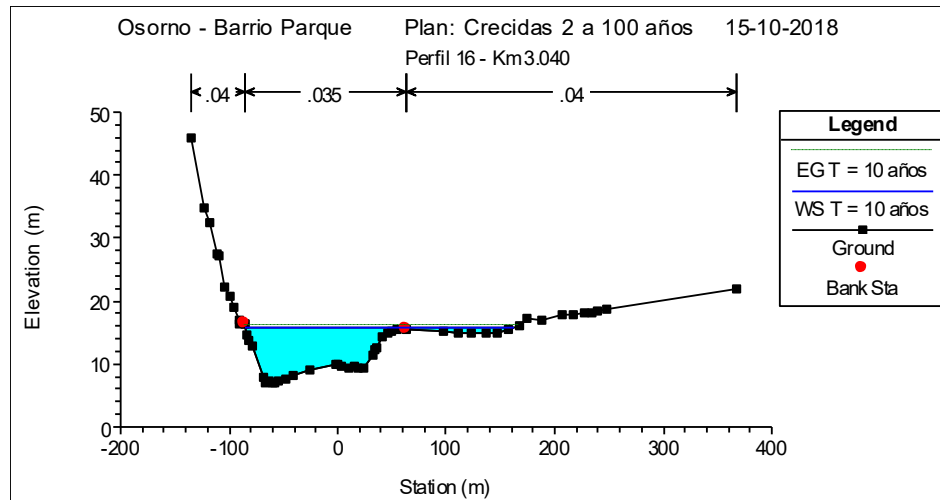








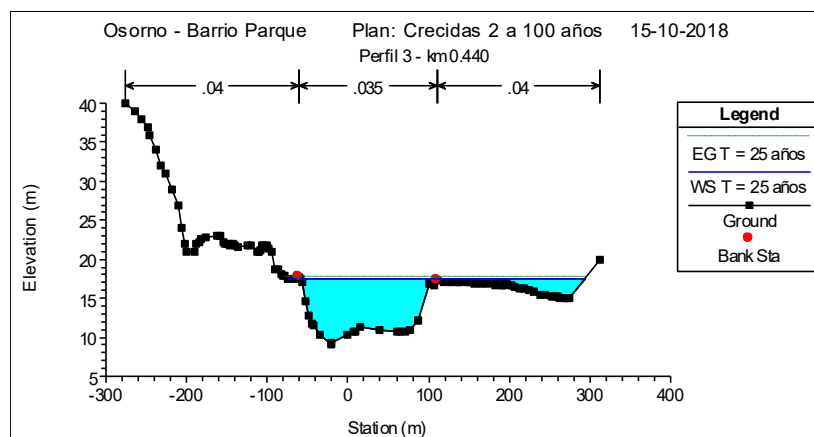
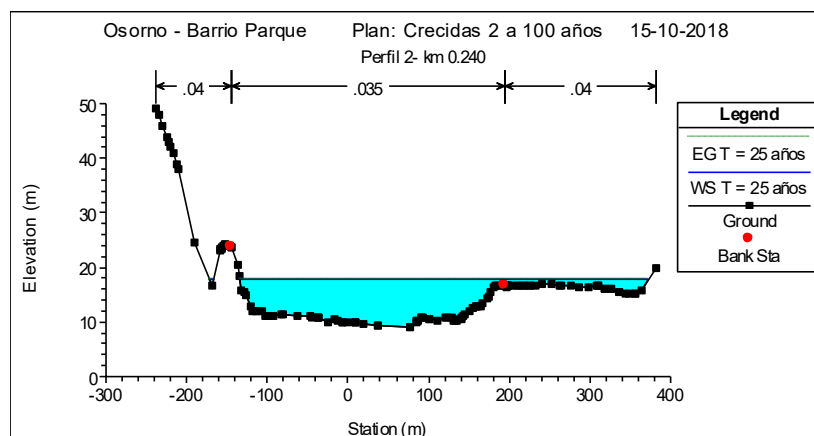
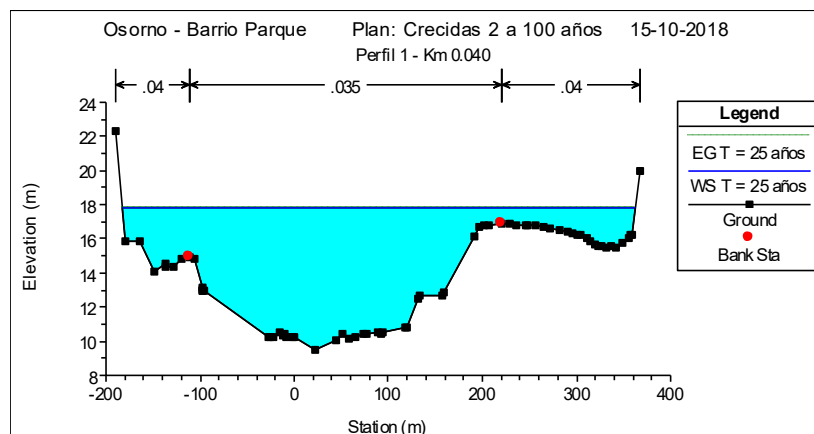


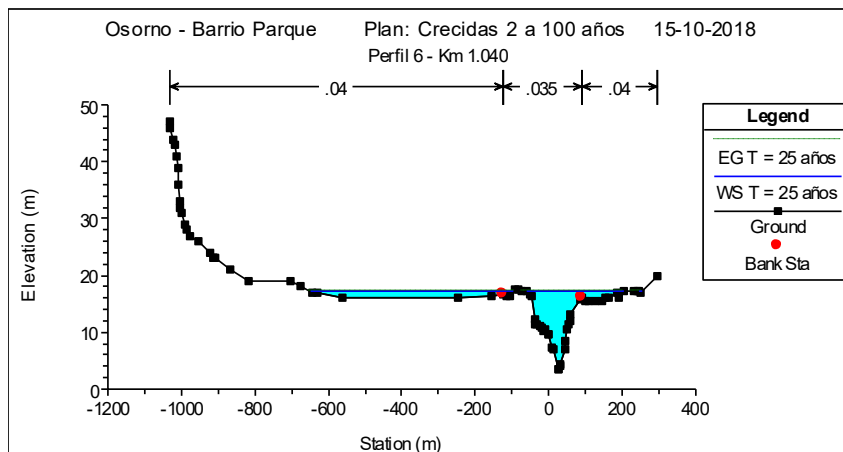
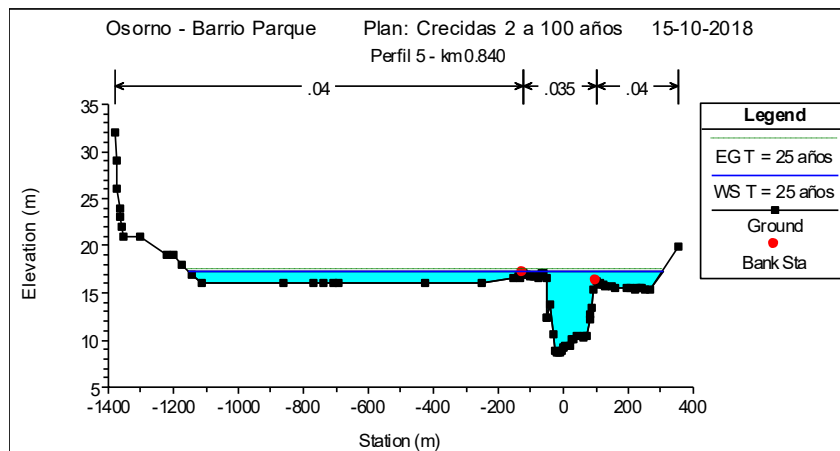
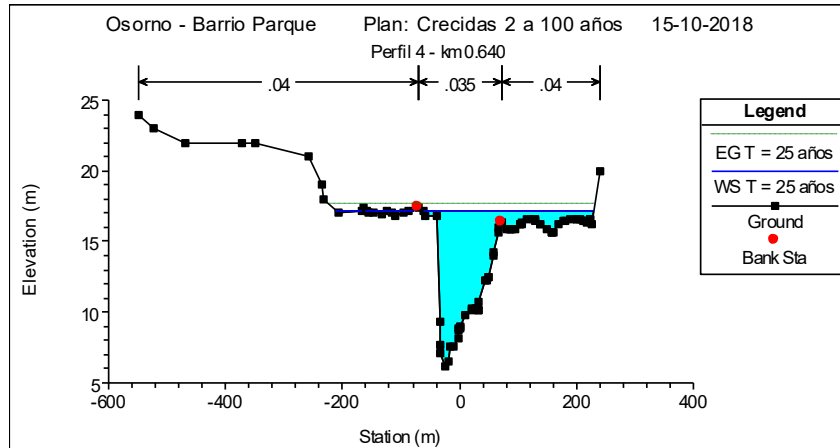


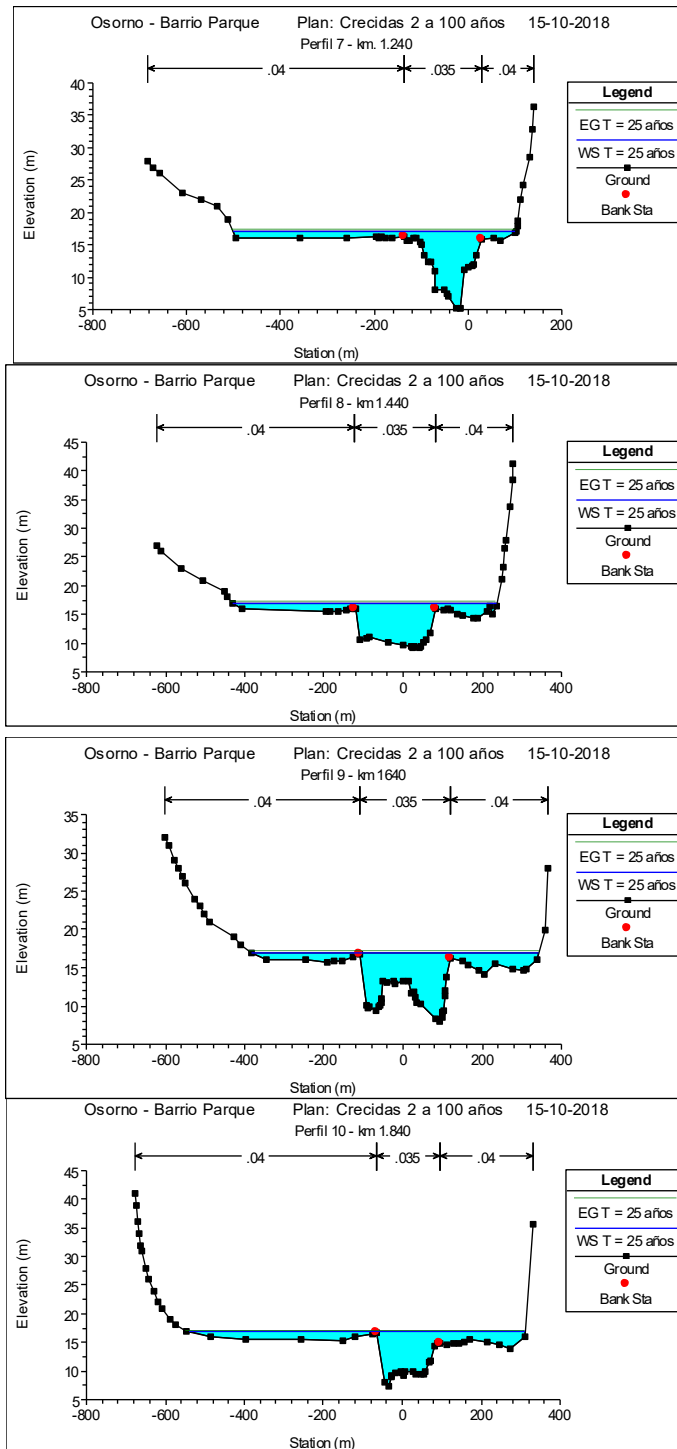
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Osorno	17	T = 10 años	1995	9,52	17,39		17,45	0,0136%	1,03	2128,47	543,45	0,14
Osorno	16	T = 10 años	1995	8,92	17,37		17,42	0,0098%	0,96	2225,12	507,74	0,12
Osorno	15	T = 10 años	1995	9,18	17,16		17,37	0,0539%	2,06	1074,67	340,41	0,28
Osorno	14	T = 10 años	1995	6,22	16,83		17,21	0,0883%	2,76	794,34	268,61	0,35
Osorno	13	T = 10 años	1995	8,65	16,92		17,01	0,0403%	1,56	2048,39	1414,72	0,23
Osorno	12	T = 10 años	1995	3,39	16,71		16,91	0,0567%	2,06	1265,07	745,68	0,28
Osorno	11	T = 10 años	1995	5,20	16,56		16,79	0,0644%	2,17	1099,28	588,7	0,3
Osorno	10	T = 10 años	1995	9,16	16,57		16,67	0,0264%	1,50	1648,97	657,35	0,2
Osorno	9	T = 10 años	1995	8,06	16,51		16,61	0,0321%	1,52	1609,89	696,44	0,21
Osorno	8	T = 10 años	1995	7,40	16,4		16,54	0,0393%	1,79	1556,96	801,83	0,24
Osorno	7	T = 10 años	1995	7,90	16,38		16,45	0,0286%	1,39	2016,4	905,02	0,2
Osorno	6	T = 10 años	1995	5,65	16,34		16,41	0,0147%	1,23	2159,49	1007,97	0,15
Osorno	5	T = 10 años	1995	1,80	16,36		16,38	0,0046%	0,68	3281,28	936	0,08
Osorno	4	T = 10 años	1995	8,40	16,26		16,35	0,0377%	1,45	1582,38	595,26	0,22
Osorno	3	T = 10 años	1995	6,42	16,01		16,25	0,0500%	2,25	1022,33	293,69	0,27
Osorno	2	T = 10 años	1995	6,99	15,83		16,12	0,0788%	2,44	868,79	247,23	0,33
Osorno	1	T = 10 años	1995	6,00	15,58	11,84	15,96	0,0800%	2,76	795,23	257,16	0,34

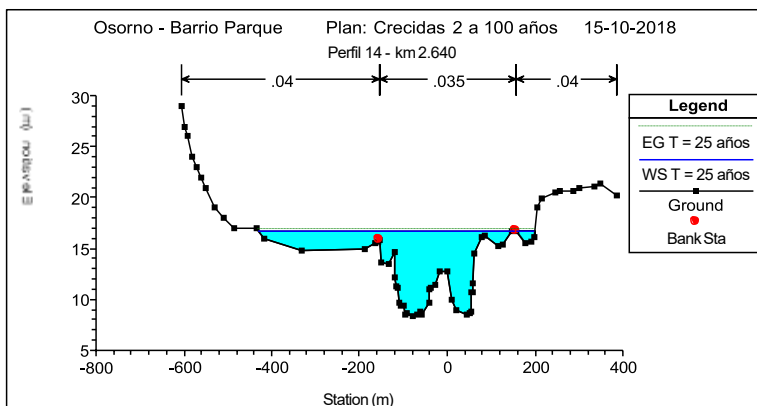
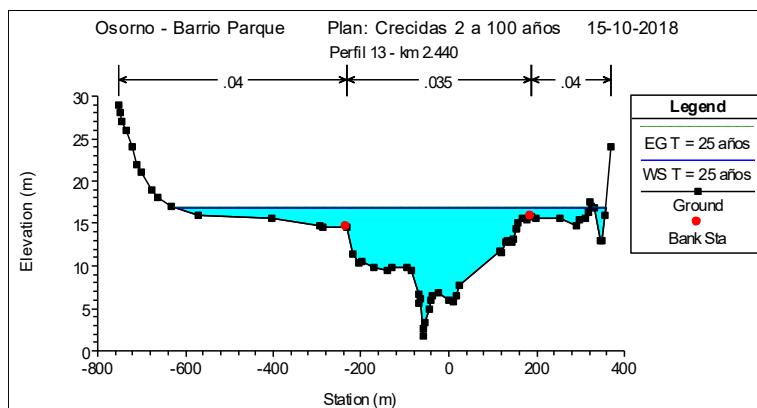
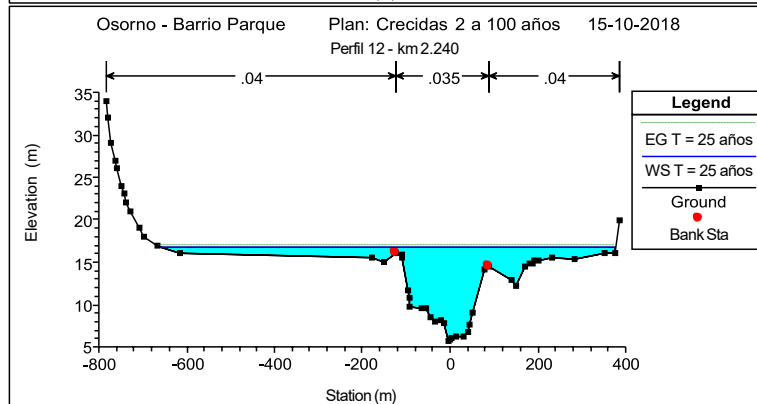
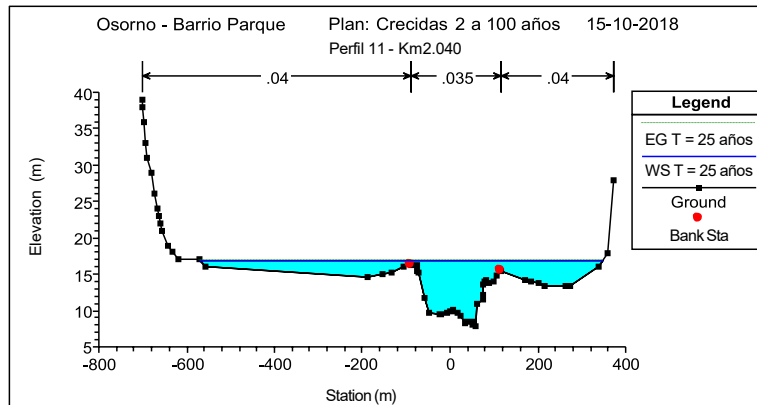


T=25 AÑOS





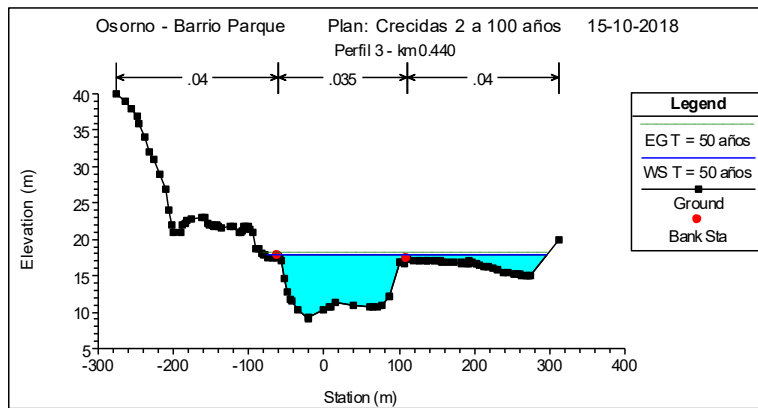
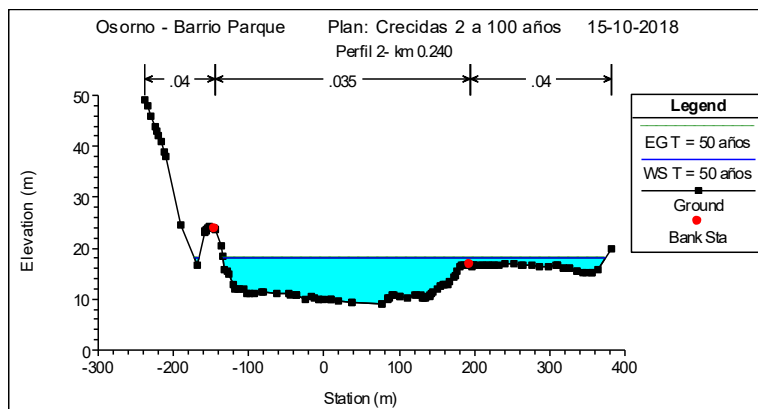
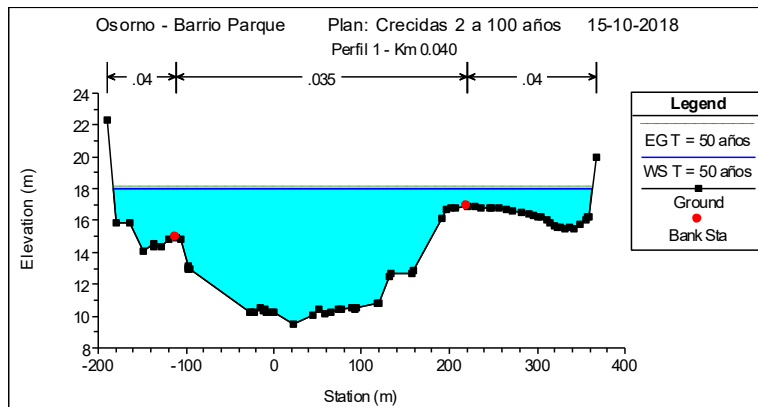


