

# ESTUDIO ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR COMUNAL DE VALLENAR

## ETAPA PROYECTO ESTUDIO FUNDADO DE RIESGO

MAYO 2018



ELIODORO YAÑEZ 1984 OF.405 FONOS 2222 63938-.222272019 – PROVIDENCIA- SANTIAGO

[www.surplan.cl](http://www.surplan.cl)



## ESTUDIO FUNDADO DE RIESGO

### TABLA DE CONTENIDOS

<b>I.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
I.1    OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	5
I.2    ÁREA DE ESTUDIO .....	6
I.3    MARCO NORMATIVO PARA LA DEFINICIÓN DE ÁREAS DE RIESGO .....	7
I.3.1.-    Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones .....	7
I.3.2.-    Ley y Reglamento de cierre de faenas e instalaciones mineras (Ley 20.551 de 2011 y Dto. 41 de 2012) .....	7
I.3.3.-    Áreas de Riesgos en Instrumento de Carácter Intercomunal que afectan el área de estudio. ....	8
I.3.4.-    Áreas de Riesgo en PRC Vigente .....	10
<b>II.- MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>16</b>
II.1    EL CONCEPTO DE RIESGO Y SUSCEPTIBILIDAD .....	16
II.2    RIESGOS EN EL ÁREA DEL ESTUDIO .....	18
II.3    RIESGOS GEOLÓGICOS DERIVADOS DE PROCESOS INTERNOS .....	19
II.3.1.-    Riesgo Asociados a Actividad Sísmica .....	19
II.3.2.-    Riesgos Asociados a Actividad Volcánica.....	22
II.3.3.-    Riesgos Asociados a Inundación .....	23
II.3.4.-    Riesgos Asociados a Remoción en Masa .....	24
II.3.5.-    Riesgos Asociados a Intervención Antrópica .....	26
<b>III.- CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS .....</b>	<b>29</b>
III.1    METODOLOGÍAS ESPECÍFICAS PARA RIESGOS CONSIDERADOS .....	29
III.1.1.-    Susceptibilidad de Áreas Bajo Riesgo de Inundación .....	29
III.1.2.-    Susceptibilidad de Áreas Bajo Riesgo de Remoción en Masa.....	32
III.1.3.-    Áreas de susceptibilidad de riesgo de origen antrópico .....	32
<b>IV.- DELIMITACIÓN DE AREAS BAJO SUSCEPTIBILIDAD DE RIESGO .....</b>	<b>33</b>
IV.1    ÁREAS DE SUSCEPTIBILIDAD DE RIESGO NATURAL .....	33
IV.1.1.-    Áreas Bajo Susceptibilidad de inundación .....	33
IV.1.2.-    Áreas Bajo Susceptibilidad de Remoción en masa.....	50
IV.2    ÁREAS DE SUSCEPTIBILIDAD DE RIESGO DE ORIGEN ANTRÓPICO.....	58
IV.2.1.-    Antecedentes SERNAGEOMIN .....	58
IV.2.2.-    Antecedentes Universidad de Atacama .....	59
IV.2.3.-    Áreas de riesgo antrópico por presencia de relaves mineros.....	61
<b>V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
V.1    ZONIFICACION .....	64
V.2    RECOMENDACIONES.....	65
V.2.1.-    Zonas inundables o potencialmente inundables. ....	65
V.2.2.-    Zonas de remoción en masa.....	66
V.2.3.-    Áreas de riesgo antrópico .....	66
<b>VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>
<b>VII.- ANEXO DE INFORMACIÓN REVISADA.....</b>	<b>68</b>
VII.1    FOTOGRAFÍAS DEL AÑO 1997. ....	68

VII.2	CAUDALES MEDIOS MENSUALES RÍO HUASCO EN EMBALSE SANTA JUANA.....	69
VII.3	CONSTRUCCIÓN EMBALSE SANTA JUANA .....	69
VII.4	EXTRACTO CAPITULO 1.25M ATACAMA ALUVIÓN EN EL DESIERTO. SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA. 2016 .....	70
VII.5	PRIMER CATASTRO NACIONAL DE DESASTRES NATURALES. ....	71
VII.6	LÍNEA DEL TIEMPO REGIÓN DE ATACAMA.....	72
VII.7	FICHAS DE QUEBRADAS .....	72
VII.8	INFORMES SERNAGEOMIN, U. ATACAMA Y MINVU.....	82
VII.8.1.-	Informe rápido de depósitos de relaves abandonados en vallenaar. ....	82
VII.8.2.-	Informe delimitación de depósitos de relave. Universidad de Atacama .....	84
VII.9	INFORME SEREMI MINVU ATACAMA. ....	89

### INDICE DE FIGURAS.

Figura 1.	Contexto comunal del área. ....	5
Figura 2.	Área de Estudio Fundado de riesgo.....	6
Figura 3.	Sitios de relaves identificados por SERNAGEOMIN cercanos al área urbana de Vallenaar. ....	8
Figura 4.	Áreas de PRI Huasco en estudio (anteproyecto enero 2018)– Ciudad de Vallenaar .....	9
Figura 5.	Áreas de PRC Vallenaar Vigente .....	10
Figura 6.	ZR1 PRC 1982 .....	10
Figura 7.	Viviendas ubicadas en área ZR1 .....	11
Figura 8.	Cancha de Futbol ubicada en área ZR1 .....	11
Figura 9.	Borde de cancha de Futbol ubicada en área ZR1 .....	12
Figura 10.	Lecho río en parte central .....	12
Figura 11.	Ladera norte erosionada .....	13
Figura 12.	ZR2 PRC 1982 .....	13
Figura 13.	ZR3 Y ZR4 PRC 1982.....	14
Figura 14	Vista acceso a recinto Aguas Chañar – Ex SENDOS. ....	14
Figura 15.	Vista río Huasco durante crecida del año 1997 .....	15
Figura 16.	Vista área superior ladera norte – sector poniente de la ciudad .....	15
Figura 17.	Concepto de Riesgos.....	17
Figura 18.	Zonas de Subducción y Tipos de Sismos.....	20
Figura 19.	Grandes Terremotos Ocurridos en Chile .....	21
Figura 20.	Principales fallas identificadas en el área de estudio. ....	21
Figura 21.	Ubicación de Volcanes Activos .....	22
Figura 22.	Instalaciones de ENAMI.....	26
Figura 23.	Instalaciones de ENAMI. ....	27
Figura 24.	Instalaciones de ENAMI.....	27
Figura 25.	Relaves identificados en el área urbana. ....	28
Figura 26.	Modelo Digital de Terreno.....	31
Figura 27.	Zonas de interes al estudiar la inundación. ....	32
Figura 28.	Quebradas Recorridas en Terreno .....	33
Figura 29.	Recorrido realizado 1 de marzo 2018.....	34
Figura 30.	Vista embalse Santa Juana .....	36



Figura 31. Caudales medios mensuales estación Santa Juana (m <sup>3</sup> /seg).....	37
Figura 32. Conductibilidad hidráulica .....	38
Figura 33. Sector Quebrada de Valparaiso.....	38
Figura 34. Corte en Quebrada de Valparaiso .....	39
Figura 35. Vista del río Huasco en Vallenar – 25 de marzo 2015.....	39
Figura 36. Vista del río Huasco en Vallenar – 25 de marzo 2015.....	40
Figura 37. Quebradas del Jilguero y Carrizo.....	41
Figura 38. Principales Quebradas que rodean la Ciudad .....	41
Figura 39. Quebradas del contexto .....	44
Figura 40. Modelo de Elevación Sitio de Vallenar .....	46
Figura 41. Pendientes .....	46
Figura 42. Áreas de Susceptibilidad Inundación .....	47
Figura 43. Áreas de Anegamiento.....	49
Figura 44. Recorrido realizado por profesionales en terreno.....	51
Figura 45. Quebrada del Jilguero .....	52
Figura 46. Quebrada del Jilguero .....	52
Figura 47. Quebrada del Jilguero en cruce con Ruta C - 485.....	53
Figura 48 Sectores de Flujos al Interior de la ciudad .....	55
Figura 49.Áreas de Susceptibilidad de Remoción en Masa. ....	56
Figura 50. Sectores de Laderas con Erosión Acentuada.....	57
Figura 51 Representación Relave Quinta Valle enero 2018 .....	58
Figura 52 Representación Relaves sector Torino enero 2018.....	58
Figura 53 Representación Relaves sector Cuevaita enero 2018.....	59
Figura 54 Delimitación Planta Torino (Abad, Manuel mayo 2018) .....	60
Figura 55 Delimitación Planta Carmen (Abad, Manuel mayo 2018) .....	60
Figura 56 Sectores Cuevaita y Candelaria.....	61
Figura 57. Áreas de riesgo antrópico: localización de relaves.....	62
Figura 58. Superficies estimadas relaves identificados .....	63
Figura 59. Sectorización de Zonas potencialmente Inundables .....	64
Figura 60. Áreas de remoción en masa (desprendimientos y flujos).....	65

**INDICE DE CUADROS.**

Cuadro 1. Áreas de Riesgo identificadas en el área en estudio. ....	19
Cuadro 2. Ranking volcanes activos de Chile. ....	22
Cuadro 3. Consideraciones Metodológicas.....	29
Cuadro 4. Requerimientos del método.....	30
Cuadro 5. Restricciones del método .....	30
Cuadro 6. Rangos de pendientes.....	54
Cuadro 7. Resumen de riesgos identificados y zonificados por localidad .....	64



## I.- INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al estudio fundado de riesgos, elaborado en el contexto del desarrollo de estudio de la “Actualización del Plan Regulador Comunal de Vallenar”.

Este estudio aborda en su ejecución aspectos normativos, conceptuales, metodológicos y de análisis de las amenazas susceptibles de manifestarse en el área de estudio (superficie urbana a planificar), localidad de Vallenar. El estudio entrega recomendaciones respecto de las amenazas naturales y antrópicas identificadas en el área, contemplando en ellas aspectos normativos referidos a la norma urbana, con la finalidad que se pueda expresar en la zonificación de usos que se establece en el Plan.

### I.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

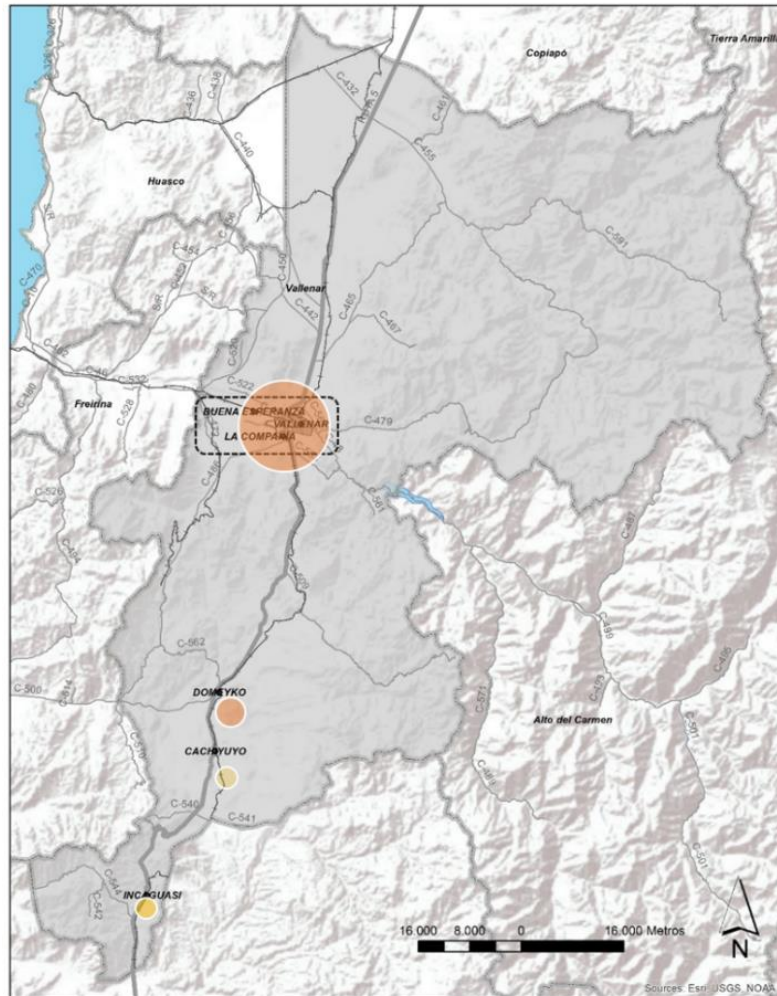
#### Objetivo General

Identificar y delimitar las áreas susceptibles de ser afectadas por amenazas de origen natural y antrópico en el área urbana de Vallenar, sujeto a planificación, conforme a lo señalado por el artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

#### Objetivos Específicos

- Conocer las principales amenazas de origen natural susceptibles de afectar el territorio en estudio, considerando la clasificación establecida en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- Identificar aquellas amenazas de origen natural y antrópico susceptibles de afectar el territorio en estudio, a partir de instrumentos de planificación vigentes, las características territoriales del ámbito natural y una recopilación de información referida a eventos ocurridos.
- Delimitar los riesgos de origen natural y antrópico identificados en la ciudad de Vallenar,

Figura 1. Contexto comunal del área.<sup>1</sup>



particularmente en el área delimitada para el presente estudio. Confeccionando para ello mapas de susceptibilidad.

## I.2 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio de la “Actualización del Plan regulador Comunal de Vallenar” corresponde a la totalidad del territorio comunal, sin embargo, el Estudio Fundado De Riesgos, se centra en la ciudad de Vallenar y su entorno inmediato.

Dado que el objetivo de este estudio es identificar las áreas restringidas al desarrollo urbano, es entonces el sector de la comuna actualmente urbano el que es sujeto de planificación, para ello se estudia el área sobre la cual se elaboró el levantamiento aerofotogramétrico.

La superficie del levantamiento aerofotogramétrico comprende un área de 5660 hectáreas aproximadamente, abarcando en el centro el área urbana vigente y además incorpora superficies de quebradas aguas arriba y aguas debajo de la ciudad, Quebrada Jilguero y Quebrada e Membrillo, respectivamente, e incluye superficies de las terrazas altas, paños de cultivo e instalaciones de ENAMI, esto con la finalidad de tener una visión de mayor amplitud para analizar el sistema natural del entorno.

**Figura 2.** Área de Estudio Fundado de riesgo



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth y límite poligonal aprobado por contraparte técnica en marzo 2016.



### I.3 MARCO NORMATIVO PARA LA DEFINICIÓN DE ÁREAS DE RIESGO

#### I.3.1.- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

El artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) establece que: en los planes 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 aquéllas 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 (LGUC). En estas áreas no podrán subdividirse los terrenos, sólo se aceptará la ubicación de actividades transitorias manteniéndose las características rústicas del predio.

Por “áreas de riesgo”, se entenderán aquellos territorios que se ubiquen en alguna de las siguientes categorías:

1. Zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a maremotos o tsunamis, a la proximidad de lagos, ríos, esteros, quebradas, cursos de agua no canalizados, napas freáticas o pantanos.
2. Zonas propensas a avalanchas, rodadas, aluviones o erosiones acentuadas.
3. Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas.
4. Zonas o terrenos con riesgos generados por la actividad o intervención humana.

#### I.3.2.- Ley y Reglamento de cierre de faenas e instalaciones mineras (Ley 20.551 de 2011 y Dto. 41 de 2012)

El marco legal vigente establece la exigencia de un plan de cierre de las faenas mineras para mitigar los efectos que se derivan del desarrollo de la industria extractiva minera, en los lugares en que ésta se realice, de forma de asegurar la estabilidad física y química de los mismos, en conformidad a la normativa ambiental aplicable.

Implica ejecución de las medidas y acciones como parte del ciclo de su vida útil, indicándose explícitamente que *“el plan de cierre de faenas mineras debe ser ejecutado por la empresa minera, antes del término de sus operaciones, de manera tal que al cese de éstas se encuentren implementadas y creadas las condiciones de estabilidad física y química en el lugar que operó la faena”*.

La falta de regulación de la etapa post operacional de la minería, previo a la entrada en vigencia de esta ley, y a la Ley de Bases de Medio Ambiente (Ley 19300 modificada el año 2010) generó sitios abandonados que no fueron tratados en su tiempo, lo que implica que hoy es el Estado quien debe cargar con ellos<sup>1</sup>. En atención a esta problemática, y a través de convenios de cooperación internacional entre Chile y los estados de Alemania y Japón, SERNAGEOMIN se encarga de la investigación y gestión de faenas mineras abandonadas y/paralizadas, a través de

---

<sup>1</sup> según la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI) se encuentran en la actualidad en entorno de minas abandonadas o paralizadas, constituyendo un riesgo potencial permanente para la salud y seguridad de la población, la biodiversidad y el medioambiente. Restauración ambiental de pasivos ambientales mineros Por Mauricio Lemus, Jefe Departamento Ambiental, EGV Geomensura. Disponible en: <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=340&edi=15&xit=restauracion-ambiental-de-pasivos-ambientales-mineros>

la evaluación de sus riesgos potenciales a la salud y seguridad de las personas y el medio ambiente. Para iniciar esta tarea, el SERNAGEOMIN en conjunto con FOCIGAM (Fortalecimiento de la capacidad institucional en la gestión ambiental minera) ha elaborado un “Catastro de faenas mineras abandonadas o paralizadas y un análisis preliminar de riesgo”<sup>2</sup>. Según Sernageomin, en Chile hay una total de 718 depósitos de relaves mineros, de los cuales 437 no están activos y 1.253 abandonados.

Una vez identificado los pasivos, es necesario generar los mecanismos para hacer frente a los riesgos que estos generan. Se encuentra en desarrollo una metodología para la evaluación de riesgos de las faenas mineras abandonadas o paralizadas para ser aplicada a las faenas contenidas en el catastro. Sobre los territorios con pasivos ambientales mineros, se deben realizar estudios ambientales de carácter territorial que surjan de iniciativas tomadas a ciertos niveles de la administración, con el objetivo final de establecer prioridades de actuación para la realización de medidas de corrección, remediación o restauración-rehabilitación.

**Figura 3. Sitios de relaves identificados por SERNAGEOMIN cercanos al área urbana de Vallenar.**



Fuente: Atlas de Depósitos de Relaves de Chile publicados en <http://relaves.sernageomin.cl/#/home>

### **I.3.3.- Áreas de Riesgos en Instrumento de Carácter Intercomunal que afectan el área de estudio.**

El principal instrumento de carácter intercomunal sobre el territorio en estudio es aquel constituido por el Plan Regulador Intercomunal de Huasco, en proceso elaboración. Dicho instrumento, actualmente en desarrollo, aporta un marco referencial definiendo áreas propensas de ser afectadas por eventos de origen natural y antrópico, tanto para el territorio intercomunal (escala

<sup>2</sup> PROYECTO GOCIAM JICA\_ SERNAGEOMIN, “Catastro de faenas abandonadas o paralizadas y análisis preliminar de riesgo” 2007, [En línea] [http://www.sernageomin.cl/pdf/pasivos\\_ambientales/13090.pdf](http://www.sernageomin.cl/pdf/pasivos_ambientales/13090.pdf)

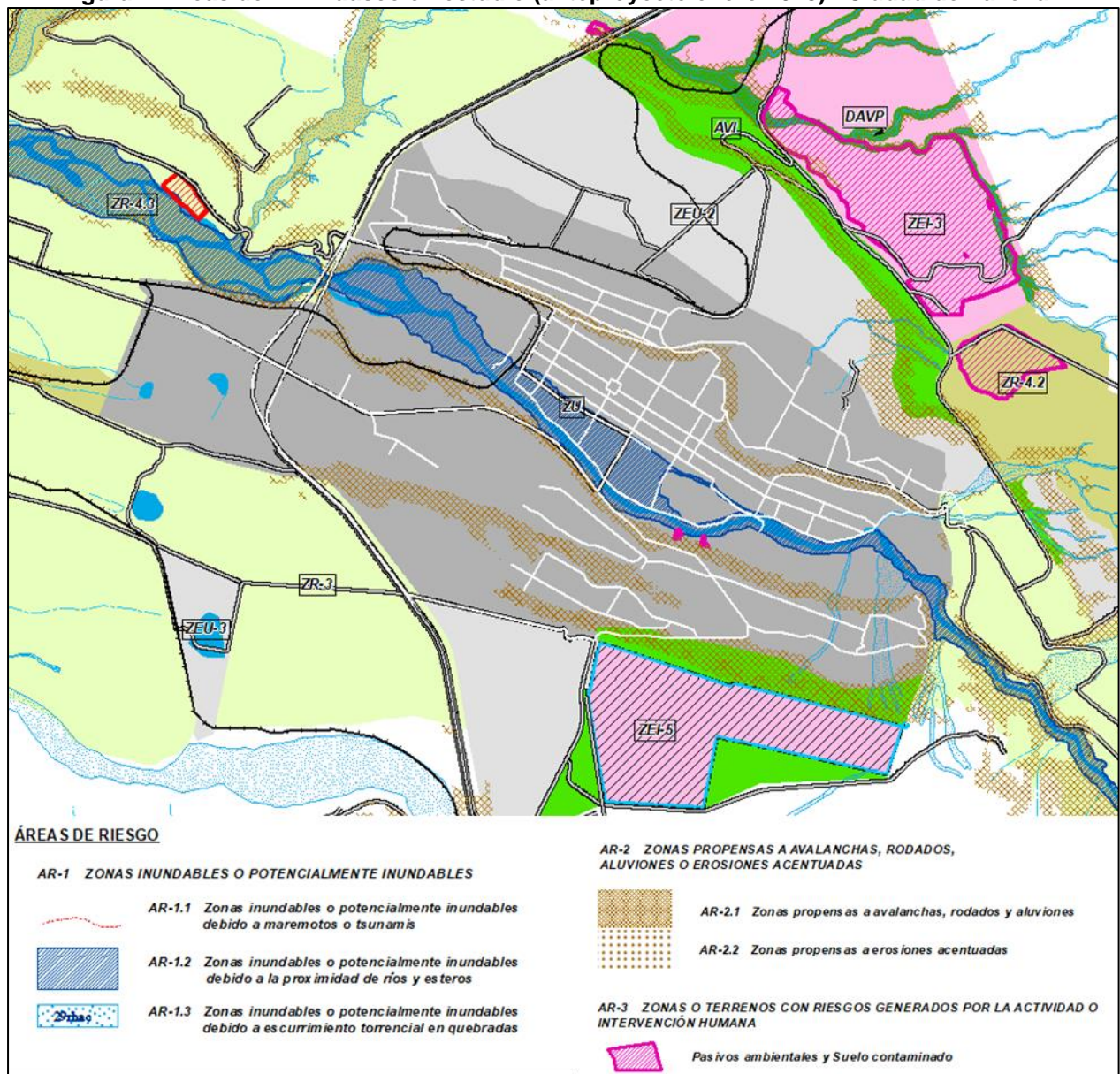


1:50.000) y los asentamientos humanos (escala 1:5.000) configurados en dicho territorio, la figura a continuación muestra las áreas definidas sobre la ciudad de Vallenar y su entorno inmediato.

En ella se observa claramente la definición de áreas potencialmente inundables entorno al río Huasco y en las quebradas principales del entorno inmediato de la ciudad, entre ellas, el Jilguero, Valparaíso y Marañón.

Del mismo modo, se identifican y categorizan en distintos sectores áreas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas, observándose que las áreas más propensas se ubican en los márgenes norte y sur del área consolidada de la ciudad. El marco referencial que entrega este instrumento en elaboración, aporta sin duda un criterio preliminar y dada su escala permite centrar la atención en determinados puntos del territorio en estudio.

**Figura 4. Áreas de PRI Huasco en estudio (anteproyecto enero 2018)– Ciudad de Vallenar**



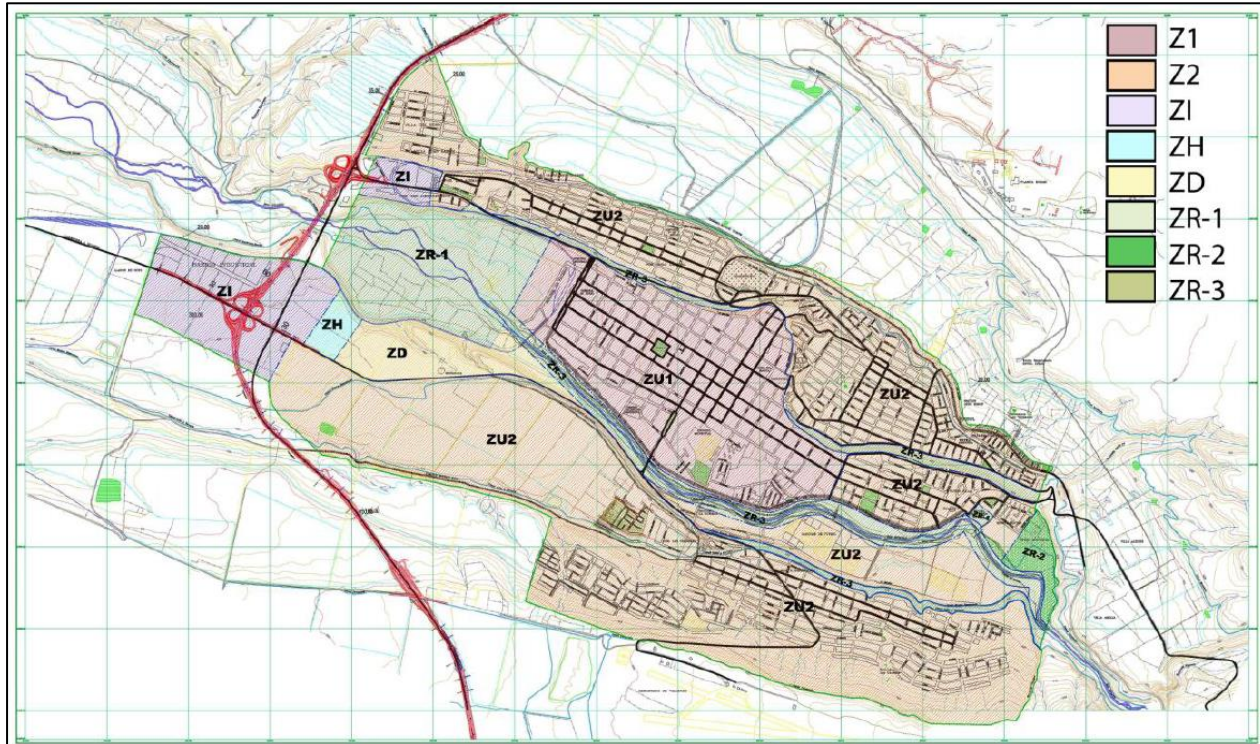
Fuente: Anteproyecto PRI Huasco, SEREMI MINVU de Atacama, enero 2018



### I.3.4.- Áreas de Riesgo en PRC Vigente

Se ha revisado el Plan Regulador Comunal vigente (1982), con el objeto de determinar las áreas de riesgos definidas, que pueden tener vigencia en la presente actualización y por tanto deban ser consideradas como elemento de diagnóstico y posterior análisis. El instrumento, presenta cuatro zonas de restricción (ZR), no especificando su naturaleza en la ordenanza correspondiente y solo realiza una mención genérica en relación a los usos permitidos y prohibidos en ellas. En relación a los usos permitidos, para las cuatro zonas, sólo se permiten aquellos destinados a áreas verdes y vialidad. Quedando expresamente prohibidos los usos residenciales, comercio y oficinas, otros equipamientos, industrias – bodegaje de todo tipo (PRC Vallenar 1982).

**Figura 5. Áreas de PRC Vallenar Vigente**



Fuente: I. Municipalidad de Vallenar

ZR-1. Corresponde a una zona de restricción por tratarse de terrenos potencialmente inundables en las vegas de Chamonate

**Figura 6. ZR1 PRC 1982**





En la actualidad, la sección suroriental de esta área presenta un cierto nivel de ocupación de viviendas, las cuales responden a una situación irregular, aun cuando se observan elementos básicos de urbanización, como tendido eléctrico e instalación de soleras que delimitan la calzada vehicular. Sumado a lo anterior, se detectó en terreno una cancha de futbol, y se observaron importantes focos de basurales en distintos sectores de la zona ZR1, el nivel de ocupación se observa en las siguientes fotografías<sup>3</sup> :

**Figura 7. Viviendas ubicadas en área ZR1**



Fuente: SURPLAN Ltda. febrero 2016.

**Figura 8. Cancha de Futbol ubicada en área ZR1**



Fuente: SURPLAN Ltda. Febrero 2016.