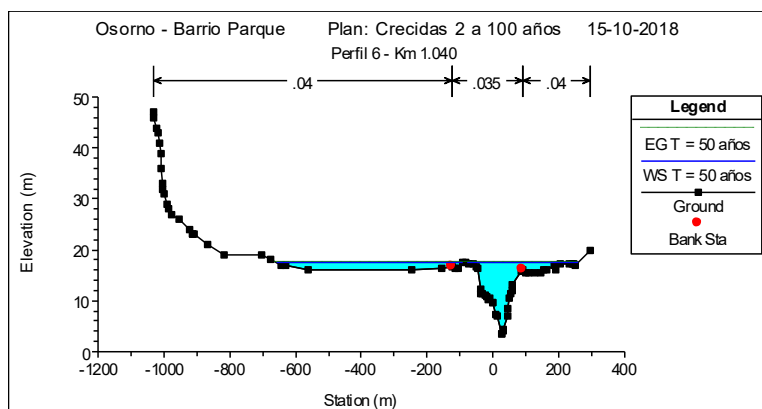
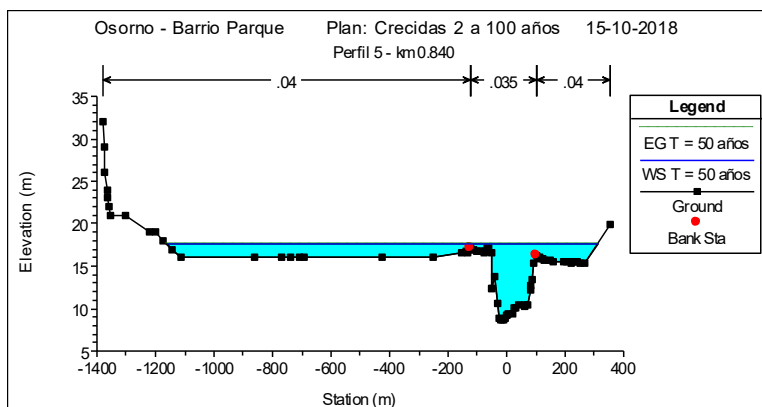
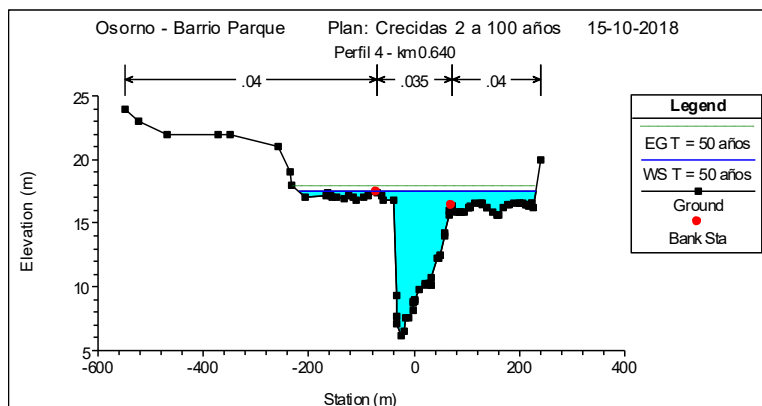


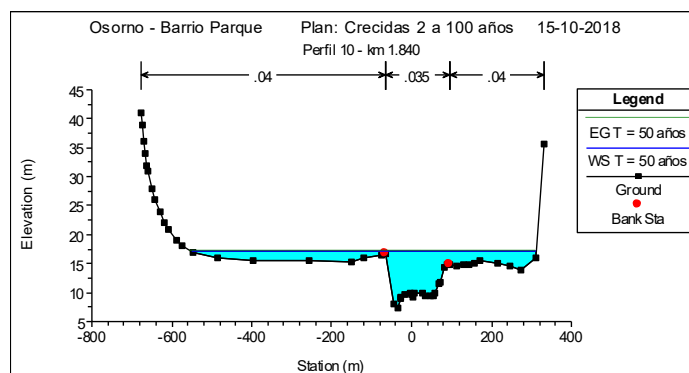
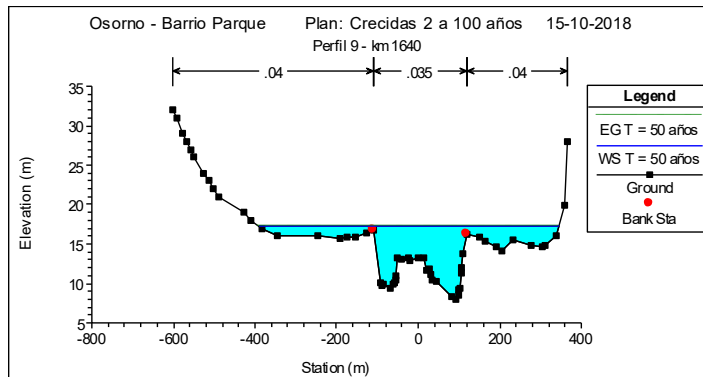
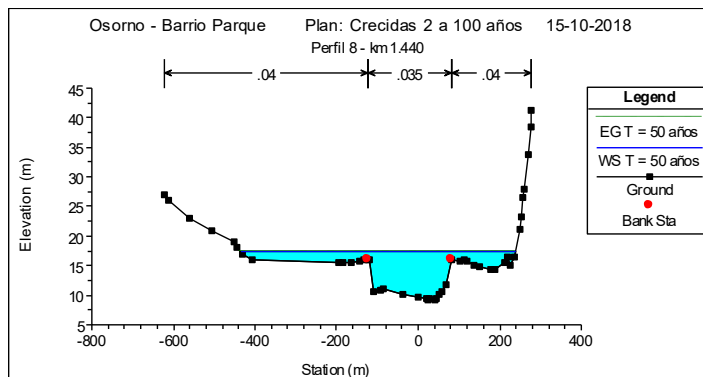
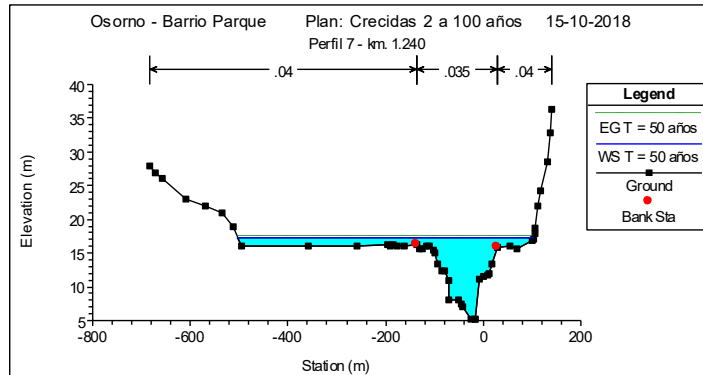
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Osorno	17	T = 25 años	2293	9,52	17,81		17,87	0,0136%	1,08	2354,83	545,03	0,14
Osorno	16	T = 25 años	2293	8,92	17,79		17,84	0,0102%	1,02	2436,61	511,79	0,13
Osorno	15	T = 25 años	2293	9,18	17,56		17,78	0,0545%	2,15	1217,26	365,16	0,28
Osorno	14	T = 25 años	2293	6,22	17,22		17,62	0,1092%	2,86	927,44	420,48	0,39
Osorno	13	T = 25 años	2293	8,65	17,35		17,41	0,0310%	1,38	2668,98	1459,64	0,21
Osorno	12	T = 25 años	2293	3,39	17,15		17,33	0,0531%	1,99	1615,49	825,54	0,27
Osorno	11	T = 25 años	2293	5,20	17		17,22	0,0576%	2,16	1362,96	602,47	0,29
Osorno	10	T = 25 años	2293	9,16	17,01		17,11	0,0246%	1,52	1941,43	668,82	0,19
Osorno	9	T = 25 años	2293	8,06	16,96		17,06	0,0288%	1,51	1930,18	726,3	0,2
Osorno	8	T = 25 años	2293	7,40	16,87		16,99	0,0330%	1,73	1950,45	850,96	0,22
Osorno	7	T = 25 años	2293	7,90	16,86		16,92	0,0231%	1,33	2453,13	917,31	0,18
Osorno	6	T = 25 años	2293	5,65	16,82		16,89	0,0132%	1,22	2651,39	1035,49	0,14
Osorno	5	T = 25 años	2293	1,80	16,84		16,86	0,0046%	0,71	3736,36	971,48	0,09
Osorno	4	T = 25 años	2293	8,40	16,74		16,84	0,0336%	1,43	1878,57	628,04	0,21
Osorno	3	T = 25 años	2293	6,42	16,48		16,74	0,0496%	2,34	1164,32	310,52	0,28
Osorno	2	T = 25 años	2293	6,99	16,29		16,61	0,0765%	2,53	986,11	253,45	0,33
Osorno	1	T = 25 años	2293	6,00	16,04	12,25	16,44	0,0801%	2,88	917,46	266,55	0,35

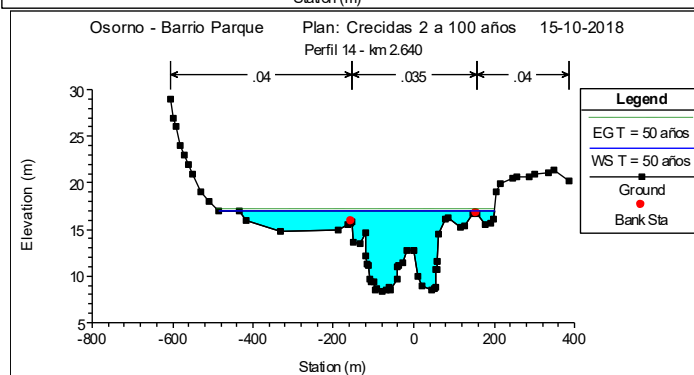
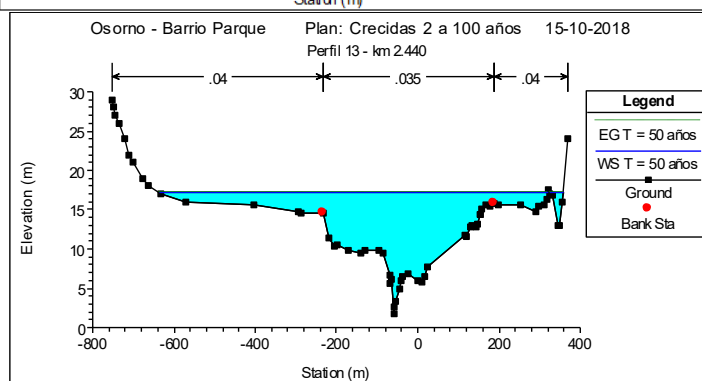
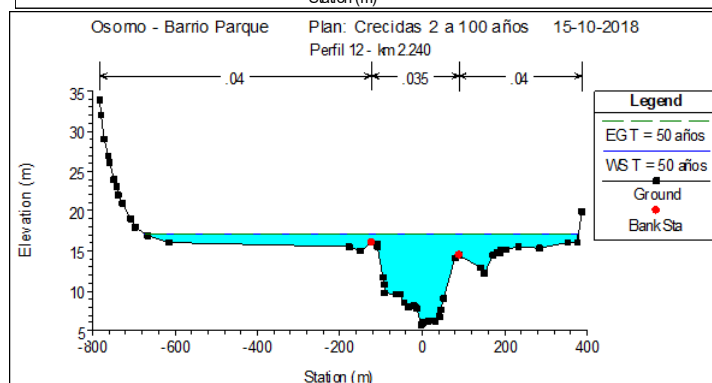
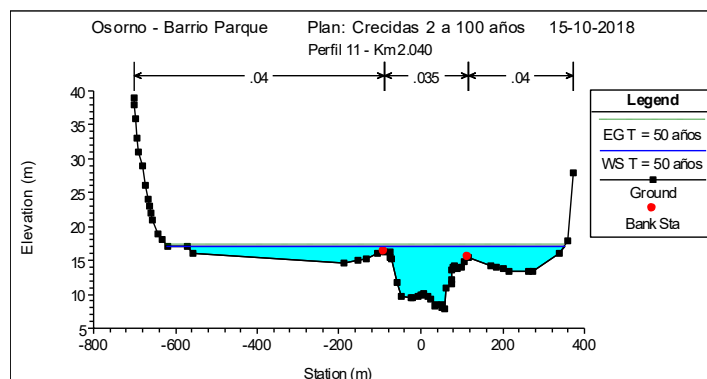


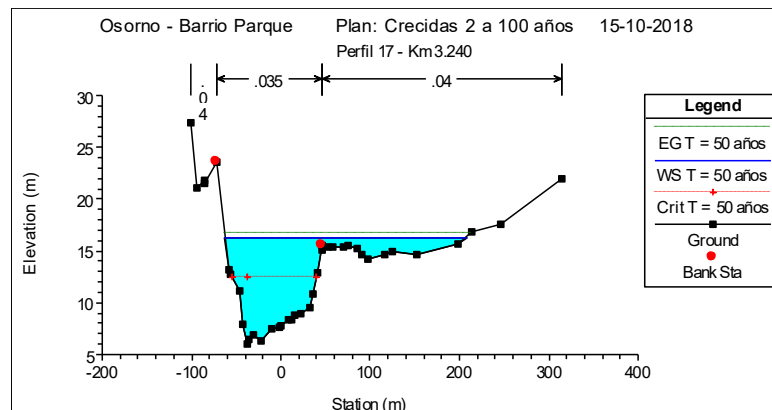
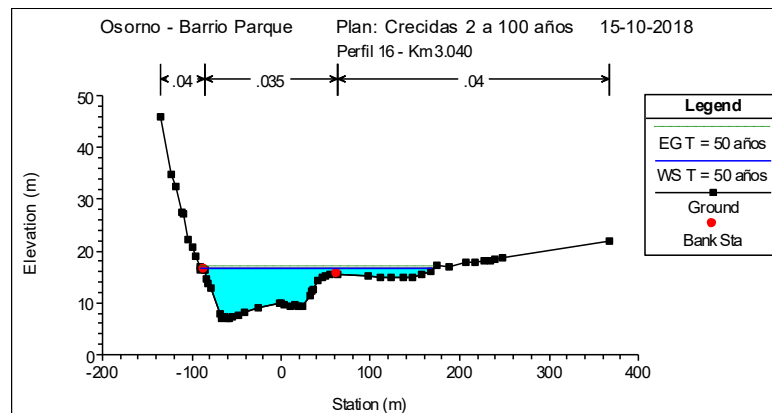
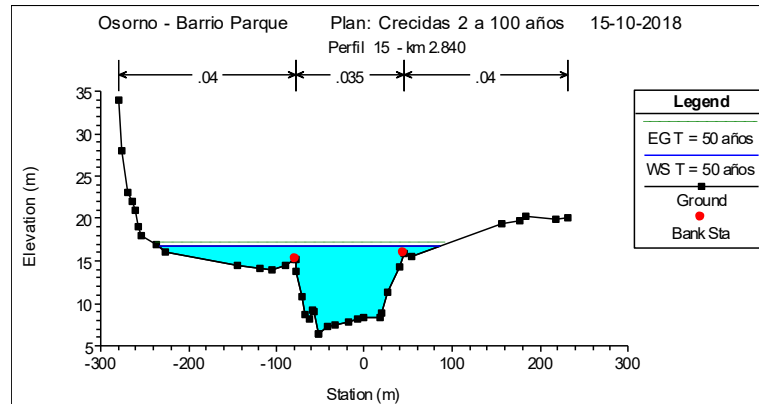
T=50 AÑOS







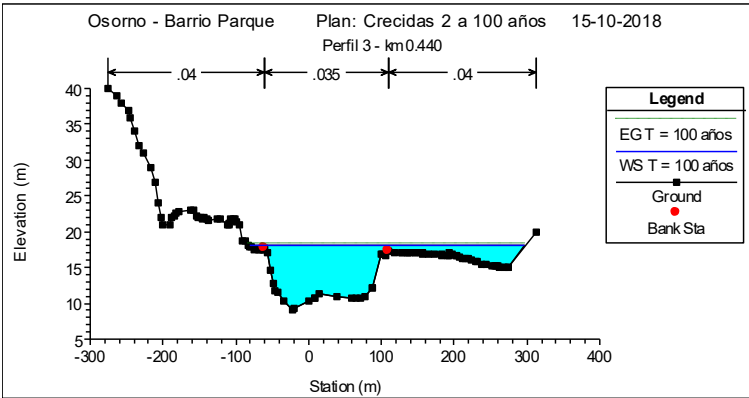
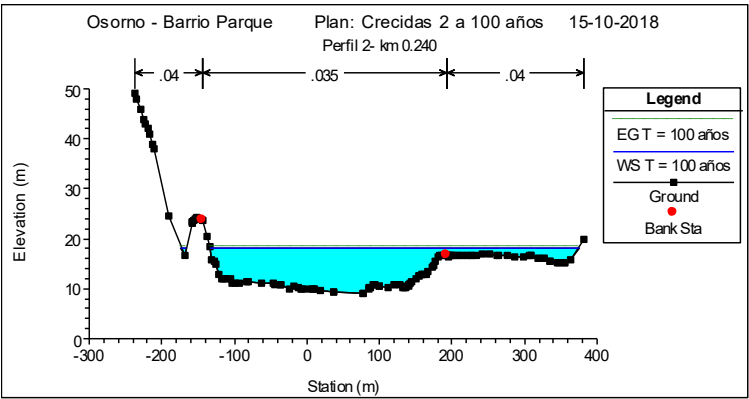
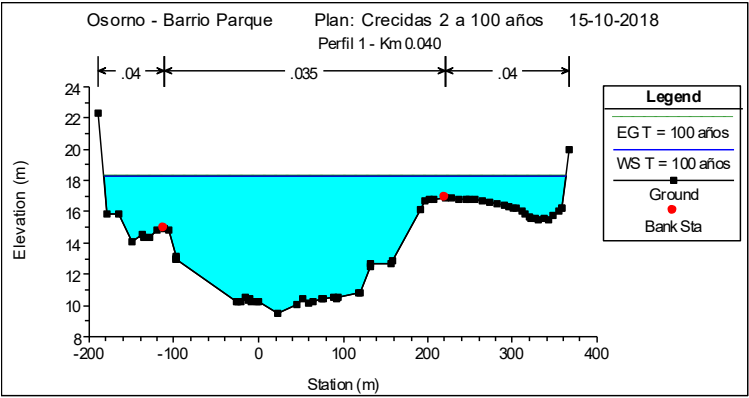


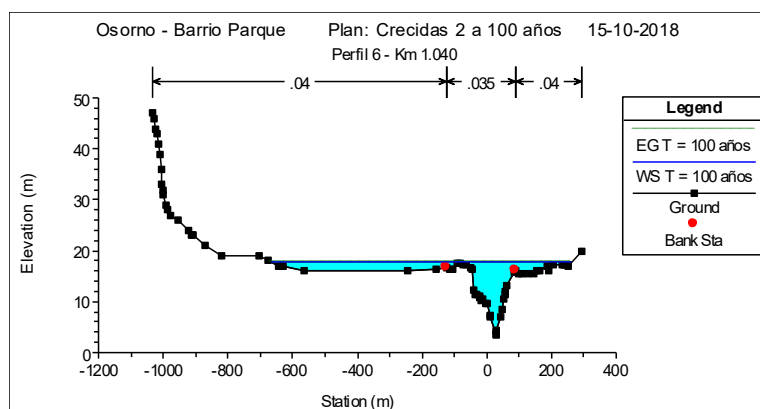
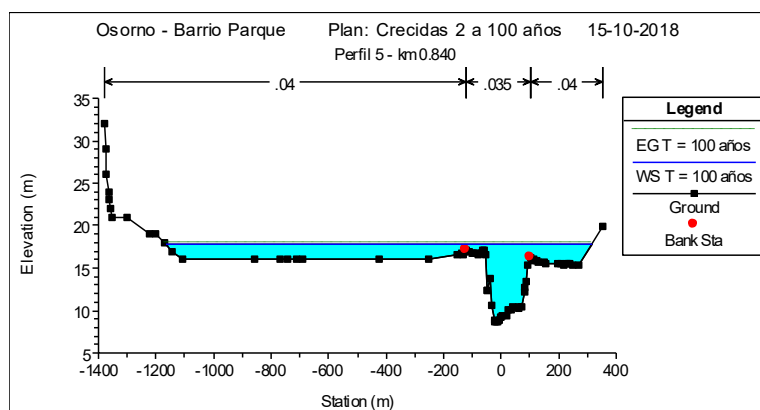
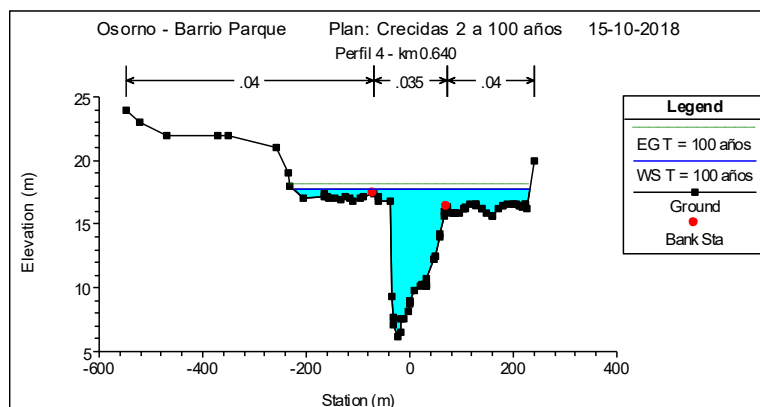


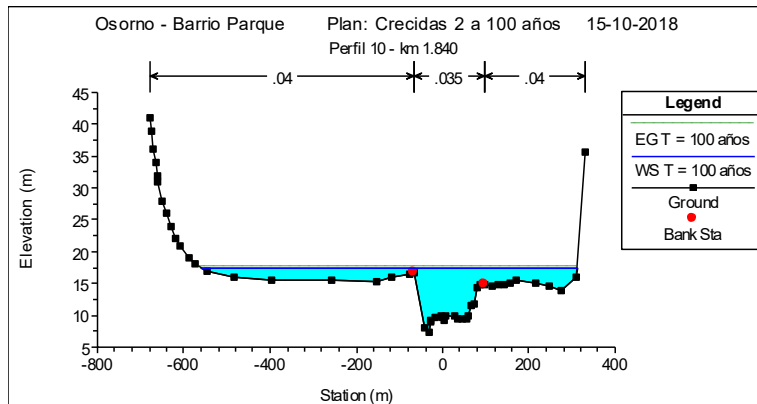
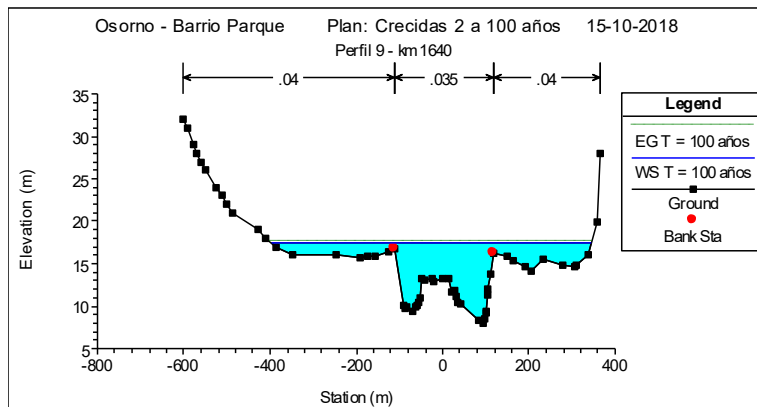
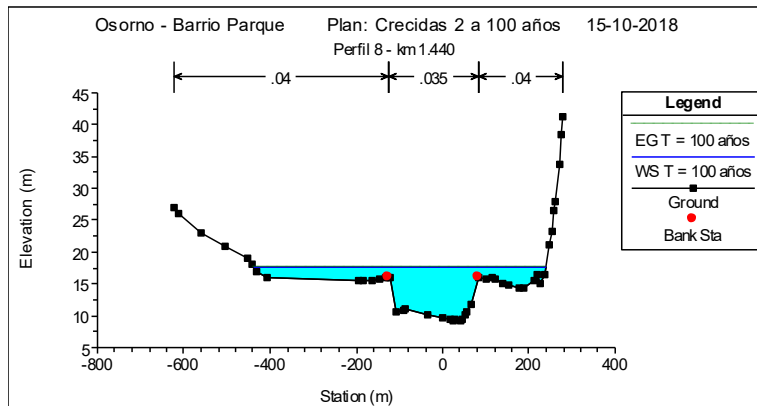
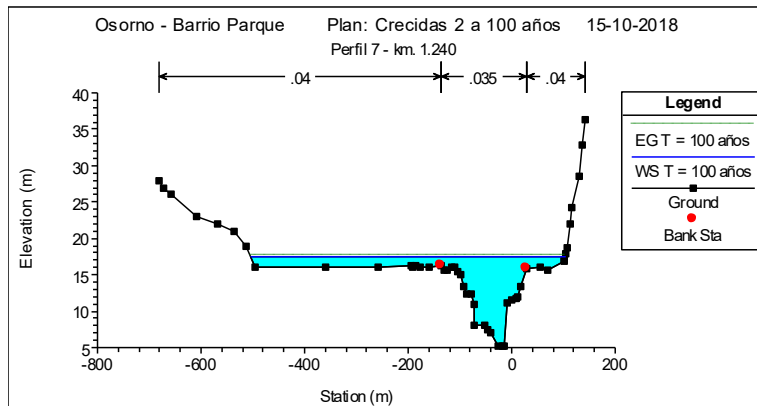
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Osorno	17	T = 50 años	2496	9,52	18,06		18,12	0,0137%	1,12	2489,45	545,97	0,14
Osorno	16	T = 50 años	2496	8,92	18,04		18,09	0,0106%	1,06	2562,79	514,19	0,13
Osorno	15	T = 50 años	2496	9,18	17,8		18,03	0,0552%	2,21	1305,63	373,01	0,29
Osorno	14	T = 50 años	2496	6,22	17,47		17,87	0,1118%	2,90	1036,48	449,64	0,39
Osorno	13	T = 50 años	2496	8,65	17,61		17,67	0,0259%	1,31	3058,16	1472,04	0,19
Osorno	12	T = 50 años	2496	3,39	17,44		17,59	0,0527%	1,92	1863,89	902,06	0,27
Osorno	11	T = 50 años	2496	5,20	17,28		17,49	0,0535%	2,15	1532,95	606,23	0,28
Osorno	10	T = 50 años	2496	9,16	17,29		17,39	0,0235%	1,53	2128,63	672,83	0,19
Osorno	9	T = 50 años	2496	8,06	17,24		17,34	0,0269%	1,51	2137,1	735,07	0,2
Osorno	8	T = 50 años	2496	7,40	17,17		17,28	0,0297%	1,69	2204,47	863,87	0,21
Osorno	7	T = 50 años	2496	7,90	17,15		17,22	0,0211%	1,32	2732,91	971,29	0,18
Osorno	6	T = 50 años	2496	5,65	17,12		17,18	0,0124%	1,22	2962,88	1049,38	0,14
Osorno	5	T = 50 años	2496	1,80	17,13		17,16	0,0046%	0,73	4027,69	991,42	0,09
Osorno	4	T = 50 años	2496	8,40	17,04		17,13	0,0317%	1,44	2068,15	686,03	0,21
Osorno	3	T = 50 años	2496	6,42	16,77		17,04	0,0495%	2,40	1255,99	320,92	0,28
Osorno	2	T = 50 años	2496	6,99	16,58		16,91	0,0756%	2,59	1060,01	260,36	0,33
Osorno	1	T = 50 años	2496	6,00	16,33	12,51	16,74	0,0801%	2,95	994,73	270,77	0,35

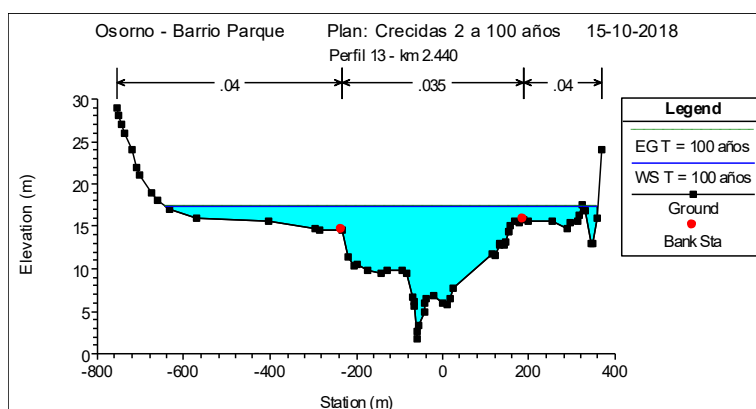
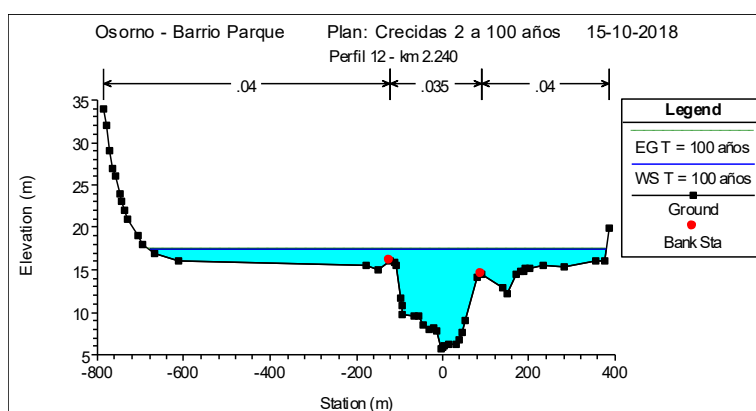
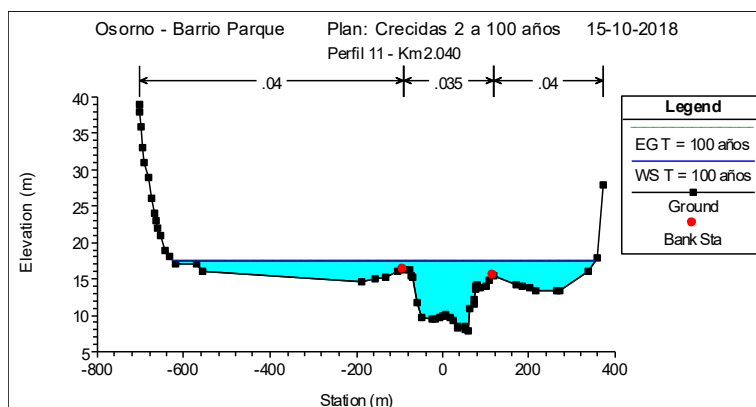


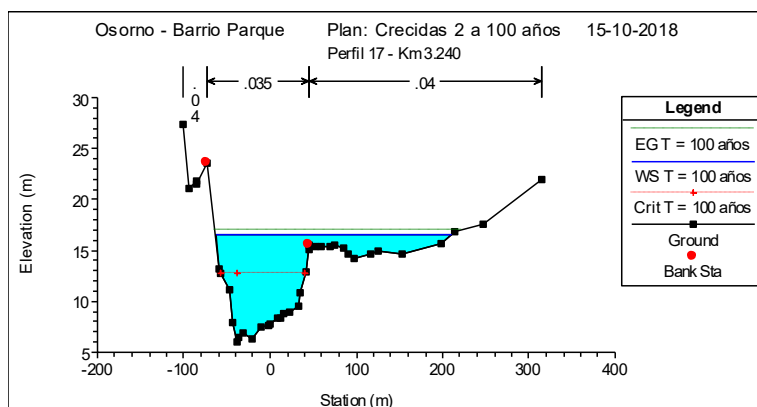
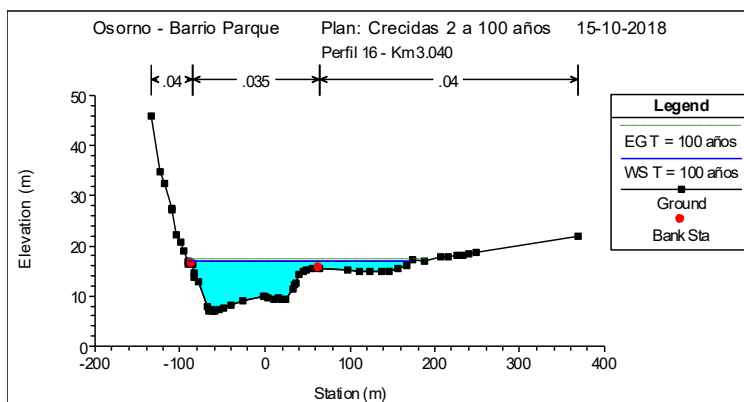
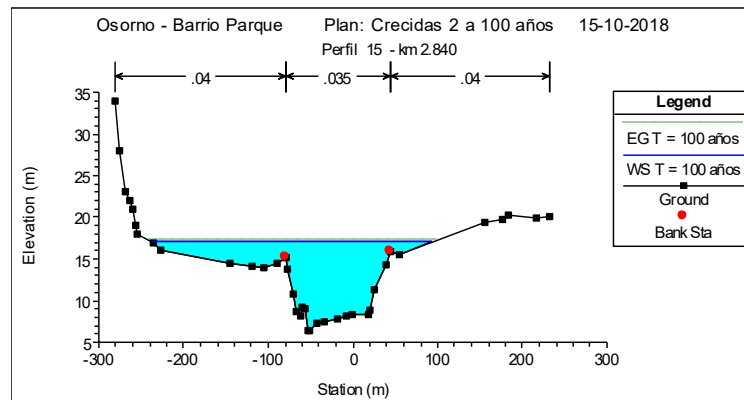
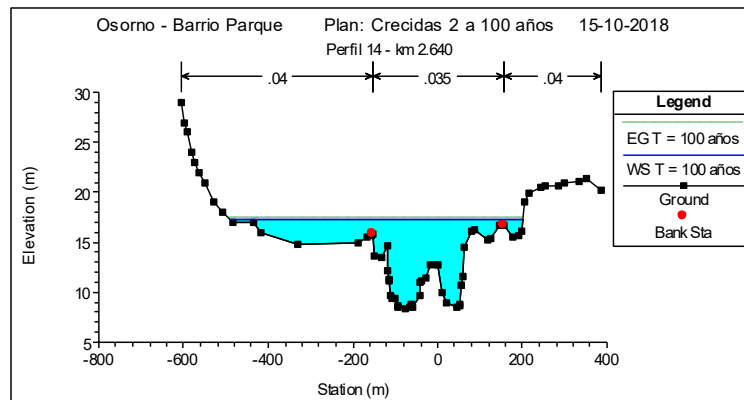
T=100 AÑOS











Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Osorno	17	T=100 años	2688	9,52	18,27		18,33	0,0139%	1,15	2606,82	546,79	0,15
Osorno	16	T=100 años	2688	8,92	18,25		18,31	0,0109%	1,10	2673,03	516,29	0,13
Osorno	15	T=100 años	2688	9,18	18,01		18,25	0,0557%	2,27	1383,17	377,91	0,29
Osorno	14	T=100 años	2688	6,22	17,69		18,09	0,1080%	2,92	1136,7	455,93	0,39
Osorno	13	T=100 años	2688	8,65	17,85		17,90	0,0225%	1,26	3403,02	1482,93	0,18
Osorno	12	T=100 años	2688	3,39	17,7		17,83	0,0494%	1,83	2097,68	928,54	0,26
Osorno	11	T=100 años	2688	5,20	17,53		17,73	0,0502%	2,14	1685,21	608,51	0,27
Osorno	10	T=100 años	2688	9,16	17,54		17,64	0,0227%	1,54	2296,49	676,4	0,19
Osorno	9	T=100 años	2688	8,06	17,49		17,59	0,0255%	1,51	2323,21	742,35	0,19
Osorno	8	T=100 años	2688	7,40	17,43		17,53	0,0273%	1,67	2431,1	871,22	0,2
Osorno	7	T=100 años	2688	7,90	17,42		17,48	0,0192%	1,30	2989	977,76	0,17
Osorno	6	T=100 años	2688	5,65	17,39		17,45	0,0118%	1,22	3241,24	1057,61	0,14
Osorno	5	T=100 años	2688	1,80	17,4		17,42	0,0046%	0,75	4289,31	1002,53	0,09
Osorno	4	T=100 años	2688	8,40	17,31		17,40	0,0293%	1,43	2251,69	692,81	0,2
Osorno	3	T=100 años	2688	6,42	17,03		17,30	0,0495%	2,45	1339,98	330,37	0,28
Osorno	2	T=100 años	2688	6,99	16,84		17,17	0,0748%	2,65	1126,62	262,37	0,33
Osorno	1	T=100 años	2688	6,00	16,58	12,75	17,01	0,0802%	3,01	1064,54	274,52	0,35



2.2. INUNDACIONES TERRESTRES

En el presente estudio abordará las inundaciones terrestres considerando las inundaciones por desbordede cauce e inundaciones por anegamiento.

2.2.1. PELIGRO DE INUNDACIÓN POR DESBORDE DE CAUCE

2.2.1.1. DIAGNÓSTICO DE INUNDACIÓN POR DESBORDE DE CAUCE

El análisis y diagnóstico Hidrológico se basa el estudio “Diagnostico Plan Maestro de Manejo de Cauces dela Cuenca del Río Rahue”, fue realizado para la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, por la empresa SKM-IRH, cuyo documento Final (Versión E de 2014) está compuesto por Memoria, Planos y Anexos, organizados en cinco tomos. El primero de ellos contiene la memoria, compuesta a su vez por 15 capítulos, según el siguiente índice general:

1. Introducción
2. Recopilación y Revisión de Antecedentes
3. Análisis y Validación de Antecedentes
4. Reconocimiento de Terreno
5. Catastro
6. Muestreo de Calicatas y Análisis Granulométrico
7. Estudio Hidrológico
8. Análisis Hidráulico Fluvial
9. Análisis de Transporte de Sedimentos
10. Análisis de Socavaciones
11. Análisis Administrativo-Legal y Uso de Suelos
12. Diagnóstico
13. Elaboración del Plan de Manejo
14. Participación Ciudadana
15. Conclusiones y Recomendaciones

Los tomos II, III y IV contienen los distintos anexos y V tomo contiene los planos.

A) Objetivos

El objetivo del estudio es formular un diagnóstico actualizado del Río Rahue y del Río Forrahue en tramos específicos, que exponga la condición existente en cuanto a los siguientes problemas:

- Erosión.
- Inundabilidad de riberas.
- Extracción de áridos.
- Conflictos de deslindes
- Otras intervenciones del cauce.

Elaborar un Plan de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue, que proponga mejoras a su condición actual, integrando de la mejor forma posible las actividades y/o usos que se realizan en él y sus riberas adyacentes, dentro del marco de las necesidades hidráulicas del cauce.



B) Área de Estudio

El área de estudio se ubica en la hoya hidrográfica del río Rahue. El presente trabajo se focalizó en tramos específicos del río Rahue, de su cuerpo receptor el río Bueno y río Forrahue (tributario del río Negro que a su vez es tributario del río Rahue).

Los tramos específicos que forman parte de este estudio son los siguientes:

- Río Rahue, en color rojo, abarca desde la confluencia con el río Coihueco, hasta su confluencia con el río Bueno con una longitud de 89 km.
- Río Bueno, se extiende en una longitud de 0,5 km en dirección aguas abajo de la confluencia con el río Rahue.
- Río Forrahue, en color naranja, abarca desde el puente ferroviario hasta 0,4 km aguas abajo del puente Escuela Agrícola, con una longitud de 3,4 km.

C) Diagnóstico

El área de estudio se ha sectorizado en 4 tramos tal como se describe a continuación:

- Tramo 1: Comprende el río Rahue y sus riberas entre la junta con el río Coihueco (Km.0,000 del área de estudio para el río Rahue) y aguas arriba del límite urbano de la ciudad de Osorno (Comunas de Osorno, Puerto Octay y Río Negro, Km 42,427).
- Tramo 2: Comprende el río Rahue y sus riberas entre el extremo aguas arriba del límite urbano de la ciudad de Osorno (Km 42,427) y aguas abajo del límite urbano de la ciudad de Osorno (km 51,020).
- Tramo 3: Comprende el límite del río Rahue y sus riberas entre el extremo aguas abajo del límite urbano de la ciudad de Osorno (Km 51,020) y su confluencia con el río Bueno (comuna de San Pablo, Km 88,918)
- Tramo 4: Todo este tramo se desarrolla en la zona urbana de Río Negro, por lo que el manejo de las medidas propuestas sólo correspondería a esta comuna.

Para efectos del estudio Barrio Parque, el tramo del río Rahue que abarca la zona en estudio queda incluido en el inicio del tramo 2, en particular entre el Km 42,935 y Km 45,770.

D) Zonas Inundables

A lo largo del cauce se producen desbordes aproximadamente en un 60% del tramo estudiado. Sin embargo, para efectos del análisis se ha considerado como zonas inundables a las zonas en que existan viviendas y se encuentran expuestas a los escurrimientos del río Rahue o Forrahue durante el paso de las crecidas extraordinarias (sobre 2 años de recurrencia). De acuerdo a esto, los sectores identificados como sectores inundables se indican en los siguientes Cuadros.

Tramo Perfiles	Ribera	Km	Viviendas afectadas N°	Sector
229-243	derecha	45,214-46,625	614	Tramo 2
236-243	izquierda	45,911-46,625		
244-249	derecha	46,713-47,213		
249-250	izquierda	47,213-47,294		
253-262	izquierda	Río Damas-48,407		
269-272	izquierda	49,111-49,409		
277-285	derecha	49,911-50,712	15	Tramo 3
321-322	derecha	58,913-59,162		
386-387	derecha	80,558-80,845		
393-397	derecha	83,675-85,667		

Cuadro N° 14. Sectores Zonas Inundables. Fuente: Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue.



En el Cuadro precedente se han destacado los sectores expuestos a inundaciones, en los cuales se ubicaron viviendas. No obstante, lo anterior, desde el perfil N° 293 hasta la confluencia con río Bueno, los desbordes del río Rahue afectan caminos, ya sean públicos o privados. En consecuencia, desde el perfil señalado hacia aguas abajo, toda el área se encuentra expuesta a inundaciones con afectación de infraestructura. Se aprecia que, en análisis de zonas inundables, no se incluye el sector correspondiente al Barrio Parque.

E) Infraestructura Existente

En el sector Barrio Parque el estudio no detecta Colectores de Aguas Lluvias ni Colectores de Aguas Servidas que descarguen al Río Rahue.

F) Diagnóstico de Obras de Defensa Fluvial Existentes

En base a los antecedentes generados por el estudio y a la inspección directa en terreno por parte de ingenieros especialistas, se efectuó un diagnóstico de las obras de defensa fluvial existentes en los cauces de los ríos Rahue y Forrahue. El diagnóstico realizado está orientado básicamente a identificar los principales problemas que presentan estas obras, determinando si existen daños o condiciones que limiten su funcionalidad para la cual fueron diseñadas y construidas.

El estudio no detecta problemas en el tramo correspondiente al sector _Barrio Parque.

G) Riesgos de Erosión

En relación a las zonas de erosión que se han detectado en los cauces del río Rahue y Forrahue, se puede señalar que en ninguno de ellos se encuentran afectadas zonas de ocupación habitacional, por tal motivo, la solución de estos problemas se plantea mediante la mantención del cauce, encauzando los bancos de material que están provocando el desvío y aceleramiento de las aguas.