Del mismo modo, se constató en terreno el tránsito de dos cursos de agua, el primero ubicado en la parte central de la misma y el segundo por el costado norte del cajón, inmediato a la ladera. El

---

<sup>3</sup> Visita a terreno durante los días 22 al 26 de febrero del 2016, por los profesionales José Enrique Novoa, Dr en Geografía Física, Herbert Cáceres, geógrafo y Gabriela Muñoz, geógrafa.

primero, describe su curso de forma bastante lineal, y se encuentra cubierto por un manto vegetal de mediana altura, donde destaca la brea y las colas de zorro. En tanto, el segundo, transita de un modo más serpenteante, cerca de la zona de contacto entre el valle y la ladera norte, donde la vegetación es de menor altura, correspondiendo básicamente a malezas y algunos juncales.

**Figura 9. Borde de cancha de Fútbol ubicada en área ZR1**



Fuente: SURPLAN Ltda. Febrero 2016.

**Figura 10. Lecho río en parte central**



Fuente: SURPLAN Ltda. Febrero 2016.

En términos generales, esta zona se caracteriza por estar compuesta por depósitos de origen fluvial y no fluvial, con una alta y mediana permeabilidad.<sup>4</sup> Los depósitos sedimentarios de origen fluvial están compuestos por sedimentos fluviales actuales, pre-actuales y abanicos fluviales, distribuidos a lo largo del valle fluvial del río Huasco. Su composición granulométrica corresponde a arenas gruesas y gravas finas, con intercalaciones de estratos compuestos por gravas medias y arenas finas con escasos finos (limos y arcillas).

---

<sup>4</sup> DGA, MOP Análisis integrado de gestión en cuenca del río Huasco, Región de Atacama, 2013.



Los depósitos sedimentarios de origen no fluvial, corresponde a depósitos sedimentarios fluvio-aluvionales, gravitacionales y coluviales, de edad cuaternaria, que mayoritariamente rellenan valles y quebradas correspondientes al drenaje río Huasco y sus tributarios.

Un aspecto a considerar en esta sección, está referido a la situación basal que posee la ladera norte donde se observan importantes sectores afectos a erosión, cuyos materiales van a dar al curso de agua por efecto de la gravedad. La erosión acentuada con presencia de cárcavas que presenta esta ladera en la actualidad tiene su origen en un desprendimiento ocurrido en el terremoto del año 1992, según ha sido señalado por contraparte técnica, como se observa en la fotografía.

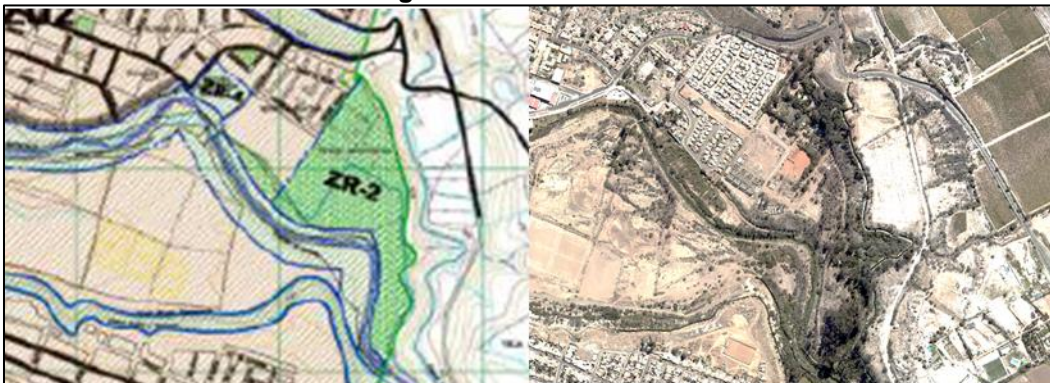
**Figura 11. Ladera norte erosionada**



Fuente: SURPLAN Ltda. febrero 2016.

Aunque en el plano del PRC vigente no identifica como zona inundable la caja del río, ésta se identifica con una “línea de encauzamiento” propuesta por el departamento de obras fluviales del MOP.

**Figura 12. ZR2 PRC 1982**

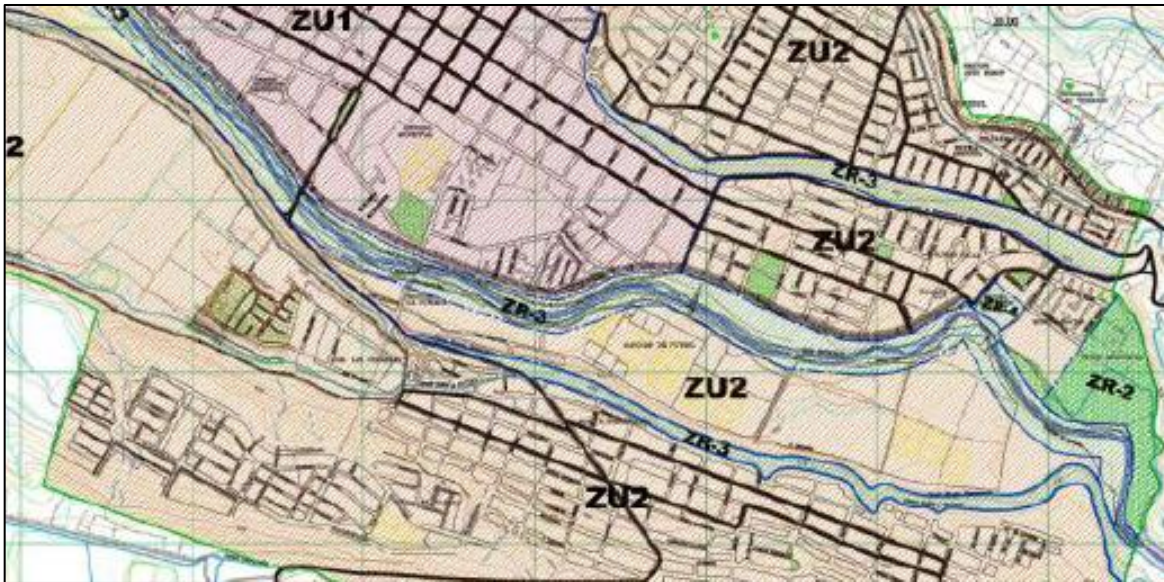


ZR-2 Zona de Restricción, hoy en día presenta ocupación de instalaciones municipales destinadas a vivero municipal y futuro parque. No obstante, el margen poniente de la zona ha sido ocupado con viviendas en alta densidad emplazadas sobre depósitos fluviales como los descritos anteriormente.



ZR-3 Zona de Restricción por alta pendiente, corresponde áreas de los taludes, que separan la parte baja de la ciudad con los sectores altos, tanto en los márgenes sur como norte.

**Figura 13. ZR3 Y ZR4 PRC 1982**



Se observó en terreno, que estas áreas corresponden a las laderas norte y sur, donde las pendientes promedio superan el 30% y están conformadas por depósitos de gravas y limos, los cuales se remueven con las vibraciones producidas por el tránsito de camiones y el tren. Sin embargo, particularmente en el sector norte, se han realizado tratamientos del suelo para evitar la erosión, principalmente con la plantación de especies forestales y la construcción de bloques estabilizadores.

ZR 4, corresponde a una zona de infraestructura sanitaria. Específicamente a las instalaciones de aguas chañar, ex SENDOS.

**Figura 14 Vista acceso a recinto Aguas Chañar – Ex SENDOS.**



Fuente: Google Earth.

En función de los antecedentes expuestos, las zonas ZR1 y ZR3 del PRC vigente han de ser ajustadas y redefinidas, se ha comprobado en terreno que la zona ZR1 mantiene características de un área potencialmente inundable y debido a las condiciones de ocupación que hoy en día presenta, debe ser revisada no sólo en la ocupación presente, sino también en las posibles afectaciones de uso que se planteen en la presente modificación.

**Figura 15. Vista río Huasco durante crecida del año 1997**



Fuente: Aportada por Ana Villegas Araya, profesora de la escuela Edmundo Quezada de Vallenar.

SERNAGEOMIN, en documento “primer catastro de los principales desastres naturales por peligros geológicos en Chile y sus efectos sobre la población y bienes públicos y privados entre 1980 y 2015”, del año 2015, señala: *“Invierno de 1997: Flujos de barro y detritos hiperconcentrados afectaron extensos tramos de la Carretera Panamericana Norte, CH-5, entre La Serena y Vallenar, ocasionando la interrupción del tráfico por esta importante vía.”* No especificando afectación sobre el área urbana de Vallenar.

Respecto de la ZR3, estas áreas se encuentran estabilizadas, aun cuando es necesario poner atención en los márgenes superiores e inferiores de las mismas, pues como se evidenció en terreno, algunos sectores de las partes superiores están siendo objeto de ocupación, hecho que es colaborativo para el desarrollo de procesos erosivos.

**Figura 16. Vista área superior ladera norte – sector poniente de la ciudad**



Fuente: SURPLAN Ltda. Febrero 2016



## II.- MARCO CONCEPTUAL

### II.1 EL CONCEPTO DE RIESGO Y SUSCEPTIBILIDAD

Un primer aspecto a considerar es **el concepto de riesgo**, el cual supone la existencia de dos factores que interactúan. Estos son: amenaza y vulnerabilidad.

La amenaza corresponde a la potencial ocurrencia de un fenómeno natural que se manifiesta en un lugar específico, con una magnitud e intensidad determinadas. (Arenas F., Hidalgo R. y Lagos M., 2010). Aquí es clave la recopilación de antecedentes históricos, ya que estos permiten comprender el fenómeno, su magnitud y frecuencia.

En un fenómeno de origen natural calificado como amenaza se pueden distinguir tres aspectos, de acuerdo a los parámetros que se establecen para la determinación de diversas metodologías<sup>5</sup>: Ubicación, Intensidad y Probabilidad de ocurrencia. Cada uno de ellos, aporta distintas variables que permiten caracterizar la amenaza, de este modo:

- Ubicación: revela el origen y la extensión de la misma.
- Intensidad: en algunos casos, es posible medir el fenómeno y/o establecer los tipos de efectos esperables.
- Probabilidad de ocurrencia: definir cuáles son los lapsos de tiempo en que el fenómeno puede ocurrir, con un tamaño e intensidad definidos.

La ubicación y probabilidad de ocurrencia se caracterizan por constituir atributos espacio – temporales, en tanto que la intensidad dice relación con la forma en que se manifiesta la amenaza.

La disponibilidad de información para cada uno de estos componentes determinará la posibilidad de caracterizar las amenazas con la exactitud y definición necesaria, siendo la más difícil de caracterizar la probabilidad de ocurrencia, particularmente por ejemplo en fenómenos como asociados a sismicidad y erupciones volcánicas.

La ubicación, se puede determinar mediante información y registro geológico, o histórico, en función de características del entorno físico como geomorfología, drenajes, huellas de fenómenos anteriores y la cercanía de fuentes de peligro o amenaza.

La intensidad, en algunos fenómenos puede ser cuantificada por medio de instrumentos especializados, pero también ser evaluada mediante registros naturales y documentales, por extensión y tipo de efectos observables o por comparación con eventos similares, por ejemplo, cuando no se dispone de información de crecidas de ríos es posible documentar con relatos e información que entreguen personas que han presenciado tales situaciones o recurrir a fotografías que revelen su expresión.

La probabilidad de ocurrencia implica dificultades mayores. Muchos de los fenómenos ocurren en lapsos de tiempo promedio que pueden abarcar desde años, décadas o varias generaciones y hasta cientos de años, frente a lo cual no se puede establecer anticipaciones seguras de ocurrencia. En fenómenos sobre los cuales existe registro suficiente es posible sin embargo

---

<sup>5</sup> ERN en Latinoamérica. Tomo 1. Metodologías de modelación probabilística de Riesgos Naturales. Año 2000

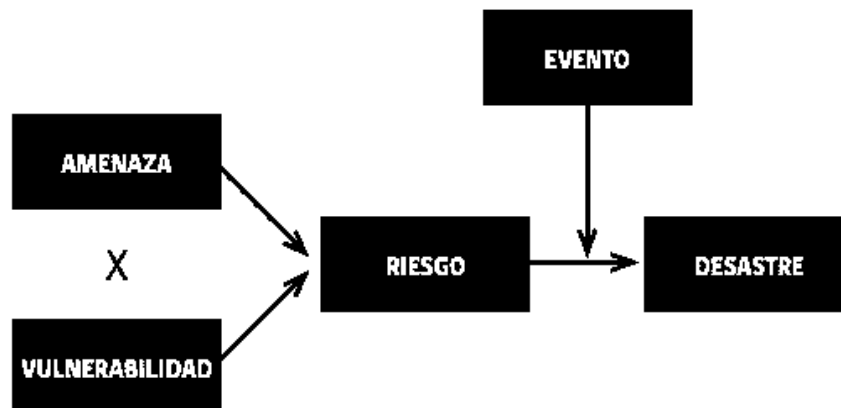
estimar el periodo de retorno, o lapso en el que, en promedio, ocurre un evento con intensidad especificada. Las crecidas de ríos son un ejemplo de esto último.

La vulnerabilidad en tanto, puede definirse como la medida que indica que tan propenso es un sistema a ser afectado por una amenaza. Es decir, mide la facilidad con que este sistema puede ser impactado negativamente y cambiar de un estado normal a un estado de daño o desastre. Como se señala en ERN<sup>6</sup> definen la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida durante un escenario específico. Se definen en algunas metodologías mediante curvas que relacionan el valor esperado del daño y la desviación estándar del daño con la intensidad del fenómeno.

La vulnerabilidad de un asentamiento humano depende de varios factores, entre los cuales pueden señalarse los siguientes:

- Su grado de exposición a un tipo de amenaza. Por ejemplo, un asentamiento humano ubicado parcialmente sobre un terreno inundable.
- La calidad del diseño de las construcciones y de la infraestructura en general y la presencia o ausencia de medidas adecuadas de protección.
- El grado de percepción que tenga la comunidad de los peligros a las cuales están expuestos. Es decir, el grado de entendimiento sobre los fenómenos naturales que pueden afectarlos. Es más vulnerable una comunidad que ignora los procesos del medio ambiente en el cual vive, que una consciente de ellos.
- El grado de organización de la comunidad desde el punto de vista de las acciones a llevar a cabo ante una emergencia.
- Las capacidades de las instituciones que prestan apoyo en las emergencias, como los sistemas locales de servicios de salud y los organismos de socorro.

**Figura 17.** Concepto de Riesgos.



Fuente: Elaborado por GTZ, (Echborn, 2001).<sup>7</sup>

<sup>6</sup> "Análisis probabilista del Riesgo". 2003. CAPRA - ERN

<sup>7</sup> Disponible en:

<http://www.observatorioubogrd.cl/descargas/ANALISIS%20DE%20RIESGO%20PARA%20LA%20GRD.pdf>

En función de los antecedentes expuestos, es posible señalar que, el riesgo en asentamientos humanos es posible cuantificarlo a través de los efectos adversos que se desencadenan sobre una comunidad y sobre el entorno construido resultante de un fenómeno de origen natural. En este sentido, es una conjugación de las características de las amenazas y de las vulnerabilidades. En estricto rigor, corresponde al cálculo anticipado de pérdidas esperables (en vidas y en bienes), para un fenómeno de origen natural, que actúa sobre el conjunto social y sobre su infraestructura.

En términos generales, los riesgos son posibles de clasificar genéricamente en aquellos de origen natural y de origen antrópico. Sólo para efectos prácticos y referenciales, se muestra una tipología general de los distintos tipos de riesgos que pueden actuar sobre asentamientos humanos y el entorno construido.

- **Riesgos Naturales**, se puede definir como la probabilidad de que un territorio y la comunidad que habita en él, se vean afectados por episodios naturales de rango extraordinario. Estos riesgos se pueden clasificar entre otros de la siguiente forma:
  - Geológicos, entre los cuales se incluyen eventos asociados a volcanismo, terremotos y tsunamis.
  - Meteorológicos o Hidrológicos, expresados por ejemplo por inundaciones, sequías y procesos de desertificación.
- **Riesgos Antrópicos**, son riesgos provocados por la acción del ser humano sobre la naturaleza, como la contaminación ocasionada en el agua, aire, suelo, sobreexplotación de recursos, deforestación, incendios, entre otros.

Reconociendo las amenazas, que de acuerdo a sus causas de origen pueden ser natural o antrópicas es posible también definir en una superficie específica de estudio que puede verse afectada por este fenómeno, **la susceptibilidad**<sup>8</sup>. Este concepto es utilizado para el mapeo de amenazas naturales o antrópicas y se definen como la posibilidad de que una superficie o un territorio sea afectado por una amenaza natural. La representación espacial de estas posibilidades de afección corresponde a los **mapas de susceptibilidad**, que representan cada uno de los peligros o amenazas estudiados. Para ello se deben conocer los factores que operan en cada uno de los fenómenos estudiados y la dimensión histórica de ocurrencia de dichos fenómenos peligrosos en el área de estudio. Corresponde a una forma de representación enfocada en la amenaza y permite alertar a la comunidad e ir en ayuda en términos generales en la planificación, sin abordar el factor de la vulnerabilidad, el cual puede abordarse desde el punto de vista de la gestión del Riesgo, que en el caso de Vallenar es tratado desde el Plan de Gestión de Reducción de Riesgos Municipal del año 2016<sup>9</sup>.

## II.2 RIESGOS EN EL ÁREA DEL ESTUDIO

El siguiente cuadro, da cuenta de los riesgos susceptibles de desencadenarse en el área de estudio, puesto que engloban los requerimientos con los que debe llegar a cumplir el estudio fundado de riesgos en el área, que finalmente considere la Actualización del Plan Regulador. Estos, tienen su origen, tanto en procesos internos como de origen externo de la tierra.

---

<sup>8</sup> Disponible en: <http://www.rimd.org/advf/documentos/4921a360071e58.79575639.pdf>

<sup>9</sup> Disponible en: <http://www.grdmunicipal.cl/site/wp-content/uploads/2017/05/Plan-RRD-Vallenar.pdf>



Aquellos provenientes de procesos internos corresponden al riesgo sísmico y el riesgo volcánico. En tanto, aquellos de origen externo corresponden a los movimientos de remoción en masa e inundaciones.

**Cuadro 1. Áreas de Riesgo identificadas en el área en estudio.**

Área de Riesgo según OGUC	Tipología	Presencia en Área de Estudio	Amenaza	Evento Detonante
Zonas inundables o potencialmente inundables	Tsunami	No	No aplica	
	Áreas contiguas a ríos, esteros y cursos de agua no canalizados	Si	Inundación	Precipitaciones Intensas
	Áreas contiguas a napa freática o pantanos	Si	Anegamiento	Precipitaciones Intensas
Zonas propensas a avalanchas, rodados, aluviones o erosiones acentuadas.	Remoción en masa	Si	Remoción en masa	Sismos Precipitaciones Intensas
Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o fallas geológicas	Múltiples	No	No aplica	
		Si	Fallas geológicas	Sismo
Zonas o terrenos con riesgos generados por actividad o intervención humana	Pasivos Ambientales	Si	Contaminación	Residuos minerales
	Basurales o vertederos			Residuos domésticos
	Actividades Peligrosas			Instalaciones productivas y de infraestructura

Fuente: Elaboración y adaptación propia a partir de Informe Etapa 2 de Estudio de Riesgos y Formulación PRI Huasco, SEREMI MINVU de Atacama, abril 2016.

A continuación, se realiza una descripción general de los riesgos de origen interno y externos **presentes en el área de estudio.**

## II.3 RIESGOS GEOLÓGICOS DERIVADOS DE PROCESOS INTERNOS

### II.3.1.- Riesgo Asociados a Actividad Sísmica

Un sismo puede originarse a partir de distintos fenómenos, entre ellos los movimientos tectónicos y los principales efectos que causan sobre el territorio son: colapso de edificaciones, inestabilidad de terreno, ocurrencia de tsunamis dependiendo de la magnitud, entre otros.

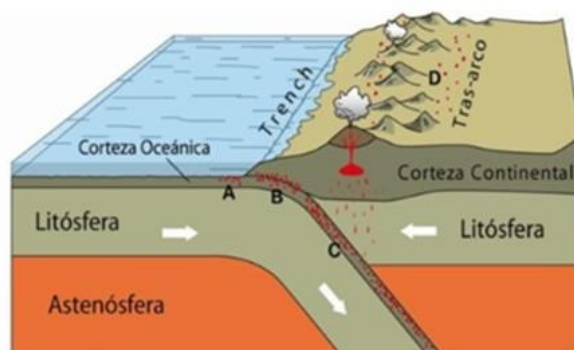
Particularmente, nuestro país se caracteriza por ser altamente sísmico. Situación que obedece a la convergencia de placas tectónicas. Chile continental, se ubica sobre la placa Sudamericana la cual está en contacto con la placa de Nazca. El hundimiento de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana genera una zona de contacto conocida como subducción, el movimiento permanente de ambas placas genera una gran presión en sus bordes produciéndose de esta

forma la actividad sísmica que afecta distintas zonas de nuestro país. Es por esta forma de contacto de las placas, de subducción, a lo largo de la falla hace que la sismicidad en Chile se caracterice por al menos tres rasgos de importancia: número de sismos por unidad de tiempo, gran tamaño y una diversidad de ambientes tectónicos donde estos ocurren.

Una zona de subducción ocurre en los bordes de las placas convergentes. Donde la placa más densa o más pesada penetra bajo la menos densa, debido al peso de la placa subductada. En estas zonas ocurren todo tipo de sismos o terremotos tectónicos.

En el caso de las placas de Nazca y Sudamérica en Chile, la placa oceánica de Nazca, más densa que la placa continental de Sudamérica, penetra bajo el continente, formando una zona de subducción.

**Figura 18. Zonas de Subducción y Tipos de Sismos**



Fuente: Centro Sismológico Nacional. Universidad de Chile.

Los sismos han sido clasificados en distintos tipos y el Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile los presenta de la siguiente forma:

- a. Sismos Interplaca: Se producen cuando la fuerza de roce entre las placas traba el movimiento entre las placas, las que se pueden mover relativamente sólo cuando la fuerza neta en la zona interplaca es mayor que la fuerza de roce entre ellas. Cada vez que logre moverse, ocurre un terremoto interplaca. El tamaño del terremoto (magnitud), es proporcional al área de la zona que logró moverse y a cuánto se movió. Si durante el movimiento (terremoto), se desplaza el fondo oceánico verticalmente, se genera una ola sobre la zona de ruptura que al propagarse en el océano se llama "tsunami". Estos son los sismos de mayor magnitud, siendo ejemplos de estos sismos el terremoto de Valdivia de 1960 ( $M_w=9.5$ ), y el terremoto del Maule de 2010 ( $M_w=8.8$ ).
- b. Sismos "outer-rise": Son sismos que ocurren costa afuera de la fosa oceánica, debido a la deformación en la placa de Nazca ("bending") al tratar de meterse bajo el continente y que el contacto interplaca no se mueve por estar acoplado (fuerza de roce mayor que la fuerza neta). En general tienen magnitudes menores que 8.0. Ejemplo de este tipo de sismos, es el terremoto de 2001 ( $M_w=6.7$ ), frente a las costas de Valparaíso.
- c. Sismos Intraplaca-oceánica. Son sismos que ocurren dentro de la placa oceánica subductada debido al peso de la placa y fuerte acoplamiento interplaca. Se originan a profundidades mayores que 60 km hasta la máxima profundidad en que la placa siga siendo frágil y/o ocurran cambios de fase que originen sismos (~700 km).

Los 60 km de profundidad, corresponden aproximadamente a la profundidad que alcanza el contacto interplaca. El potencial de daños de estos sismos, es mayor que el de los sismos interplaca de la misma magnitud. Ejemplos de estos sismos son los terremotos de Chillan en 1939 ( $M_s=8.3$ ), y Punitaqui en 1997 ( $M_w=7.1$ ).

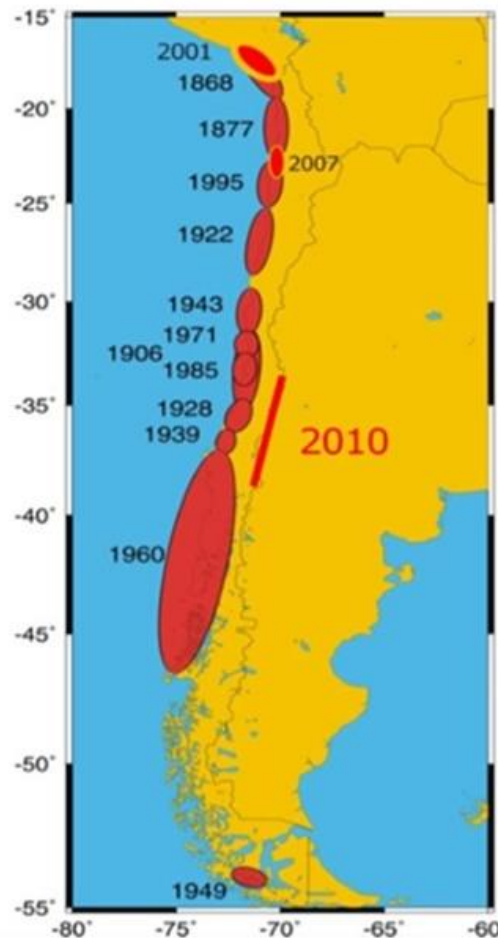
**Figura 19. Grandes Terremotos Ocurridos en Chile**

d. Sismos Intraplaca-continental. Son sismos que ocurren dentro de la placa continental, en la corteza a profundidades menores que 30 km, debido a deformación generada principalmente por la convergencia entre las placas y por esfuerzos locales. La principal deformación generada por la subducción, es el alzamiento de la cordillera de los Andes. En general, estos sismos ocurren en torno a la cordillera, tanto en Chile como en Argentina. Ejemplo de estos sismos es el terremoto de Las Melosas de 1958 (Mw=6.3), en el Cajón del Maipo frente a Santiago.

La **Figura 19** muestra un esquema con la ubicación de grandes movimientos sísmicos o terremotos ocurridos en Chile en un sentido norte sur.

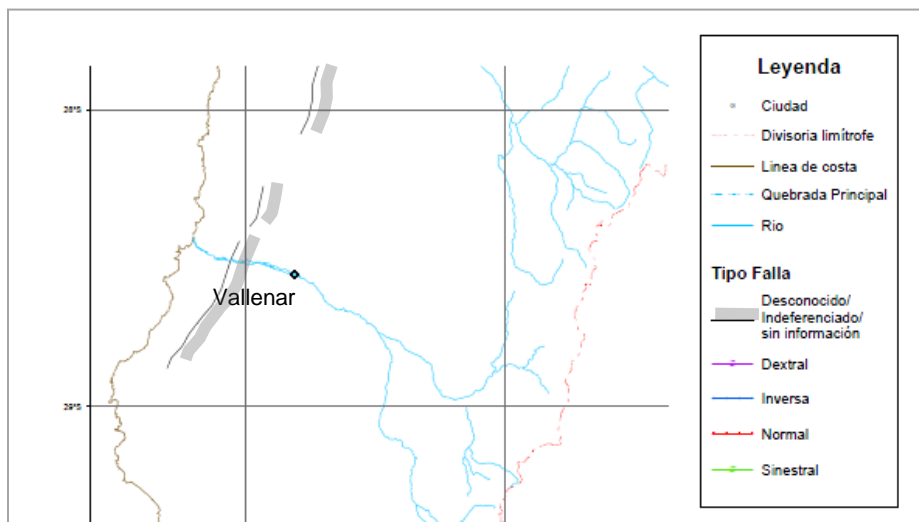
Se estima que existe una probabilidad que en zonas donde no han ocurrido terremotos durante un tiempo prolongado, estén más propensas a producirse, esto porque ha transcurrido suficiente tiempo para acumular energía desde el último gran terremoto, constituyéndose en las llamadas “gaps” o “lagunas” sísmicas.

Respecto de la existencia de fallas activas en el área de estudio, el Informe 2 del Estudio de Riesgos y Formulación del PRI de Huasco realiza una revisión de diversas fuentes especializadas, entre las que destaca el proyecto FONDEF “**Más Andes**” elaborado entre los años 2011 al 2013.



Fuente: Centro Sismológico Nacional. Universidad de Chile

**Figura 20. Principales fallas identificadas en el área de estudio.**



Fuente: Tomado Mapa de fallas corticales en el norte de Chile (Hito 2), (FONDEF Mas Andes, 2015).

El citado informe desde el cual se rescata la información presentada, revisó otras fuentes de información especializada, en las cuales se estudian distintos sectores del norte entre los 26° y 32°S, no encontrándose tampoco fallas activas. Del mismo modo se muestra un análisis de la sismicidad en el área de estudio. Finalmente, se concluye que en el área de estudio y en lo que respecta a la ciudad de Vallenar y su entorno inmediato, señalando lo siguiente:

*“No se encontraron evidencias en terreno sobre la presencia de fallas activas, sin embargo, dada la presencia de sismicidad superficial registrada por el USGS no se puede descartar. Para su identificación, se recomienda la realización de un estudio distinto, enfocado estrictamente en la identificación de fallas activas en la zona, lo cual está fuera de los alcances de los estudios para este plan regulador dado los tiempos y recursos que se requieren”.*

### II.3.2.- Riesgos Asociados a Actividad Volcánica

A fin de detectar volcanes que presenten amenaza en el área de estudio, se recurrió al sitio oficial del Servicio Nacional de Geología y Minería, organismo que ha elaborado un ranking de los 90 volcanes activos de Chile. Los volcanes, en este caso, están ubicados fuera de la comuna a una distancia promedio aproximada de 260 kilómetros, por tanto, **NO** existe peligro asociado a la actividad volcánica y no se evalúa, estos son:

**Cuadro 2. Ranking volcanes activos de Chile.**

Nombre	Ranking	Ubicación	
		X	Y
Ojos del Salado	53	545.644	7.001.245
Nevado Tres Cruces	62	522.499	7.003.928
Cerro Bayo	87	489.034	6.943.021
Sierra Nevada (de lagunas bravas)	88	540.846	7.068.696
Nevado de Incahuasi	89	569.181	7.009.474

Fuente: Sernageomin.cl

**Figura 21. Ubicación de Volcanes Activos**



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.



### II.3.3.- Riesgos Asociados a Inundación

Las inundaciones son procesos naturales recurrentes en el tiempo, su origen obedece a diversas causas, entre ellas:

- Lluvias intensas en un periodo relativamente corto de tiempo, donde es superada la capacidad de absorción del suelo y comienza a subir el nivel de los ríos, especialmente donde los márgenes de los ríos son relativamente planos.
- Derretimiento de nieve provocando un aumento del caudal de los ríos.
- Colapso o rotura de represas e infraestructura asociada a riego (canales, por ejemplo).
- Tala de Bosques e impermeabilización del suelo.
- Afloramiento de aguas subterráneas en zonas pantanosas.
- Aumento del nivel del agua en sectores costeros marítimos o lacustres.

De las causas mencionada, la más frecuente, es la relación existente entre la caída de aguas, lluvias intensas asociadas a la estacionalidad, y que dependiendo de las características geográficas de cada territorio pueden traer consigo asociados el desencadenamiento de otros procesos (avalanchas, aluviones, entre otros) y aumentar el nivel de gravedad de las mismas.

A continuación, se presenta una descripción general que orienta la evaluación de éste tipo de riesgo en el área de estudio.

#### A.- Inundación:

Corresponden a una consecuencia derivada de otros procesos de recurrencia interanual, como son las crecidas de los cursos de agua, sumado ello a condiciones de insuficiencia de los sistemas de evacuación, sean estos cauces naturales, sistemas de drenaje artificializados, colectores urbanos, etc. En definitiva corresponde a un desequilibrio que se manifiesta en un momento, lugar y situación dada, entre el volumen hídrico a evacuar en una determinada parcela de tiempo, y la capacidad de evacuación de los cauces o sistemas de drenaje o, en otras palabras, la oferta de cauce se ve superada por la demanda de cauce.

Las características locales de la cuenca fluvial son las que permiten establecer la recurrencia de crecidas, lo cual se asocia a las características del régimen pluviométrico y térmico que registre el clima imperante y, por otra, a las características morfométricas que está presente (alturas, forma, pendiente media, superficie, etc.), al desarrollo del sistema de drenaje (densidad, frecuencia y jerarquía de la red hídrica), y a la capacidad de retención hídrica de la cuenca, aspectos todos ellos que influyen en la torrencialidad, la velocidad de respuesta, el tiempo de concentración, y el volumen de los caudales.

#### B.- Anegamiento

Son formas de acumulación de aguas de lluvia sobre el terreno, existe una situación de desbalance, la cual se da entre el volumen de la lluvia precipitada en un determinado lapso de tiempo y la capacidad de evacuación de un suelo dado, tanto horizontal como verticalmente.

El anegamiento deriva de los cambios en la permeabilidad, en la saturación del suelo y en la micro-topografía de la superficie, ya sean por causas naturales o artificiales. A continuación se menciona cada uno de las causas posible de acuerdo a lo señalado por Ferrando F. (2006)<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Sobre Inundaciones y anegamientos. Revista de Urbanismo N° 15 – Noviembre de 2006. Disponible online: <http://revistas.uchile.cl/index.php/RU/index>

- La permeabilidad, es una característica de los suelos que permite incrementar la infiltración de los suelos, esta puede variar por intervención humana (construcciones) o causas naturales (flujos de detritos sobre estos suelos).
- La compactación de los suelos es una modificación en la estructura original del suelo que genera cambios en su porosidad, implicando por lo tanto superficies impermeables y poco penetrables. Entre las acciones que pueden generar estos cambios se encuentran: uso de maquinaria, conformación de rellenos mediante escombros, tierras arcillosas sobre suelo permeable cambios en la vegetación.
- La saturación de suelos se refiere concretamente a dos situaciones:
  - La existencia natural de áreas hidromórficas o con presencia semi-constante a constante de la napa en superficie, lo que impide la percolación de las aguas lluvias, puesto que un suelo con estas características se comporta como un material impermeable.
  - Los suelos pueden sufrir saturación progresiva, más o menos rápida según su permeabilidad, ante la ocurrencia de precipitaciones prolongadas o intensas, lo cual conduce a una situación similar a la anterior. Se trata del concepto de permeabilidad efectiva.
- Las variaciones en la micro-topografía se refieren a cambios en la configuración del terreno que crean desniveles y obstáculos para el drenaje superficial. Esta causa se asocia únicamente al hombre. Ejemplo: Las construcciones que este efectúa (diques, terraplenes, camellones, soleras, muros, etc.) vienen a constituirse en obstáculos para que el agua circule libremente sobre los terrenos siguiendo las diferencias de pendiente.

#### **II.3.4.- Riesgos Asociados a Remoción en Masa**

Del mismo modo que las inundaciones, los procesos de remoción en masa se encuentran generalmente asociados a las condiciones climáticas de un periodo particular, aun cuando su ocurrencia puede también estar ligada a otros eventos extremos, por ejemplo, terremotos.

El fenómeno de remoción en masa presenta causas y manifestaciones variadas, que se encuentran en permanente interacción. Es así como la acción combinada de diversos mecanismos de transporte de materiales, relacionados con los procesos de meteorización que afectan a las rocas, determinan formas diferentes de deslizamientos, las cuales adquieren una complejidad mayor al considerar las condiciones de subsuelo, las pendientes del terreno, los movimientos tectónicos.<sup>11</sup>

Del mismo modo, la intervención del hombre en el medio natural acentúa dichos procesos, siendo esperable que aquellos sectores que presentan mayores grados de intervención por urbanización sean los más vulnerables a este tipo de eventos.

La remoción en masa se produce porque la fuerza actuante, en este caso la sobrecarga, que normalmente es originada por el agua, ejerce una presión hacia abajo que rompe el equilibrio existente hasta ese momento; la gravedad proporciona la energía adicional requerida para que se produzca el movimiento descendente.

---

<sup>11</sup> Geografía de La Región Metropolitana, IGM. 1986.

En lugares secos donde llueve muy poco o no llueve, la remoción en masa se origina fundamentalmente por los movimientos sísmicos desde muy débiles hasta muy fuertes, removiendo el material desde su lugar y luego la gravedad proporciona la energía adicional para que se produzca el movimiento descendente.

Entre los principales factores que contribuyen al proceso de remoción en masa que pueden actuar en forma independiente o una combinación de ellos, son los que se enumeran a continuación:

- Litológicos, se produce remoción en masa cuando el material de superficie se encuentra suelto y puede ser removido con facilidad ladera abajo por la presión que ejerce una cantidad de agua que no tiene la posibilidad de infiltrarse.
- Estructurales, se produce remoción en masa cuando en el terreno se observan grietas muy juntas y que por efectos de meteorización física, química o biológica descomponen las rocas, produciendo diversos tipos de deslizamientos.
- Topográficos, se produce remoción en masa cuando hay laderas con altas pendientes o terrenos muy inclinados.
- Antrópicos, se produce remoción en masa cuando terrenos con pendientes han sufrido un proceso de deforestación y pérdida de capa vegetal, quedando el material de superficie expuesto.
- Tectónicos, se produce remoción en masa cuando por efectos de algún movimiento sísmico se gatilla el deslizamiento del material superficial.
- Climáticos, se produce remoción en masa cuando se asiste a periodos de precipitaciones intensas, provocando deslizamientos por aumento de sobrecarga o por cambios de temperatura que rompen los mantos rocosos, un ejemplo de esto es lo que ocurre con la meteorización de las rocas en el desierto de atacama.

### **Tipos de procesos de remoción en masa**

A su vez, los movimientos de remoción en masa pueden ser clasificados de diversas formas, siendo el criterio mayormente utilizado el basado en el tipo de movimiento y en la naturaleza del material involucrado<sup>12</sup>, a saber:

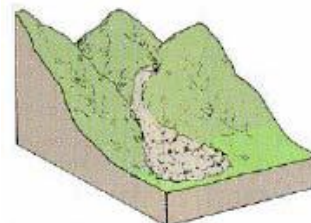
- a. Desprendimiento, corresponden a aquellos movimientos que se caracterizan por ocurrir sobre superficies rocosas inclinadas, ocurriendo de manera repentina y catastrófica. Se desencadenan cuando el estrato rocoso superficial, con suficiente sobrecarga, rompe la estabilidad e inicia su resbalamiento descendente. Este desplazamiento se realiza sobre el plano de contacto con el estrato rocoso subyacente.
- b. Volcamiento, consisten en un giro hacia delante de uno o varios bloques de roca alrededor de un punto en donde están sostenidos, sea por acción de su propio peso o por acción producida por el agua. El fenómeno es similar a la caída de algún objeto desde una repisa, por ejemplo.
- c. Deslizamiento, son movimientos de material descendentes de suelo, roca o residuos a lo largo de una o varias superficies. Pueden originarse cuando una o varias superficies de rotura superan la resistencia al corte, avanzando enormes distancias y alcanzando elevadas velocidades provocando flujos o avalanchas rocosas.

---

<sup>12</sup> Varnes, 1958, 1978.

Este tipo de movimiento tiene lugar principalmente en terreno con pendientes muy elevadas y características geológicas particulares.

- d. Flujos, corresponden a material que está compuesto por una mezcla de fragmentos de roca y barro, el cual se desprende de las laderas pendiente abajo, tal como si se tratara de un fluido. En este tipo de movimiento la presencia de agua es un factor importante y pueden producirse en pendientes bajas incluso, siempre y cuando la granulometría de los materiales sea fina, por ejemplo, limos y arcilla.



Su puesta en movimiento puede obedecer a una vibración brusca y pudiendo alcanzar velocidades de hasta 100 m/seg, dependiendo de las condiciones del terreno. Este es uno de los movimientos de remoción en masa más que se presentan con mayor frecuencia en el país.

En el área de estudio, **la susceptibilidad de riesgo de remoción en masa**, se asocia entre otros aspectos a, áreas de altas pendientes con suelos frágiles por su estructura estratificada, falta de cubierta vegetal, intensas lluvias concentrados mayoritariamente en la época invernal, todos presente en zonas cordillerana y precordillerana.

### II.3.5.- Riesgos Asociados a Intervención Antrópica

En el área de estudio, se identifican las amenazas señaladas en el cuadro “Áreas de Riesgo identificadas en el área en estudio”, a saber, actividades peligrosas, pasivos ambientales o depósitos mineros y basurales.

La comuna de Vallenar se caracteriza por la presencia de actividad minera a lo largo de su historia, es así que la minería se ha desarrollado en gran parte de su territorio, debido a la presencia de yacimientos de hierro, oro, plata y cobre principalmente. Este antecedente genera la presencia de faenas abandonadas incluso en el área urbana y en sus cercanías, tales como: Planta Callejas, Torino, El Carmen, Cuevitas y Planta Sta. Candelaria<sup>13</sup>, y otras localizadas en el sector al norte de la ciudad identificadas en el atlas de Sernageomin como son la planta activa de Enami, planta Cobre Norte activa, plantas Charlotte 1 y 2 no activas, y plantas Solis 1 y 2 sin información.

**Figura 22. Instalaciones de ENAMI.**



Fuente: Google Earth. 2016.

<sup>13</sup> La plantas señaladas cercanas al área urbana y dentro de ella, corresponden a antecedentes entregados por SEREMI Minvu ATACAMA e Informes en Terreno de SERNAGEOMIN.



De acuerdo a antecedentes del PRI Huasco en estudio existen pasivos ambientales al norte de la localidad urbana, destacando por su extensión el sitio de ENAMI. Esta situación puede generar problemas de contaminación tanto en los cursos hídricos cercanos (quebrada Valparaíso), como también a la población que habite en zonas más bajas de la localidad, ya que se pueden remover los contaminantes por acción de vientos locales o por precipitación.

**Figura 23. Instalaciones de ENAMI.**



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

**Figura 24. Instalaciones de ENAMI.**



Obra de arte construida bajo camino de acceso a planta en quebrada de las coloradas.

Piscina decantadora construida sobre quebrada higuieritas. Se observa el pretil y junto con ello los depósitos de limo sobre él.

Fuente: SURPLAN Ltda. Febrero 2016.

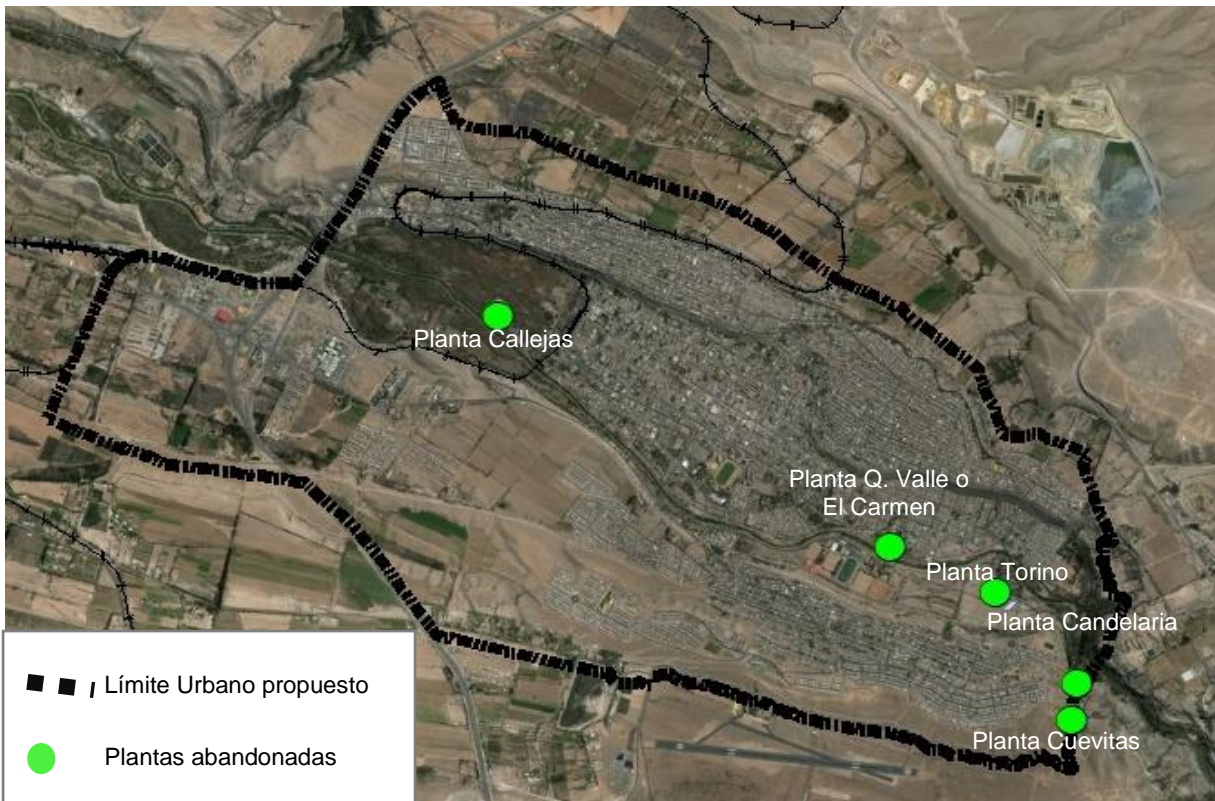
La Planta ENAMI se encuentra fuera del límite urbano y su ubicación en la sección más alta del entorno de la ciudad, le otorga una posición aislada respecto de la ciudad y cuyos requerimientos de tránsito de vehículos pesados en su operación, no atraviesan la ciudad, teniendo este acceso directo hacia la ruta 5 norte a través de la ruta C-569. Sin embargo sus instalaciones, interrumpen

un conjunto de quebradas intermitentes, donde destacan la quebrada “De La Colorada” y quebrada Higuieritas, ambas tributarias de la quebrada de Valparaíso. Ambas quebradas, presentan obras que canalizan y conducen escurrimientos superficiales. Por una parte, se observaron obras de arte que atraviesan la ruta que conduce hasta la planta y por otra, se observó luego de la confluencia de las quebradas, la construcción de piscinas decantadoras como obras de mitigación. Tal como se muestra en las fotografías.

Es importante señalar que se identifican sectores de relave en el área urbana tanto por MINVU, Universidad de Atacama y SERNAGEOMIN en informes respectivos (Ver Anexos). Estas superficies corresponden a plantas abandonadas en el área, previa aprobación de la Ley que fija exigencias normativas de remediación y reparación de las faenas. Por lo anterior esto representa para la ciudad y sus habitantes una situación compleja de riesgo, la cual será abordada en los apartados siguientes.

Las plantas reconocidas en el área urbana y cercanas a ella son: Plan Callejas, Planta Candelaria, Planta cuevitas, Planta el Carmen y Planta Torino.

**Figura 25. Relaves identificados en el área urbana.**



Fuente: Elaborado a partir de Informes de SERMI MINVU, U. Atacama y SERNAGEOMIN (Ver en ANEXOS los informes correspondientes).

### III.- CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

De un modo general, el estudio se aborda en una secuencia de actividades que se resumen como sigue:

- Definición de metodológica para abordar cada uno de los riesgos considerados
- Caracterización territorial de aspectos geológicos, geomorfológicos y red hídrica, entre otros. En esta ocasión se entregan en la línea base del diagnóstico
- Revisión de antecedentes históricos de eventos ocurridos en el territorio.
- Análisis cartográfico, fotointerpretación y terreno.

En atención a lo anterior, se presenta a continuación un resumen de consideraciones de orden metodológico, para la realización del diagnóstico del estudio fundado de riesgos y al mismo tiempo se indican algunas limitantes en el desarrollo durante la etapa.

**Cuadro 3. Consideraciones Metodológicas**

Riesgo	Escala	Fuentes de Información para zonificación	Limitante
Sísmico	1: 100.000 o superior.	Antecedentes Históricos	No es posible Zonificar
Inundación	1: 5.000	Revisión de eventos Análisis cartográfico Fotointerpretación Terreno	Se confeccionan mapas de susceptibilidad para estos ítems, ello por cuanto se trabaja a principalmente, a partir de fuentes de información secundaria histórica disponible.
Remoción en masa	1: 5.000	Revisión de eventos Análisis cartográfico Fotointerpretación Terreno	

Fuente: Elaboración propia.

#### III.1 METODOLOGÍAS ESPECÍFICAS PARA RIESGOS CONSIDERADOS

##### III.1.1.- Susceptibilidad de Áreas Bajo Riesgo de Inundación

Diversos autores han planteado metodologías para determinar la susceptibilidad de áreas bajo riesgo de inundación orientadas a procesos de ordenamiento territorial, cada una, con mayores o menores ventajas unas sobre las otras. Pero, sin lugar a dudas los principales obstáculos para su aplicación radican en la insuficiencia de información que permita efectuar modelaciones y escenarios, así como también su elevado costo, en términos de tiempo para producir la misma, no pudiendo reaccionar ante la elaboración de un instrumento de ordenación territorial como este.

Dicho lo anterior, con el propósito de determinar áreas susceptibles de sufrir procesos de inundación en el territorio en estudio, conforme a la tipología señalada, se desarrolla en el presente estudio una metodología orientada a la determinación directa de los riesgos de inundación a partir de las zonas inundadas registradas o presuntas. Este método posee los siguientes requerimientos y restricciones:



**Cuadro 4. Requerimientos del método**

MÉTODO	REQUERIMIENTOS / INFORMACIÓN UTILIZADA EN EL ESTUDIO
Crecida registrada (configuración de una gran crecida anterior)	Datos registrados de la zona inundada en fotografías aéreas o imágenes satelitales y mapas. / Imágenes satelitales de Google Earth.
Reconocimiento geomorfológico	Mapas topográficos o fotografías aéreas y reconocimientos sobre el terreno. / Levantamiento de GEOCEN restituído a escala 1:5.000 del año 2016.
Reconocimiento topográfico	Mapas edafológicos o estudios sobre el terreno existente / con recorrido en terreno se establecieron las condiciones edáficas del suelo.
Marcas de eventos anteriores en el terreno	Reconocimiento de campo para determinar las huellas dejadas por situaciones históricas y recientes / se identificaron en terreno alturas en la terrazas bajas, mayormente afectada por inundaciones.

Fuente: Riesgo de Inundación. Francisco Ferrando.

**Cuadro 5. Restricciones del método**

RESTRICCIONES	CÓMO FUE ABORDADO EN ESTE ESTUDIO.
La existencia de una capa baja de nubes en el máximo de la crecida podría hacer ineficientes las fotografías aéreas o satelitales.	Se utilizó imágenes satelitales de Google Earth, donde se tiene registros del año 2003, 2007, 2010, 2012, 2013, 2016 y 2017.
Se basa en antecedentes que señala la población local, por este motivo se debe corroborar los antecedentes.	Se realizaron entrevistas a lugareños, en sectores de quebradas principalmente. La cuales entregaron antecedentes relevantes respecto de la vivencia, además de obtener registros fotográficos, que ayudan a reconocer la magnitud del fenómeno.

Fuente: Elaboración propia, en base a Riesgo de Inundación. Francisco Ferrando.

Esta metodología contempla cuatro fases para su evaluación, que se detallan a continuación:

La primera, establece una línea base territorial, particularmente para el entorno natural sobre el cual se localiza el área de estudio. En este sentido se abordan aspectos referidos a las características climáticas, geología, geomorfología, hidrografía, entre otros. Aspectos que se incorporan en el capítulo II del diagnóstico de Plan, adicional a esto se exponen antecedentes del estudio “Análisis Integrado de Gestión en cuenca del río Huasco, Región de Atacama”, elaborado por la Dirección General de Aguas el año 2013, con la finalidad de establecer las condiciones locales referidas al comportamiento hidráulico del río Huasco en el sector embalse Santa Juana, y entre quebrada Maitencillo y Jilguero, sector en el cual se localiza la ciudad de ValLENAR.

La segunda, considera un análisis de antecedentes históricos, cuya base se encuentra en antecedentes de prensa, entrevistas con vecinos desarrollada en el trabajo de terreno.

La tercera, se orienta al análisis cartográfico de la información señalada anteriormente, así como también el análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas<sup>14</sup>, que permitan identificar cambios en el cauce, áreas erosionadas, áreas de depósito y cambios en las condiciones superficiales del suelo (rastros de escurrimiento superficial).

El análisis cartográfico incluye lo siguiente:

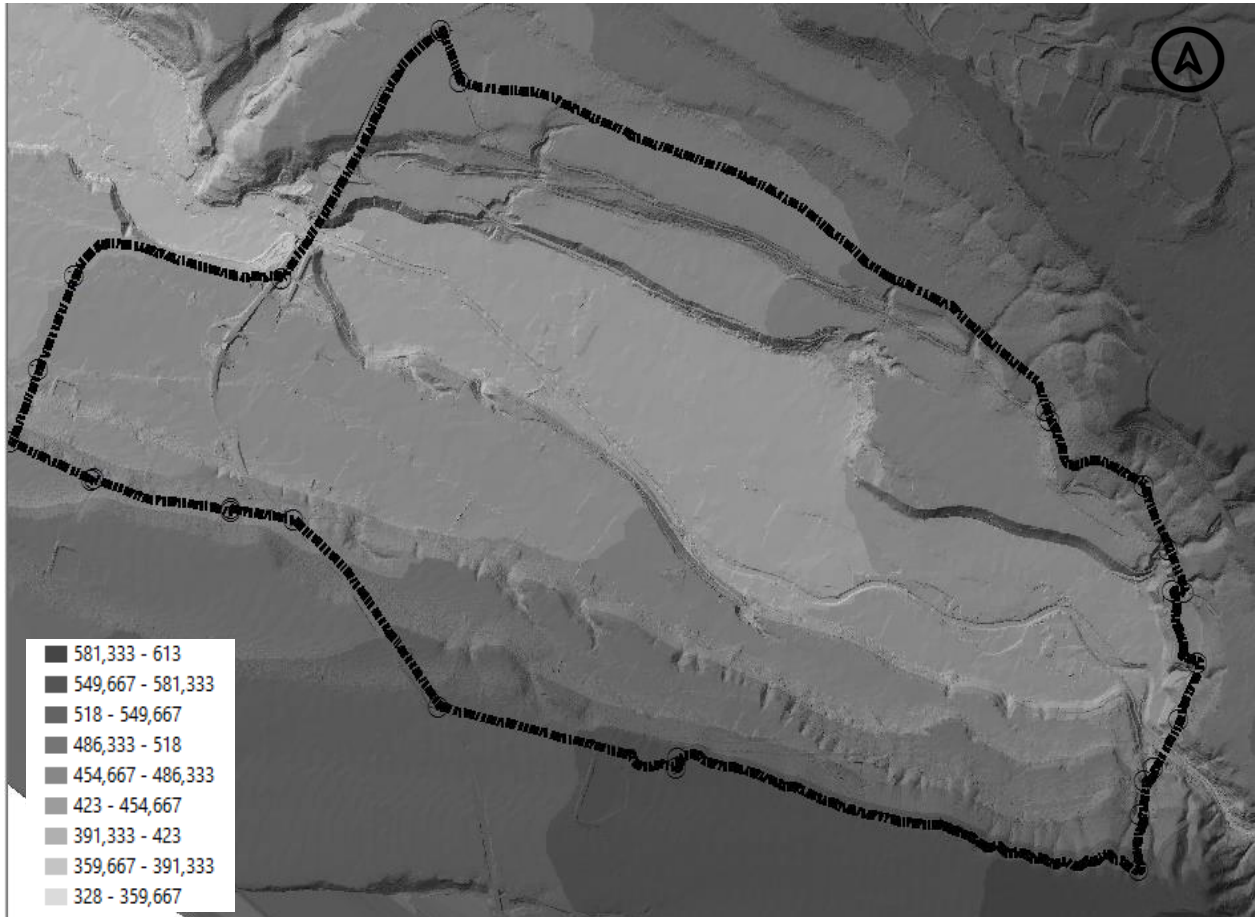
- Caracterización del área urbana y su entorno, resultados obtenidos de la elaboración de la línea base (condiciones climáticas, geomorfológicas y geología), que son

<sup>14</sup> Correspondientes a la restitución realizada por GEOCEN (2016).

utilizados caracterizar y a la vez ayudan a contrastar información para establecer la superficie de inundación.

- Análisis de las condiciones topográficas en base al modelo digital de terreno, que mediante la aplicación de 3D Analyst de la herramienta ArcGis permite el cálculo de pendientes en el área de estudio, con la finalidad de resaltar e identificar áreas deprimidas y condiciones generales del territorio.

**Figura 26. Modelo Digital de Terreno.**



Fuente: SURPLAN.

La cuarta fase, corresponde a campañas de terreno cuyo objetivo es realizar una verificación y precisión de las áreas determinadas en gabinete, obtener registros fotográficos que evidencien de eventos ocurridos con anterioridad cuando sea posible. Respecto de esta fase las campañas de terreno realizadas son:

El 23 y 26 de febrero del 2016, el trabajo de terreno tenía como objetivo realizar un recorrido por la comuna, las principales quebradas del entorno (Quebrada El Jilguero, Valparaíso y el Carrizo), realizar recorrido por el Río Huasco y en todos los puntos obtener información histórica y vivencial respecto de inundaciones, y fenómenos de remoción en masa (flujo de detritos).