En el río Rahue se detectaron 11 sectores con problemas de erosión, dentro de los cuales, los que se describen a continuación se encuentran cerca del inicio del sector Barrio Parque:

- Sector ubicado entre La Trinchera y El Ensayo (PT 216- PT 212)

Se observa caída de árboles producto del retroceso del corte del terreno, originado por el efecto erosivo del escurrimiento. No se observa intervención del cauce, por lo cual se entiende como el proceso natural de erosión del cauce producto del paso de las crecidas. Si bien es conveniente la construcción de defensas fluviales, respetando el criterio establecido de defender solamente zonas pobladas, no se contempla en este estudio la colocación de defensas.

- Sector La Trinchera (PT 216)

Por ribera derecha se observan árboles con raíces a la vista por retroceso del corte de la ribera. De la inspección visual no se detecta intervención del cauce, por lo cual correspondería al proceso erosivo natural producto del paso de las crecidas. Si bien es conveniente la construcción de defensas fluviales, respetando el criterio establecido de defender solamente zonas pobladas, en esta consultoría no se contempla el diseño de estas defensas.

- Sector El Cardal (PT 215)

En lado exterior de la curva, se observa ribera erosionada. Si bien es conveniente la construcción de defensas fluviales, respetando el criterio establecido de defender solamente zonas pobladas, en esta consultoría no se contempla el diseño de estas defensas.

H) Extracción de Áridos

Durante la realización de los trabajos de terreno, se efectuó un catastro con las zonas de extracción de áridos en los ríos Rahue y Forrahue. La información obtenida, se apoyó en antecedentes entregados por la DOH Regional. Es así como se identificaron las zonas de extracción que se presentan en los planos del proyecto.



De acuerdo a lo observado en terreno, la erosión se debe a un mal manejo de las extracciones de áridos, lo cual no implica que a causa de esta situación puedan generarse desbordes.

Al analizar en forma puntual las extracciones existentes, se destacan los siguientes sectores involucrados en el sector Barrio Parque:

PT	Sector	Ribera	Denominación	Diagnóstico
214-215		Derecha	Extracción Áridos Río Lindo (EDECO)	Depositación
216	Tramo 2	Derecha	Extracción Artesanal	Depositación
223		Derecha	Extracción áridos	Erosión
229		Derecha	Extracción artesanal	Erosión

Cuadro N° 15. Sectores de Extracción de Áridos. Fuente: Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue.

Como se puede observar, todas estas situaciones se relacionan con el costado derecho del río, es decir no corresponderían al costado donde se ubica Barrio Parque.

I)Línea de Inundación

Uno de los antecedentes más relevantes para el presente estudio es la determinación de la línea de inundación, la cual permitirá definir las zonas susceptibles de ser habilitadas para la construcción de viviendas y/o infraestructura vial. Como se indicó anteriormente en términos generales el estudio no detalla en su tabla resumen la situación del sector correspondiente a Barrio Parque, principalmente porque se trata de sectores no habitados, sin embargo, existen otros antecedentes en el informe que permiten definir la situación de inundación en el sector Barrio Parque. Para tener una visión más detallada analizamos a continuación los antecedentes específicos del sector:

Las figuras siguientes muestran la sección transversal para el tramo de perfiles correspondientes a la zona de Barrio Parque que comprenden los perfiles entre el N° 216 y 232, que abarcan el tramo entre el Km 45,770 y el Km 42,035. En cada uno de ellos se indican las alturas del eje hidráulico para 2 años (celeste); 5 años (morado); 10 años (café); 25 años (magenta) 50 años (verde) y 100 años (anaranjado).

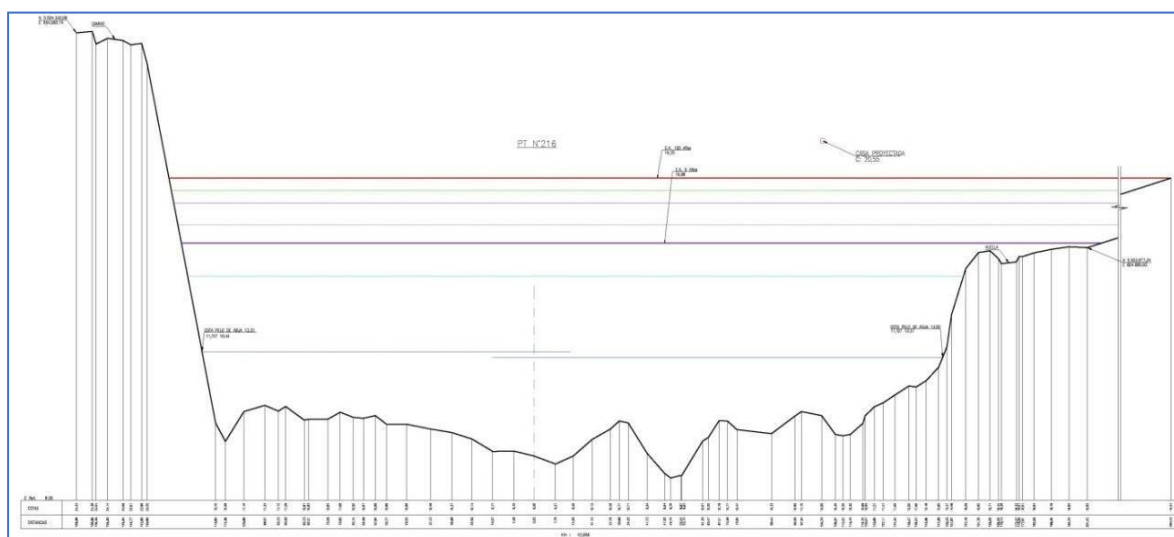


Figura N° 16. Perfil 216. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno Región de Los Lagos”.



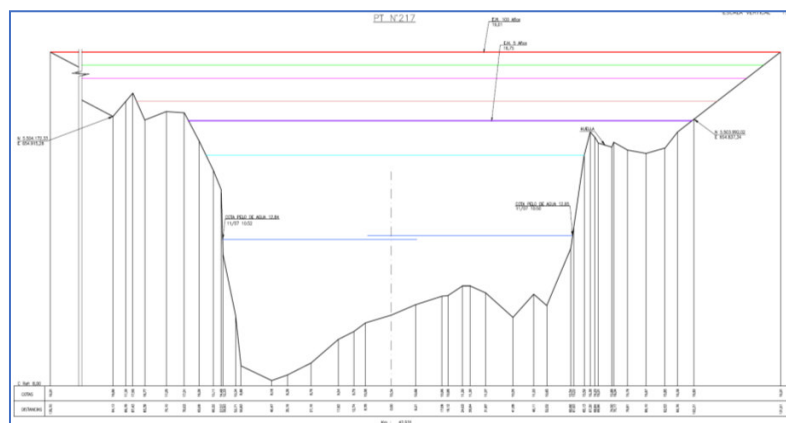


Figura N° 17. Perfil 217. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

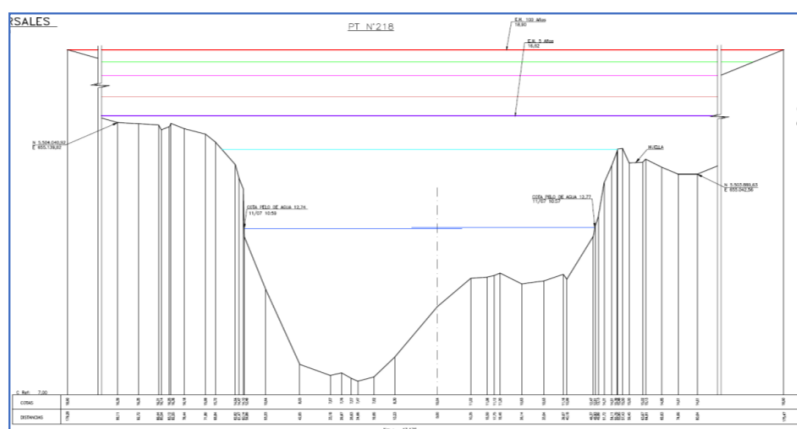


Figura N° 18. Perfil 218. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

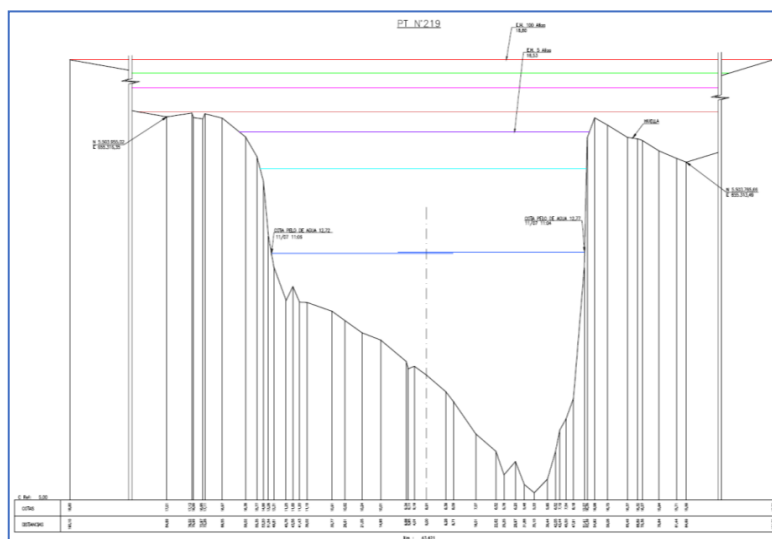


Figura N° 19. Perfil 219. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.



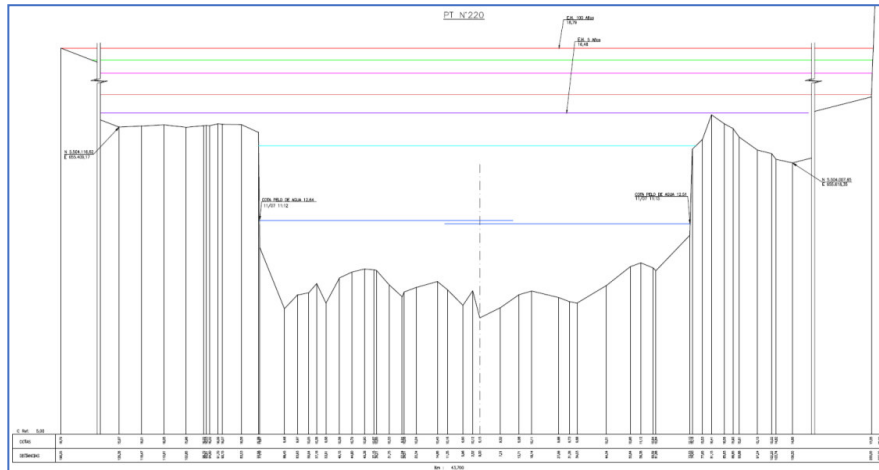


Figura N° 20. Perfil 220.Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del rio Rahue Provincia de Osorno,Región de Los Lagos”.

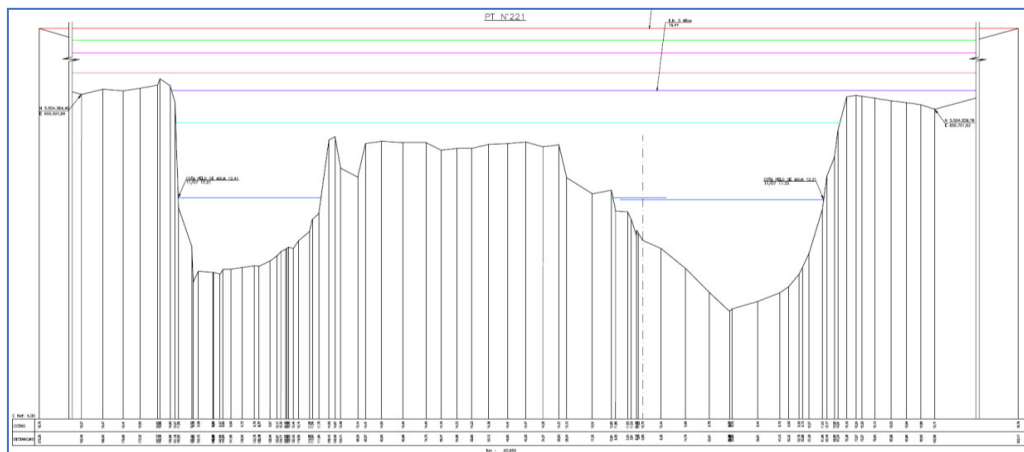


Figura N° 21. Perfil 221.Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno ,Región de Los Lagos”.

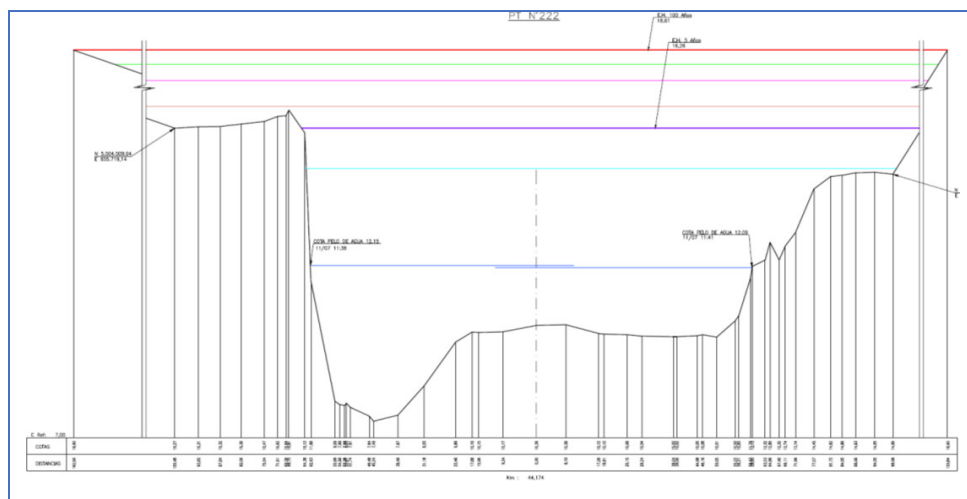


Figura N° 22. Perfil 222 Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del rio Rahue, Provincia de Osorno,Región de Los Lagos”.



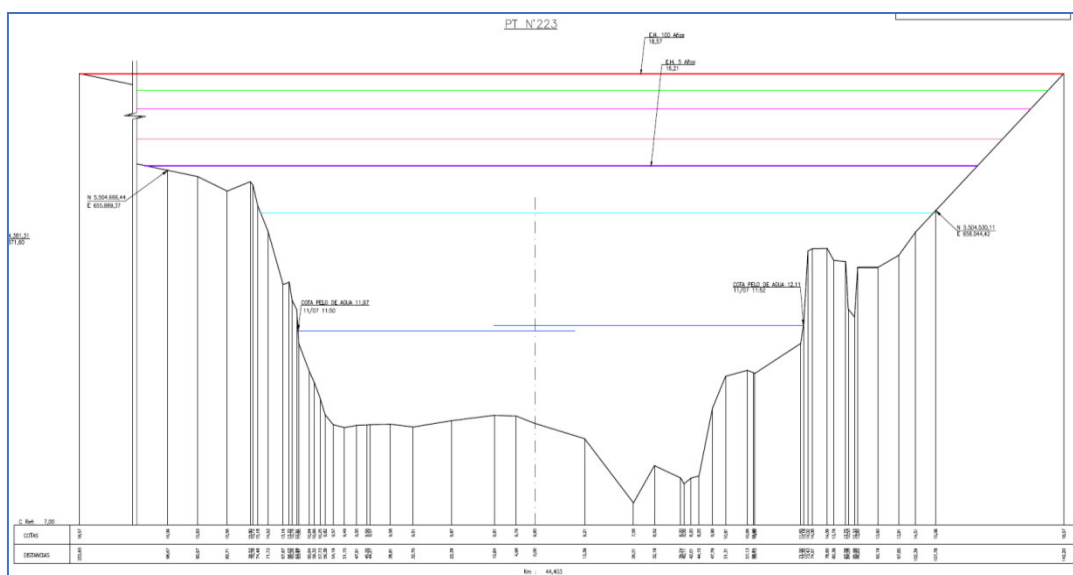


Figura N° 23. Perfil 223.Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

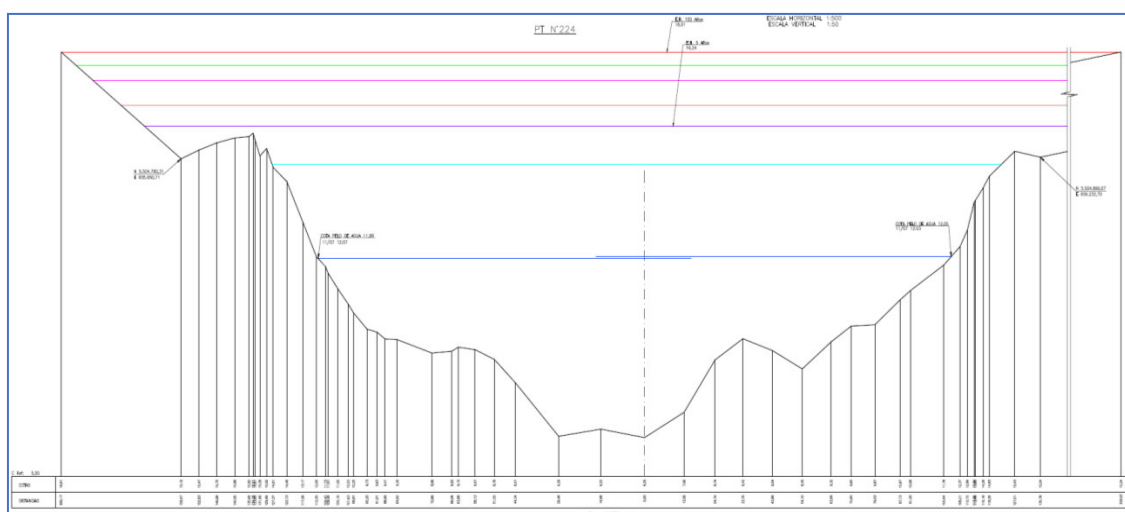


Figura N° 24. Perfil 224.Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno,Región de Los Lagos”



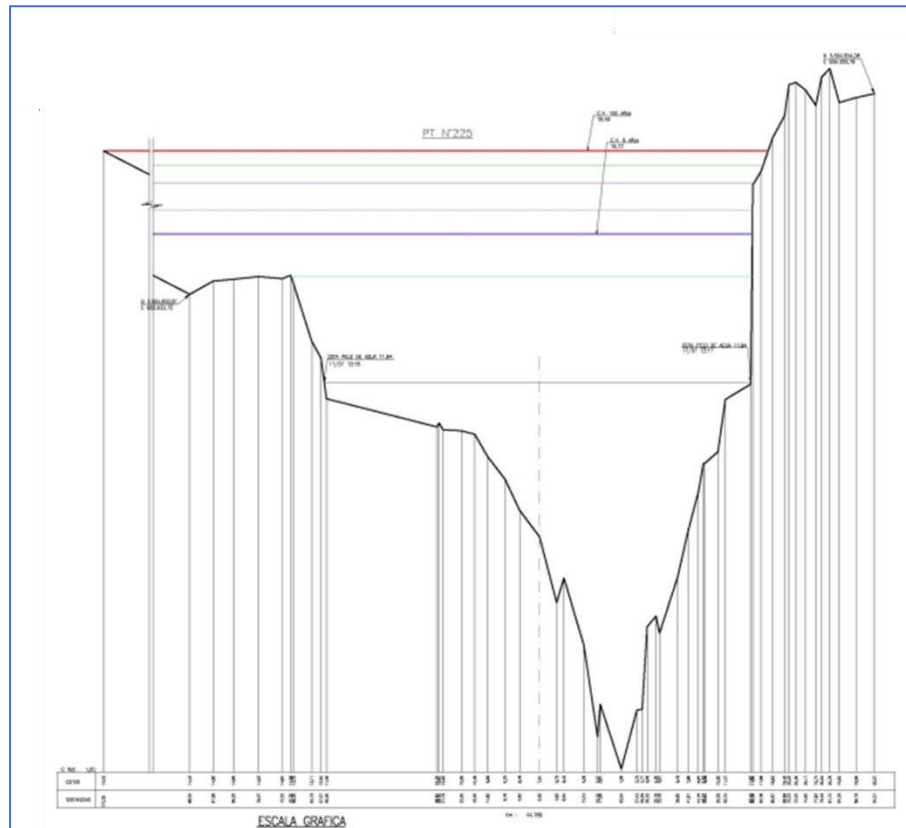


Figura N° 25. Perfil 225.Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno,Región de Los Lagos”.

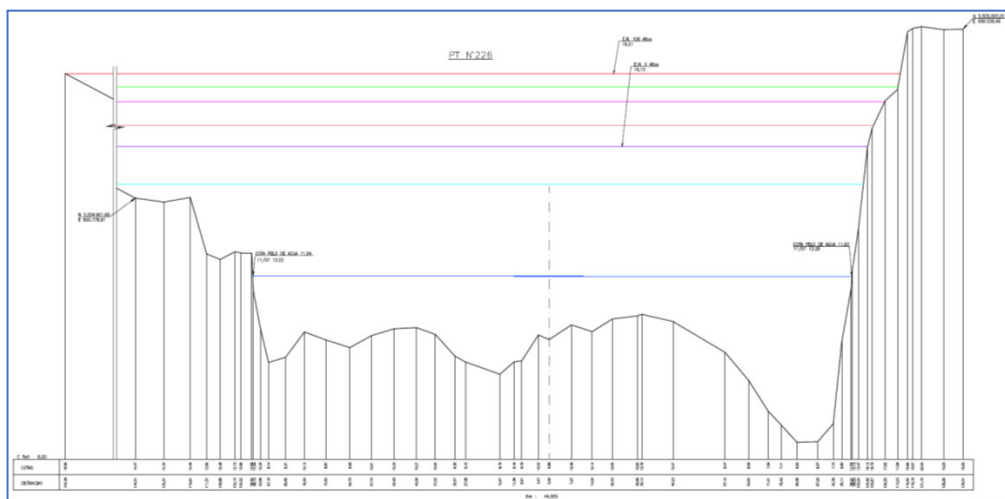


Figura N° 26. Perfil 226.Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.



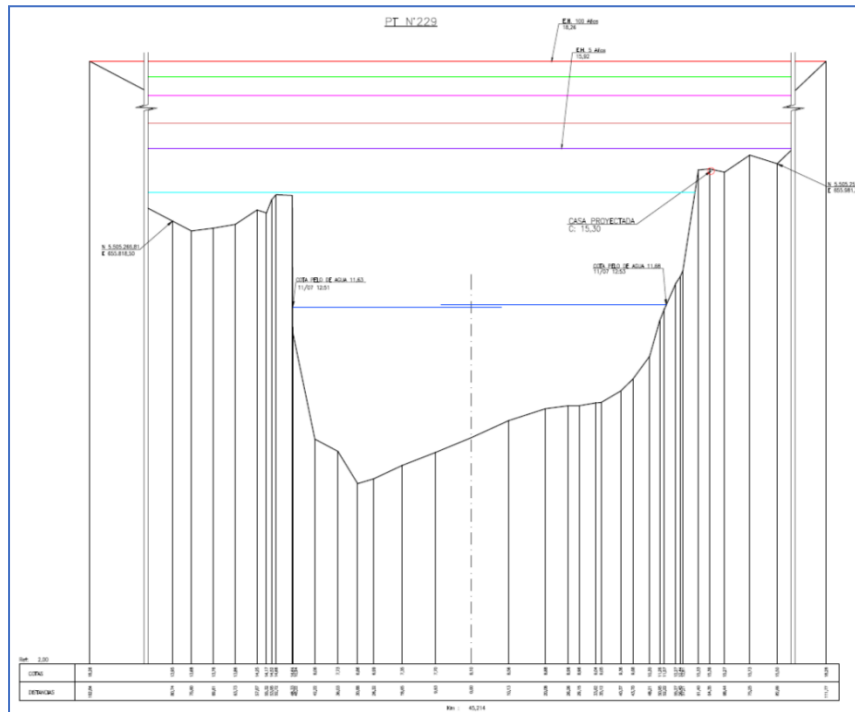


Figura N° 29. Perfil 229.Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno,Región de Los Lagos”.

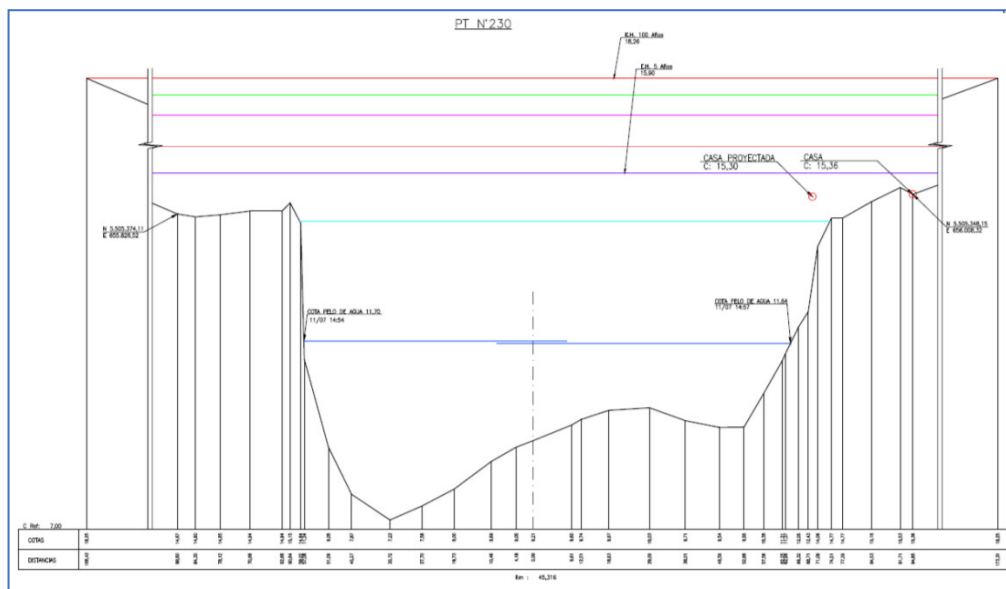


Figura N° 30. Perfil 230.Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno,Región de Los Lagos”.



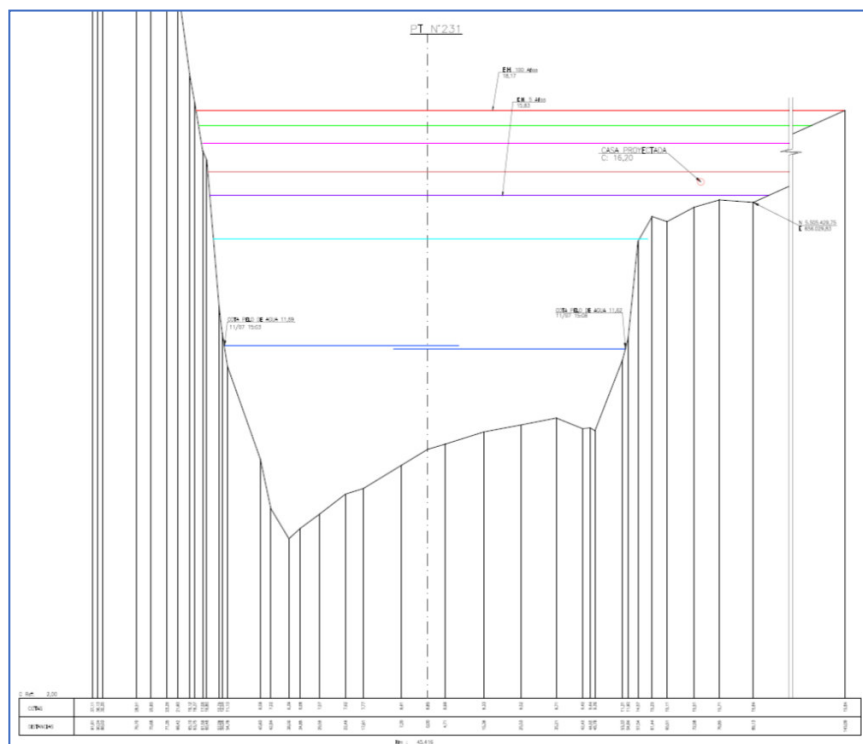


Figura N° 31. Perfil 231.Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

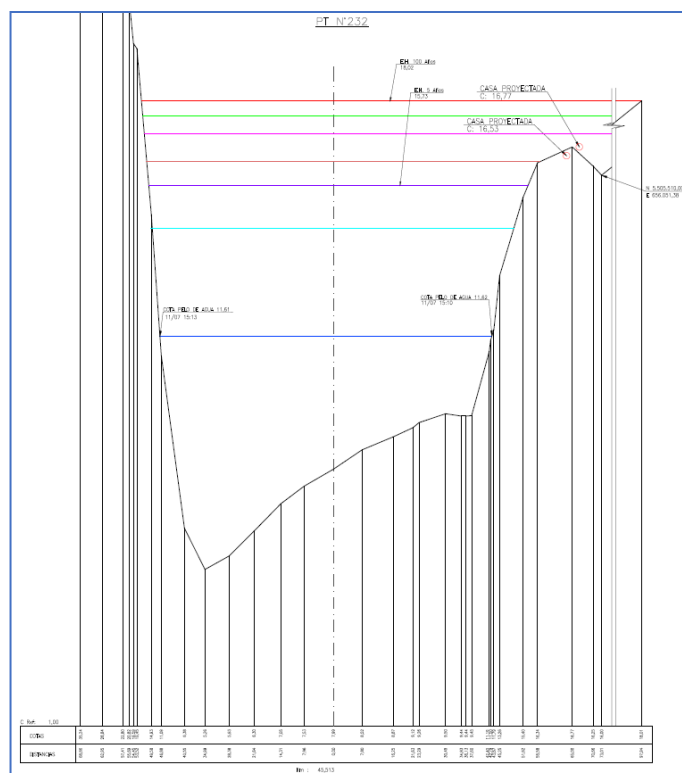


Figura N° 32. Perfil 232.Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno,Región de Los Lagos”.



El Cuadro N°15, entrega un resumen de lo indicado en los perfiles transversales antes indicados, identificando cota del E.H. para 25, 50 y 100 año, además para el caso de los 100 años se indica la distancia medida desde el eje del transversal.

Perfil Nº	Km	Línea de Inundación Izquierda			
		25 años	50 años	100 años	
		Cota (m)	Cota (m)	Cota (m)	Distancia al Eje (m)
216	42.666	18.37	18.82	19.25	132.94
217	42.931	18.13	18.59	19.01	135.70
218	43.176	18.02	18.48	18.90	179.28
219	43.421	17.92	18.38	18.80	190.10
220	43.700	17.89	18.37	18.79	198.25
221	43.950	17.86	18.34	18.77	272.29
222	44.174	17.70	18.18	18.60	162.90
223	44.403	17.66	18.15	18.57	222.83
224	44.668	17.69	18.18	18.61	200.17
225	44.789	17.55	18.04	18.46	117.26
226	44.905	17.59	18.08	18.51	210.38
227	45.013	17.50	18.00	18.42	150.07
228	45.113	17.43	17.93	18.35	56.89
229	45.214	17.35	17.85	18.26	162.84
230	45.316	17.34	17.84	18.26	168.42
231	45.416	17.26	17.76	18.17	63.35
232	45.513	17.12	17.62	18.02	52.27

Cuadro N° 16. Resumen Perfiles Transversales. Fuente: Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue.

El estudio de Diagnóstico entrega gráficamente una planta con la línea de inundación para los distintos periodos de retorno, sin embargo, esta no coincide con la distancia recogida de los transversales para el tramo de Barrio Parque. La Figura N° 33, muestra para el período de retorno de 100 años, en color verde la línea de inundación graficada en los planos del informe y en color rojo la línea obtenida directamente de los perfiles trasversales. Se observan discrepancias entre el Perfil N°223 hasta el N°231. En este tramo la línea de inundación en planta medida de los transversales abarca mucha más área que la indicada en la planta del estudio.



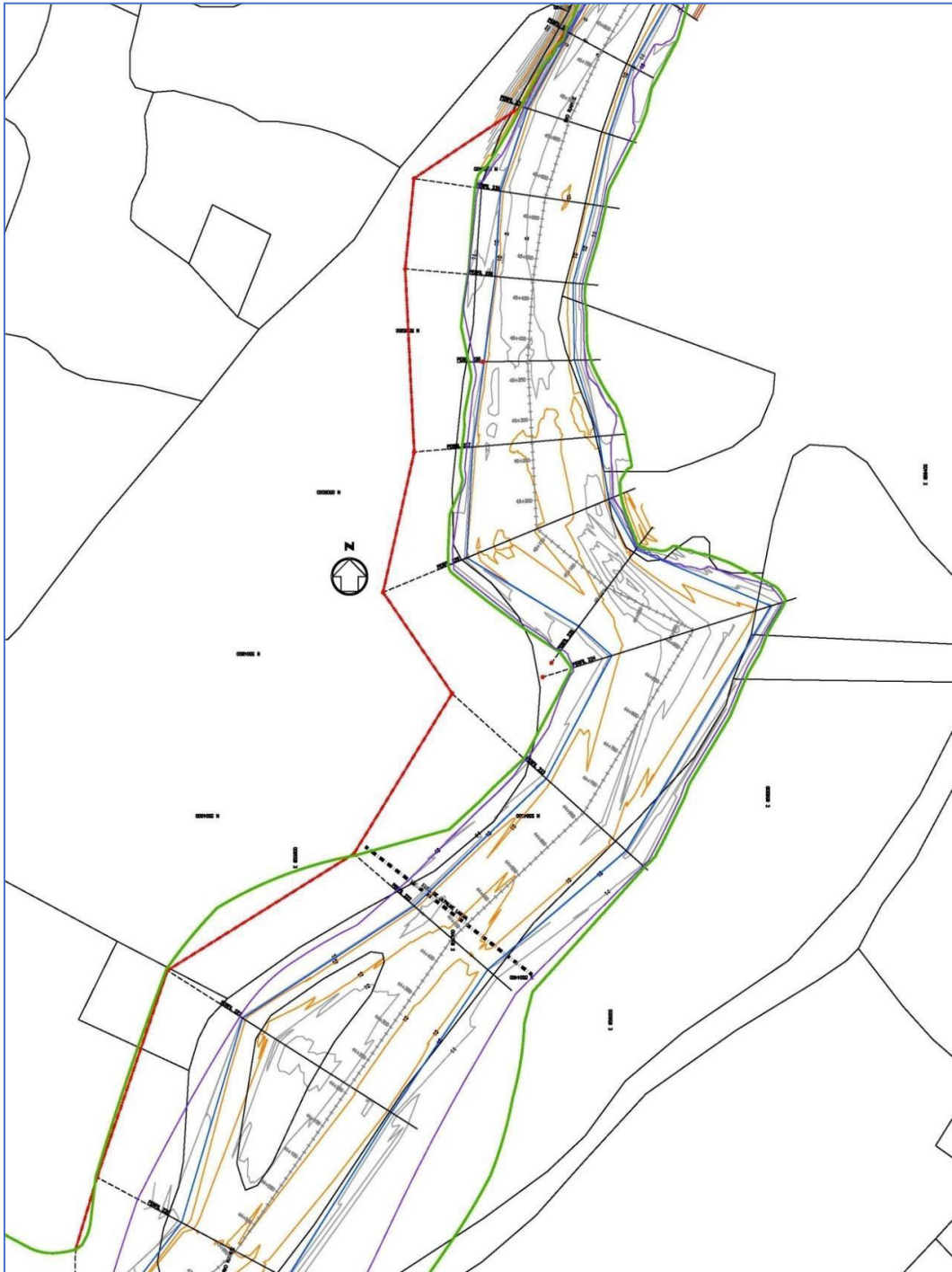


Figura N° 33. Planta Sector Barrio Parque Integrado. Fuente: “Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del río Rahue, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos”.

Sin perjuicio de lo anterior, al observar los transversales antes indicados se aprecia bastante detalle hasta cierta distancia y luego el perfil se compone simplemente de una línea recta entre el último punto del perfil levantado con detalle, hasta alcanzar la cota de E.H. Se trata al parecer de una aproximación, lo que deberá ser corroborado con perfiles detallados a desarrollar por el presente estudio. Por otro lado, cabe mencionar que, de la información analizada, se obtiene que la



altura del eje hidráulico en el tramo correspondiente a Barrio Parque, se ubica entre 19.25m y 18m de altura para el período de retorno de 100 años, cuyo valor debiera verificarse en función de analizar una sección transversal más detallada.

Considerando este antecedente se ha confeccionado la Figura N° 34, en que se muestran distintos colores para los sectores según su cota de terreno. Cabe mencionar que los sistemas altimétricos de la restitución del Plan Maestro de Aguas Lluvias usado como base para realizar esta figura es aproximadamente equivalente al sistema utilizado en la confección de los perfiles batimétricos del estudio de Cuencas, sin embargo, en esta primera etapa, la figura se considerará sólo de manera referencial y deberá ser validada con los antecedentes generados especialmente para el presente estudio.

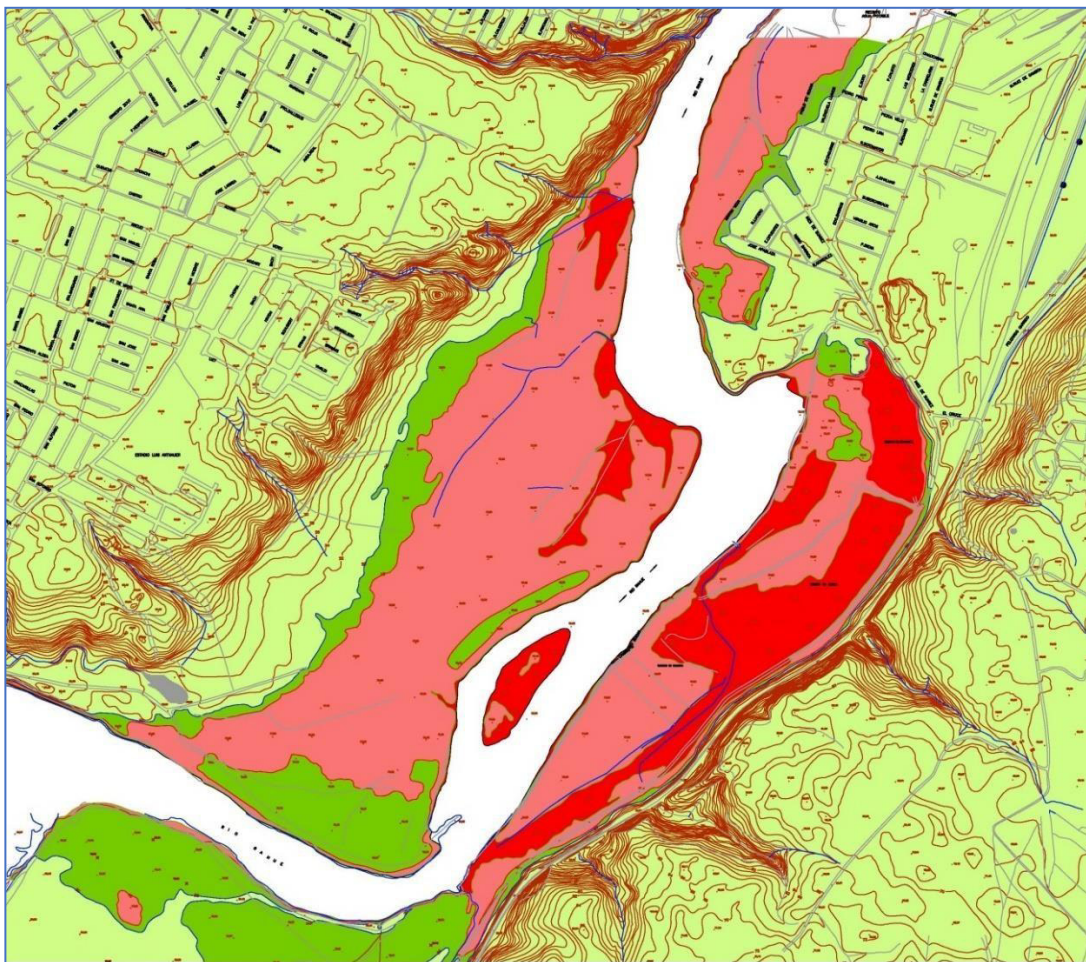


Figura N° 34. Planta Sector Barrio Parque Integrado. Fuente: Imagen extraída de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, Informe Parcial N°1.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la figura se puede apreciar en color verde claro los sectores cuya cota de terreno es de 20m o más, esto quiere decir que se trata de zonas que estarían en cualquier caso fuera del área de inundación, esto considerando los valores antes indicados. Luego en color verde oscuro se aprecia las zonas que poseen una cota con valores entre 18m y 20m, esto quiere decir, que, si la altura del eje hidráulico se mantiene similar a lo determinado por el estudio de cuencas, sería una zona al límite de la inundación para T=100 años. La zona rosada muestra los sectores cuya cota de terreno se encuentra entre 16m y 18m, esto quiere decir que se trataría de zonas probablemente inundables para T=100 años, si es que las condiciones se mantienen. Finalmente, en rojo se muestran zonas con una cota de terreno entre 14m y 16m, por lo que se trata de zonas claramente inundables.



2.2.1.2. SUCEPTIBILIDAD DE INUNDACIONES POR DESBORDE DE CAUCE

Según lo concluido en dicho informe, en el Capítulo referido a Hidrología e Hidráulica (cap.05.) del estudio de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”, 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, 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.