El 1 de Marzo del 2018, se realizó inspección de terreno para corroborar áreas de inundación, para ello se hizo un recorrido puntual en el sector del vivero y ribera norte del río Huasco en este sector. Esto con la finalidad de establecer mayor precisión de las superficies inundables, en comparación con estudios hidráulicos realizados por el MOP.

Con el desarrollo de las fases descritas se obtuvo como resultado un mapa de susceptibilidad de inundación, cuya definición se basa en la identificación de factores de inundación, los cuales de acuerdo a informe Técnico ERN-CAPRA (2003)<sup>15</sup> y que permiten diferenciar 4 zonas de interés:

1. Zonas bajas o rodeadas de montañas con mayor peligro de inundación que se asemejan a cauces de río. (en color amarillo en la imagen)
2. Lugares cercanos a zonas bajas identificadas como cauces.
3. Lugares con pendientes topográficas bajas o plana, posee pocas probabilidades de inundación.
4. Lugares con pendiente topográfica alta. Se considera que no se presenta inundación

**Figura 27. Zonas de interes al estudiar la inundación.**



Fuente: CAPRA – ERN (2003)

### III.1.2.- Susceptibilidad de Áreas Bajo Riesgo de Remoción en Masa

La metodología a aplicar se basa en cuatro fases, que se detallan a continuación:

La primera, consiste en una recopilación de información de carácter histórico, estableciendo el énfasis en: información de prensa, entrevistas con vecinos (a desarrollar durante el proceso participativo). El objetivo es conocer donde han ocurrido eventos, los cuales puedan relacionarse posteriormente con las características del territorio y su expresión cartográfica, obteniendo de esta forma un catastro de eventos.

La segunda, construye cartografía de carácter temático referida a los aspectos considerados en la caracterización territorial, para su posterior cruce.

La tercera, considera un trabajo de terreno, en específico de las localidades incorporadas al proceso de planificación a objeto de complementar información.

La cuarta, define las áreas susceptibilidad de remoción en masa a incorporar. Para ello, se utilizan factores condicionantes comúnmente utilizados, tales como la pendiente del terreno la geología y/o geomorfología, entre otros. Dichos factores serán ponderados para la construcción de los mapas de zonificación de susceptibilidad.

### III.1.3.- Áreas de susceptibilidad de riesgo de origen antrópico

A partir de los antecedentes levantados en terreno y la recopilación de información (ver Anexos), se identifican áreas en el área urbana con presencia de plantas mineras abandonadas en el área de influencia directa del estudio. Se confecciona cartografía que se ha corregido y precisado.

<sup>15</sup> Modelos de Evaluación de Amenazas Naturales y Selección. CAPRA – ERN. 2003.

## IV.- DELIMITACIÓN DE AREAS BAJO SUSCEPTIBILIDAD DE RIESGO

### IV.1 ÁREAS DE SUSCEPTIBILIDAD DE RIESGO NATURAL

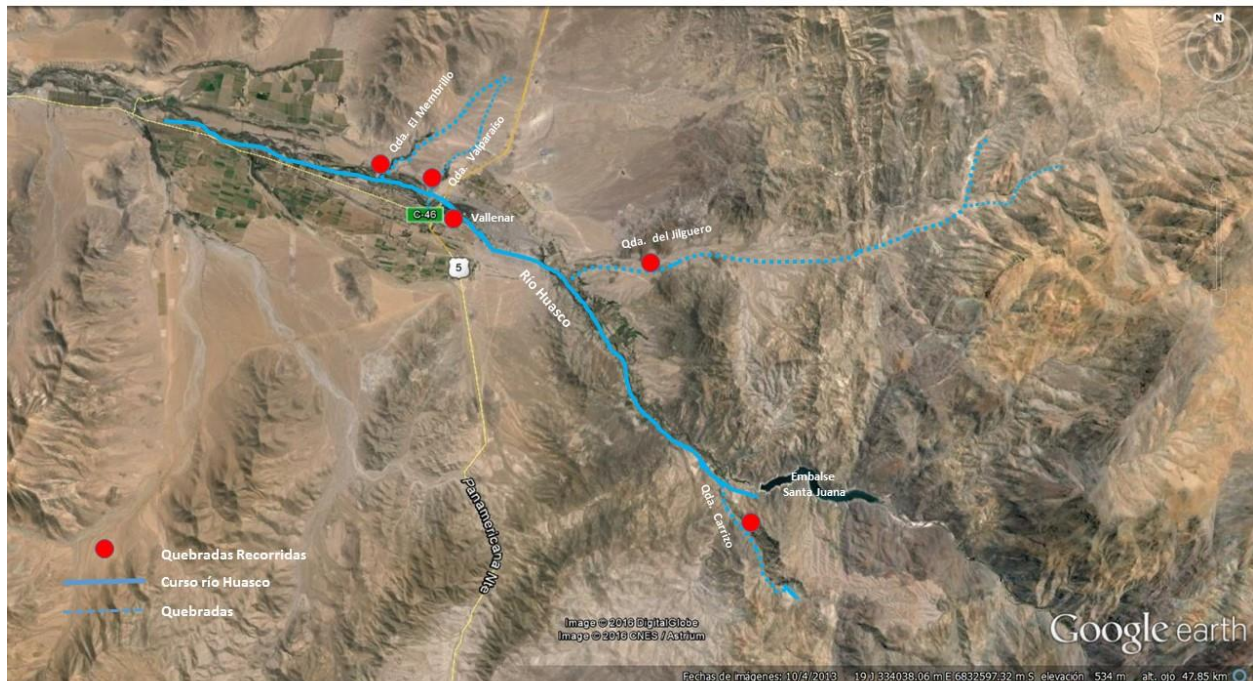
#### IV.1.1.- Áreas Bajo Susceptibilidad de inundación

##### A.- Levantamiento de información en campaña en Terreno

Como se señaló con anterioridad, la recopilación de información referida a eventos de inundación ocurridos en el territorio, aporta un importante antecedente para analizar y observar la recurrencia o frecuencia con que el evento puede producirse en un mismo lugar. Por otro lado, ayuda a resolver la carencia de información, permitiendo realizar análisis durante un periodo de tiempo determinado de manera objetiva.

La siguiente figura muestra las quebradas y cursos de agua recorridos en la campaña de terreno realizada entre los días 22 al 26 de febrero del 2017, además del terreno de corroboración realizado el 1 de marzo del año 2018. En el primer recorrido, fue posible recoger testimonios de personas residentes, los cuales se muestran más adelante, particularmente en las quebradas de Valparaíso, Carrizo y Jilguero.

**Figura 28. Quebradas Recorridas en Terreno**



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

El segundo recorrido realizado el 1 de marzo del 2018, permitió establecer con mayor precisión las superficies de inundación hacia el sector oriente de la localidad, para ello se tomaron puntos GPS en los cuales se identifican las alturas, lo cual ayuda a precisar en el modelo topográfico las áreas efectivas de inundación.



**Figura 29. Recorrido realizado 1 de marzo 2018.**



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth.

## B.- Registros históricos

A continuación, se expone un resumen de eventos registrados en el libro “Catástrofes en Chile, entre 1541 y 1992” de Rosa Urrutia y Carlos Lanza, se ha ordenado la información de manera cronológica a partir del año 1827. Si bien, el texto no entrega de manera detallada los efectos de las inundaciones en la ciudad de Vallenar, entrega un contexto general de las veces en que la ciudad ha sido afectada por intensas lluvias y como consecuencia la crecida del río Huasco. Es necesario señalar que el texto revisado, ha sido elaborado a partir de una revisión de información de prensa y se presenta como un relato de hechos, más que como un documento técnico, razón por la cual se ha optado por transcribir segmentos del texto.

- **1827.** El invierno de 1827 fue particularmente lluvioso, especialmente desde fines de mayo y los primeros días de junio, en que los temporales de lluvia, vientos y nieve azotaron desde Copiapó hasta más al sur de Curicó.

En Copiapó las aguas bajaron por la quebrada de Paipote, inundando la ciudad. El turbión arrastró, basuras e incluso los ranchos. En los alrededores, los terrenos agrícolas quedaron con perjuicios de consideración.

- **1880.** En el invierno de 1880, los ríos Huasco, Coquimbo, Limarí y Choapa y sus afluentes tuvieron crecidas devastadoras, causando perjuicios, principalmente en los canales de irrigación.
- **1891.** Un frente de mal tiempo en los primeros días de julio de 1891, produjo una fuerte nevazón en Yumbel, Quinta y en varios poblados de la semicordillera, muriendo de frío al menos una persona. El 21 del mismo mes, nevó entre La Ligua y Rancagua, en Santiago



ésta fue copiosa, duró seis horas, se desprendieron alambres telefónicos y telegráficos, cayeron un sinnúmero de postes y ramas, suspendiéndose parte del tráfico.

Hacia el norte, los ríos Huasco, Coquimbo, Limarí y Choapa, tuvieron crecidas devastadoras, convirtiéndose en pedregales terrenos agrícolas.

- **1899.** En 1899 los temporales que se iniciaron a fines de mayo y duraron con breves intermitencias, hasta fines de agosto, produjeron daños de todo tipo desde Iquique hasta Osorno.

A mediados de junio, otro frente de mal tiempo afectó desde Vallenar a Osorno, produciéndose, además, fuertes marejadas en Tocopilla, Antofagasta y Chañaral, esta última quedó con el muelle fiscal deteriorado y con casas ubicadas cerca del mar, destruidas.

En Vallenar cayeron copiosas nieves.

- **1902.** Entre fines de julio y principios de agosto de 1902, un fuerte temporal azotó la provincia de Coquimbo, desbordando el río del mismo nombre y produciendo serias inundaciones en La Serena.

En Copiapó, el temporal y río Copiapó arrasaron con las casas.

- **1906.** Los desbordes de los ríos Copiapó y Huasco, durante todo el mes de enero de 1906 a consecuencia de los deshielos en la cordillera, afectaron principalmente la provincia de Atacama, paralizando la industria, el comercio, inundando campos y asentamientos mineros. El desborde de los ríos se fue produciendo paulatina y constantemente, hora a hora y día a día, llegando las aguas a las localidades, pueblos y ciudades.

En Copiapó, el agua subió más de un metro y medio, casi todo el comercio de los sectores anegados cerró sus puertas. Familias enteras quedaron desamparadas, las que fueron ayudadas por la policía y los bomberos.

Las casas se derrumbaron por el ímpetu de las aguas. Los valles y los mejores sembrados, principalmente en Copiapó y Vallenar se inundaron completamente, la línea férrea se destruyó en varias partes, las obras de defensa.

Tierra Amarilla, Cerrillos, Mal Paso, Totoralillo y Nantoco fueron algunas de las localidades que más sufrieron con la inundación, quedando totalmente devastadas, San Antonio de Atacama quedó aislada y la población amenazada de padecer hambre. En Vallenar, las calles quedaron anegadas, los puentes derribados, el comercio Paralizado, las comunicaciones cortadas con la costa y con el interior, la vía férrea fue removida y cubierta de agua en varias partes. En Tierra Amarilla, las pérdidas en la propiedad mercaderías fueron del orden de los cuarenta mil pesos.

El ministro de industria y obras públicas visitó los lugares devastados, para imponerse personalmente de los daños y determinar las primeras medidas que era necesario tomar para detener la obra destructora de las aguas y aliviar, en parte, la situación en que habían quedado las familias de la ciudad de Copiapó y las otras 10.000 de Vallenar.

- **1914** Se autorizó al Presidente de la República para girar hasta doscientos mil pesos para atender las reparaciones más urgentes de los daños ocasionados por los temporales y otros sesenta mil pesos para las reparaciones de los daños ocasionados en Vallenar por el río Huasco.
- **1934.** Los sucesivos frentes de mal tiempo que se iniciaron el 17 de mayo y se prolongaron hasta el 4 de junio de 1934, azotando desde Copiapó a Magallanes dejaron, por lo menos catorce muertos, más de treinta heridos, pérdidas de animales, miles de damnificados, daños

por varios millones de pesos en caminos destruidos, puentes deteriorados, vías férreas interrumpidas por deslizamientos de tierra...

En la provincia de Atacama, Tierra Amarilla y Copiapó fueron las más afectadas.

- **1984.** Setenta muertos, ciento cuarenta mil ochocientos setenta y seis damnificados, setenta heridos, ocho desaparecidos, veinticuatro mil seiscientos veintiocho viviendas dañadas, cuatro mil novecientas setenta y tres viviendas destruidas, localidades aisladas, como consecuencia de desbordes de los ríos, caminos cortados, puentes destruidos, aludes en la cordillera principalmente en el complejo aduanero Los Libertadores, en la V región, tramos de ferrocarril interrumpidos, pasos inundados amén de prolongados cortes en los suministros de agua potables, luz y comunicaciones, hicieron realmente dramática la situación que vivió la población de las regiones, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X Y Metropolitana entre los días 2 y el 15 de julio de 1984, a raíz de un prolongado frente de mal tiempo con fuertes lluvias y nevazones.

La revisión realizada en varios años no señala específicamente la ciudad de Vallenar, pero se han considerado incluirlos, debido a que dan cuenta de afectaciones en un amplio sector.

Adicionalmente, se ha indagado en la búsqueda de información sistematizada respecto de caudales medios mensuales en el río Huasco (particularmente en el área correspondiente a la ciudad de Vallenar) a objeto poder identificar los años donde estos han sobrepasado la media.

El estudio “Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del Río Huasco, Región de Atacama”, elaborado por la DGA en 2013, realiza una recopilación histórica de los caudales medios mensuales del río Huasco, sector Santa Juana (14 kilómetros al este de la ciudad de Vallenar) antes y después de la construcción del embalse Santa Juana.

**Figura 30. Vista embalse Santa Juana**

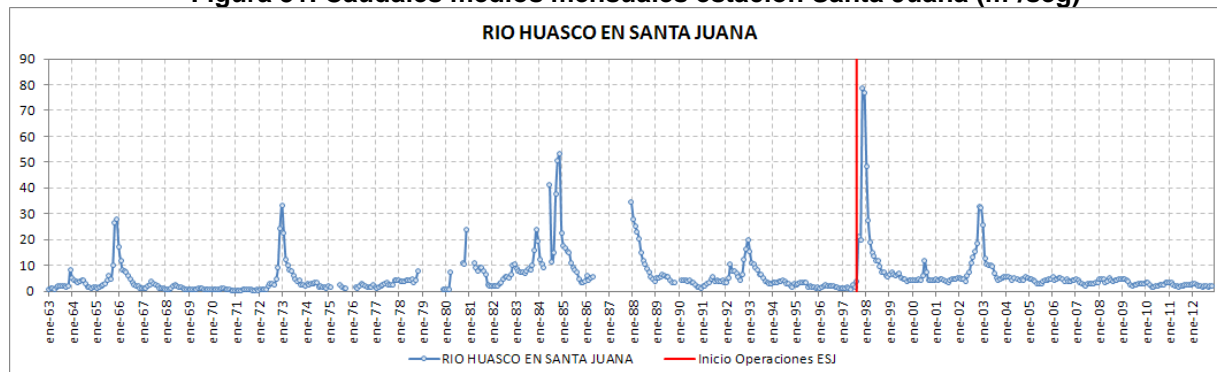


Fuente: SURPLAN Ltda. Febrero 2016.

El estudio, muestra información reunida desde el año 1963 hasta el año 2012, la cual se resume en el gráfico que se muestra a continuación (en rojo se marca el año de construcción del embalse) y donde destacan los siguientes aspectos. Señala además que, el embalse ha actuado como elemento regulador del caudal del río Huasco (el presente informe, no evalúa el caso de un

embalse colmatado y precipitaciones intensas)<sup>16</sup>, posee un volumen de almacenamiento de 166 mm<sup>3</sup>, comenzando sus operaciones en el año 1997.

**Figura 31. Caudales medios mensuales estación Santa Juana (m<sup>3</sup>/seg)**



Fuente: Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del Río Huasco, Región de Atacama. DGA, 2013.

Los caudales máximos, previos a la construcción del embalse Santa Juana, que superan los 30 m<sup>3</sup>/seg, tienen una distancia temporal variable, siendo las más altas aquellas ocurridas en la década en los años 1984 y 1985, con 40 m<sup>3</sup>/seg y 50 m<sup>3</sup>/seg, respectivamente.

Por otra parte, el “Estudio Básico Plan de Manejo Técnico del Río Huasco, Comuna de Vallenar”, elaborado por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas el año 2016. Reafirma el rol regulador de caudal del embalse ante eventos de precipitaciones intensas, al mismo tiempo señala que, “*la conductibilidad hidráulica del suelo presenta diferencias, en concreto, entre el embalse Santa Juana y la Ciudad de Vallenar esta llega a 5,15 m<sup>3</sup>/día, en tanto, aguas debajo de la ciudad de Vallenar y en contacto con ella esta conductibilidad desciende a 4,43 m<sup>3</sup>/día*”.

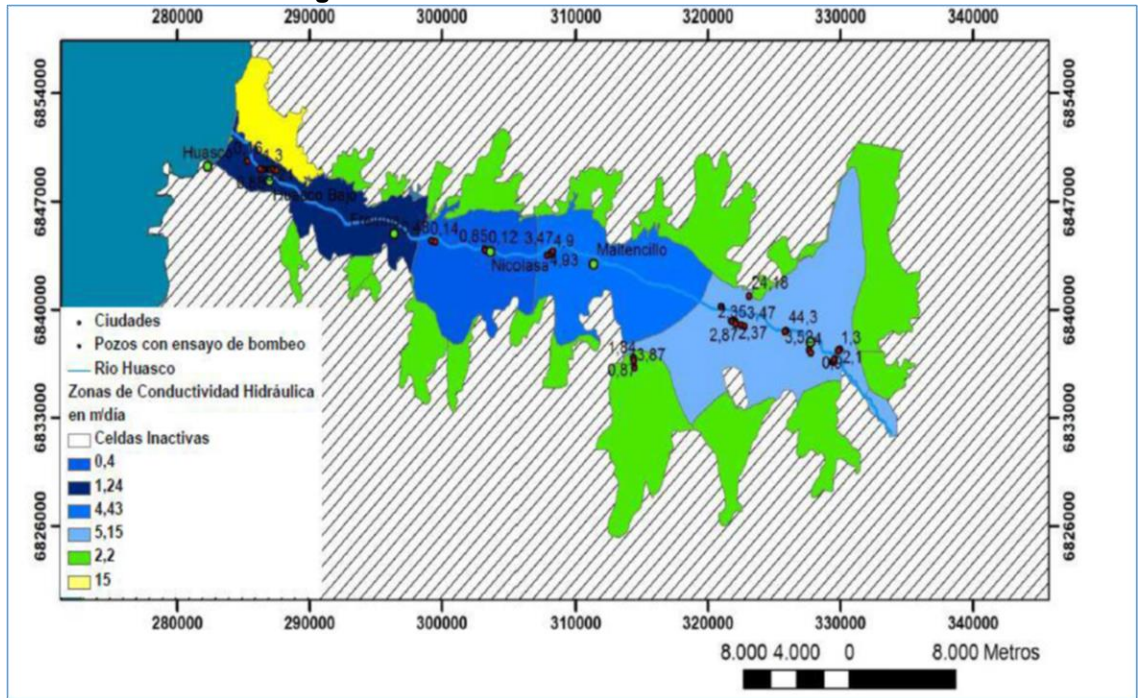
Lo anterior, se traduce en que áreas como la ZR1 del Plan Regulador Comunal vigente (descrita en páginas 7 a 9 del presente informe) presentan menor conductibilidad y por tanto tienden a mantener un nivel de agua subterránea más cercano a la superficie del suelo, situación que favorece las condiciones para que se produzcan inundaciones por anegamiento.

La siguiente figura, extraída del citado estudio muestra los índices de conductibilidad hidráulica para el área de estudio.

<sup>16</sup> Resulta interesante evaluar las condiciones de amenaza y susceptibilidad de inundación y socavación lateral ante situaciones de crecida extraordinaria tomándose en consideración que la capacidad de regulación del embalse Santa Juana sea nula. De hecho, esta situación es la más aconsejable para la planificación de áreas urbanas como se ha demostrado en numerosos trabajos de planificación territorial y es parte de las recomendaciones básicas que ha sintetizado The United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) a nivel mundial (<http://www.unisdr.org/>) y la Federal Emergency Management Agency (FEMA) en Estados Unidos (<http://www.fema.gov/>). Sin embargo, para ello, es necesario utilizar las memorias de cálculo del vertedero lateral del embalse que recogen las capacidades de evacuación máximas del sistema de regulación y correlacionarlas con el levantamiento hidrogeomorfológico de la ciudad de Vallenar. Antecedentes de los cuales no se cuenta información y no corresponde en este estudio levantarlos



**Figura 32. Conductividad hidráulica**



Fuente: Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del Río Huasco, Región de Atacama. DGA, 2013.

Se aprecia en la figura que, en la medida que se desciende por el curso del río Huasco, el índice disminuye, esta situación que, si bien actúa como agente que favorece los procesos de inundación por anegamiento, por otro lado, entrega condiciones propicias para el desarrollo de la agricultura, tal como se observa aguas abajo de Vallenar.

**Figura 33. Sector Quebrada de Valparaiso**



Arriba: izquierda, equipo consultor junto a Ana Villegas de vestido azul; derecha, fotografías del río Huasco y quebrada Valparaiso aportadas por la entrevistada. Abajo, vista de la quebrada de Valparaiso.

Fuente: SURPLAN Ltda. Febrero 2016.

Las crecidas anteriores al año de construcción del embalse, son recordadas por vecinos antiguos de la ciudad de Vallenar, entre ellas la de 1966 (caudal registrado 30 m<sup>3</sup>/seg) y 1985. Misma

situación ocurre con la del año 1998 (caudal registrado 80 m<sup>3</sup>/seg), para la cual se consiguió un testimonio de la profesora de educación general básica Ana María Villegas Araya, quien actualmente vive en el sector de la quebrada de Valparaíso, al poniente de la ciudad.

*“Aún recuerdo la crecida del río, el año 1997 (98), pero más importante que ello, fue como bajo el agua por esta quebrada (Valparaíso), yo era pequeña. Mi madre alcanzó a tomar algunas fotografías del río. La casa que actualmente ocupamos, es nueva, antes estaba abajo, y fue arrasada por el agua.”<sup>17</sup>*

Si bien este testimonio, no habla directamente del río Huasco, permite apreciar la importancia que adquieren los aumentos en las precipitaciones, particularmente en quebradas donde la permeabilidad del suelo es de media a baja.

**Figura 34. Corte en Quebrada de Valparaíso**

La siguiente figura, muestra un corte sobre el lecho mayor de la quebrada Valparaíso, en ella se aprecia parte inferior gravas arrastradas probablemente durante la crecida del año 1997 (98), mientras que en la sección superior se observa material limoso resultado de las precipitaciones ocurridas el año 2015.



Fuente: SURPLAN Ltda. Febrero 2016.

Las precipitaciones ocurridas en marzo del año 2015 en la región de Atacama, también afectaron la ciudad de Vallenar. En este caso, el día 25 de ese mes, se da cuenta de la caída de cuatro vehículos al río Huasco en la ciudad, situación señalada por el alcalde Cristián Tapia.

**Figura 35. Vista del río Huasco en Vallenar – 25 de marzo 2015.**



Sector Avenida Costanera, al poniente de Calle Talca.o

Fuente: [https://twitter.com/rorrocp/status/580850717159755778/photo/1?ref\\_src=twsrc%5Etfw](https://twitter.com/rorrocp/status/580850717159755778/photo/1?ref_src=twsrc%5Etfw).

<sup>17</sup> Reseña de conversación sostenida con la profesora, en febrero del año 2016.



La fotografía, corresponde a una sección del río Huasco ubicada inmediatamente al poniente del puente peatonal que conecta la calle Talca, con el sector sur de la ciudad. Una particularidad de este sector, está dada por la presencia de áreas verdes en los márgenes del río, elemento urbano que colabora en la estabilidad y defensa de los taludes sur y norte del río.

Otro sector donde el aumento de caudal del río Huasco generó preocupación y alerta de desborde, fue en las inmediaciones de del puente ferroviario, tal como se observa en la siguiente fotografía obtenida desde <https://twitter.com/T13/>.

**Figura 36.** Vista del río Huasco en ValLENAR – 25 de marzo 2015.

Sector Puente ferroviario.



Fuente: <https://twitter.com/T13/>.

A partir de la información de prensa revisada, no se detectó que este afectara directamente a la población, sea inundando casas o edificación de carácter público. Al respecto, en [www.biobiochile.cl](http://www.biobiochile.cl) se publicó el 27 de marzo del 2015, lo siguiente.

*“Alarma causó la información difundida a través de redes sociales sobre un aluvión a causa del desborde del río Huasco, hecho que provocó que muchos habitantes de la zona, en particular de ValLENAR, comenzaran a evacuar.*

*Sin embargo, la información fue desmentida por el propio Alcalde de la comuna, Cristian Tapia, dijo que “la cantidad de agua que ha bajado de la cordillera es bastante”, pero aseguró que, si bien efectivamente el caudal ha aumentado, no han existido desbordes peligrosos “ya que río tiene una buena ‘guía’, una buena profundidad y hacia ambos lados es muy ancho”, detalló.*

*“Para la tranquilidad de la gente nosotros vamos a ir a terreno a revisar”, comentó Tapia afirmando que el tranque Santa Juana no ha colapsado”.*

A pesar de la importante cantidad de precipitaciones, el embalse Santa Juana, desempeñó nuevamente un rol regulador del caudal proveniente aguas arriba del sector de Santa Juana, evitando así una crecida mayor del cauce aguas abajo y un posible desborde y tragedia en el sector de la ciudad.

No obstante, las quebradas del Jilguero (inmediata a la ciudad de ValLENAR) y la de Carrizo (ambas tributarias del río Huasco), esta última ubicada unos 13 kilómetros al oriente de la ciudad de ValLENAR, registraron importantes arrastres de material, principalmente de limo y gravas de menor tamaño, según se pudo constatar en observaciones y consultas a algunos vecinos en terreno.



**Figura 37.** Quebradas del Jilguero y Carrizo



Arriba, lecho quebrada del Jilguero con material arrastrado marzo 2015. Abajo, estado del suelo y vecino consultado en quebrada Carrizo.

Fuente: SURPLAN Ltda. Febrero 2016.

**Figura 38.** Principales Quebradas que rodean la Ciudad



Fuente: Elaboración Propia, a partir de Google Earth.

Por otra parte, se ha recopilado la siguiente nota desde <http://www.semanario7dias.cl>, aparecida el día 25 de octubre de 2015, la cual señala:

*“Entre los años 1992 y 1995 la entonces Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas construyó el Embalse Santa Juana, actualmente de propiedad de los agricultores del valle de Huasco, administrado por la Junta de Vigilancia del Río Huasco. Un proyecto que, como muchas*

*de las grandes obras de riego, demoró décadas en ver la luz. Por consiguiente, muchos escépticos pensaron que “jamás se llenaría”. Apenas terminaba su construcción, vinieron las lluvias de 1997 y un año después el embalse estaba lleno. Fue así como por primera vez empezó a verter agua por su vertedero lateral, para entonces sólo excavado en roca, el año 1998. El hecho fue calificado como un verdadero milagro, porque de haber demorado su construcción, la cantidad de agua de la crecida del '97 hubiera sido devastadora para la ciudad de Vallenar, pues aún con embalse causó estragos en el valle.*

*Posteriormente, fue para los deshielos del año 2002 cuando volvió a llenarse. En su historia de dos décadas sólo dos veces ha rebalsado, esta es la tercera vez, por ello, el Seremi de Obras Públicas, César González calificó de histórico el evento “se trata de algo histórico y de enorme importancia para la provincia de Huasco. Con un buen manejo, tendremos agua potable y de riego con seguridad para los próximos 5 a 6 años, para las 10.000 hectáreas productivas del valle. Cabe señalar que desde que entró en operación el Embalse Santa Juana se ha triplicado la superficie de riego tecnificado, por ejemplo, hecho que nos permite avanzar sustantivamente en mejorar el uso eficiente del recurso hídrico”, por otra parte, indicó que “es de esperar que, con riego seguro, la banca privada ofrezca mejores condiciones crediticias a nuestros agricultores, pues el embalse se constituye en un gran aval”.*

*El hecho de que el embalse entre en régimen de excedencia (rebalse), implica que además se podrán recargar los acuíferos, lo que también permitirá recuperar el nivel de los pozos de agua y asegurar el agua potable para la provincia.*

*Desde la Dirección de Obras Hidráulicas señalaron, “otro gran beneficio es el control de las crecidas, dado que para el aluvión del año 2015 el peak de caudal que entró al embalse fue de 300 m<sup>3</sup>/s, los que ayudaron a conseguir el llenado que hoy tenemos, pues el embalse estaba seco. Así y todo, por Vallenar pasaron cerca de 50 m<sup>3</sup>/s, lo que, si se hubiera sumado al caudal entrante al embalse, habría ocasionado un desastre de las mismas proporciones sufridas por Copiapó y Chañaral, pues los estudios indican que ya con 200 m<sup>3</sup>/s Vallenar se inunda.”*

Destacan en esta nota de prensa, tres aspectos a considerar:

- El embalse cumple su rol regulador de aumento de caudal del río ante precipitaciones que exceden los valores normales. Revelando cifras críticas para las lluvias ocurridas durante el 2015.
- El rol de aumentar la oferta de agua para el desarrollo de cultivos, aumentado la superficie de cultivos en el valle.
- Recarga de los acuíferos, permitiendo con ello asegurar la disponibilidad de agua para la población.