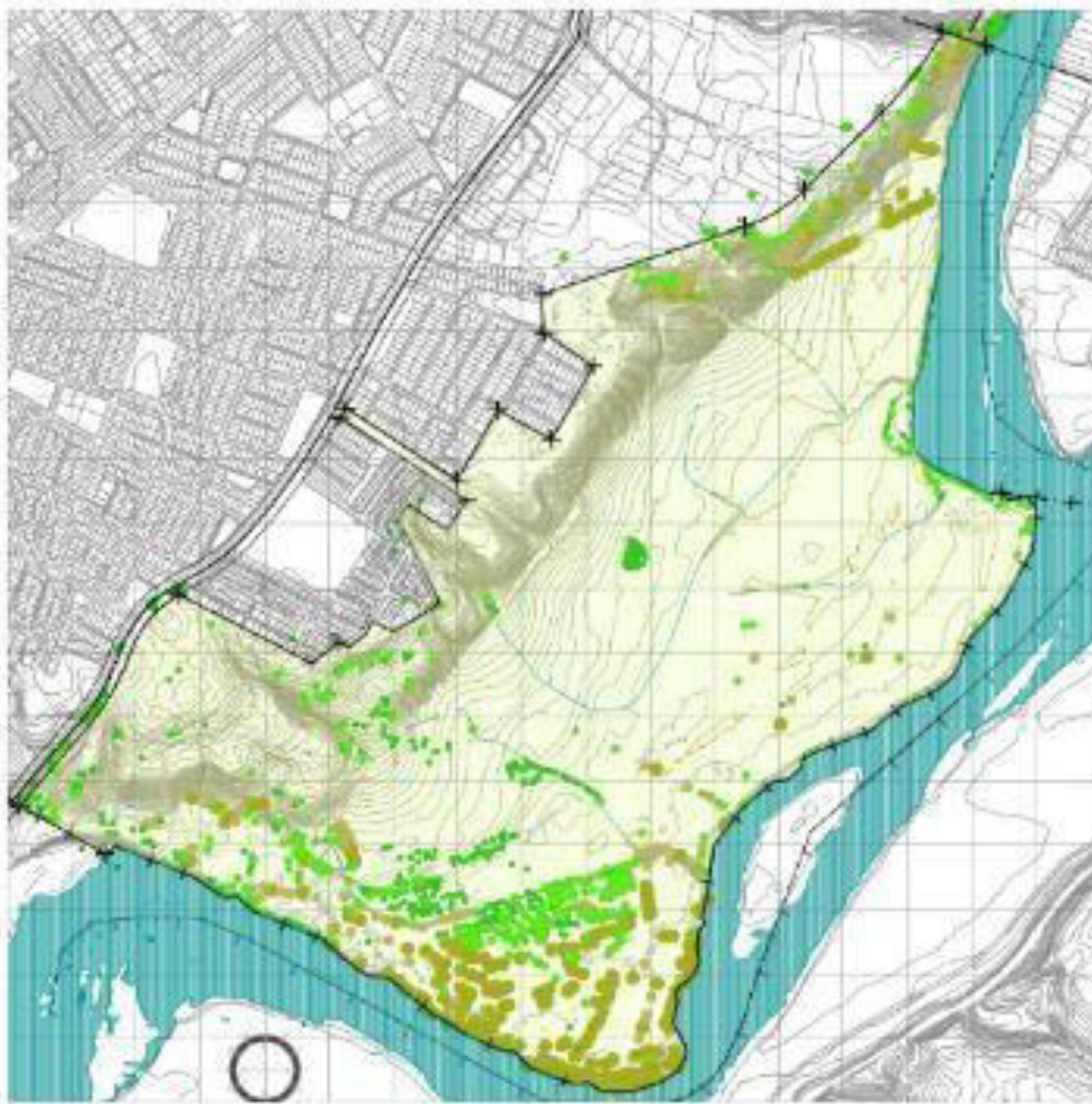


Figura N° 35. Área de estudio. Fuente de elaboración propia.

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 determinaran el área de riesgo para el emplazamiento de la zona residencial, para el IPT en desarrollo.





Figura N° 36. Planimetría para determinación de los períodos de retorno. Fuente: Imagen extraída de Estudios de "Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno".

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.



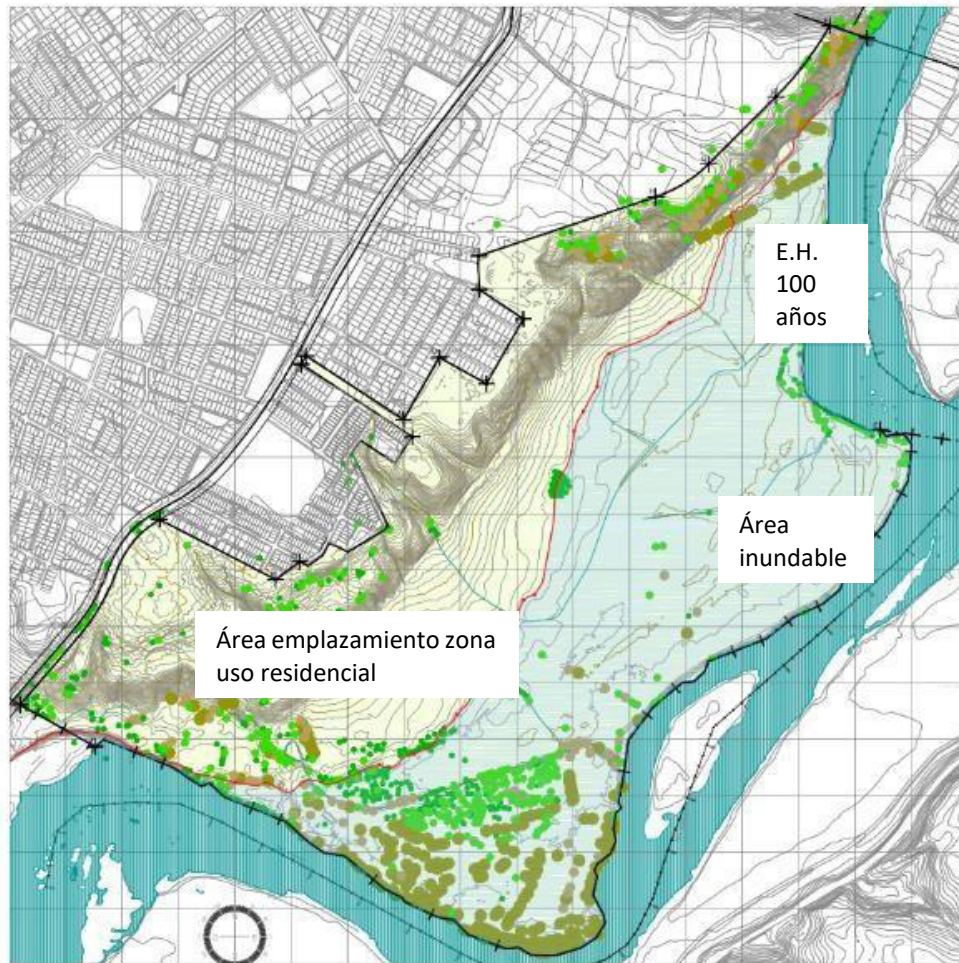


Figura N° 37. Área de emplazamiento de uso residencial. Fuente: elaboración propia.

2.2.2. PELIGRO DE INUNDACIÓN POR ANEGAMIENTO

Dentro del polígono de estudio se distingue una red de drenajes que se genera de la captación de aguas del sector norte del límite del polígono con la zona alta de Rahue que colinda con el predio en estudio, generándose una red de cauces naturales superficiales, dichos cauces son de carácter estacional, lo que quiere decir, que en período estival tienden a secarse, y a su vez, alimentan una laguna que se encuentra en el sector sur poniente del polígono la cual se mantiene durante todo el año.

La red de cauces escurre en sentido noroeste a sureste, desde el hombro sobre la ladera que delimita el sector noroeste del proyecto escurriendo a través de quebradas, pasando por las terrazas y riberas hasta desembocar en el río Rahue, atravesando por completo el predio.

Se deben considerar dos aspectos de relevancia para la red de cauces, los cuales son:

- Recoge y evacua las aguas lluvias desde Rahue alto y el propio terreno en estudio por escurrimiento superficial, por lo tanto, es fundamental considerar que al generar discontinuidad en ellos se produzca anegamiento en el terreno.
- Dichos cauces alimentan una laguna y quebradas, por lo tanto, son parte del sistema medio ambiental de valor dentro del terreno.





Figura N°38. Imagen fotográfica de la red de cauces superficiales. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

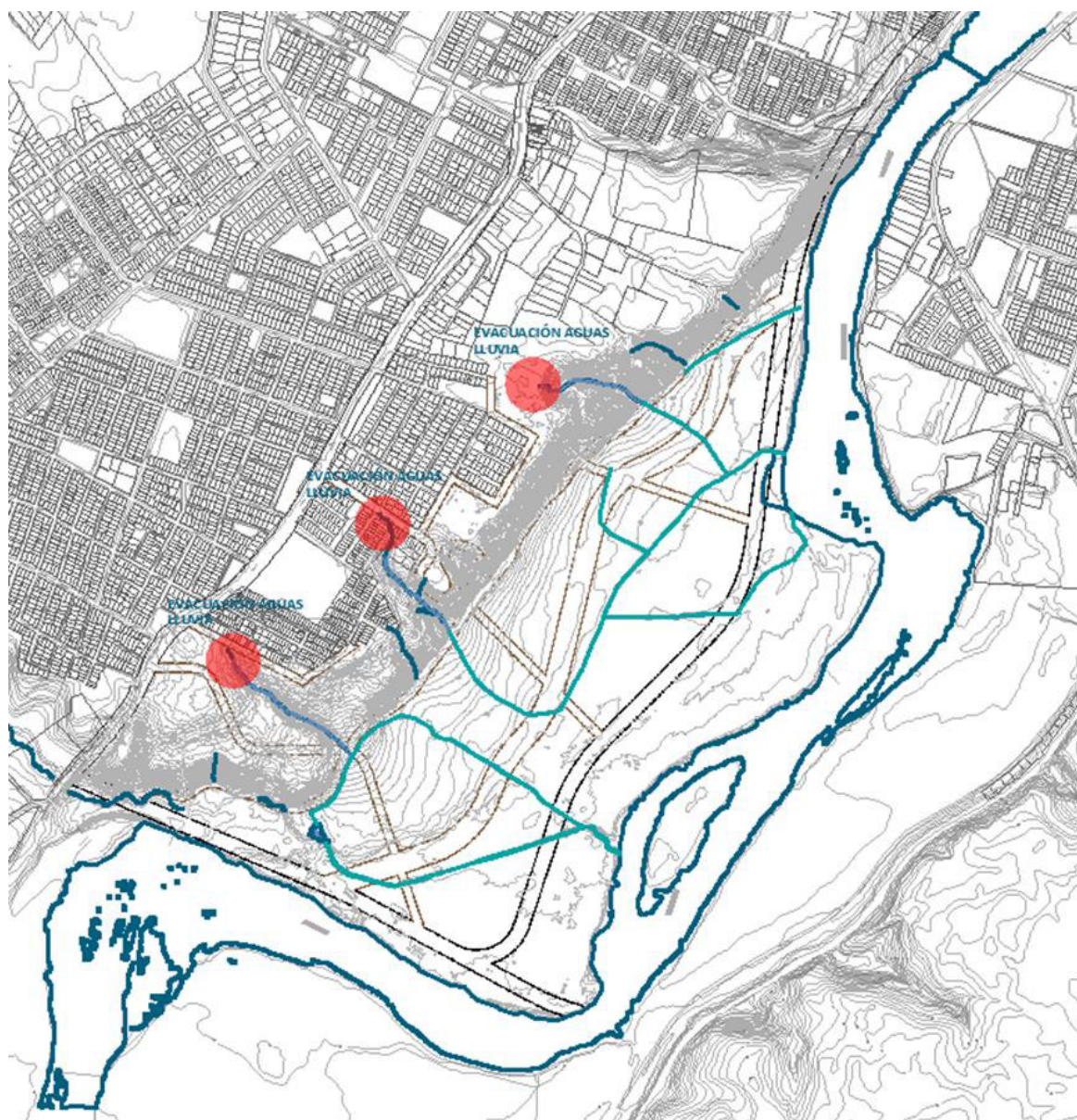
2.2.2.1. DIAGNÓSTICO DE INUNDACIÓN POR ANEGAMIENTO

De la evacuación aguas lluvias

El proyecto dentro del sistema de laderas, considera las quebradas más relevantes asociadas a la captación de aguas lluvia del sector alto de Rahue para su traslado hasta el río. Las poblaciones aledañas a los puntos de entrega son la Población Villa del Rahue, Conjunto Habitacional Porvenir, Población Villa Sur, Población los Clásicos, considerando las aguas captadas por sumideros y las aguas trasladadas por las calzadas.

El proyecto Barrio Parque Integrado permite que el sistema de drenaje actual mantenga el traslado de las aguas estacionales por estas quebradas y canales abiertos restringiendo los usos de suelo en sus bordes limitándolo a áreas verdes y espacio público.





HIDROGRAFÍA



-  RÍO, LAGUNA, ESTEROS Y QUEBRADAS
-  CANALES

Figura N°39. Quebradas drenaje aguas lluvias de poblaciones de Rahue Ato

El resto de las aguas que escurren superficialmente por el área de estudio y no evacuan de manera natural por el régimen de canales abiertos, deberán ser abordadas en estudios pertinentes de evacuación de aguas lluvia a través de la infraestructura vial, como es el caso de la vía Paseo Pie de Monte que separa el sistema de ladera con la zona H4.



2.2.2.2. SUCEPTIBILIDAD DE INUNDACIÓN POR ANEGAMIENTO

Se concluye sobre la presencia de una red de cauces que cumplen dos finalidades, la primera evacuación de aguas lluvia mediante escurrimiento superficial estacional cruzando todo el predio hasta evacuar en el río Rahue, y la segunda, dichos cauces aportan medio ambientalmente a una laguna y flora existente en ladera que limita en toda su extensión el polígono de proyecto y la cual contiene principalmente en el área norte vegetación de valor por contener especies nativas.

De acuerdo a lo anterior, se establece que:

- 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, de este modo, los proyectos de infraestructura consideren esta condicionante.
- Limitar los territorios conformados por los cauces, considerándolos “áreas de Riesgo”.

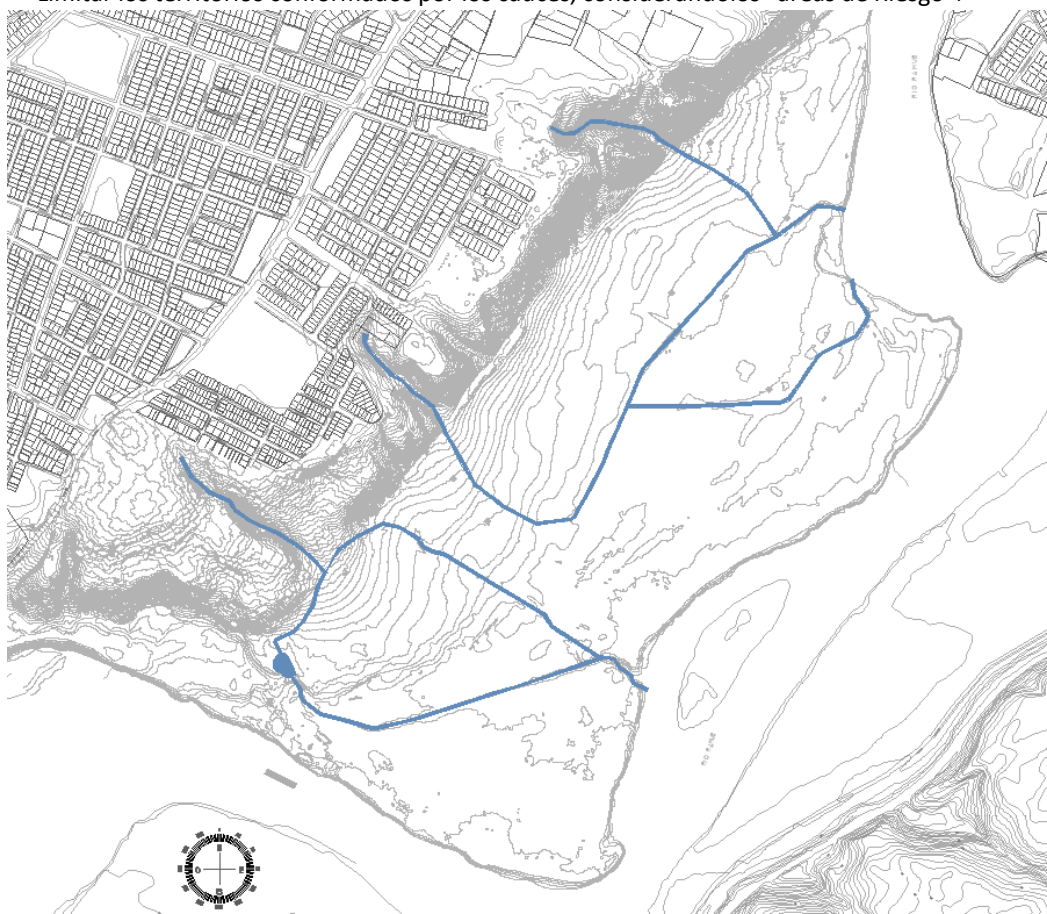


Figura N°40. Áreas de riesgo de inundación por anegamiento. Fuente: Elaboración Propia.

ARIA **ÁREA RIESGO INUNDACIÓN
POR ANEGAMIENTO**



ÁREA RIESGO INUNDACIÓN POR ANEGAMIENTO



2.3. TERRENOS PROPENSOS A AVALANCHAS O RODADOS

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.

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 sismo tectónica. 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 (Cuadro N° 17).

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.			

Cuadro N° 17: Relación de pendiente y aptitud de usos del terreno Fuente: Waters et al., (1996).



2.3.1. PELIGRO DE PROCESO DE LADERAS

El término remoción en masa ha sido definido por Varnes (1978), Cruden y Varnes (1996), y actualizado por Hunger et al. (2013). Corresponden a procesos de movilización lenta o rápida de determinado volumen de suelo, roca, o ambos, en diversas proporciones, generados por distintos factores, correspondiendo intrínsecamente a procesos gravitacionales, considerando que una porción específica del conjunto del terreno se desplaza hasta una cota o nivel inferior a la original.

Este tipo de mecanismos constituyen un conjunto de amenazas tanto a escala geológica como a escala de obras de ingeniería, que resultan ser frecuentes en la naturaleza y que en algunas ocasiones generan gran daño a la población.

Es importante recalcar que en la literatura se encuentran muchas clasificaciones de remociones en masa; la mayoría de ellas basadas en el tipo de material, los mecanismos del movimiento, el grado de deformación del material y el grado de saturación. Entre los tipos principales de remociones en masa, según Varnes (1978) se encuentran caídas de roca, deslizamientos, flujos, toppling y extensiones laterales (Cuadro N°19).

A continuación, se presentan los principales tipos de remociones en masa, con alguna información e ilustraciones esquemáticas extraídas del libro “Proyecto multinacional andino: Geociencias para la comunidad andina” (2007).

Tipo de movimiento		Tipo de material involucrado y nombre del movimiento asociado a este		
Caída		Suelo Roca		
		Caída de rocas o desprendimientos		
Deslizamientos	Rotacional	Suelo Roca		
	Traslacional	Asentamiento		
		Deslizamiento de rocas		
Flujo		Material no consolidado		
		Bloques	Detritos	>50% arena, limo y arcilla
		Flujo de escombros	Flujo de detritos o derrubio	Flujo de barro
Volcamiento		Suelo Roca		
		Volcamiento (Toppling)		
Extensiones laterales		Material blocoso Suelo		
		Extensión lateral		

Cuadro N° 18. Clasificación de Remociones en Masa. Fuente: Elaboración basada en Varnes (1978) y Gonzales Vallejos (2002).

Caídas de roca

Son movimientos abruptos de bloques independientes de roca, siendo sus causas principales la presencia de discontinuidades en el macizo rocoso (Figura N° 107). El material desprendido podrá alcanzar el pie del talud mediante caída libre, rodando y rebotando, lo que dependerá principalmente de la forma del bloque y del ángulo de pendiente del talud. Durante la caída, los materiales podrán adquirir una alta energía cinética, permitiéndoles abarcar una amplia área a los pies de la ladera, lo cual se acrecentaría si se suma una cantidad importante de material aportado (Varnes, 1978).



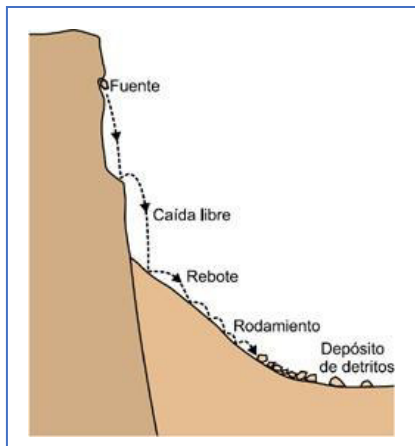


Figura N°41. Esquema de caídas de rocas. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

Deslizamientos

Corresponde a un movimiento ladera abajo de masas de suelo o roca a través de superficies de cizalle definidas. Según Varnes (1978) los movimientos más comunes que presentan los deslizamientos, son los traslacionales (Figura N°108) y rotacionales (Figura N°109). Los primeros pueden darse en suelo o en roca y tienen lugar en superficies preexistentes más o menos planas, generadas por discontinuidades presentes en el macizo rocoso (por ejemplo, diaclasas, fallas o planos de estratificación), y donde la masa a deslizar supera la resistencia que le ocasiona la discontinuidad mediante características propias de la estructura, como propiedades mecánicas resistentes de la superficie y del relleno (González de Vallejo et al., 2002). Los segundos –deslizamientos rotacionales–, son más frecuentes en suelos cohesivos o roca muy meteorizada, donde la rotura, ya sea superficial o profunda, tiene lugar a favor de superficies curvas, en que una vez iniciada la inestabilidad, la masa empieza a rotar, pudiendo dividirse en varios bloques que deslizan entre sí y dan lugar a “escalones” con la superficie basculada hacia la ladera y a grietas de tracción estriada (González de Vallejo et al., 2002).

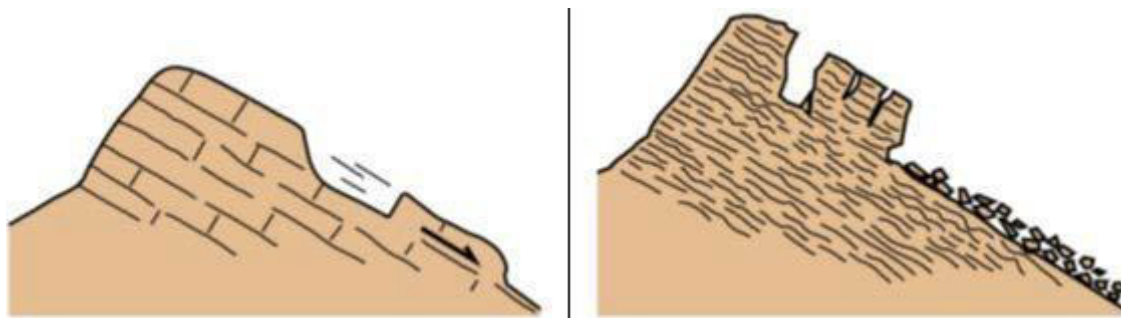


Figura N°42. Esquema de deslizamiento traslacional. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.



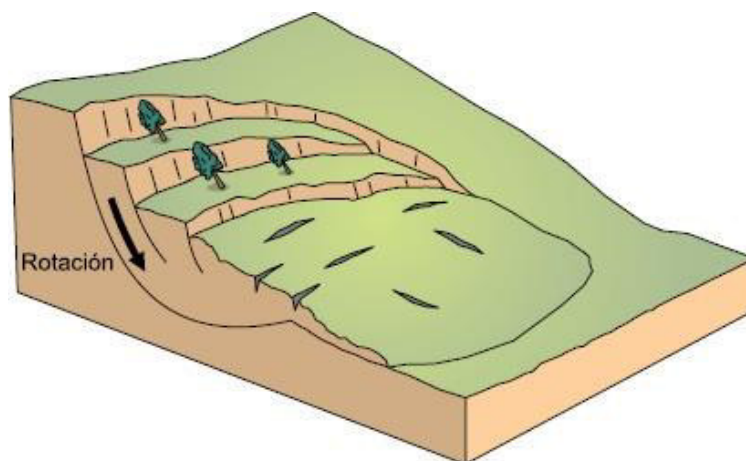


Figura N°43. Esquema de deslizamiento rotacional. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

Flujos

Corresponden a movimientos continuos en el espacio, de masas de suelo (flujos de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubios) o bloques rocosos (coladas de fragmentos rocosos) con abundante presencia de agua (Figura N°110), el material está disgregado y se comporta como un fluido, donde las masas desplazadas son fuertemente deformadas internamente, sin presentar superficies de rotura definidas. El agua es el principal agente desencadenante, por la pérdida de resistencia a que da lugar en materiales poco cohesivos (Varnes, 1978; González de Vallejo et al., 2002).

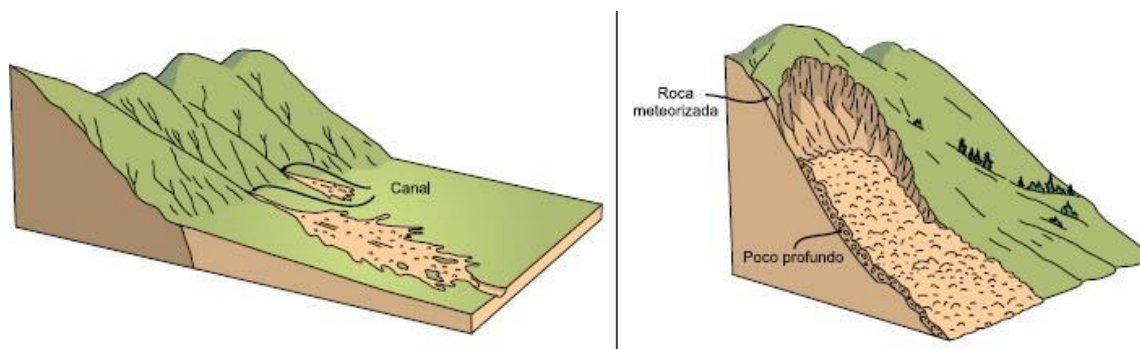


Figura N°44. Esquema de flujo canalizado (izq.) y no canalizado (der.). Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

Volcamiento (Toppling)

Tipo de movimiento en masa dado por acción de la gravedad, empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas, en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo (Figura N°111), alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior (Varnes, 1978). Goodman y Gray (1976) diferencian dos tipos de volcamientos:

-Volcamiento de bloques: involucra roca relativamente competente, donde el fallamiento ocurre por pérdida de la estabilidad y rotación de uno o varios bloques a partir de un punto en su base. Es controlado por una orientación específica de discontinuidades y generalmente está asociado a velocidades altas.



-Volcamiento flexural: involucra roca más frágil y densamente diaclasada; el fallamiento ocurre por el doblamiento de columnas de rocas delgadas.

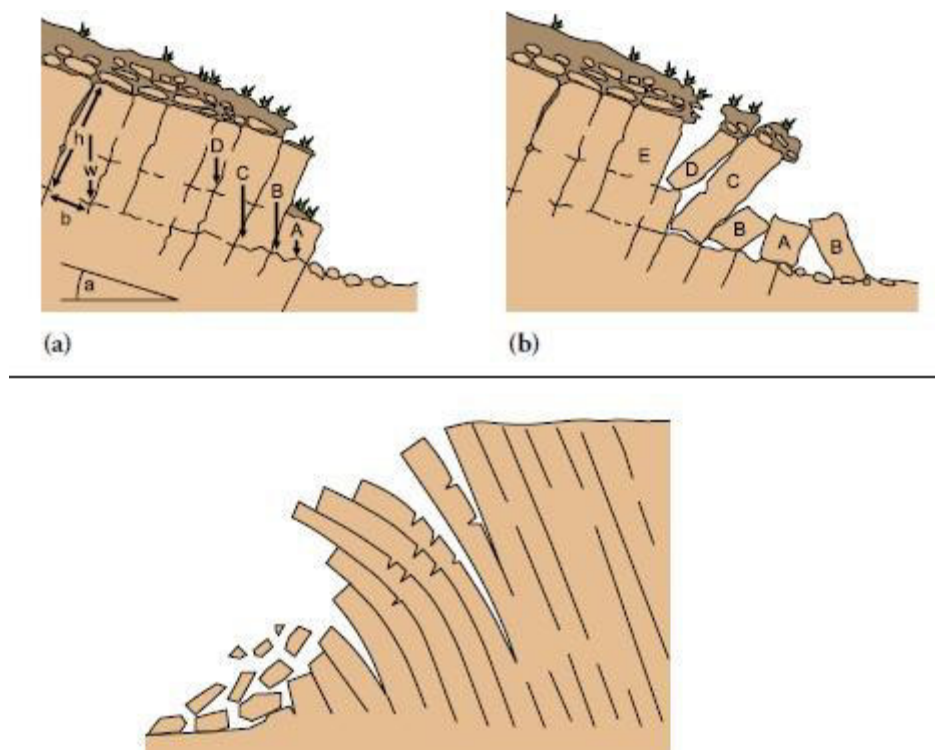


Figura N°45. Esquema de volcamiento en bloque. (Freitas y Waters, 1973 en Varnes 1978). Abajo esquema de volcamiento flexural (Corominas y Yagué 1997 enproyecto Muntinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas 2007).Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

Extensiones laterales

Es un movimiento de bloques rocosos o masas de suelo muy coherente y cementado sobre un material blando y deformable (Figura N°112). Los bloques se desplazan muy lentamente a favor de pendientes muy bajas. Los movimientos son debidos a la pérdida de resistencia del material subyacente, que fluye o se deforma bajo el peso de los bloques rígidos. Las extensiones laterales se dan en laderas suaves, pueden ser muy extensos y provocados por licuefacción del material infrayacente, o por procesos de extrusión lateral de arcillas blandas y húmedas, bajo el peso de masas superiores (González de Vallejo et al., 2002).

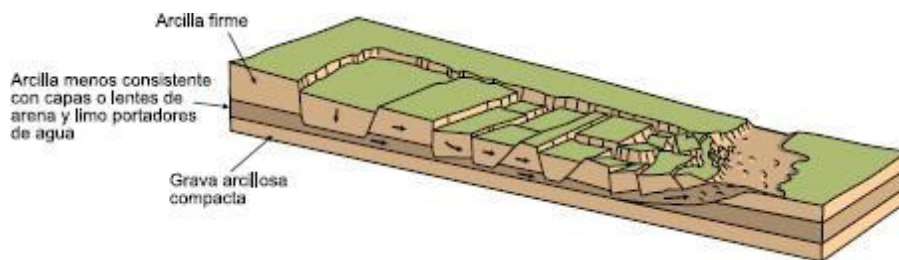


Figura N°46. Dibujo esquemático de un desplazamiento lateral.Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.



Factores condicionantes y gatillantes

Se denomina factor condicionante a todo factor que pueda generar una situación potencialmente peligrosa, y que por lo tanto controle la susceptibilidad de generar un fenómeno de remoción en masa.

Cada uno de los fenómenos de remociones en masa presenta génesis y dinámicas distintas, así habrá factores con mayor influencia que otros dependiendo del mecanismo a estudiar (Cuadro N°17).

Factores Condicionantes \ Tipo de remoción en masa	Caídas	Deslizamientos	Topping	Flujos	Extensiones Laterales
Geología y Geotecnia	X	X	X	X	X
Geomorfología	X	X	X	X	X
Hidrología e Hidrogeología	X	X	X	X	X
Vegetación y Clima		X		X	X
Actividad Antrópica	X	X	X	X	

Cuadro N° 19. Factores condicionantes relevantes para cada tipo de Remoción en Masa, Lara (2007).

Uno de los factores principales es la geomorfología; los principales rasgos geomorfológicos condicionantes de remociones en masa son la topografía, la altura de las laderas, su extensión y pendiente, incluyendo cambios fuertes en ella. Cualquier variación en estas características puede volver una ladera estable en inestable y generar remociones en masa (Popescu, 2002). También puede considerarse un factor condicionante importante la orientación de la ladera con respecto al norte, aspecto geográfico que puede influir por ejemplo en el tiempo de exposición al sol y por lo tanto, en el grado de humedad, presencia de vegetación y meteorización en la ladera.

Una topografía escarpada y ángulos altos de pendiente pueden influir en la generación de flujos, deslizamientos y derrumbes. Cuanto mayor sea la pendiente tanto de laderas como de cauces, entregan una altacapacidad de transporte y energía a los flujos.

Los factores gatillantes o desencadenantes son factores que modifican la estabilidad preexistente del terreno y gatillan la ocurrencia de un evento de remoción en masa (González de Vallejo et al., 2002). Entre los más comunes se cuentan las lluvias de gran intensidad y los sismos; también pueden considerarse, aunque con menor relevancia, las erupciones volcánicas, la intervención antrópica, la fusión de nieve, entre otros.

2.3.1.1. DIGNÓSTICO DE TERRENOS PROPENSOS A AVALANCHAS O RODADOS

Se realizó una carta de pendientes (Figura N°45), 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 del cuadro N°18 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.

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

Cuadro N° 20. Relación entre rangos de pendiente y umbrales morfodinámicos de amenazas de origen natural.

La información del cuadro N°18 se ve reflejada espacialmente en la figura N°45, 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 señales en color rojo, localizadas en el escape de la terraza oeste del río Rahue y las riberas de los tributarios en el margen éste.



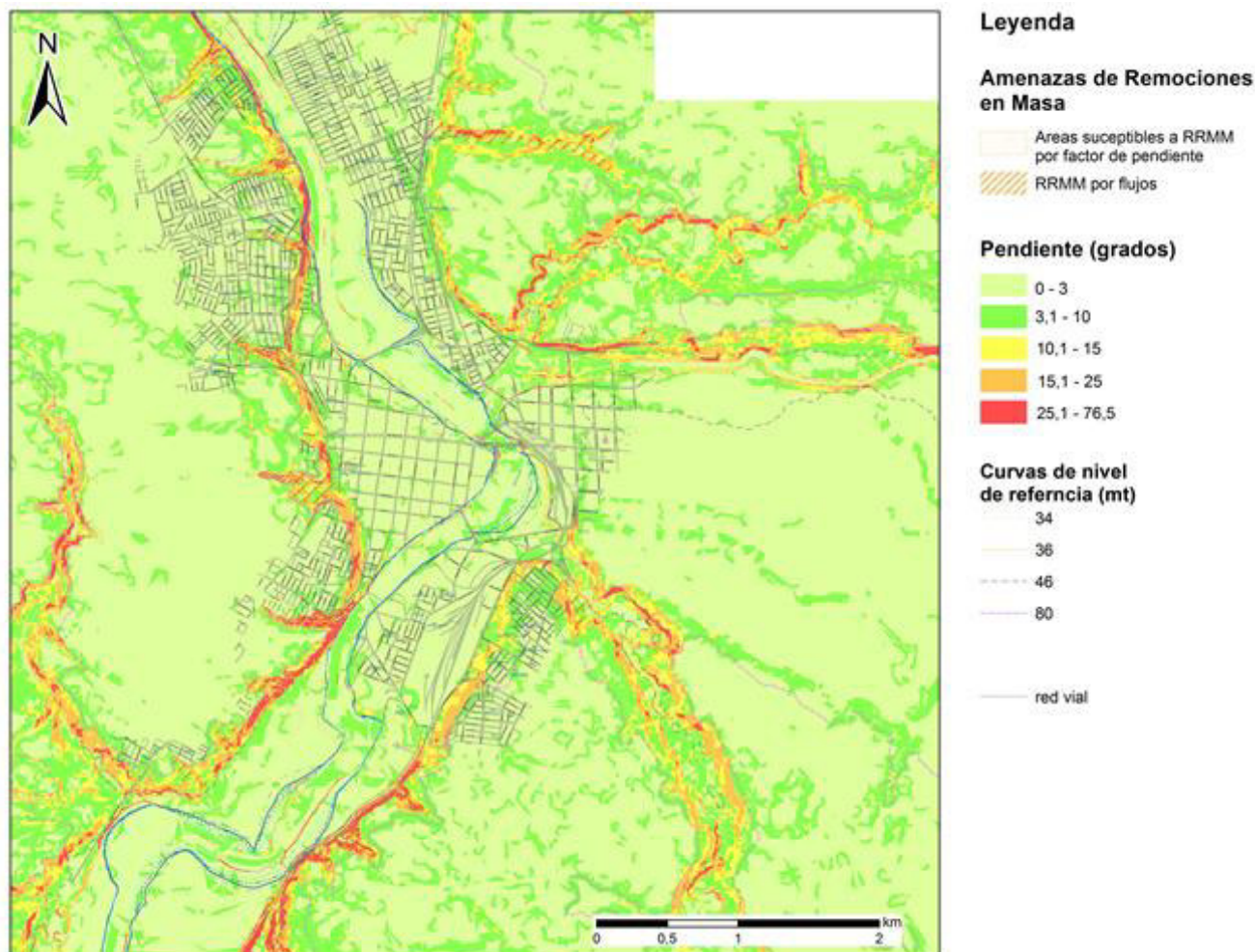


Figura N°47. Carta de pendiente en la ciudad de Osorno. Fuente: Estudio de Riego Ma. Victoria Soto.

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 flujo 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 rodados.





Figura N°48. Sector con un alto riesgo de inestabilidades por deslizamientos de suelo. (LEPUCV,2015) Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

2.3.1.2. SUCEPTIBILIDAD DE TERRENOS PROPENSOS A AVALANCHAS O RODADOS

LEPUCV (2015) indica que en el perímetro este y sur este del terreno en estudio existirían sectores con un alto riesgo de inestabilidades por deslizamientos de suelos, ante eventos sísmicos de importancia y/o lluvias intensas (Figura N°114). Ello debido a las quebradas existentes, las laderas desprotegidas (sin vegetación) y taludes de considerable altura.

De acuerdo a Sernageomin (Pérez et al., 2003), el sitio, en particular la ladera que conecta el sector alto con el bajo, está expuesto a peligro de remociones en masa (en rojo en la Figura N°113) y se recomienda evitar construcción de edificios altos. Se recomienda también, instalar drenajes adecuados. La terraza inferior está expuesta a inundaciones y se recomienda construir gaviones, profundizaciones o manejo del cauce con los debidos estudios de ingeniería (Pérez et al., 2003).



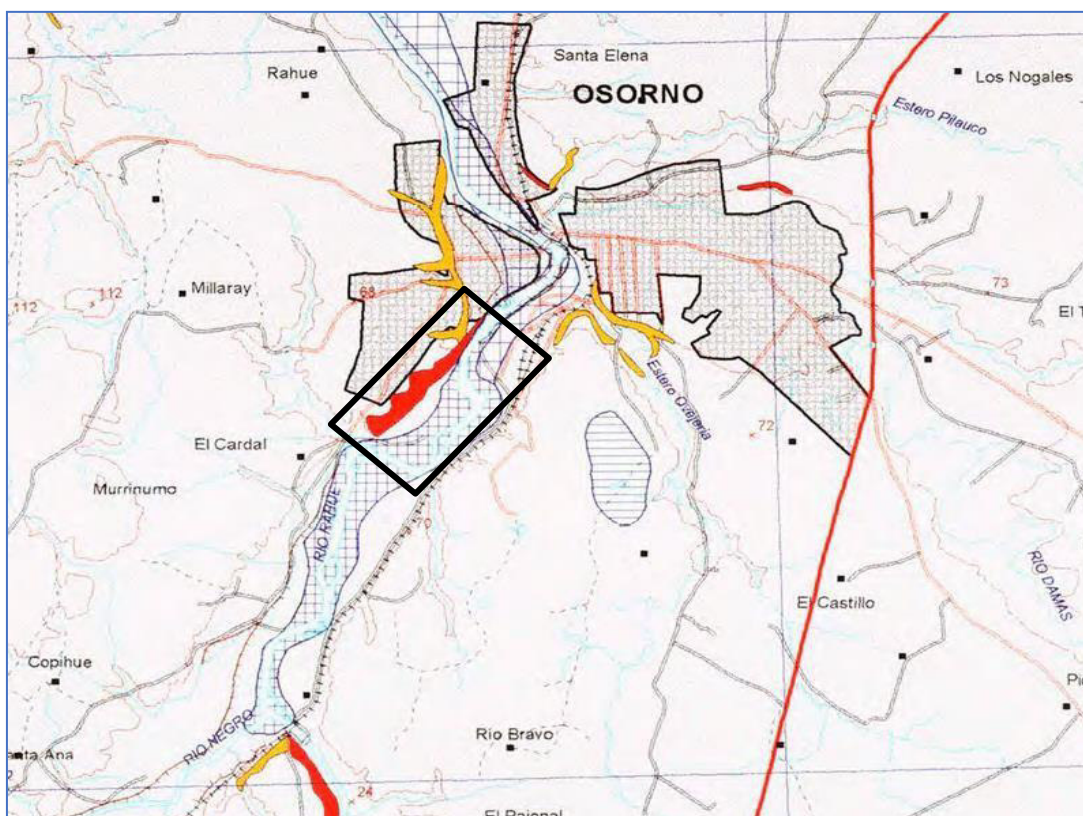


Figura N°49. Recomendaciones de Sernageomin (Pérez ET AL.2003) para el área de Osorno. En rectángulo negro área de estudio: Barrio Parque Integrado. Fuente: Imagen extraída de archivos de Estudios de “Construcción Macroinfraestructura Barrio Parque Integrado de Osorno”.

El sitio se ubica en un terreno principalmente plano, correspondiente a una terraza aluvial del río Rahue, que alcanza alturas de entre 10 a 20 m. Hacia el noroeste el sitio muestra un aumento de la altitud hasta alcanzarcotas de entre 60-75 m s.n.m., correspondiente a otro nivel plano, aterrizado. El paso de un nivel a otro lo constituye una ladera inclinada, a los pies de la cual se desarrollan pequeñas ondulaciones del terreno. Esta laderapor su parte está cruzada por pequeñas quebradas de orientación NW, las cuales tienen laderas empinadas, conpendientes dominantes de entre 25 y 40°.

La geomorfología presente en el área de estudio muestra dos unidades dominantes que corresponden en su conjunto a una gran unidad mayor. Es posible advertir que las unidades menores corresponden a zonas deplanicies caracterizadas por la terraza inferior, mientras que existe una meseta definida por la terraza superior, donde se emplaza el sector de Rahue Alto. En corredor de conexión entre estas dos unidades corresponde a un sector de quebradas con pronunciadas pendientes, el cual delimita la terraza superior respecto de la inferior. Eneste sector de quebradas existe una gran limitación para la ocupación del espacio, por cuanto la materialidad del sustrato es poco cohesionada una vez revisados los antecedentes geológicos. Dicha condición, en conjunto con las pronunciadas pendientes y el factor climático aportando intensas precipitaciones, enmarcan el escenarioideal para la ocurrencia de procesos de remoción en masa.

Considerando que la ocupación del territorio en las inmediaciones es más bien orgánica, sin responder a una planificación previa, es previsible vislumbrar un uso indebido de estos sectores de quebradas mediante la instalación de inmuebles irregulares, potenciando el proceso erosivo y de deterioro de las laderas de la terraza superior producto de la acción antrópica que no contempla un resguardo de la estabilidad estructural de la unidad.



2.4. SISMICIDAD

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.

2.4.1. DIAGNÓSTICO DEL PELIGRO SÍSMICO

Según lo indicado en el informe de sismicidad y terremotos en Chile, del Centro de Sismología Nacional de la Universidad de Chile, nuestro territorio se encuentra ubicado sobre la placa sudamericana, en su borde occidental donde convergen y generan zonas de subducción las placas de Nazca y Antártica, en tanto que la placa de Scotia se desliza horizontalmente respecto de la placa sudamericana, en un borde de placas transcurrentes.

Tal como indica el informe, estas interacciones producen una gran deformación del continente Sudamericano, y generan terremotos en todo Chile, debido a la alta velocidad de convergencia entre Nazca y Sudamericana, la sismicidad en esa zona es la más intensa y produce los mayores terremotos en el país.