A continuación se revisan las causas del evento meteorológico ocurrido el 2016, que provocó importantes inundaciones en varias localidades de la región de Atacama, a excepción de Vallenar.

Para ello se ha revisado diversa bibliografía disponible, rescatando una publicación de la Sociedad Nacional de Minería, “25M Atacama: Aluvión en el Desierto”, 2016. La cual, en el capítulo I señala entre otros aspectos:

*“La Dirección de Meteorología comunicaba a ONEMI que se produciría un frente de mal tiempo con precipitaciones entre las regiones de Antofagasta y Atacama, las que se extenderían desde el martes 24 hasta el jueves 26 de marzo, “se registrarán chubascos en costas, valles y cordillera en el tramo Sur de Antofagasta y Atacama”.*

*A partir de esta información, el domingo 22 de marzo a las 13:29, ONEMI declaró alerta temprana preventiva en Atacama, lo que implicó el monitoreo sobre el área de riesgo y la coordinación con*

*el Sistema de Protección Civil. El domingo 22 a las 19:15, meteorología emite otra alerta con el título “precipitaciones moderadas en las regiones de Antofagasta y Atacama”. Ahí se reitera que entre los días martes y jueves habrán precipitaciones tipo chubascos en costas y valles, y nevadas en la cordillera. Para Antofagasta se pronosticaban 8 milímetros de agua y hasta 20 centímetros de nieve, mientras que en los valles de Atacama la cantidad de agua podría llegar a los 20 milímetros y en la cordillera a 30 centímetros de nieve.*

*Para el Dr. Wolfgang Griem, director del Departamento de Geología de la Universidad de Atacama, la cantidad de lluvias de marzo de 2015 fueron extremadamente altas, según aclara, los registros de precipitaciones en el desierto de Atacama no son muy completos, si bien hay cifras hasta algunas décadas atrás, estos datos no incluyen sectores del interior del desierto. También menciona que cada veinte años se pueden registrar lluvias más intensas como las de 1997, y la existencia de eventos históricos documentados de alto impacto. “Lo sucedido el 25 de marzo fue un fenómeno característico del desierto donde la distribución de las precipitaciones es extremadamente irregular. Los sistemas naturales frecuentemente se comportan de manera no lineal, es decir no hay un patrón obvio matemático, pero hay una cierta relación”.*

### **Baja Segregada**

El fenómeno meteorológico de las intensas lluvias que afectó la región se llama Baja Segregada (BS), y nunca pasa desapercibido. Los expertos coinciden que se caracteriza por ser bastante errático y, por lo mismo, es difícil saber con mucha anticipación cómo se comportará, pues en el camino puede alimentarse o no de corrientes que le otorguen humedad.

Roberto Rondanelli, investigador del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia de la Universidad de Chile, define la BS como un flujo de aire frío en altura que alcanza una latitud superior a la habitual, *“pero lo particular de este evento fue el transporte de vapor de agua desde la zona ecuatorial, el que aportó la humedad para que se produjeran las precipitaciones y, al mismo tiempo, aumentara mucho la temperatura. Al hacerlo, elevó la línea de la isoterma cero grados celsius, que es la línea desde donde empieza a caer nieve, que está muy arriba”.*

Esta masa de aire tibio fue lo que sintió Humberto Esquivel, presidente de la Asociación Minera de El Salado, y que describe como tropical, *“se sentía un aire muy inusual, nada típico, estábamos mojados hasta la cintura y no sentíamos frío, por el contrario, hacía calor”.*

### **Isoterma se instala en las alturas**

Arnaldo Zúñiga, meteorólogo de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), explicó en una publicación aparecida el 27 de marzo que en general la isoterma 0°C está entre 1.000 y 2.000 metros de altura. Pero que, en este caso, la cordillera nevada partió sobre los 3.500 metros, e incluso a los 5.000 metros, por lo que la precipitación no se acumuló, sólo escurrió. *“Si durante una tormenta fría, 20 milímetros de lluvia diaria no provocan consecuencias, esta vez, con los 22 grados celsius que había, la isoterma estaba a cuatro mil quinientos metros, provocando lluvias en lugar de nevadas”,* puntualizó.

Respecto del fenómeno climático, un informe de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), recogido por varias publicaciones nacionales, da cuenta que este sistema frontal, a pesar de ser el más extenso y fuerte en casi un siglo, tuvo lluvias que apenas superaron los 50 milímetros, lo que en otro lugar no sería llamativo por sí mismo, pero si esto sucede en una de las zonas más secas del mundo, el resultado es completamente distinto. Los estudios de la NASA coinciden que este acontecimiento fue a causa de un frente frío que se movía a través de los Andes. *“Normalmente con una tormenta semejante las montañas habrían recibido nieve, pero las temperaturas del aire y de la superficie del mar en la región fueron varios grados más, transformando la nieve en lluvia, siendo totalmente compatible con la acción del fenómeno de El Niño”.*



**C.- Antecedentes de contexto**

Las actividades de terreno realizadas durante la semana del 22 al 26 de febrero del año 2016, permitieron realizar reconocimientos de las principales quebradas ubicadas en el área definida para el presente estudio. A partir de dicho levantamiento, se concluye que, las quebradas que cobran interés para determinar la susceptibilidad de inundación y de fenómenos de remoción en masa, en particular de los flujos. La siguiente figura muestra una parte de la red de quebradas que rodean la ciudad.

Se estima que la sección oriente de la ciudad, donde desagua la quebrada del Jilguero, constituye un punto para el análisis, así como otro punto de interés se ubica al poniente de la ruta 5 norte, sobre el margen norte del río Huasco, este sector constituye un área de ocupación, principalmente asociada a la actividad agrícola que se desarrolla en el valle. Adicionalmente se han detectado algunas ocupaciones recientes de características precarias, las cuales se han localizado en las salidas de las quebradas Valparaíso y Membrillo, ver figura siguiente. Particularmente, la quebrada Membrillo recibe aportes de tres quebradas superiores, entre ella la Marañón, una de las más profusas del área.

**Figura 39. Quebradas del contexto**  
Quebrada del Jilguero (arriba) Quebrada Membrillo y Valparaíso (abajo)



Fuente: Elaboración Propia, a partir de Google Earth

Finalmente, para cada una de las quebradas representadas en la figura anterior y otras acordadas con la contraparte, se ha construido una ficha resumen que describe la situación actual relacionándola con la cuenca en la que se inserta cada una (Ver Anexo. Fichas Quebradas).

#### **D.- Delimitación de áreas de susceptibilidad de inundación y anegamiento**

A partir de los antecedentes expuestos y aquellos que se han explicitado en el capítulo I del Diagnóstico Comunal, se ha generado un plano de susceptibilidad de inundación, para el área de estudio definida. De un modo sintético, los antecedentes considerados son:

- Área de inundación del lecho mayor del río Huasco.
- Revisión de eventos históricos ocurridos en el área de estudio.
- Revisión de caudales medios históricos del río Huasco, antes y después de la construcción del embalse Santa Juana y su rol regulador del caudal ante lluvias intensas y deshielos. Se recuerda que no se evalúa el escenario sin embalse y con este colmatado.
- Información cartográfica en el contexto del estudio.
- Trabajo de terreno elaborado por el equipo de profesionales compuesto por. Herbert Cáceres, geógrafo, Dr. José Enrique Novoa Jerez, director del programa de geografía física aplicada de la Universidad de La Serena y Gabriela Muñoz, geógrafa.
- Integración de los antecedentes y resultados del estudio elaborado por la DOH, “Plan de Manejo Técnico – Río Huasco del 2016”, por cuanto éste último considera un levantamiento de información y modelación de áreas, que el presente estudio no es capaz de realizar.

Para el área se ha considerado la susceptibilidad de riesgo de inundación referidas a desborde de cauce, el cual como se señaló en la metodología comprende aquellas superficies de zonas bajas y superficies cercanas las cuales presentan mayor peligro de inundación.

La figura en página siguiente muestra un modelo de elevación, elaborado a partir un TIN realizado con Arcgis 10.1, en él se observan claramente las quebradas y el lecho mayor del río Huasco. En dicha figura, solo se ha incluido el límite urbano vigente a objeto de visualizar lo más limpio posible el modelo y posteriormente se muestran las áreas de inundación sobre este modelo, para posteriormente en la figura 43 superponer las áreas de inundación sobre la ortofotodigital.

Para identificar dichas áreas se trabajó con el modelo de pendientes en el área urbana, para ello se reclasificaron las pendientes en 5 categorías, dejando en la primera de ellas zonas de pendientes horizontal o suaves ( $0^{\circ} - 5^{\circ}$ ) lo cual permite identificar los quiebres de pendientes, las áreas planas, su extensión y el curso del cauce. Se identifica claramente el cauce y su curso, sin embargo hacia la terraza norte en el sector céntrico de Vallenar existen quiebres que evidencian desborde, el cual debe ser corroborado.

La identificación de pendientes suaves, permitió la comparación con el modelo Hidráulico desarrollado por la DOH, “Plan de Manejo Técnico – Río Huasco del 2016”, estableciéndose correlaciones respecto del ancho de inundación que alcanza el cauce para periodos de retorno de 100 años ( $334,39 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) , específicamente, situación que fue corroborada en el trabajo de terreno realizado el presente año.

Las áreas resultantes se grafican en la figura de Áreas de Susceptibilidad de Inundación.



Figura 40. Modelo de Elevación Sitio de Vallenar

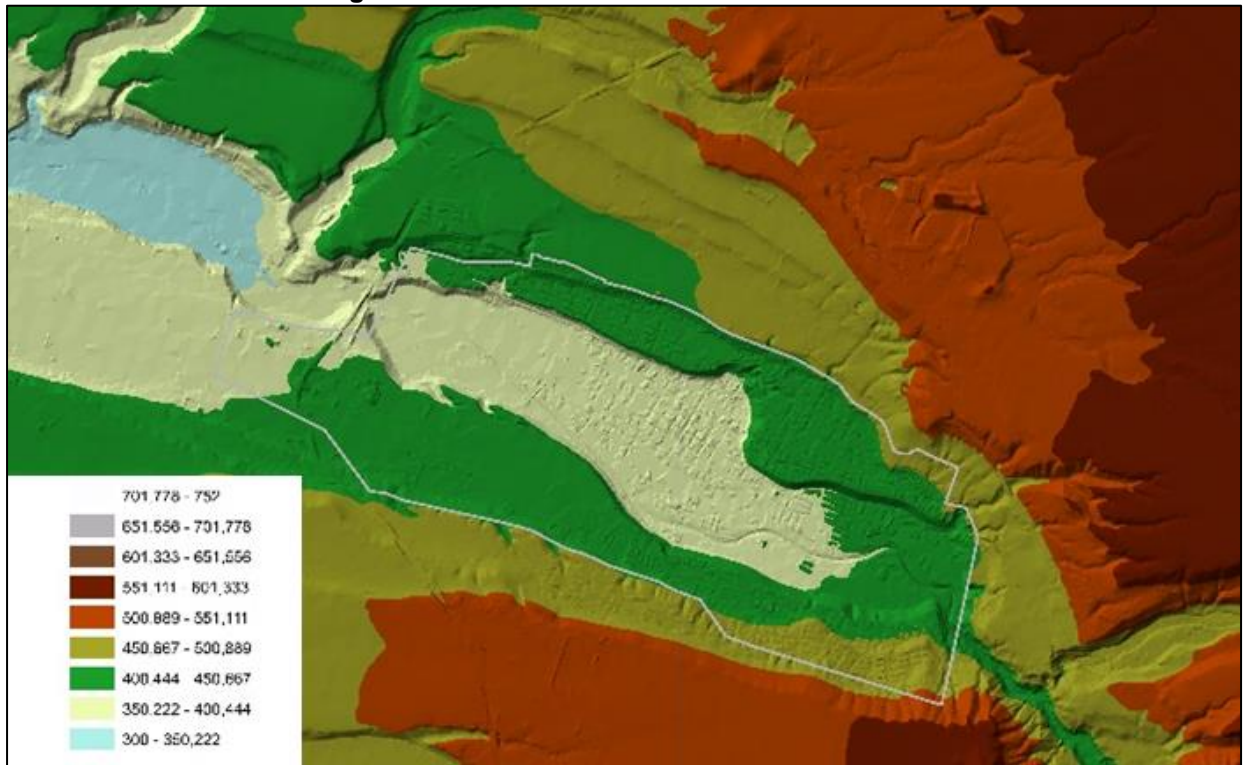
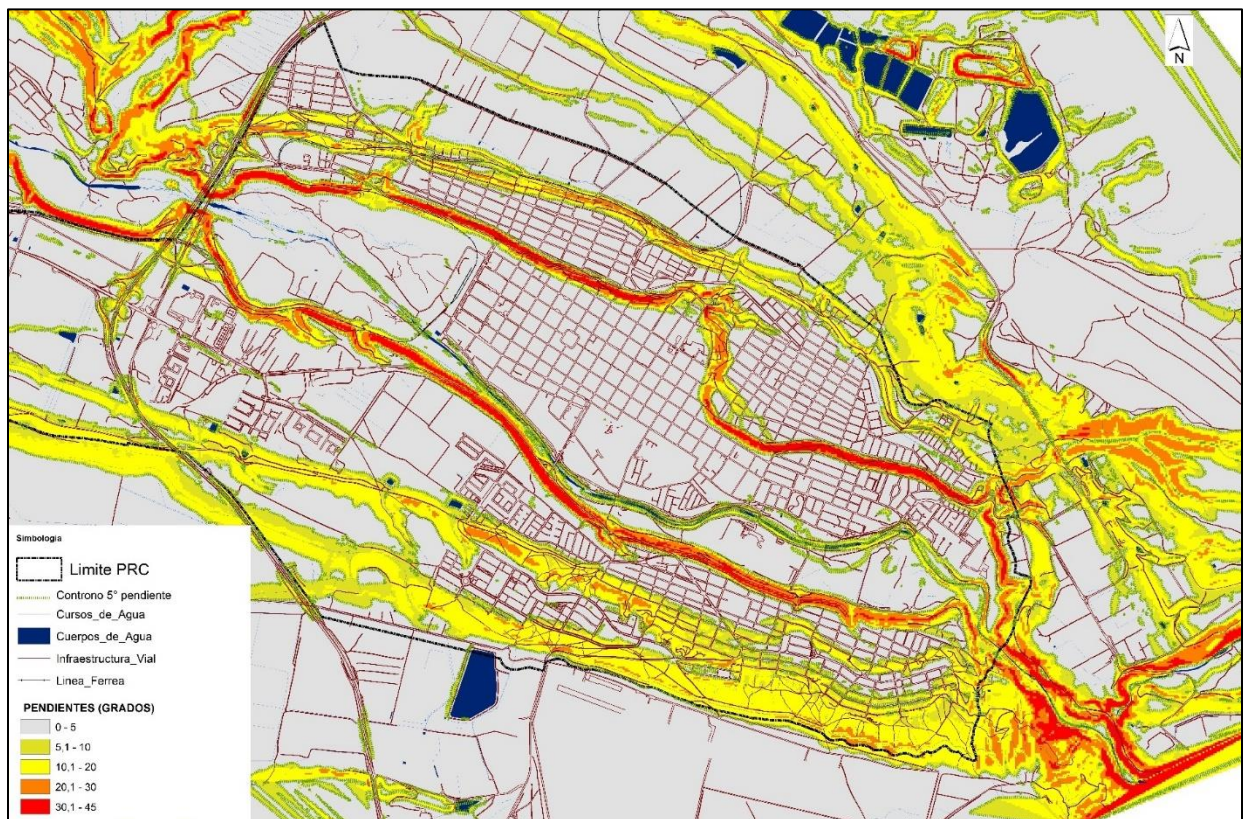


Figura 41. Pendientes



Fuente ambas figuras: Elaboración propia en base a modelo digital.



Figura 42. Áreas de Susceptibilidad Inundación



Fuente: Elaboración propia.



En la definición de áreas bajo susceptibilidad de inundación, se ha optado por no establecer una categorización o jerarquía de ellas, ello debido a que trata de zonas bastante confinadas, ya sea por aspectos naturales y/o antrópicos (por ejemplo, construcciones de gaviones u otros elementos como calles y caminos, que elevan las cotas naturales, entre otros.).

Es posible señalar, de acuerdo a los antecedentes que, las principales inundaciones que han afectado el área se relacionan directamente con eventos meteorológicos extremos. Dichos eventos, como se revisó, han originado inundaciones en el área de estudio por desborde, en el cauce del río Huasco, quebrada del Jilguero, Quebrada Valparaíso y Membrillo. En menor medida, asoman otras quebradas de escaso recorrido, las cuales han sido descritas en las fichas anteriormente expuestas, pero las cuales son de escaso desarrollo, vinculando los sectores altos del sitio de Vallenar con los bajos.

Las áreas de susceptibilidad de inundación fueron definidas utilizando la ortofoto 2016 del área en estudio, junto a esto se utilizó la definición de pendientes anteriormente expuesto, para comenzar a definir las áreas más bajas o de escasa pendiente que favorece la concentración de aguas. Para ello se tuvo en consideración las expresiones geomorfológicas, los depósitos asociados al cauce del río Huasco y las áreas drenadas de las principales quebradas.

Los resultados obtenidos de las áreas de inundación revelan un cauce incidido hacia el oriente con terrazas aluviales cercanas a los 419 msnm, tal situación impide el desborde del cauce concentrando mayor proporción del flujo, el cual a medida que desciende en el área céntrica desborda hacia la terraza norte y ampliando su extensión hacia el sector sur aunque en menor proporción, el cual que se encuentra menos poblado. El sector oriente desde Av. Matta a la Ruta 5 presenta una amplia superficie de inundación, acompañada de suelos con problemas de drenaje o áreas de anegamiento.

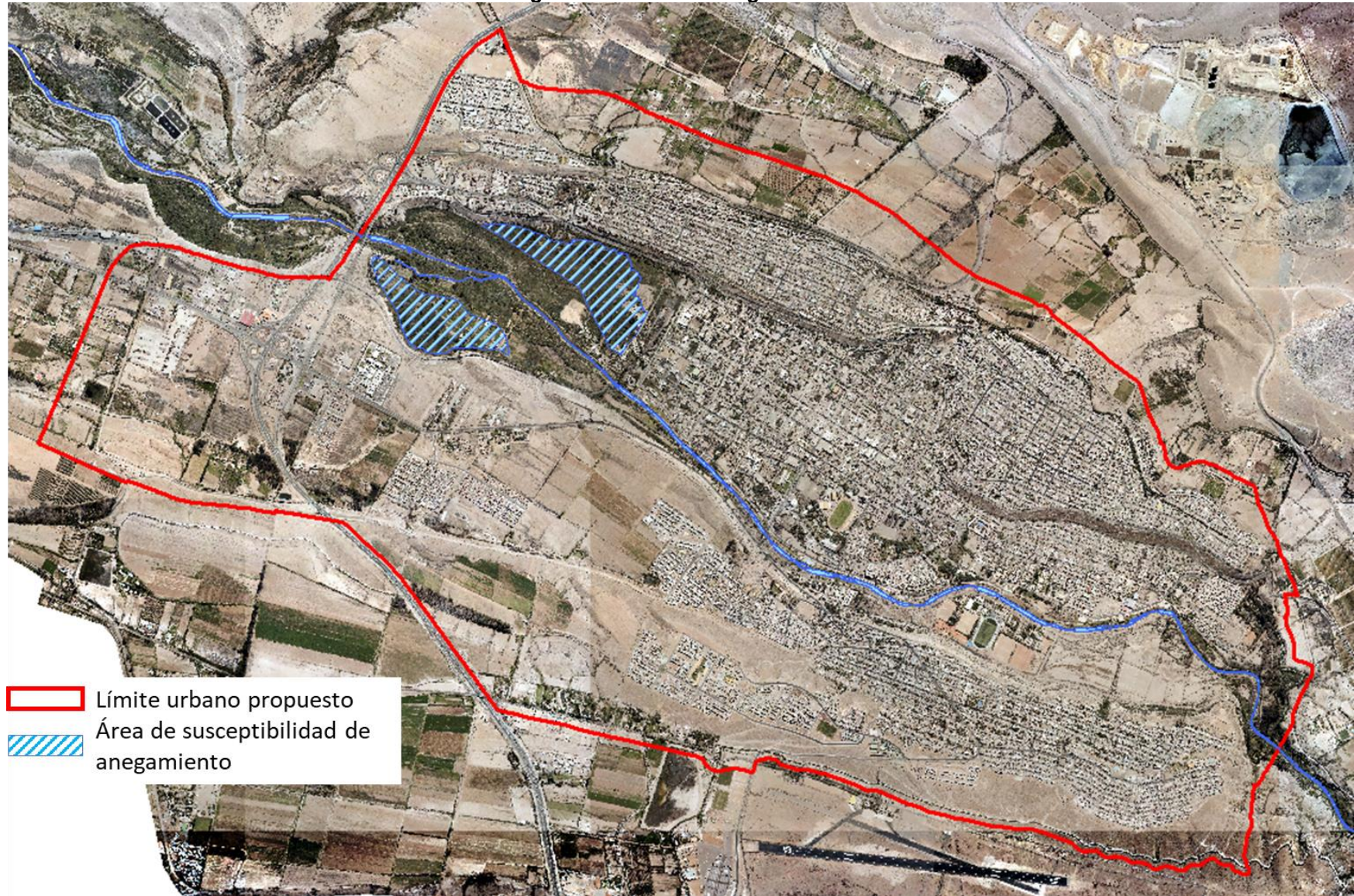
Es necesario realizar una corroboración de la inundación del área céntrica, ya que las curvas de nivel no permiten precisar con exactitud su extensión. Por ello en metodología expuesta al inicio se señala la necesidad de un terreno adicional, en el cual se pretende precisar la dimensión de esta superficie.

Respecto de las áreas susceptibles de anegamiento, éstas se hayan confinadas al lecho del río Huasco, al poniente de Avenida Matta, y tal como se señaló anteriormente, corresponde a un área que, presenta una baja conductibilidad (0,4) homogénea para toda el área de estudio, según antecedentes entregados por el Plan de Manejo Técnico Río Huasco, situación que al contrastar con el mapa de pendientes que se presenta más adelante, el área posee una pendiente promedio bajo los 5° (pendiente horizontal o suaves), hecho que favorece el anegamiento, lo cual es corrobora en terreno por el tipo de vegetación presente en el área, que corresponde a gramíneas y pajonales, especies de sobrevivencia en áreas húmedas. Estas superficies no se consideran dentro de las áreas de inundación debido a la distancia y al cambio leve de pendiente.

Las áreas resultantes se grafican en la figura de Áreas de Susceptibilidad de Anegamiento.



Figura 43. Áreas de Anegamiento.



Fuente: Elaboración propia.



Las quebradas aportantes al caudal del Río Huasco no son consideradas en las áreas de inundación, ya que estas poseen características asociadas a fenómenos de remoción en masa, por ello son expuestas sus superficies en el título siguiente.

#### **IV.1.2.- Áreas Bajo Susceptibilidad de Remoción en masa**

##### **A.- Registros históricos**

La determinación de áreas de susceptibilidad de remoción en masa para el área de estudio se construyó en base a los pasos metodológicos planteados, realizando en primer lugar una revisión de información de carácter histórico, utilizando para ello la vertida en el informe de la etapa 2 del Estudio de Riesgo del PRI Huasco en elaboración, la cual representa una recopilación de diversas fuentes de información, donde destacan los documentos: “Cronología de eventos climáticos” (Atacama virtual), “Peligros naturales en geo-sitios de interés patrimonial en la costa sur de Atacama” (Castro et al., 2010), “Aluviones en Chile en la Década del 90” (Repositorio ONEMI), “Registro de los Principales Desastres de origen geológico en Chile y efecto sobre la población y bienes públicos y privados entre 1980 y 2015” (SERNAGEOMIN, 2015), “Catástrofes de Chañaral: el maremoto de 1922 y el aluvión de 1972” (Museo de Atacama) y “Catástrofes en Chile 1541-1992” (Urrutia y Lanza, 1993).

Es importante mencionar que al igual que en las superficies de inundación, las quebradas ubicadas en torno al área urbana y aquellas ubicadas al interior del área son relevantes, considerando los flujos detríticos asociado a precipitaciones extremas.

De la información revelada en dicho informe, las atingentes al área de estudio son:

- **En el invierno de 1880**, los ríos Huasco, Coquimbo, Limarí y Choapa y sus afluentes tuvieron crecidas devastadoras, causando perjuicios principalmente en los canales de irrigación.
- **En agosto de 1888** se desencadenó un temporal que azotó desde Copiapó a Concepción. Los ríos Copiapó, Huasco, Coquimbo, Limarí y Choapa se desbordaron. El río Copiapó inundó un gran sector de la ciudad, y arrasó con terrenos agrícolas.
- En diciembre de este mismo año, las altas temperaturas provocaron rápidos deshielos en la cordillera que causaron desbordes de ríos. En Vallenar, el río Huasco arrasó con las cementeras, edificios y ranchos. En Tierra Amarilla, y Copiapó los desbordes inundaron los terrenos agrícolas y las poblaciones periféricas de las ciudades.
- **En julio de 1981**, los ríos Huasco, Coquimbo, Limarí y Choapa tuvieron crecidas devastadoras, convirtiendo en pedregales los terrenos agrícolas.
- **1986**, fuertes inundaciones y aluviones en Vallenar y en el valle del río Huasco. En Copiapó se registraron 6 mm de precipitaciones. Corte total de la producción de plata en el sector Río Copiapó por destrucción de la línea férrea en el sector por aluviones.
- **18 de junio 1991**, la lluvia caída en Caldera fue de 39,4 mm en 24 horas; en Copiapó de 31,7 mm y en Chañaral 41,4 mm, según Hauser (1997), a partir de datos de la Dirección Meteorológica de Chile. El mismo autor indica que estos eventos de lluvias intensas, provocaron crecidas y desbordes de los ríos Copiapó y Huasco, causando inundaciones en las calles y viviendas de las ciudades de Copiapó, Vallenar y Huasco. Existen también registros de cortes de caminos y de las líneas férreas ocurridas por activación de las quebradas y generación de flujos con alto contenido de carga sólida (Castro et al., 2010).

##### **B.- Levantamiento de información en campaña en Terreno**

Se realizó un terreno entre los días 22 al 26 de febrero del presente año, ocasión en la cual se consultó a los vecinos respecto de ocurrencia de procesos de remoción en masa, tanto en el

proceso de participación ciudadana y en el recorrido de terreno, el cual se enfocó en diversos sectores del área de estudio. La siguiente figura muestra los diversos puntos visitados por los profesionales del equipo consultor<sup>18</sup>.

**Figura 44. Recorrido realizado por profesionales en terreno**



Fuente: Elaboración propia a partir de Google Earth y puntos GPS tomados en terreno en febrero del 2016.

Las respuestas de los diversos entrevistados fueron en todos los casos negativas, salvo con la excepción de lo ocurrido el año 2015, donde las quebradas del Jilguero y Carrizo muestran evidencias de flujos de material en diversos sectores, aún son observables en terreno.

En la quebrada del Jilguero, por ejemplo, un residente del área baja de la quebrada indicó que *“este curso había arrastrado mucho barro, piedras e incluso hasta un vehículo”*, situación que queda graficada en la siguiente figura.

Al contrastar la información aportada por el vecino con lo observado aguas abajo de la misma quebrada, se evidenció que la fuerza con que el flujo afectó el área donde se encuentra el vehículo disminuyó, evidenciándose fundamentalmente limo y rodados de tamaño menor.

La situación descrita, obedece principalmente a dos razones, la disminución de la pendiente y el aumento del ancho de la quebrada en el área donde se encuentra el vehículo arrastrado por el flujo, donde su ancho promedio alcanza a unos 300 metros, trayendo consigo una pérdida de fuerza del material arrastrado. Se observa que, unos 500 metros aguas arriba de este lugar la quebrada alcanza un ancho promedio que bordea los 100 metros. Ambos factores, son fuertemente incidentes en la pérdida de fuerza del flujo.

<sup>18</sup> Aquellos sectores sin disponibilidad de satélite, no pudieron ser registrados, Tal es el caso, por ejemplo, de la sección nororiental de las quebradas del Jilguero y Carrizo.



**Figura 45. Quebrada del Jilguero**



Fuente: SURPLAN. Febrero 2016.

**Figura 46. Quebrada del Jilguero**



Fuente: Elaboración propia, a partir de vuelo aerofotogramétrico 2016.

Similar situación se constató en la quebrada del Carrizo, la cual queda fuera del área de estudio definida para este estudio. No obstante, se hace referencia a lo observado en la en el documento.

Por tanto, se puede señalar que, en relación a movimientos de remoción en masa, las intensas precipitaciones ocurridas en el año 2015, no afectaron la ciudad de ValLENAR y el área de estudio, salvo lo ya mencionado en la quebrada del Jilguero. Se refuerza la condición del embalse Santa Juana, que actúa como agente regulador de caudal, particularmente cuando ocurren eventos de



precipitaciones intensa y/o deshielos, se recuerda que en esta ocasión no se evalúa la situación de embalse colmatado e intensas precipitaciones.

A partir de lo observado en terreno y el apoyo cartográfico, es posible señalar lo siguiente:

**Figura 47. Quebrada del Jilguero en cruce con Ruta C - 485**

Las tres principales quebradas que alcanzan hasta el lecho del río Huasco (Jilguero, Valparaíso y Maintencillo) son de régimen pluvial, bien encajonadas, con un lecho ancho de baja gradiente y sinuoso. Condiciones que permiten diluir la fuerza de posibles movimientos de remoción en masa por flujo ante la ocurrencia de lluvias intensas. De hecho, la baja gradiente del lecho tiene un efecto “piscina natural”, visualizándose en terreno (Jilguero) como aguas arriba se encontró material de mayor tamaño que en la llegada a la ciudad. Tal como se observa en la fotografía, donde predomina el limo y ausencia total de rodados (rastros propios de un escurrimiento superficial), incluso menores o tamaño intermedio.



Fuente: SURPLAN. febrero 2016

- a. Aquellas quebradas que alcanzan la ciudad, tanto desde el sector sur como norte. Al igual que en el caso anterior, son de régimen pluvial. No obstante, son más incididas y de corto recorrido entre su nacimiento y su llegada al lecho del río Huasco, pese a ello igualmente se contemplan como áreas de remoción en masa, específicamente de flujo detrítico, por la probabilidad de ocurrencia de fenómenos climáticos extremos en el valle del Huasco.

Las quebradas donde se reconoce flujos detríticos son Quebrada Yungay, ubicada en el sector sur de la ciudad, donde se ha ocupado parte de ella con un área verde, y la Quebrada Santa Fe, ubicada en el sector norte de la ciudad, la que podría generar mayores impactos en la ciudad debido a que su recorrido pasa por áreas pobladas, específicamente por el sector de Av. Costanera.

- b. En el sector norte de la ciudad, la dirección predominante de las principales quebradas, es SW, esto es, avanzan en dirección paralela a la ciudad. Situación que, sin duda, es un elemento colaborativo para la no ocurrencia de fenómenos de remoción en masa por flujos ante la presencia de lluvias intensas, que afecten la ciudad.
- c. En el área de estudio, **la susceptibilidad de riesgo de remoción en masa**, se asocia a dos tipos, desprendimientos y flujos. Los primeros se asocian exclusivamente a las altas pendientes existentes en diversos sectores, donde el suelo está compuesto por material fino con algunos clastos de tamaño menor y ausencia de vegetación. En tanto, los segundos para su activación se requiere de la presencia agua, manifestada en lluvias intensas.

### **C.- Análisis cartográfico e integración de variables**

Un tercer aspecto metodológico planteado dice relación con la integración de variables comúnmente utilizadas en la determinación de áreas bajo susceptibilidad de remoción en masa, entre ellas pendientes, vegetación y geomorfología.

**Pendientes.** El siguiente cuadro muestra rangos de pendiente, a partir de los cuales se desarrollan procesos de remoción en masa u erosión del suelo conforma con la pendiente que estos presentan.

**Cuadro 6. Rangos de pendientes.**

Pendiente	Característica	Procesos Asociados
0% - 10%	De muy plano a plano	Erosión difusa progresiva en función del aumento de inclinación. La erosión es casi nula, con tendencia a generar áreas de anegamiento.
10% - 15%	Plano inclinado a moderadamente inclinado	Límite entre la erosión difusa, a partir de este rango se generan regueras y cárcavas.
15% - 25%	Moderadamente inclinado a fuertemente inclinado	Erosión intensa. Cárcavas incipientes. Peligro de remoción en masa.
25% - 45%	Fuerte a moderadamente escarpada	Cárcavas fuertes, movimiento en masa, reptación.
45% - 65%	Escarpada	Peligro de movimiento en masa.
65% - más	Muy escarpada a acantilada	Desprendimientos y derrumbes

Fuente: Adaptación propia en base a Araya – Borgel (1972); Andrade – Castro (1981) y Mesina (2003)

Al establecer una relación entre el cuadro anterior y el mapa de pendientes, construido en base a los rangos que, el mismo cuadro presenta se observa:

- a. Una sección importante del territorio sujeto a planificación presenta una pendiente plana a muy plana, entre 0% a 10%, donde la erosión es casi nula y con tendencia a generar áreas de anegamiento. Situación que vislumbra sobre el lecho mayor del río Huasco, donde se ubica el casco histórico y primera área de expansión de la ciudad.  
  
Misma condición se observa en los sectores de las terrazas superiores, los cuales constituyen las áreas de crecimiento “contemporáneo” de la Ciudad, tanto en el sector norte como sur de ella.
- b. Entre el 10% y 15%, es el rango donde comienzan a generarse algunos procesos erosivos generadores principalmente de cárcavas. Esta condición se observa, tanto en los bordes norte y sur de la llanura de inundación del río Huasco, donde se instala el casco histórico y primera área de expansión de la ciudad de ValLENAR.  
  
También se observan la terraza superior del lado sur, con variaciones entre áreas ya ocupadas por crecimientos recientes y áreas aún sin ocupar.
- c. Otro aspecto que se observa con fuerza, son los sectores que marcan los desniveles de las terrazas del área de estudios, pendientes mayoritariamente entre 45% a 90%, en ellos se pueden observar gravas de tamaño intermedio, las cuales pueden provocar remoción en masa por desprendimientos.
- d. Las pendientes intermedias, entre 15% a 45%, las cuales se encuentran principalmente en las laderas de las quebradas que “circundan” la ciudad, las cuales por su constitución geomorfología y ausencia de vegetación, ante la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones intensas pueden desencadenar procesos de remoción en masa del tipo flujos. Estas son la quebrada del Jilguero, Santa Fe, Valparaíso y Maitencillo.
- e. Finalmente, un aspecto a destacar dice relación con la baja pendiente que presentan los fondos de quebradas, situación que junto al ancho de su llanura de inundación actúan como agentes que favorecen la sedimentación de posibles flujos.

La siguiente figura muestra las pendientes existentes en el área de la ciudad de Vallenar. En ella se observa claramente, que las mayores pendientes se dan en los sectores que marcan los desniveles de las terrazas existentes en el área de estudio.

**Vegetación.** A pesar de ser un territorio mayormente desprovisto de vegetación, su influencia está dada por la acción que ejerce sobre la estabilidad del suelo, se ha observado en terreno que la ladera de exposición sur en el margen del casco histórico de la ciudad presenta un plan de tratamiento con especies adaptadas al clima de la zona.

**Geomorfología.** Desde el punto de vista geomorfológico, el área de estudio se inserta en dos secciones bien diferenciadas. La primera, aunque de escaso desarrollo, se ubica en la intersección con la quebrada del Jilguero, donde aún es posible encontrar las características de un valle encajonado, dominado por roca fundamental del periodo mesozoico.

Esta zona de contacto, no presenta conos de deyección que surjan de las laderas del río Huasco. Por lo demás, esta zona ha sido ocupada por áreas de cultivo.

Más abajo de la quebrada del Jilguero, el área se caracteriza por la presencia de numerosas terrazas de depositación aluvial y coluvial producto del arrastre de material por el cauce del río mismo, como de quebradas cercanas que desembocan el lecho del río Huasco, estos procesos de alta erosión y depositación tuvieron lugar en los periodos de transición del Cuaternario, posterior a las manifestaciones tectónicas más pronunciadas. La caja del río se ensancha a medida que avanza hacia la costa.

**Figura 48 Sectores de Flujos al Interior de la ciudad**

En las terrazas superiores, sobre la ciudad de Vallenar, el material dominante es fino y de baja compactación, siendo propenso a ser arrastrado, situación que ante la presencia de agua presenta condiciones propicias para desencadenar flujos, como se muestra en color amarillo en la figura.

**D.- Delimitación de áreas de susceptibilidad de remoción en masa**

A partir de los antecedentes, señalados se ha construido un mapa de susceptibilidad de remoción en masa realizando la diferenciación entre el tipo desprendimientos y flujos (ver Figuras siguientes). Los primeros asociados principalmente a la variable pendiente, en tanto, los segundos asociados a las principales quebradas que circundan la ciudad.

Adicionalmente, en la figura siguiente se presentan los lugares donde se han detectado sectores con erosión acentuada en las laderas, principalmente en las inmediaciones de la ciudad de Vallenar.

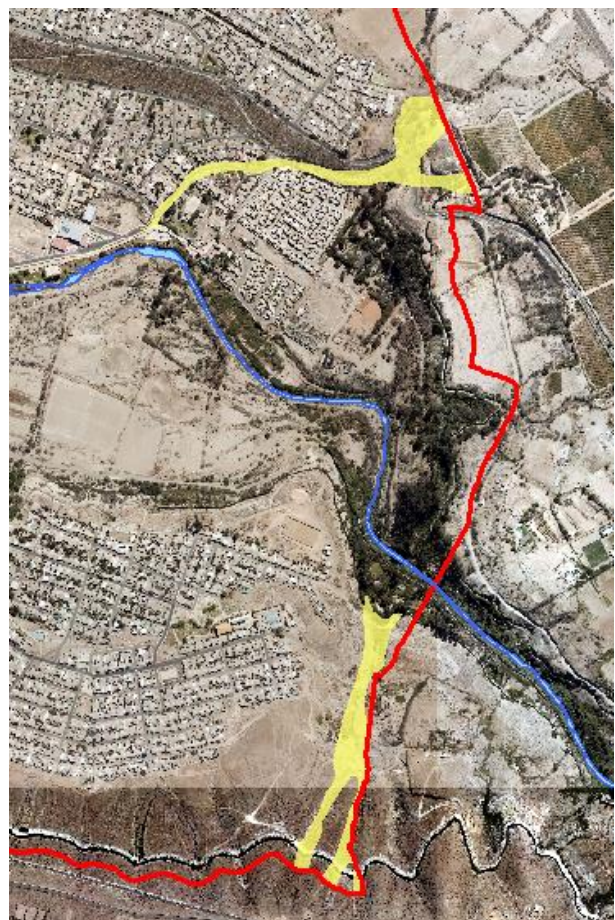
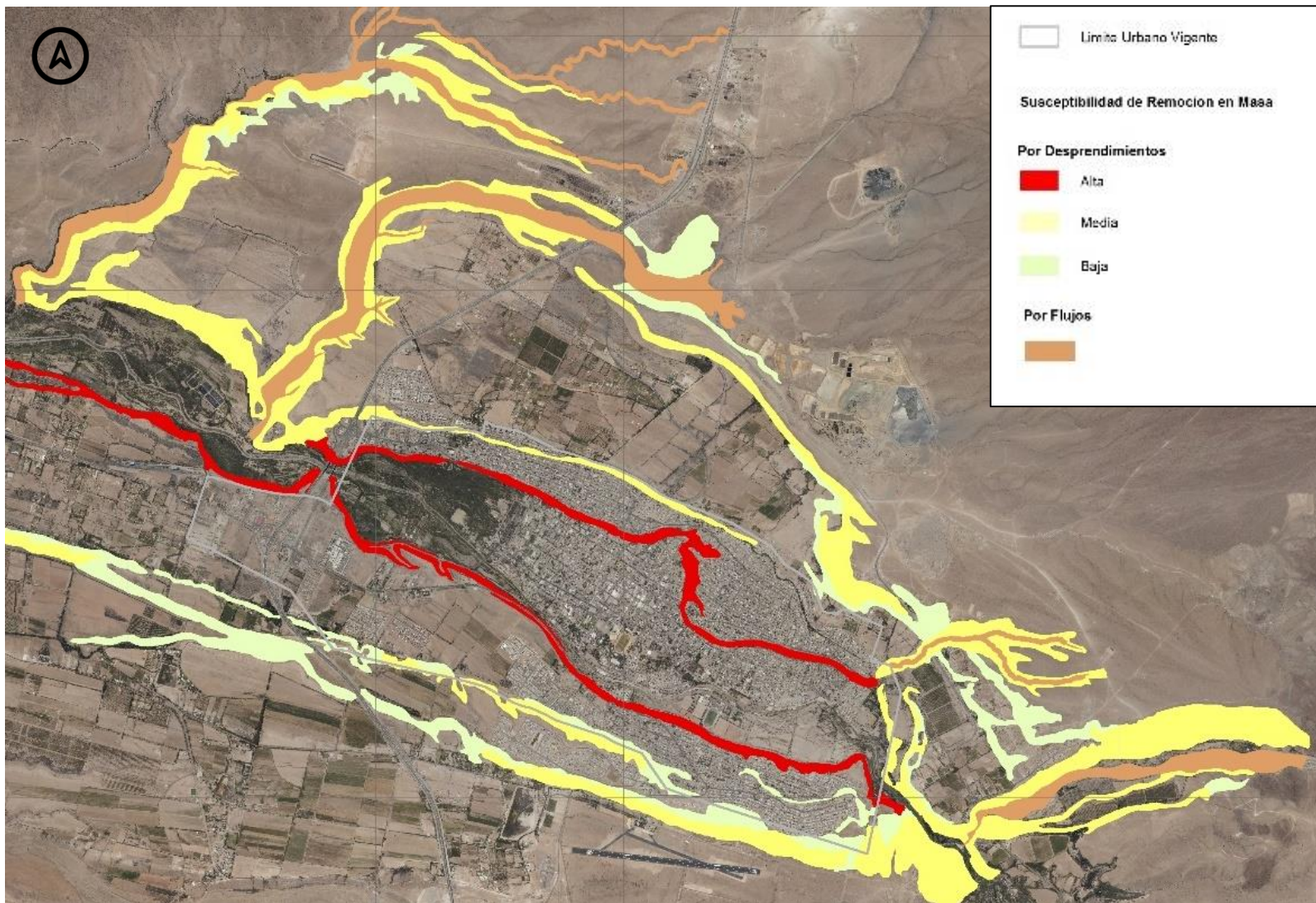




Figura 49. Áreas de Susceptibilidad de Remoción en Masa.



Fuente: Elaboración propia



Figura 50. Sectores de Laderas con Erosión Acentuada



Fuente: Elaboración propia



## IV.2 ÁREAS DE SUSCEPTIBILIDAD DE RIESGO DE ORIGEN ANTRÓPICO

Se analizan antecedentes relacionados con posibles pasivos ambientales entregados por la Seremi MINVU de Atacama, SERNAGEOMIN Dirección Regional de Atacama y Universidad de Atacama respecto de la localización de estos lugares y la respectiva delimitación de su extensión.

### IV.2.1.- Antecedentes SERNAGEOMIN<sup>19</sup>

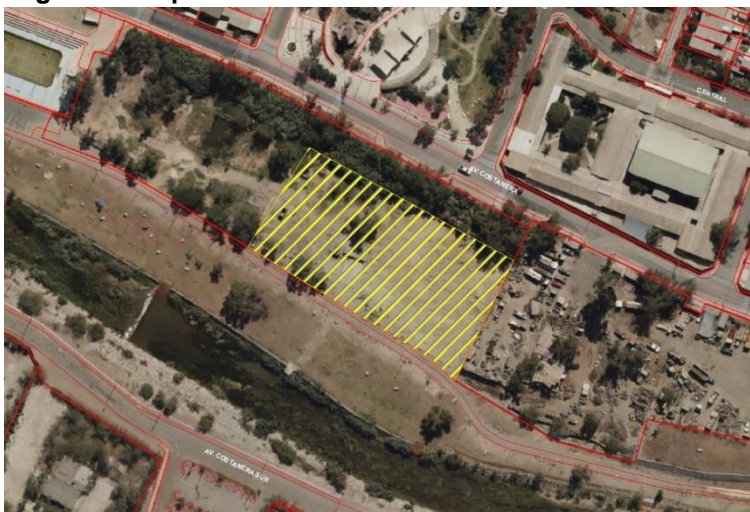
Informe elaborado por Alex Gutiérrez, Inspector Seguridad Minera, Dirección Regional.

#### Un depósito de relaves frente plazoleta Quinta Valle (Planta Carmen):

*“Se encuentra ubicado en la coordenada UTM UPS N: 68366816; E: 328971, en un área aproximada de unos 150 x 70 m, en dicho lugar se evidencian instalaciones antiguas y deterioradas, inactivas, sin operación, hay un trapiche, piscinas de cementos en mal estado que pudieron ser canchas de concentrados de oro. Por las características visuales del relave correspondería a depósitos de oro, se visualizan las capas formadas como estratos en algunos sectores.”*

Fuente: elaboración propia

**Figura 51 Representación Relave Quinta Valle enero 2018**



**Figura 52 Representación Relaves sector Torino enero 2018**

#### Dos depósitos de relaves sector Torino:

*“Se encuentra ubicado en la coordenada UTM UPS N: 6836572; E: 329548, en un área aproximada de unos 80 x 80 m. En dicho lugar se evidencian instalaciones antiguas y deterioradas, inactivas, sin operación, hay 2 trapiches, piscinas de cementos en mal estado que pudieron ser canchas de concentrados de oro y cobre. Por las características visuales de relaves correspondería tanto para oro como cobre, la capa inferior es de cobre y la superior de oro. Muy cercano a este depósito hay un cuerpo de relaves prácticamente con las mismas características que el anterior, de coordenada N: 6836449; E: 329601. En dicho depósito no hay evidencia de relaves de cobre y no se apreció*



<sup>19</sup> Copia de informe adjunto en Anexo



*equipos como trapiches antiguos, se observó la presencia de una pequeña rampa que al parecer fue utilizada como cancha de acopio para cargar alguna tolva de alimentación ya que se notó presencia de rocas minerales con presencia de limonitas, atacamita y bornita.”*

#### **Un depósito de relaves sector Cuevita.**

**Figura 53 Representación Relaves sector Cuevita enero 2018**

“Se encuentra ubicado en la coordenada N: 6835779; E: 330005, en este depósito se encontró una capa de unos 20 cm de relave de oro y sobre dicho relave material tierra y ripios cuya dimensiones aproximada del cuerpo es de 40 x 40 x 5 m aproximadamente, a metros de una vivienda. Cercano a tal relave se halló un trapiche fuera de servicio ubicado en la coordenada 6835790; E: 329931. No se halló evidencias de construcciones de lozas de cementos, piscinas o canchas de acopio de mineral.”



Fuente: elaboración propia

#### **Un depósito de relaves Simón.**

“Este depósito que se ubicó en la coordenada N: 6840371; E: 327611, si bien es más significativo que los anteriores en cuanto a su cantidad y tamaño, área aproximada de 100 x 30 y una altura promedio de 6 mts. se excluye de la descripción porque queda localizado fuera del área urbana.”

ESTE SECTOR SE UBICA FUERA DEL LÍMITE URBANO PROPUESTO

#### **IV.2.2.- Antecedentes Universidad de Atacama**

Informe elaborado por Manuel Abad, Geólogo Universidad de Atacama.<sup>20</sup>

En este informe se presenta la evaluación de los depósitos de relaves y definición de zonas de afectación. Metodológicamente se denomina Zona de Riesgo Ambiental Antrópico a la zona de acumulación original de los relaves y un perímetro donde se produce la remoción y acumulación de los mismos por efecto de la acción de aguas de escorrentía, de origen pluvial y remociones gravitacionales, nunca distanciados más de 5 metros del perímetro que definen los cuerpos de pasivos ambientales. Y se denomina Zona de Afección donde existen evidencias que transferencia de material entre los relaves y el área circundante, principalmente identificada por la presencia anómala de micas y sulfuros de hierro y cobre. A continuación se presenta una síntesis de los aspectos referidos a la inspección realizada a los depósitos de relaves abandonados ubicados en la ciudad.

#### **Planta Torino**

No se aprecia un desmantelamiento ni erosión importantes que haya tenido como origen un desborde del Río Huasco en los últimos 15 años. El cierre de la faena minera y por tanto de la acumulación de relaves, no ha sido efectuado correctamente y no se ha procedido a su sellado

<sup>20</sup> Copia de Informe adjunto en Anexo

por una cobertera detrítica. El alcance lateral y la dispersión de los relaves parece muy limitada y existe un cierre perimetral (pircas o muros de piedras) que ayudan parcialmente a contener la redistribución de estos materiales.

**Figura 54 Delimitación Planta Torino (Abad, Manuel mayo 2018)**

La zona de Riesgo Ambiental Antrópico se delimita coincidiendo con el depósito de los pasivos ambientales y el área circundante donde se han identificado remociones y escurrimientos que tienden a concentrarse al pie de los depósitos, favorecidos por la gravedad y el desnivel.



La Zona de Afección se corresponde con una gran área entorno a la anterior donde se ha identificado presencia de minerales (micas, sulfuros y minerales pesados oscuros) que claramente proceden los depósitos de relaves y que, por tanto, han sido removidos y redepositados a lo largo del sector, apareciendo mezclados con los depósitos consolidados de granulometría fina que conforman el terreno. El porcentaje de material derivado de los relaves en estos sedimentos se ha estimado visualmente en menos del 5-10%. El proceso que ha debido favorecer la dispersión de los relaves debe ser la inundación y encharcamiento generada por el desborde de los canales de riesgo que se localizan 300 m al oriente de los relaves.

**Planta Carmen (frente plazoleta Quinta Valle)**

**Figura 55 Delimitación Planta Carmen (Abad, Manuel mayo 2018)**

Los depósitos de pasivos ambientales han sido retirados en su mayor parte, quedando sólo retazos en una zona deprimida adyacente al cauce del Río Huasco. Se establece como el área de Riesgo Ambiental Antrópico a los restos de acumulaciones de relaves que están siendo dispersadas por el viento, que podrían continuar aguas arriba del río en un área con cierre perimetral que posee continuidad topográfica con la zona de relaves. La Zona de Afección se delimita en el área de trabajo y de maquinaria de la faena minera hacia el Oeste.



**Planta Calleja**

La evaluación de este lugar no fue posible dado que los depósitos de relaves, localizados al final de Avd. Costanero (Planta Calleja), se encuentran intensamente vegetados al ubicarse en la llanura de inundación del Río Huasco.

No se informa sobre sector Cuevita y sector Candelaria



#### IV.2.3.- Áreas de riesgo antrópico por presencia de relaves mineros

La delimitación final del riesgo antrópico se elabora, como se ha dicho anteriormente, teniendo en consideración los informes de los expertos, principalmente aquel de SERNAGEOMIN en cuanto organismo técnico responsable de generar, mantener y difundir información de peligros geológicos y de regular y fiscalizar el cumplimiento de normativas mineras, y además considerando el estudio realizado por la Universidad de Atacama, debido a que este último precisa superficies de afección en torno a 2 plantas (El Carmen y Torino ).

Se considera así mismo la información facilitada por la SEREMI Minvu en torno al límite urbano en los sectores Cueva y Candelaria, que precisa lo señalado por SERNAGEOMIN sobre la presencia de relave de oro y sobre dicho relave material tierra y ripios, ver ovalo rojo en imagen siguiente.

**Figura 56 Sectores Cueva y Candelaria**



Fuente: SEREMI MINVU

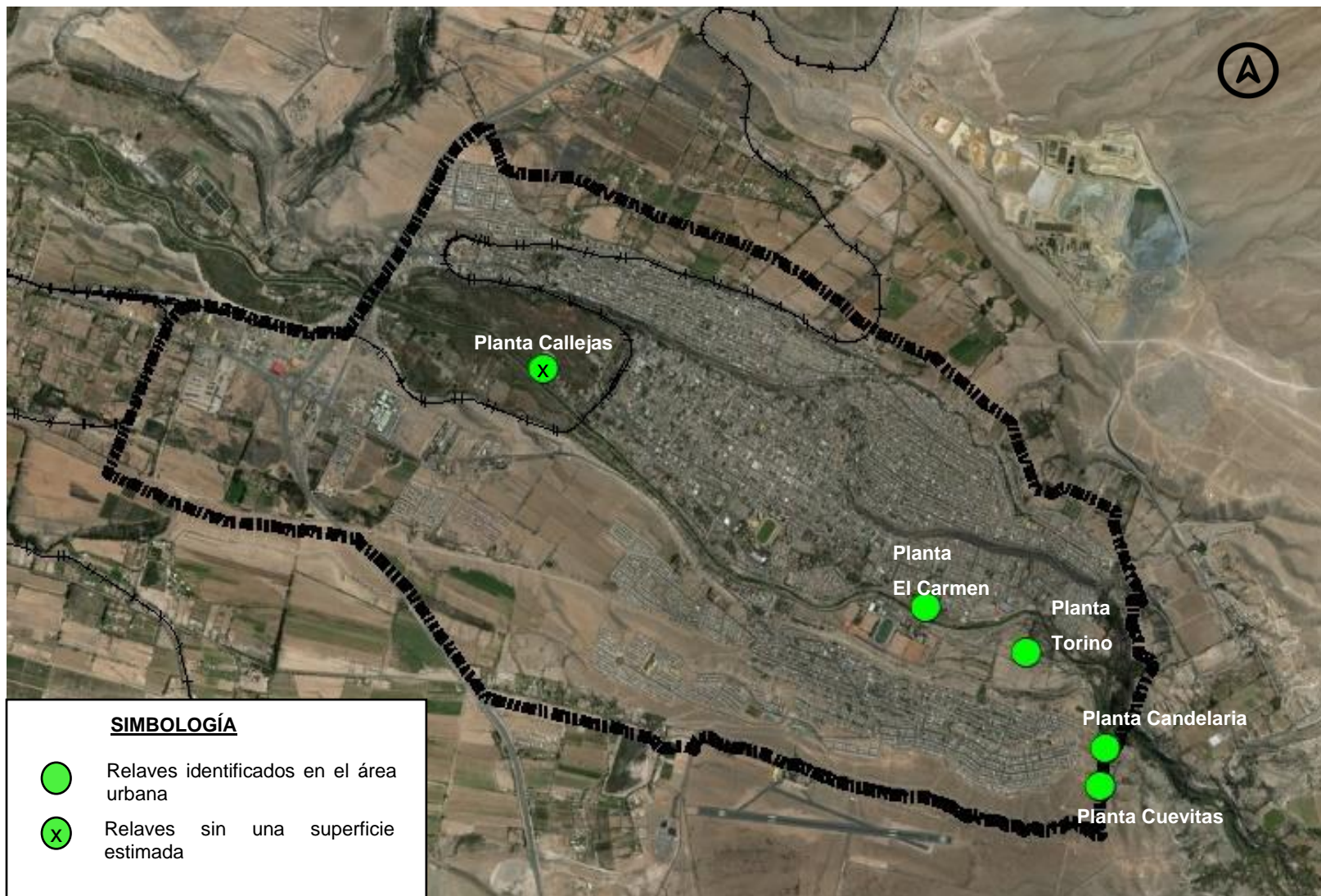
La contaminación del suelo por estos pasivos ambientales, que representa riesgo, es una restricción al desarrollo urbano para definir los usos de suelo, requiere ser evaluada y dispuestas las acciones correctivas, tema que compete al Ministerio de Medio Ambiente<sup>21</sup>. En el contexto de un instrumento de planificación urbana, en el marco de la LGUC y la OGUC, la delimitación de los polígonos de los sitios estudiados corresponde en su estado actual a zonas no edificables, mientras no se cuente con los estudios específicos que informen las condiciones que las transformen en áreas de riesgo antrópicas con usos de suelo urbanos mediante la realización de medidas de corrección, remediación o restauración-rehabilitación.