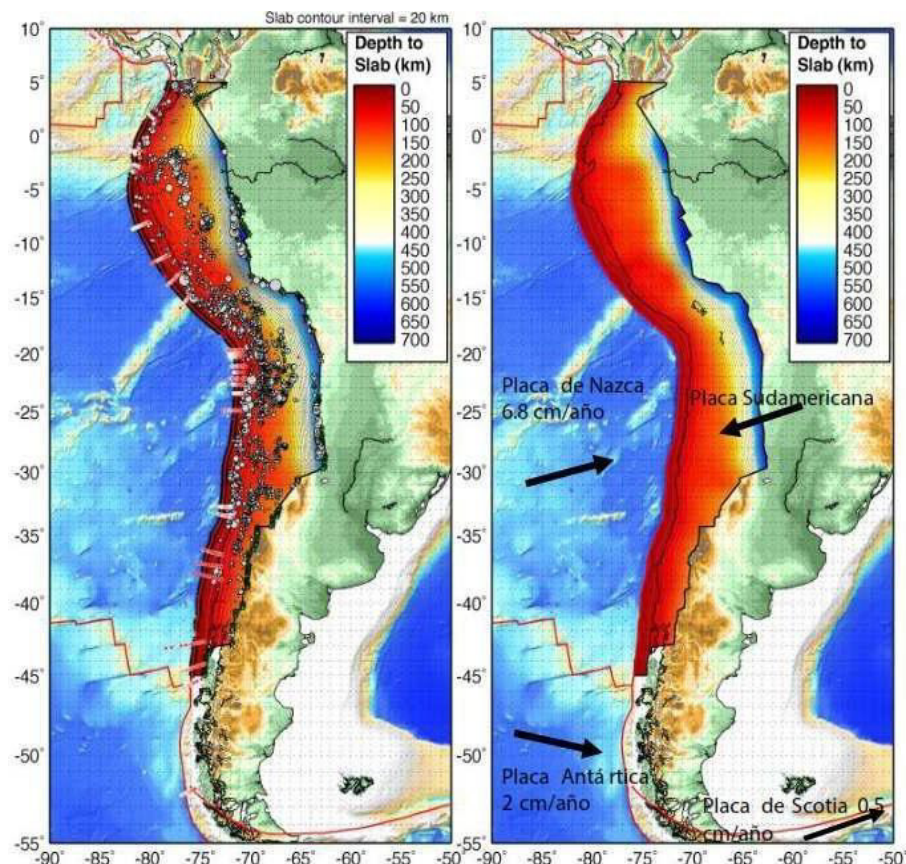


Figura N°50. Marco tectónico de Chile. Se muestra la Placas que interactúa con la placa Sudamericana indicandola dirección y velocidad de convergencia. Los colores indican la profundidad alcanzada por la Placa de Nazca bajo la Placa de Sudamericana. Los puntos de color blanco son sismos que permiten determinar la profundidad y geometría de la zona de subducción. Fuente: Sernageomin.



A partir de la normativa vigente, es posible señalar las siguientes características generales del sector: Clasificación NCh433/96 Mod. 2009 D.S. 61

En atención al Decreto Supremo (DS) 61 del 13 de diciembre de 2011, se pueden considerar las siguientes clasificaciones:

- Zonificación sísmica: La zona quedará localizada en la zona 3 (comuna de Osorno, VIII Región del Bío Bío).

Últimos Grandes Terremotos en Chile

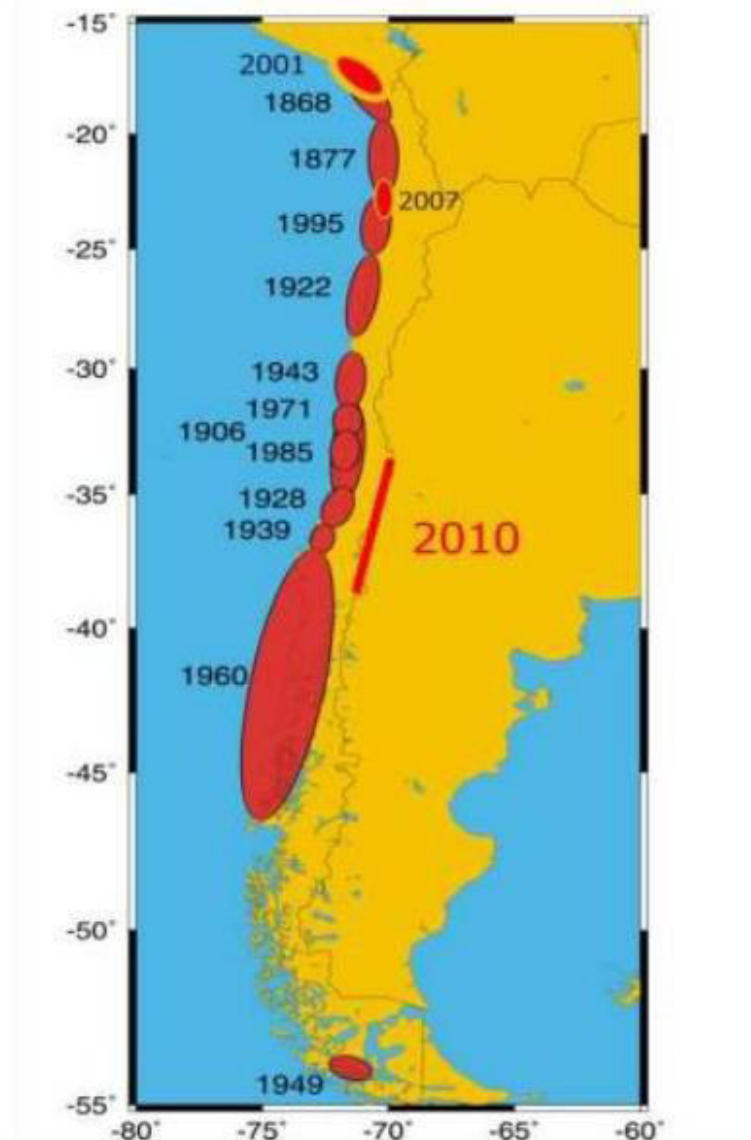


Figura N°51. Últimos terremotos en Chile. Los eclipses rojos muestran aproximadamente la zona de ruptura de cada terremoto indicado por su fecha de ocurrencia. La mayoría son de subducción interplaca, excepto el de 1939 que corresponde al terremoto de Chillan que es un terremoto interplaca-oceánica, y los terremotos de Punta Arenas de 1949 (M 7,8), que corresponden a terremotos de borde de placa transcurrente en la zona de la falla de Magallanes. Fuente: Sernageomin.



De acuerdo a lo anterior, la aceleración efectiva (A_0) que depende de la zonificación sísmica asume el siguiente valor:
 $A_0 = 0.40g$.

Las zonas más probables de generar futuros terremotos son aquellas en las cuales ha transcurrido suficiente tiempo para acumular esfuerzos desde el último gran terremoto (gaps o lagunas sísmicas).



Figura N°52. Zona de subducción y tipos de sismos que ocurren en ella. Fuente: Sernageomin.

Tectónica

Al igual que los análisis referidos a los riesgos de remoción en masa, son considerados aquí los aspectos ~~que~~ desarrollados por los estudios de Modificación al Plan Regulador. 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 tectolinesamientos 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.

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.

- 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). 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 grabenasimétrico, 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.

2.4.2.SUCEPTIBILIDAD DEL PELIGRO SÍSMICO

Según los análisis descritos, respecto a riesgos de sismicidad, se determinan las siguientes conclusiones:

1. La ciudad de Osorno se emplaza en un territorio homogéneo en cuanto a su afectación por riesgo de sismo.
2. Es importante considerar la historia sísmica del lugar, el tipo de suelo y su relación con aceleraciones y posibles daños. Esta zona ha sido afectada en mayor o menor grado por actividad sísmica.

El territorio donde se emplaza la ciudad, no presenta particularmente condiciones que se alejen de los márgenes generales que afectan a la zona, por lo que no se establecen riesgos de sismicidad específicos para el área de estudio.

2.5.PELIGRO POR ACTIVIDAD VOLCÁNICA

Lara *et al.* (2011) desarrollaron un mapa de los peligros volcánicos de Chile, con los volcanes considerados geológicamente activos. De dicho mapa, se puede apreciar un extracto de la región en estudio (Figura N°104). El detalle de la simbología se encuentra en las Figuras N°105 y 106.



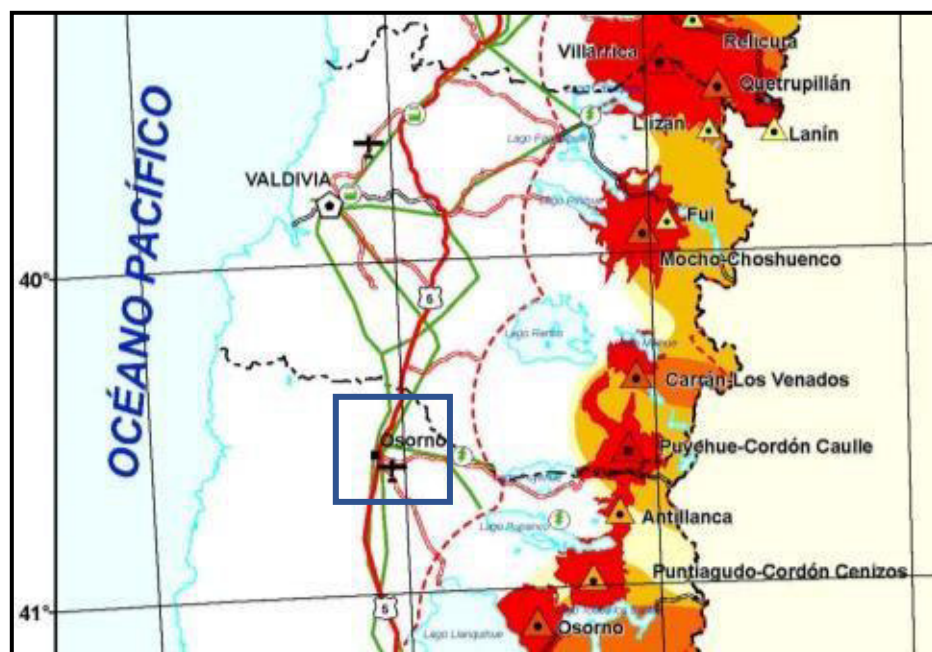


Figura N°53. Peligro Volcánico asociado a la Región de los Lagos, esc. 1:2000.000. Fuente: Extraído de Carta Geológica de Chile, Serie Geología ambiental, N°13 (Lara ET AL., 2011).en rectángulo azul ubicación del área de estudio.

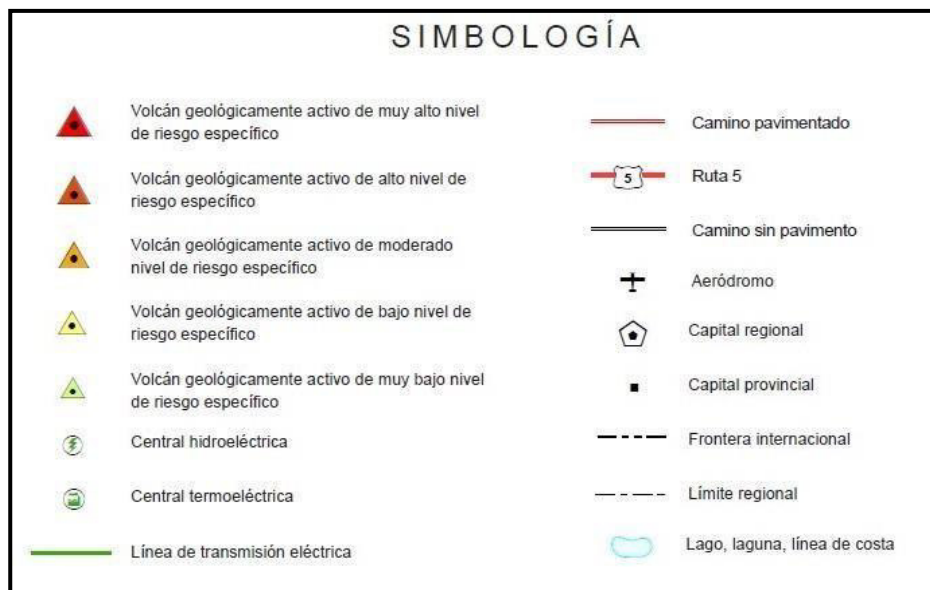


Figura N°54. Simbología correspondiente a la Figura N°53. Fuente Extraído de Lara ET AL. (2011)





Figura N°55. Leyenda correspondiente a la Figura N°53. Fuente Extraído de Lara ET Al. (2011).

Como se observa en la Figura N°53, hay varios volcanes ubicados en la cordillera de Los Andes a la latitud de Osorno. De estos volcanes, destaca por su cercanía y actividad, el complejo volcánico Puyehue- Cordón Caulle calificado por Sernageomin en el lugar 11 del ranking de peligrosidad de los volcanes, con un riesgo específico 8 (Muy alto).

OVDAS de SERNAGEOMIN (<http://sitiohistorico.sernageomin.cl/volcan-observatorio.php>), describe como el Complejo Volcánico Puyehue-Cordón Caulle a un conjunto de centros emisores coalescentes pleistoceno-holocenos, situado en la provincia central de los Andes del Sur. Entre los volcanes principales que forman este complejo, cuya arquitectura es la de un alineamiento de rumbo NW-SE, se encuentra la caldera Cordillera Nevada, el estratovolcán Puyehue y el volcán fisural Cordón Caulle. Además, otros centros integran el conjunto como el erosionado volcán Mencheca y una serie de conos y mares holocenos que constituyen centros periféricos. Este complejo es el campo volcánico más voluminoso al sur de la región del Maule y alberga el segundo mayor campo geotérmico de los Andes del Sur.

La actividad eruptiva que progresivamente ha dado forma a este campo volcánico se inicia hace ca. 500 mil años desarrollándose de manera contemporánea pero independiente en los centros principales del complejo. La primera fase de construcción culminó con colapsos y períodos de erosión intensa y fue seguida por una etapa de reconstrucción de los edificios en los últimos 100 mil años que finalmente han dado forma a los edificios volcánicos actuales. En conjunto, los productos volcánicos generados por este complejo cubren un amplio rango composicional desde basaltos a riolitas. Las erupciones más recientes, tanto del volcán Puyehue como del Cordón Caulle, cubren un rango más estrecho dominando riolitas y riolitas.



Este complejo volcánico es también uno de los más activos de los Andes del Sur. En los últimos 100 años han ocurrido 3 erupciones importantes: 1921-22; 1960 y 2011-12; todas ellas en el Cordón Caulle. Destaca la ocurrida en 1960, iniciada a menos de 2 días del gran terremoto de Valdivia. En cada una de estas erupciones recientes se evacuó magma riodacítico con volumen cercano a 1 km³.

El volcán Osorno, ubicado al sureste de la ciudad homónima es descrito por OVDAS como un estratovolcán compuesto. En conjunto con los volcanes La Picada, Puntagudo y Cordón Cenizos, forma una cadena volcánica transversal de orientación N60°E.

Su actividad eruptiva se inicia en el Pleistoceno Medio hace cerca de 200 mil años edificándose un estratovolcán inmerso en el campo de hielo que dominaba el paisaje durante la llamada Glaciación Santa María, erosionado profundamente durante la fase terminal de ésta. Sobre esta estructura desmantelada se inició la construcción del volcán actual. En este episodio, el cono central habría sido reconstruido en un ambiente libre de hielo, pero aún dominado por glaciares en los valles principales que se extienden a sus pies. La edificación del estratovolcán compuesto continuó en el Pleistoceno Superior de manera contemporánea con la Glaciación Llanquihue, aunque fue, al mismo tiempo, erosionado por el avance de los glaciares principales. La actividad eruptiva posglacial se caracteriza tanto por la ocurrencia de erupciones del cráter central como por la actividad de centros parásitos ubicados en los flancos. Estos últimos corresponden a conos piroclásticos basálticos y domos dacíticos, aislados y de distribución radial, o conjuntos de conos múltiples y fisuras eruptivas que se organizan en cadenas NE-SW. A las erupciones del cráter central se asocian también erupciones de mayor explosividad que han generado flujos piroclásticos basálticos y tefras de composición dacítica.

La actividad eruptiva histórica del volcán Osorno se ha caracterizado esencialmente por episodios de baja explosividad entre los cuales destaca la erupción fisural de 1835 AD. La débil fumarola descrita desde principios del siglo XX bajo el hielo de la cima parece haberse atenuado en la actualidad. La parte superior del edificio volcánico está cubierta por un significativo glaciar que, aunque en franco retroceso, representa un volumen capaz de movilizar detritos durante erupciones de alta tasa de emisión, lo que constituye el mayor peligro volcánico asociado a este centro.

Si bien estos volcanes son considerados activos, el mapa de peligro volcánico de Sernageomin (Lara et al., 2011) deja fuera de alcance de peligro volcánico a la ciudad de Osorno.

3. ÁREA DE RIESGO GENERADAS POR ACTIVIDAD O INTERVENCIÓN HUMANA

Dentro del polígono de estudio existen dos condiciones de riesgo generadas por actividad o intervención humana, las cuales corresponden a asentamientos irregulares y extracción de áridos en la cuenca del río Rahue.

3.1. RIESGOS POR ASENTAMIENTOS HUMANOS IRREGULARES

En el polígono de intervención de proyecto se encuentra instalado en la zona suroeste de la ladera un asentamiento irregular denominado Campamento Buscando Futuro. Dicho asentamiento irregular produce contaminación por basura, y contaminación por ausencia de solución de alcantarillado.





Figura N°56. Círculo rojo indica sector de asentamiento irregular. Fuente elaboración propia.

Ambas condiciones generan focos de contaminación que impactan sobre en la laguna que se encuentra aledaña a dicho asentamiento, y condiciones insalubres para la población del lugar.

El presente proyecto propone dar solución habitacional definitiva a las familias que son parte del campamento con colaboración de SERVIU, y junto con ello recuperar estos terrenos con un uso de suelo que pongan en valor la laguna y su aporte al medio ambiente.

3.2. RIESGOS POR EXTRACCIÓN DE ÁRIDOS

Durante la realización de los trabajos de terreno, se efectuó un catastro con las zonas de extracción de áridos en los ríos Rahue y Forrahue. La información obtenida, se apoyó en antecedentes entregados por la DOH Regional. Es así como se identificaron las zonas de extracción que se presentan en los planos del proyecto.

De acuerdo a lo observado en terreno, la erosión se debe a un mal manejo de las extracciones de áridos, lo cual no implica que a causa de esta situación puedan generarse desbordes.

Al analizar en forma puntual las extracciones existentes, se destacan los siguientes sectores involucrados en el sector Barrio Parque:

PT	Sector	Ribera	Denominación	Diagnóstico
214-215	Tramo 2	Derecha	Extracción Áridos Río Lindo (EDECO)	Depositación
216		Derecha	Extracción Artesanal	Depositación
223		Derecha	Extracción áridos	Erosión
229		Derecha	Extracción artesanal	Erosión

Cuadro N° 19. Sectores Extracción de Áridos. Fuente: Diagnóstico Plan Maestro de Manejo de Cauces de la Cuenca del Río Rahue.

Como se puede observar, todas estas situaciones se relacionan con el costado derecho del río, es decirno corresponderían al costado donde se ubica Barrio Parque



3.3. ZONAS NO EDIFICABLES

El artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones referido a Áreas Restringidas de Desarrollo Urbano, en su inciso tercero define las zonas no edificables de la siguiente manera:

“Por “zonas no edificables”, se entenderán aquellas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles a edificación, en virtud de lo preceptuado en el inciso primero del artículo 60° de la Ley de Urbanismo y Construcciones. En estas áreas solo se aceptará la ubicación de actividades transitorias.”

Luego en su inciso sexto señala:

Las “zonas no edificables” corresponderán a aquellas franjas o radios de protección de obras de infraestructura peligrosas, tales como aeropuertos, helipuertos, torres de alta tensión, embalses, acueductos, oleoductos, gaseoductos, u otras similares, establecidas por el ordenamiento jurídico vigente.

Dentro del polígono de estudio no existen obras de infraestructura peligrosas, tales como helipuertos, torres de alta tensión, embalses, acueductos, oleoductos, gaseoductos, u otras similares.

3.4. ÁREAS DE PROTECCIÓN DE RECURSOS DE VALOR NATURAL

Dentro del polígono de estudio no existen áreas de protección de Recursos de Valor Natural.

3.5. ÁREAS DE PROTECCIÓN DE RECURSOS DE VALOR PATRIMONIAL CULTURAL

La ciudad de Osorno cuenta con un sistema patrimonial cultural concentrado principalmente en su centro fundacional al oriente del río Rahue, donde destacan inmuebles tradicionales de arquitectura residencial alemana que actualmente constituyen monumentos nacionales y una serie de inmuebles declarados de conservación histórica entre los que se cuentan conjuntos de edificios públicos en calle Bernardo O'Higgins, iglesias, inmuebles residenciales, colegios, el museo histórico y la biblioteca municipal.

Dentro del polígono de estudio no existen inmuebles de valor patrimonial cultural.



Ingeniero Civil

Felipe Carrillo A.
Ingeniero Civil
RUT: 10.869.149 - 2
Pat. Rol: 3 - 93949



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
• http://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/guias/Guia_Evaluacion_Paisaje_130926.pdf Consultado En septiembre 2017