Se presenta en figura siguiente las áreas de relaves o sitios contaminados, los cuales se localizan y se propone por recomendación definir estas superficies como zonas no edificables por relaves mineros, hasta que se cuente con estudios específicos de cada uno de ellos para así establecer con precisión los usos de suelo adecuados.

<sup>21</sup> Ley N° 20.417, que modificó la Ley N° 19.300, de Bases Generales del Medio Ambiente, en enero del año 2010, se introducen nuevas competencias legales al Ministerio de Medio Ambiente (MMA), reconocidas en el artículo 70. Letra g, que establece que es deber del MMA "Proponer políticas y formular normas, planes y programas en materia de residuos y suelos contaminados, así como la evaluación del riesgo de productos químicos, organismos genéticamente modificados y otras sustancias que puedan afectar el medio ambiente"



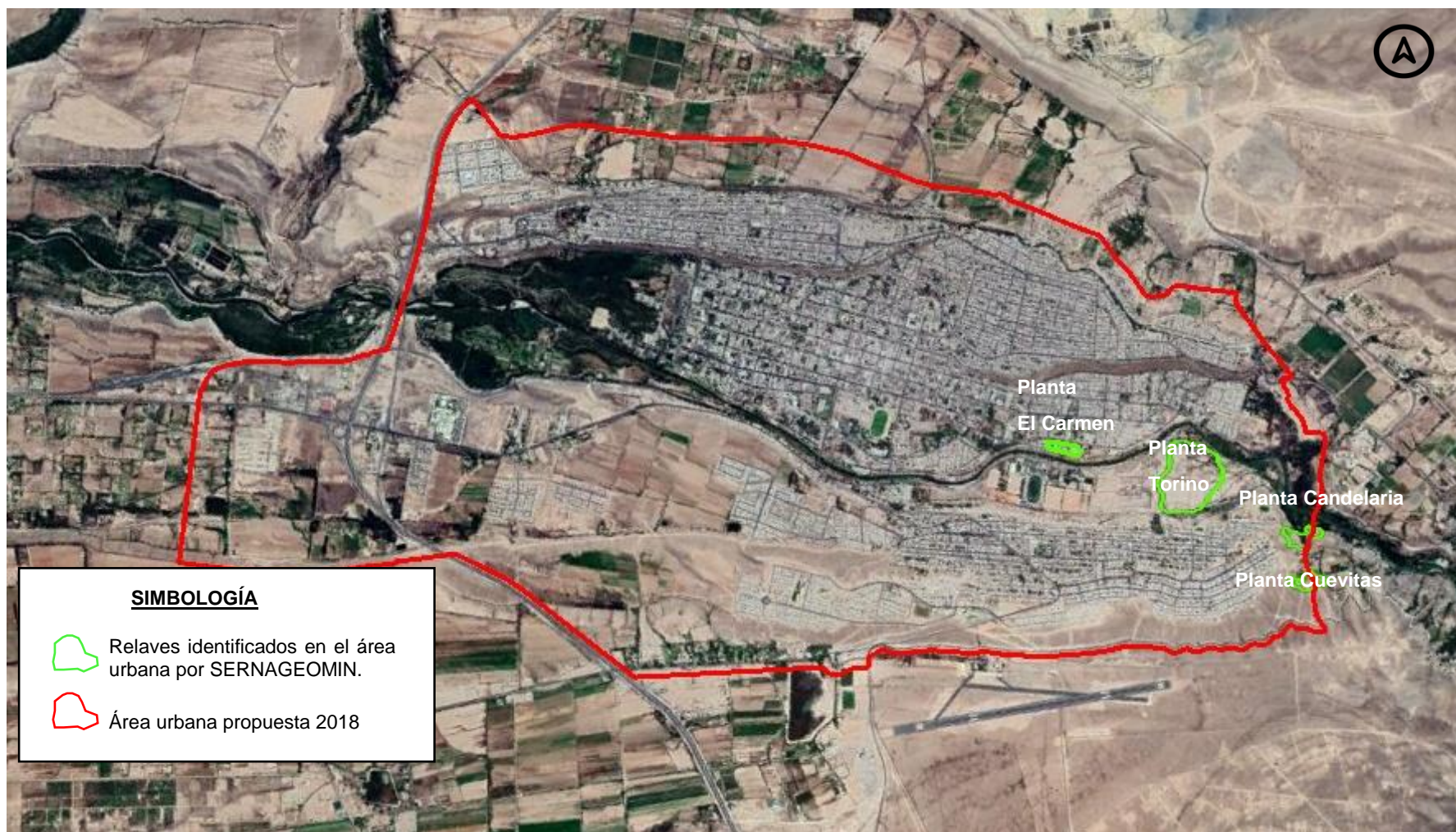
Figura 57. Áreas de riesgo antrópico: localización de relaves.



Fuente: Elaboración propia en base a informe MINVU, UNIVERSIDAD DE ATACAMA y SERNAGEOMIN.



Figura 58. Superficies estimadas relaves identificados



Fuente: Elaboración propia en base a estudios de SERNAGEOMIN y UNIVERSIDAD DE ATACAMA.



## V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### V.1 ZONIFICACION

El cuadro siguiente, muestra un resumen de los riesgos identificados y zonificados, de acuerdo a lo establecido en 2.1.17 de la OGUC. Posteriormente, se realiza una pequeña indicación referida a las características de los riesgos encontrados.

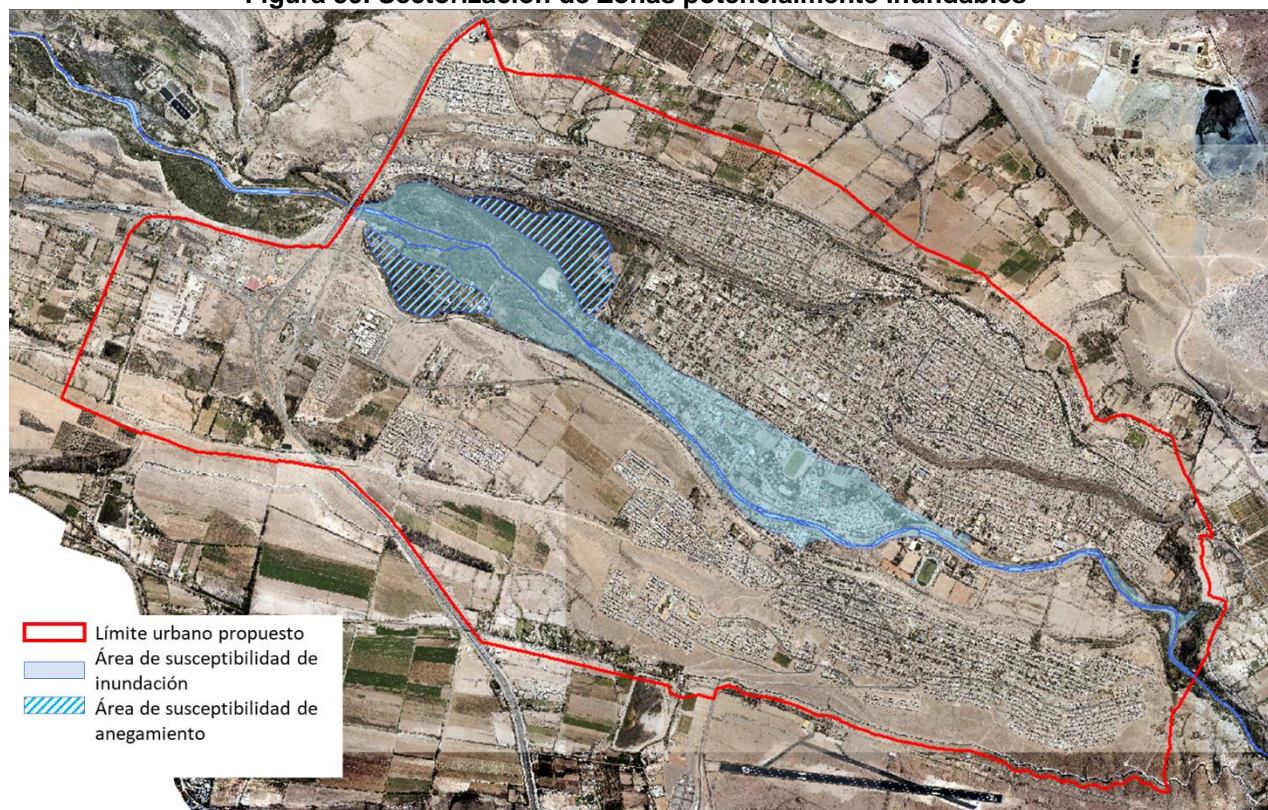
**Cuadro 7. Resumen de riesgos identificados y zonificados**

Riesgo identificado y zonificado		
Zonas inundables o potencialmente inundables		Zonas propensas a avalanchas
Desborde de cauce	Anegamiento	Remoción en masa
x	x	x

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis realizado.

**Zonas inundables o potencialmente inundables.** Estas áreas se grafican en la siguiente figura.

**Figura 59. Sectorización de Zonas potencialmente Inundables**



Fuente: Elaboración propia.

Se asocia principalmente a aquellas superficies asociadas al curso del río Huasco, al desborde de cauce y superficies de anegamiento. Las primeras se extienden por el cauce y planicies en torno a él, ampliando su superficie hacia el poniente de la ciudad. En tanto, las segundas, se localizan mayoritariamente al poniente de la estación de ferrocarriles ubicada en Avenida Matta y corresponden a suelos con limitaciones en sus condiciones de infiltración.

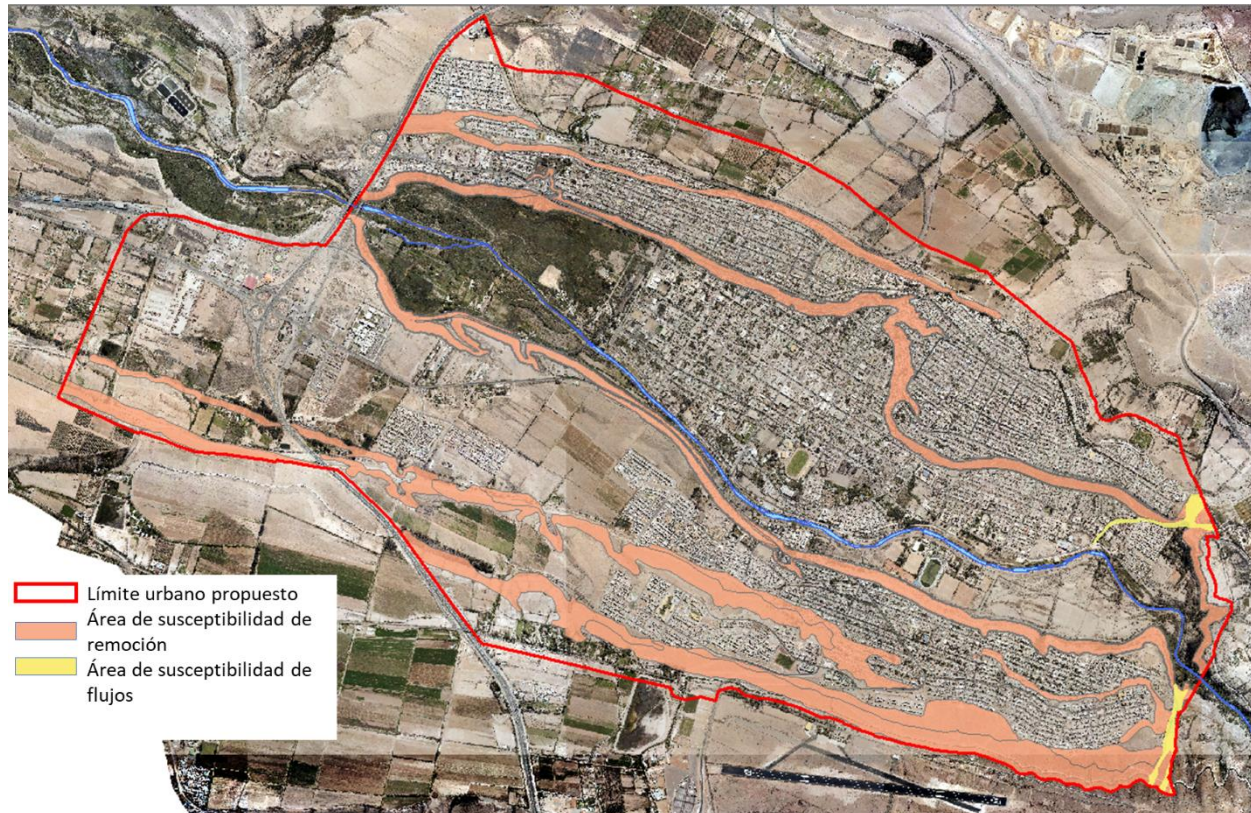


**Zonas propensas a remoción en masa**, la susceptibilidad de este riesgo se concentra mayoritariamente en zonas de altas pendientes, particularmente asociado los escarpes que separan las terrazas de la ciudad, los cuales se asocian a desprendimientos.

Los flujos, estos se en el área urbana a dos quebradas, Yungay y Santa Fe, donde es posible que se transporte material ante la presencia de lluvias intensas en un corto periodo de tiempo que afecten el sector del valle. Estas se grafican en la imagen a continuación.

Se remarca finalmente, que el embalse Santa Juana ha cumplido su rol regulador del caudal del río Huasco, situación que se destacó en los documentos revisados en el presente estudio.

**Figura 60.** Áreas de remoción en masa (desprendimientos y flujos).



Fuente: Elaboración propia.

## V.2 RECOMENDACIONES

### V.2.1.- Zonas inundables o potencialmente inundables.

**Inundación:** En tanto aquellos sectores afectados por inundación en el centro de la ciudad, las cuales presentan usos de suelo diversos, entre ellos, equipamiento deportivo y residencial mayoritariamente. Deben tender a mantener usos de suelo predominantemente para equipamiento deportivo, en aquellos sectores donde la configuración y superficie de los lotes lo permitan, desde avenida Brasil al oriente principalmente. Evitando la instalación de sistemas vitales, con la finalidad que la ciudad pueda responder frente a una emergencia.

Por otra parte, el lado norte de la avenida costanera, a lo menos en el tramo que va entre avenida Matta y Avenida Brasil, podría albergar usos comerciales (restaurantes y/ fuentes de soda, entre otros), a objeto de generar interacción el parque de borde río existente hoy en día, de manera que pueda fundirse en la creación de un espacio tipo “Boulevard”, que sirva a la ciudad y los

visitantes, por lo demás, es una de las primeras áreas observadas por quien ingresa a la ciudad desde el sector sur. No obstante, es posible combinar usos residenciales, siempre y cuando la planta baja no considere la pernoctación de personas.

Los sectores ubicados entre Avenida Costanera y calle Sargento Aldea, en el sentido norte-sur, y Avenida Matta y Avenida Brasil en el sentido poniente oriente, no debiesen considerar usos de equipamiento crítico, entre ellos, educación, salud y seguridad.

En este mismo sector, el uso residencial es posible desarrollarlo, integrando medidas urbanísticas de mitigación y a su vez evitando, por ejemplo, la instalación de hogares de acogida.

**Anegamiento:** En la zona de anegamiento ubicada al poniente de la ciudad, es recomendable la ubicación de equipamientos deportivos, como canchas de fútbol, que no requieran construcciones. Así como también la continuidad del paseo borde río, con la finalidad de evitar la compactación y la modificación de las características propias del suelo.

### V.2.2.- Zonas de remoción en masa

**Remoción en masa por Desprendimiento:** Restringir usos urbanos que demanden construcciones permanentes e impliquen alojamientos, ya que estas zonas constituyen parte de los valores ambientales que posee la ciudad.

La susceptibilidad de remoción en masa por desprendimientos, en aquellos sectores donde se ha definido Alta Susceptibilidad, restringir cualquier uso de suelo, que no sea complementario al uso área verde de la ciudad, pero sin incorporar ninguna construcción de ningún tipo en ellas.

En los sectores de media y baja susceptibilidad, se recomienda integrarlos al sistema de áreas verdes de la ciudad y en lo posible que estos sean objeto de espacios de reforestación, tal como se observa en el sector norte de la ciudad. Permitiendo si senderos, espacios de descanso y miradores, como se observa en la Quebrada Yungay.

**Remoción en masa por flujos:** Restringir usos urbanos, en las dos quebradas identificadas con probabilidad de ocurrencia de flujos, que demanden construcciones permanentes e impliquen alojamientos, ya que estas zonas constituyen parte de los valores ambientales que posee la ciudad.

Es posible además plantear medidas de control o mitigación, en aquellas quebradas grandes o relevantes fuera del área urbana, especialmente aquellas ubicadas aguas arriba del Río Huasco (Quebrada el Jilguero y Carrizo), con la finalidad de disminuir con el ello los flujos y evitar aumentos importantes del caudal del río por la carga sedimentaria que arrastran.

### V.2.3.- Áreas de riesgo antrópico

Se requiere de estudios específicos en cada uno de los relaves identificados, esto con la finalidad de poder establecerlos como áreas de riesgo antrópico acorde a la legislación urbana. En vista de que se cuentan con estudios preliminares y parciales, sin saber con exactitud los contaminantes presentes y su extensión en el subsuelo y en la superficies es que se recomienda definir las superficies identificadas por informes de SERNAGEOMIN como áreas no edificables, contando con esta definición hasta que se reconozca la real dimensión de la contaminación, debido a que con ello se puede establecer la medidas de remediación y mitigación apropiadas a las condiciones del terreno y a los contaminantes presentes.

La definición de zonas no edificables no permite establecer construcciones ni equipamientos sobre estas áreas, lo cual se contempla como la mejor alternativa, en vista de no reconocer la contaminación existente con un estudio exhaustivo.



## VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Estudio Plan regulador Intercomunal del Huasco, Etapa II, Recopilación de la información y Modelación de Riesgos. SEREMI MINVU Atacama, 2016.
- Plan Regulador Comunal de Vallenar Vigente, 1992.
- DGA, MOP Análisis integrado de gestión en cuenca del río Huasco, Región de Atacama, 2013.
- Primer catastro de los principales desastres naturales por peligros geológicos en Chile y sus efectos sobre la población y bienes públicos y privados entre 1980 y 2015”. SERNAGEOMIN. 2015.
- Proyecto FONDEF “Más Andes” elaborado entre los años 2011 al 2013.
- Geografía de La Región Metropolitana, IGM. 1986.
- “Análisis Integrado de Gestión en cuenca del río Huasco, región de Atacama”, elaborado por la Dirección General de Aguas. 2013.
- Estudio Básico Plan de Manejo Técnico del Río Huasco, Comuna de Vallenar”, elaborado por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas. 2016.
- 25M Atacama: Aluvión en el Desierto”, 2016
- Guía de Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial. SUBDERE. 2011.
- Dirección General de aguas.
- K. Sene, Flash Floods: Forecasting and Warning, Springer Science Business Media Dordrecht 2013.
- Evaluación de la explotación máxima sustentable del acuífero de Huasco “modelación hidrogeológica del valle del río Huasco”. Dirección General de Aguas. MOP. 2007
- Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Aguas, Según Objetivos de Calidad. Cuenca del Río Huasco. Dirección general de Aguas, MOP. 2004.
- Embalse Santa Juana, Presa de Tecnología. Paula Chapple C. 2010.
- Región de Atacama, Provincia de Huasco, Comuna de Vallenar, Recursos Naturales y Proyectos. CIREN. 2014.
- Catástrofes en Chile, entre 1541 y 1992. Rosa Urrutia, Carlos Lanza, 1993. Editorial La Noria.
- Revista de Urbanismo N°15 – Noviembre de 2006. Francisco Ferrando. “sobre inundaciones y anegamientos”.
- CAPRA – ERN. (2003). “Metodología de modelación probabilista de riesgos naturales”. Tomo 1.

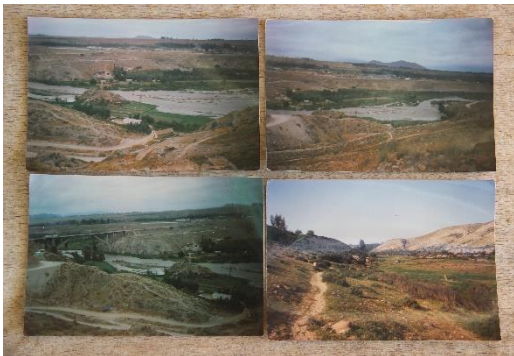
### PÁGINAS WEB

- [www.observatoriourbano.cl](http://www.observatoriourbano.cl)
- [www.sernageomin.cl](http://www.sernageomin.cl).
- [www.onemi.cl](http://www.onemi.cl)
- [https://twitter.com/rorrocp/status/580850717159755778/photo/1?ref\\_src=twsrc%5Etfw](https://twitter.com/rorrocp/status/580850717159755778/photo/1?ref_src=twsrc%5Etfw).
- <https://twitter.com/T13>
- [www.biobiochile.cl](http://www.biobiochile.cl)
- <http://www.semanario7dias.cl>
- <http://www.dga.cl/productosyservicios/mapas/Paginas/default.aspx>
- <http://apps.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=d508beb3a88f43d28c17a8ec9fac5ef0>
- <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>
- <http://repositoriodigitalonemi.cl/web/bitstream/handle/2012/301/ONE0979.pdf?sequence=1>

## VII.- ANEXO DE INFORMACIÓN REVISADA

### VII.1 FOTOGRAFÍAS DEL AÑO 1997.

Obtenidas en Terreno de Inundación del año 1997. Sector, quebrada de Valparaíso y río Huasco en puente sobre ruta 5 norte.





## VII.2 CAUDALES MEDIOS MENSUALES RÍO HUASCO EN EMBALSE SANTA JUANA.

La siguiente tabla muestra los caudales medios mensuales medidos en estación Santa Juana para el periodo 1996 – 2015. La información que se muestra es de carácter histórico y se han revisado antecedentes para años anteriores, así como también para otras estaciones ubicadas sobre el río Huasco.

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m3/s)																			
PERIODO: 01/01/1996 - 01/12/2005																			
Estación: RIO HUASCO EN SANTA JUANA										Altitud (msnm): 575					UTM Norte (mts): 6827205				
Codigo BNA: 03820003-8										Latitud S: 28° 40' 19"					UTM Este (mts): 339120				
Cuenca: RIO HUASCO										Longitud W: 70° 38' 47"					Área de Drenaje (km2): 7862,00				
SubCuenca: Rio Huasco																			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC							
1996	1,79	1,06	1,43	2,12	2,42	2,10	2,14	2,20	1,92	1,75	1,58	0,96							
1997	1,06	1,00	1,20	1,43	1,02	0,70	2,43	1,41	3,89	21,07	19,66	78,77							
1998	76,69	48,36	27,61	19,14	15,12	13,60	11,96	11,98	9,43	7,33	7,25	5,90							
1999	5,81	6,37	7,60	6,62	6,07	6,37	7,02	5,13	4,77	4,68	3,99	4,07							
2000	4,35	4,25	4,37	4,14	4,91	4,45	6,18	11,71	7,54	4,15	4,47	4,38							
2001	4,24	4,53	4,48	4,67	4,62	4,05	3,80	3,57	4,16	4,53	4,48	4,69							
2002	4,93	5,02	4,79	4,84	3,91	5,88	7,26	11,11	13,19	15,35	18,52	32,86							
2003	32,19	25,79	12,54	10,44	10,18	10,25	9,67	7,03	5,32	4,26	4,68	5,32							
2004	5,59	5,53	5,47	5,05	4,35	4,96	4,88	4,25	4,73	4,46	5,43	4,26							
2005	4,94	4,72	4,61	4,30	3,69	3,01	2,79	2,93	3,73	4,29	4,46	4,26							
2006	4,65	5,60	4,13	4,63	5,08	5,20	4,77	3,94	4,53	4,03	3,97	4,11							
2007	4,13	4,49	4,35	3,35	2,82	2,28	1,93	2,73	3,01	3,12	3,08	3,32							
2008	3,44	4,92	4,75	4,79	3,34	3,75	5,14	4,43	3,64	4,38	4,24	4,67							
2009	4,66	4,55	4,50	4,21	3,94	2,68	2,17	2,41	2,60	2,99	3,14	3,01							
2010	2,98	3,29	3,17	2,63	1,62	1,63	1,96	1,98	2,28	2,59	2,67	3,17							
2011	3,20	3,30	3,27	2,34	1,81	1,89	1,61	1,83	2,18	2,67	2,44	2,56							
2012	2,70	2,71	2,80	2,47	2,11	2,03	1,66	2,17	2,02	1,79	1,83	1,99							
2013	1,60	1,72	1,73	2,24	1,43	1,38	1,24	1,31	1,46	2,40	2,47	2,50							
2014	2,98	2,91	2,91	2,47															
2015	No presenta información para esta estación																		

INDICADORES  
 \* : 1 - 10 Días con Información en el Mes  
 @ : 11 - 20 Días con Información en el Mes  
 % : Más de 20 Días con Información en el Mes

Fuente: <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>

## VII.3 CONSTRUCCIÓN EMBALSE SANTA JUANA

Un hito de la ingeniería se levanta en el norte del país. Es el Embalse Santa Juana, de 117,30 m de altura, que en octubre pasado fue galardonado por ser el primer proyecto en el mundo de presa CFRD fundado sobre rellenos aluviales de gran espesor, dado que los embalses precedentes se habían fundado en rocas en todo su contorno. A 15 años de su construcción, Revista BiT repasa los secretos tecnológicos que lo hicieron famoso. Es la innovación aguas arriba. Una presa de tecnología.



**VII.4 EXTRACTO CAPITULO 1.25M ATACAMA ALUVIÓN EN EL DESIERTO. SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA. 2016**

El aluvión de marzo de 2015 no ha sido el único que ha azotado el norte chileno. Existe una larga y abundante lista de eventos de este tipo nombrados en documentos que han recopilado información histórica desde 1535. Un estudio de la Revista Chilena de Historia Natural, titulado "Las mayores precipitaciones históricas en Chile central y la cronología de eventos ENOS en los siglos XVI-XIX", de (1994), revisa tres fuentes sobre las mayores lluvias caídas en Chile Central y del Norte Chico, desde la llegada de los españoles hasta 1931: Vicuña Mackenna (1877), Taulis (1934) y Urrutia & Lanza (1993), donde queda de manifiesto que las inundaciones se vienen repitiendo desde tiempos pretéritos. Sin embargo, esta cantidad de eventos no posee un registro minucioso y preciso de datos, porque los mismos desastres climáticos, geológicos y otras calamidades se encargaron de destruirlos contribuyendo a esta desinformación.

Las crecidas más recordadas por los habitantes de la zona de Atacama son las que afectaron a la comuna de El Salado el 12 de febrero de 1972; a Antofagasta el 18 de junio de 1991; y a Copiapó el 12 de junio de 1997. En todas hubo pérdidas humanas y materiales, pero ninguna de ellas tuvo la fuerza destructora del aluvión de Atacama del 25 de marzo de 2015.

La intensidad de las precipitaciones que provocaron el aluvión fue tan grande que los registros de agua caída en la alta cordillera de la Región de

Antofagasta fueron de 8,2 mm en 15 minutos. En la estación de Alto del Carmen, en la zona precordillerana de la Región de Atacama, fueron de 11 mm en 30 minutos, es decir, el equivalente a un año de precipitaciones en Copiapó, pero en tan solo 30 minutos. Este fenómeno se ubica en la escala de los casi nulamente ocurridos con anterioridad, desde que se dispone de registros, justamente por lo intenso, persistente y amplio en su alcance espacial.

Se estima que fueron 18 aluviones los que provocaron un saldo de 35.086 damnificados, 2.071 viviendas destruidas y 6.253 con daño mayor, desastre que quedó avaluado en USD 1.500 millones. Pero ningún cálculo es capaz de dimensionar el profundo dolor que ha dejado el fallecimiento de amigos, vecinos y familiares de una comunidad. Fueron 31 personas las que perdieron la vida. Nada se compara con el desgarró de no saber dónde está ese hijo, esa madre, la amiga, el compañero, el compadre. Son 16 personas las que aún se están buscando. Quién más que aquellos que lo han perdido todo entienden lo interminable de la frase "volver a empezar", quien más que ellos saben del cansancio, del esfuerzo y de la tenacidad. Pero son esas mismas personas las que mejor nos pueden enseñar el significado de solidaridad, valentía y esperanza.

"Al día siguiente a las siete de la mañana, estaba todo en silencio y en calma, pero lo que vi por

## VII.5 PRIMER CATASTRO NACIONAL DE DESASTRES NATURALES.

<http://www.sernageomin.cl/pdf/presentaciones-geo/Primer-Catastro-Nacional-Desastres-Naturales.pdf>


**Región de Atacama.**  
26 de enero de 2017. Desborde del río Copiapó afecta a sectores de la ciudad de Copiapó.



22 de enero de 2017. Desborde del río Chollay en Alto del Carmen y Huasco afecta viviendas y caminos.



22 de enero de 2017. Desborde del río Chollay en Alto del Carmen y Huasco afecta viviendas y caminos.



12 de junio de 1997: Flujo de detrito ocurrido en la ciudad de Copiapó provocaron la **muerte de 7 personas** y severos daños en la zona urbana, en sectores donde las quebradas de descarga estaban ocupadas por viviendas.

25 de marzo de 2015: Temporal asociado a Baja Segregada provoca aluviones (flujo de barro y detrito) en las ciudades de Copiapó y Chañaral y numerosas otras localidades de Atacama, ocasionando la muerte de **28 personas y 59 desaparecidos**, y causando una importante destrucción en viviendas e instalaciones públicas, así como cortes de camino entre estas localidades, avaluadas en **US\$ 1.500.000.000<sup>1</sup>**.

12 y 13 de julio de 2015: Anegamientos de viviendas y calles en Copiapó.

**Región de Coquimbo.**

Julio y agosto de 1987. En la provincia de Choapa, región de Coquimbo, un sistema frontal afecta durante tres semanas a la zona, causando: flujos detriticos desde el estero Manque hacia el río Choapa; flujo detritico desde el estero tranquilla (casi al frente) hacia el río Choapa. Asimismo se registra la muerte violenta de la tuerca. Fuente: Instituto de



## VII.6 LÍNEA DEL TIEMPO REGIÓN DE ATACAMA




<http://www.geovirtual2.cl/museoinfo/turhistoria02.htm>

Año	Evento
1978	Inauguración de la fábrica de pellets en Huasco. En Agosto: Fuerte terremoto con serios daños en algunos edificios. <a href="#">Terremoto</a> con la Intensidad entre 6 - 7 en Copiapó
1980	Lluvias en Atacama ( <a href="#">véase clima Atacama</a> )
1981	Se funde la Universidad de Atacama <a href="#">[aquí]</a> Después del cierre de la mina de fierro Cerro Imán, la ultima vez se exportan fierro desde el puerto de Caldera.
1982	Censo: La Región Atacama tiene alrededor de 182.000 habitantes (censo 1982)
cerca 1984	La producción de uvas de mesa en el valle Copiapó gana importancia
1985	Un aluvión se baja en la Quebrada de Manflas (14.5.). En Atacama se registró 283 accidentes de transito.
1990	Las ultimas casas de <a href="#">Carrera Pinto</a> desaparecen. Construcción del muelle Jorquera en Caldera para la exportación de uvas de mesa. Todo los vehículos motorizados en la Región Atacama llegaron a 20.000; 15.000 son Autos, camionetas y jeeps particulares.
1991	Fuertes lluvias en 17 y 18 de Junio dejan 450 familias damnificadas; en total las precipitaciones llegan a 50,3 mm.
1992	La Región Atacama tiene según el censo 1992 alrededor de 230.000 habitantes <a href="#">[aquí]</a>
1993 - 95	Construcción del <a href="#">embalse Santa Juana</a> entre Alto del Carmen y Vallenar.
1993	El boom económico llega a un buen nivel: Las inversiones extranjeras en Atacama alcanzan sobre 300 millones de US\$.
1994	Inauguración del centro comercial Plaza Real en Copiapó. La mina de cobre "Candelaria" empieza con la producción. En el aeródromo Chamonate embarquen / desembarquen alrededor de 54.000 pasajeros.
1995	Se inauguran el muelle mecanizado de Caldera para la mina Candelaria. En Octubre una cantidad enorme de temblores preocupa a la gente.
1997	Las precipitaciones más altas de los últimos tiempos afectan Copiapó y la Región Atacama. <a href="#">[aquí]</a> En el aeródromo Chamonate embarquen / desembarquen alrededor de 134.000 pasajeros.
1998	Solo 46 millones de US\$ llegan este año como inversión a la Región Atacama.
1999	Para Copiapó un fenómeno bien raro: Relámpagos y truenos afectan 5 horas la ciudad. La mina Ojos del Saldo tiene que cerrar a causa del bajo precio del cobre.
2000	La ciudad de Potrerillos será desmantelada. <a href="#">[aquí]</a>




## VII.7 FICHAS DE QUEBRADAS

En las fichas siguientes la amenaza se obtiene del informe de la etapa 2 del estudio PRI Huasco en desarrollo a fin de establecer coherencia entre ambos instrumentos de planificación.

ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE VALLENAR

Nombre	Quebrada del Jilguero	Ubicación: Coordenadas UTMWGS 84 Huso 19	332.083	6.836.219	
Ubicada en la Cuenca del río Huasco, subcuena del río Huasco Medio y Sub Subcuena del río Huasco entre Qda. Camarones y bajo junta Qda. El Jilguero.					
<b>Fotografía de Contexto</b>		<b>Ubicación en relación a Vallenar</b>			
					
Fotografía tomada en febrero del 2016.					
<b>1.- Tipo de Amenaza</b>					
Amenaza geológica	Quebrada de cerca de 3,5 km de largo, ancha en zona de desembocadura con el río Huasco, aproximadamente 50 metros de ancho. Con depósitos aluviales en el cauce, laderas adyacentes con deslizamientos superficiales de suelo y terrazas fluviales con erosión, generando aportes para el cauce.				
Amenaza hidrológica	Desde el punto de vista hidrológico posee un régimen pluvial. El caudal líquido para 10 años de período de retorno es de 287.2 m3/s, mientras que para 50 y 100 años de período de retorno alcanza los 529.31 m3/s y 632.69 m3/s, respectivamente. Existe peligro por inundaciones generadas por precipitaciones intensas.				
<b>2.- Vulnerabilidad</b>					
<b>2.1.- Construcciones</b>		<b>2.4.- Actividades productivas</b>		<b>2.3.- Ambiente Natural y Patrimonial</b>	
Viviendas o poblaciones formales	Sí	Agrícolas	En sector bajo	Área Protegida	No
Equipamiento (según OGUC)	No	Industriales	No	Sitios Arqueológicos	No
Vialidad	Ruta Vallenar a Alto del Carmen C-485 en parte baja.			Monumento Histórico o ICH	No
Infraestructura (telecomunicaciones, energética, transporte y sanitaria (OGUC))	No			Otros	
<b>2.4.- Alteraciones</b>		<b>2.2.- Servicios Disponibles</b>			
Excavaciones o extracción de material	Si	Comunicación	Señal de telefonía celular		
Derrumbes	No	Eléctrica	En sector alto		
Basurales	Si	Sanitaria	No		
<b>3.- Riesgos</b>					
Inundación por desborde de cauce	x			Estado del suelo natural en febrero del año 2016, se evidencia en material limoso aún en terreno producto de la lluvia del año 2015.  Fotografía tomada en febrero del 2016.	
Inundación por anegamiento					
Remoción en masa					
Rodados	x				
Aluviones	x				
Erosión acentuada	x				
Antropico					




ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE VALLENAR

Nombre	Quebrada Valparaíso	Ubicación: Coordenadas UTMWGS 84 Huso 19	325.719	6.839.746	
Ubicada en la Cuenca del río Huasco, subcuenca del río Huasco Bajo y Sub Subcuenca del río Huasco entre Qda. El Jilguero y Qda. Maitencillo					
<b>Fotografía de Contexto</b>		<b>Ubicación en relación a Vallenar</b>			
					
Fotografía tomada en febrero del 2016.					
<b>1.- Tipo de Amenaza</b>					
Amenaza geológica					
Amenaza hidrológica		Desde el punto de vista hidrológico posee un régimen pluvial. El caudal líquido para 10 años de período de retorno es de 42.48 m <sup>3</sup> /s, mientras que para 50 y 100 años de período de retorno alcanza los 78.52 m <sup>3</sup> /s y 93.93 m <sup>3</sup> /s, respectivamente. Existe peligro por inundaciones generadas por precipitaciones intensas			
<b>2.- Vulnerabilidad</b>					
<b>2.1.- Construcciones</b>		<b>2.4.- Actividades productivas</b>		<b>2.3.- Ambiente Natural y Patrimonial</b>	
Viviendas o poblaciones formales	Sí	Agrícolas	En sector bajo	Área Protegida	No
Equipamiento (según OGUC)	No	Industriales	No	Sitios Arqueológicos	No
Vialidad	No. Solo camino de acceso a viviendas			Monumento Histórico o ICH	No
Infraestructura (telecomunicaciones, energética, transporte y sanitaria (OGUC))	No			Otros	
<b>2.4.- Alteraciones</b>		<b>2.2.- Servicios Disponibles</b>			
Excavaciones o extracción de material	Si	Comunicación	Señal de telefonía celular		
Derrumbes	No	Eléctrica	Sí		
Basurales	Sí, en llegada a río Huasco	Sanitaria	Si, Agua potable		
<b>3.- Riesgos</b>					
Inundación por desborde de cauce	x			Sección baja de la quebrada de Valparaíso, se observan ocupaciones de viviendas e instalaciones asociadas a ellas como bodegajes. Fotografía tomada en febrero del 2016.	
Inundación por anegamiento					
Remoción en masa					
Rodados	x				
Aluviones					
Erosión acentuada					
Antrópico	x <sup>22</sup>				




<sup>22</sup> Se hace notar que, en la sección superior de quebrada de Valparaíso, se ubica la planta de lixiviación de cobre de ENAMI.



ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE VALLENAR




Nombre	Quebrada El Membrillo	Ubicación: Coordenadas UTMWGS 84 Huso 19	323.118	6.839958	
Ubicada en la Cuenca del río Huasco, subcuenca del río Huasco Bajo y Sub Subcuenca del río Huasco entre Qda. El Jilguero y Qda. Maitencillo					
<b>Fotografía de Contexto</b>		<b>Ubicación en relación a ValLENAR</b>			
 <p>Fotografía tomada en febrero del 2016.</p>					
<b>1.- Tipo de Amenaza</b>					
Amenaza geológica					
Amenaza hidrológica	Desde el punto de vista hidrológico posee un régimen pluvial. El caudal líquido para 10 años de período de retorno es de 149.06 m <sup>3</sup> /s, mientras que para 50 y 100 años de período de retorno alcanza los 275.54 m <sup>3</sup> /s y 329.59 m <sup>3</sup> /s, respectivamente. Existe peligro por inundaciones generadas por precipitaciones intensas.				
<b>2.- Vulnerabilidad</b>					
<b>2.1.- Construcciones</b>		<b>2.4.- Actividades productivas</b>		<b>2.3.- Ambiente Natural y Patrimonial</b>	
Viviendas o poblaciones formales	Sí	Agrícolas	En sector bajo	Área Protegida	No
Equipamiento (según OGUC)	No	Industriales	No	Sitios Arqueológicos	No
Vialidad	camino de acceso a viviendas en sector bajo y ruta C - 522.			Monumento Histórico o ICH	No
Infraestructura (telecomunicaciones, energética, transporte y sanitaria (OGUC))	No			Otros	
<b>2.4.- Alteraciones</b>		<b>2.2.- Servicios Disponibles</b>			
Excavaciones o extracción de material	No	Comunicación	Señal de telefonía celular		
Derrumbes	No	Eléctrica	Sí		
Basurales	Sí, en llegada a río Huasco y en sector alto detrás del Vertedero	Sanitaria	No		
<b>3.- Riesgos</b>					
Inundación por desborde de cauce	X			Confluencia Quebrada El Membrillo Con río Huasco, se observan las ocupaciones. Fotografía tomada en febrero del 2016.	
Inundación por anegamiento					
Remoción en masa					
Rodados	X				
Aluviones	X				
Erosión acentuada					
Antrópico					

ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE VALLENAR

Nombre	Quebrada Santa Fe	Ubicación: Coordenadas UTMWGS 84 Huso 19	330.510	6.837.143	
Ubicada en la Cuenca del río Huasco, subcuenca del río Huasco Bajo y Sub Subcuenca del río Huasco entre Qda. El Jilguero y Qda. Maitencillo					
<b>Fotografía de Contexto</b>		<b>Ubicación en relación a Vallenar</b>			
 <p>Fotografía tomada en abril del 2017.</p>					
<b>1.- Tipo de Amenaza</b>					
Amenaza geológica	Quebrada con laderas de depósitos sueltos, fluviales, que aportan material al cauce. Quebrada corta, alrededor de 150 m, de pendiente suave, abanico de ancho aproximado 20 metros en zona más extensa, que cruza con ruta Vallenar-Huasco.				
Amenaza hidrológica	Desde el punto de vista hidrológico posee un régimen pluvial. El caudal líquido para 10 años de período de retorno es de 2.2 m <sup>3</sup> /s, mientras que para 50 y 100 años de periodo de retorno alcanza los 4.06 m <sup>3</sup> /s y 4.86 m <sup>3</sup> /s, respectivamente.				
<b>2.- Vulnerabilidad</b>					
<b>2.1.- Construcciones</b>		<b>2.4.- Actividades productivas</b>		<b>2.3.- Ambiente Natural y Patrimonial</b>	
Viviendas o poblaciones formales	Sí	Agrícolas	En sector bajo	Área Protegida	No
Equipamiento (según OGUC)	No	Industriales	No	Sitios Arqueológicos	No
Vialidad	Ruta C 589 en parte alta y C 485 en sector bajo.			Monumento Histórico o ICH	No
Infraestructura (telecomunicaciones, energética, transporte y sanitaria (OGUC))	No			Otros	
<b>2.4.- Alteraciones</b>		<b>2.2.- Servicios Disponibles</b>			
Excavaciones o extracción de material	No	Comunicación	Señal de telefonía celular		
Derrumbes	No	Eléctrica	Sí		
Basurales	No	Sanitaria	Sí, Agua potable		
<b>3.- Riesgos</b>					
Inundación por desborde de cauce	x			Sector de área verde en la llegada de Quebrada el Rosario a la zona urbana de Vallenar. Fotografía tomada en abril del 2017.	
Inundación por anegamiento					
Remoción en masa					
Rodados	x				
Aluviones					
Erosión acentuada					
Antrópico					






ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE VALLENAR




<b>Nombre</b>	<b>Quebrada El Delirio</b>	<b>Ubicación: Coordenadas UTMWGS 84 Huso 19</b>	<b>330.323</b>	<b>6.836.825</b>	
Ubicada en la Cuenca del río Huasco, subcuenca del río Huasco Bajo y Sub Subcuenca del río Huasco entre Qda. El Jilguero y Qda. Maitencillo					
<b>Fotografía de Contexto</b>		<b>Ubicación en relación a ValLENAR</b>			
 <p>Fotografía tomada en abril del 2017.</p>					
<b>1.- Tipo de Amenaza</b>					
Amenaza geológica					
Amenaza hidrológica	Desde el punto de vista hidrológico posee un régimen pluvial. El caudal líquido para 10 años de período de retorno es de 1.08 m3/s, mientras que para 50 y 100 años de período de retorno alcanza los 1.99 m3/s y 2.39 m3/s, respectivamente.				
<b>2.- Vulnerabilidad</b>					
<b>2.1.- Construcciones</b>		<b>2.4.- Actividades productivas</b>		<b>2.3.- Ambiente Natural y Patrimonial</b>	
Viviendas o poblaciones formales	Sí, sección baja	Agrícolas	En sector intermedio.	Área Protegida	No
Equipamiento (según OGUC)	No	Industriales	No	Sitios Arqueológicos	No
Vialidad	Ruta C 485 Corta la Quebrada			Monumento Histórico o ICH	No
Infraestructura (telecomunicaciones, energética, transporte y sanitaria (OGUC))	No			Otros	
<b>2.4.- Alteraciones</b>		<b>2.2.- Servicios Disponibles</b>			
Excavaciones o extracción de material	No	Comunicación	Señal de telefonía celular		
Derrumbes	No	Eléctrica	Sí		
Basurales	No	Sanitaria	Sí, Agua potable		
<b>3.- Riesgos</b>					
Inundación por desborde de cauce	x			Sector bajo de la quebrada, donde confluye con quebrada El Rosario. Se observan viviendas y en dicho sector, correspondiente a los bordes del área urbana de ValLENAR. Fotografía tomada en abril del 2017.	
Inundación por anegamiento					
Remoción en masa					
Rodados	x				
Aluviones					
Erosión acentuada					
Antrópico					



ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE VALLENAR




<b>Nombre</b>	<b>Quebrada Marañón</b>	<b>Ubicación: Coordenadas UTMWGS 84 Huso 19</b>	<b>330.323</b>	<b>6.836.825</b>	
Ubicada en la Cuenca del río Huasco, subcuenca del río Huasco Bajo y Sub Subcuenca del río Huasco entre Qda. El Jilguero y Qda. Maitencillo					
<b>Fotografía de Contexto</b>		<b>Ubicación en relación a ValLENAR</b>			
					
<b>1.- Tipo de Amenaza</b>					
Amenaza geológica					
Amenaza hidrológica	Desde el punto de vista hidrológico posee un régimen pluvial. El caudal líquido para 10 años de período de retorno es de 151.23 m3/s, mientras que para 50 y 100 años de período de retorno alcanza los 279.55 m3/s y 334.39 m3/s, respectivamente. Existe peligro por inundaciones generadas por precipitaciones intensas.				
<b>2.- Vulnerabilidad</b>					
<b>2.1.- Construcciones</b>		<b>2.4.- Actividades productivas</b>		<b>2.3.- Ambiente Natural y Patrimonial</b>	
Viviendas o poblaciones formales	No	Agrícolas	No.	Área Protegida	No
Equipamiento (según OGUC)	No	Industriales	No	Sitios Arqueológicos	No
Vialidad	Intercomunal Ruta 5.			Monumento Histórico o ICH	No
Infraestructura (telecomunicaciones, energética, transporte y sanitaria (OGUC))	No			Otros	
<b>2.4.- Alteraciones</b>		<b>2.2.- Servicios Disponibles</b>			
Excavaciones o extracción de material	No	Comunicación	Señal de telefonía celular		
Derrumbes	No	Eléctrica	No		
Basurales	Sí, en confluencia con Qda. Valparaíso	Sanitaria	No		
<b>3.- Riesgos</b>					
Inundación por desborde de cauce	x			Sector bajo de la quebrada, donde confluye con quebrada Valparaíso. Se observan depósitos de basura a lo largo de ella, particularmente en la parte posterior del relleno sanitario de	
Inundación por anegamiento					
Remoción en masa					
Rodados					
Aluviones					
Erosión acentuada					
Antropico		ValLENAR. Fotografía tomada en febrero del 2016.			

ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE VALLENAR

<b>Nombre</b>	<b>Valle Del Río Huasco</b>	<b>Ubicación: Coordenadas UTMWGS 84 Huso 19</b>	<b>327.570</b>	<b>6.837.214</b>	
Ubicada en la Cuenca del río Huasco, subcuenca del río Huasco medio y bajo					
<b>Fotografía de Contexto</b>		<b>Ubicación en relación a ValLENAR</b>			
					
<b>1.- Tipo de Amenaza</b>					
Amenaza geológica					
Amenaza hidrológica		Desde el punto de vista hidrológico posee un régimen pluvial. El caudal líquido para 10 años de período de retorno es de 151.23 m3/s, mientras que para 50 y 100 años de período de retorno alcanza los 279.55 m3/s y 334.39 m3/s, respectivamente. Existe peligro por inundaciones generadas por precipitaciones intensas.			
<b>2.- Vulnerabilidad</b>					
<b>2.1.- Construcciones</b>		<b>2.4.- Actividades productivas</b>		<b>2.3.- Ambiente Natural y Patrimonial</b>	
Viviendas o poblaciones formales	Si	Agrícolas	Si, en valle al poniente de la ciudad	Área Protegida	No
Equipamiento (según OGUC)	Si	Industriales	Si, en diversos sectores	Sitios Arqueológicos	No
Vialidad	Urbana			Monumento Histórico o ICH	No
Infraestructura (telecomunicaciones, energética, transporte y sanitaria (OGUC))	Si			Otros	
<b>2.4.- Alteraciones</b>		<b>2.2.- Servicios Disponibles</b>			
Excavaciones o extracción de material	No	Comunicación	Señal de telefonía celular		
Derrumbes	No	Eléctrica	Si		
Basurales	Si, diversos sectores	Sanitaria	Si		
<b>3.- Riesgos</b>					
Inundación por desborde de cauce	X			Sector poniente del lecho del río Huasco. Se observa una cancha de futbol y alta erosión en ladera norte del valle. Fotografía tomada en febrero del 2016.	
Inundación por anegamiento	X				
Remoción en masa					
Rodados	X				
Aluviones	X				
Erosión acentuada					
Antrópico					





ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE VALLENAR

<b>Nombre</b>	<b>Quebrada Colón</b>	<b>Ubicación: Coordenadas UTMWGS 84 Huso 19</b>	<b>329.305</b>	<b>6.836.261</b>	
Ubicada en la ladera de exposición norte, al oriente de la ciudad de Vallenar, dentro de la subcuenca del río Huasco medio.					
<b>Fotografía de Contexto</b>		<b>Ubicación en relación a Vallenar</b>			
 <p>Fotografía tomada en abril del 2017.</p>					
<b>1.- Tipo de Amenaza</b>					
Amenaza geológica	Quebrada con laderas de depósitos sueltos, fluviales sueltos en superficie. Quebrada de no más de 100 metros, de pendiente media, tiene su cabecera en la terraza superior y termina en el área de inundación del río Huasco.				
Amenaza hidrológica					
<b>2.- Vulnerabilidad</b>					
<b>2.1.- Construcciones</b>		<b>2.4.- Actividades productivas</b>		<b>2.3.- Ambiente Natural y Patrimonial</b>	
Viviendas o poblaciones formales	Sí	Agrícolas	No.	Área Protegida	No
Equipamiento (según OGUC)	Sí, deportivo	Industriales	No	Sitios Arqueológicos	No
Vialidad	Urbana			Monumento Histórico o ICH	No
Infraestructura (telecomunicaciones, energética, transporte y sanitaria (OGUC))	No			Otros	
<b>2.4.- Alteraciones</b>		<b>2.2.- Servicios Disponibles</b>			
Excavaciones o extracción de material	No	Comunicación	Señal de telefonía celular		
Derrumbes	No	Eléctrica	Sí		
Basurales	Sí, según información de contraparte.	Sanitaria	Sí		
<b>3.- Riesgos</b>					
Inundación por desborde de cauce				Sector bajo de la quebrada, donde confluye con el área de inundación del río Huasco. Se observa material de depósitos fluviales sueltos en superficie. Fotografía tomada en febrero del 2016.	
Inundación por anegamiento					
Remoción en masa	X				
Rodados					
Aluviones					
Erosión acentuada					
Antropico					



ACTUALIZACION PLAN REGULADOR COMUNAL DE VALLENAR

<b>Nombre</b>	<b>Quebrada Yungay</b>	<b>Ubicación: Coordenadas UTMWGS 84 Huso 19</b>	<b>328.995</b>	<b>6.836.324</b>
Ubicada en la ladera de exposición norte, al oriente de la ciudad de Vallenar, dentro de la subcuenca del río Huasco medio.				
<b>Fotografía de Contexto</b>		<b>Ubicación en relación a Vallenar</b>		
 <p>Fuente: SURPLAN. 2016</p>				

<b>1.- Tipo de Amenaza</b>	
Amenaza geológica	Quebrada con laderas de depósitos sueltos, fluviales sueltos en superficie. Quebrada de no más de 100 metros, de pendiente media, se encuentra ocupada por un área verde pública que comunica la terraza superior con el área de inundación del río Huasco, específicamente con áreas de equipamiento deportivo, correspondientes a la zona ZR 2 del PRC Vigente.
Amenaza hidrológica	

<b>2.- Vulnerabilidad</b>					
<b>2.1.- Construcciones</b>		<b>2.4.- Actividades productivas</b>		<b>2.3.- Ambiente Natural y Patrimonial</b>	
Viviendas o poblaciones formales	Sí	Agrícolas	No.	Área Protegida	No
Equipamiento (según OGUC)	Sí, deportivo y área verde.	Industriales	No	Sitios Arqueológicos	No
Vialidad	Urbana			Monumento Histórico o ICH	No
Infraestructura (telecomunicaciones, energética, transporte y sanitaria (OGUC))	No			Otros	
<b>2.4.- Alteraciones</b>		<b>2.2.- Servicios Disponibles</b>			
Excavaciones o extracción de material	No	Comunicación	Señal de telefonía celular		
Derrumbes	No	Eléctrica	Sí		
Basurales	Si, según información de contraparte.	Sanitaria	Si		

<b>3.- Riesgos</b>			
Inundación por desborde de cauce			Área verde que ocupa la quebrada Yungay, constituye un ejemplo de uso del suelo, donde existe susceptibilidad de ocurrencia de remoción en masa, debido a rodados. Se observa material de depósitos fluviales sueltos en superficie, particularmente en sectores aún no tratados del área verde existente. Fotografía tomada en febrero del 2016.
Inundación por anegamiento			
Remoción en masa	X		
Rodados			
Aluviones			
Erosión acentuada			
Antropico			

## VII.8 INFORMES SERNAGEOMIN, U. ATACAMA Y MINVU.

### VII.8.1.- Informe rápido de depósitos de relaves abandonados en vallena.

“Estimados, esperando que se encuentren bien, envío informe flash de los depósitos de relaves antiguos inspeccionados para el tema de regularización de terrenos.

En total se inspeccionaron 5 depósitos de relaves abandonados, lo descrito se basará en la experiencia, solamente se utilizó para la ubicación o toma de coordenadas instrumento UTM UPS, con equipo Garmin etrex 20, Datum del mapa WGS 84 y para las dimensiones aproximadas de las áreas de emplazamiento NO se utilizó instrumentos de precisión, solo es referencial.

- Depósito de relaves frente plazoleta quinta valle:
  - Se encuentra ubicado en la coordenada UTM UPS N: 68366816; E: 328971, en un área aproximada de unos 150 x 70 m, En dicho lugar se evidencian instalaciones antiguas y deterioradas, inactivas, sin operación, hay un trapiche, piscinas de cementos en mal estado que pudieron ser canchas de concentrados de oro. Por las características visuales del relave correspondería a depósitos de oro, se visualizan las capas formadas como estratos en algunos sectores.
  
- Depósito de Relaves sector Torino:
  - Se encuentra ubicado en la coordenada UTM UPS N: 6836572; E: 329548, en un área aproximada de unos 80 x 80 m. En dicho lugar se evidencian instalaciones antiguas y deterioradas, inactivas, sin operación, hay 2 trapiches, piscinas de cementos en mal estado que pudieron ser canchas de concentrados de oro y cobre. Por las características visuales de relaves correspondería tanto para oro como cobre, la capa inferior es de cobre y la superior de oro. Muy cercano a éste depósito hay un cuerpo de relaves prácticamente con las mismas características que el anterior, de coordenada N: 6836449; E: 329601. En dicho depósito no hay evidencia de relaves de cobre y no se apreció equipos como trapiches antiguos, se observó la presencia de una pequeña rampa que al parecer fue utilizada como cancha de acopio para cargar alguna tolva de alimentación ya que se notó presencia de rocas minerales con presencia de limonitas, atacamita y bornita.
  
- Depósito de relaves sector Cueva.
  - Se encuentra ubicado en la coordenada N: 6835779; E: 330005, en este depósito se encontró una capa de unos 20 cm de relave de oro y sobre dicho relave material tierra y ripios cuya dimensiones aproximada del cuerpo es de 40 x 40 x 5 m aproximadamente, a metros de una vivienda. Cercano a tal relave se halló un trapiche fuera de servicio ubicado en la coordenada 6835790; E: 329931. No se halló evidencias de construcciones de lozas de cementos, piscinas o canchas de acopio de mineral.
  
- Depósito de relaves Simón.
  - Se ubicó en la coordenada N: 6840371; E: 327611, en tal depósito se evidenció relaves de oro zona superficial y cobre de manera más profunda. Este depósito es más significativo que los anteriores en cuanto a su cantidad, dicho depósito se emplaza en un área aproximada de 100 x 30 y una altura promedio de 6 mts. También cercano al depósito en la coordenada N: 6840321;

E: 327549, hallaron 40 lotes de vaciado de camionadas de relaves de oro, que son aproximadamente unas 1200 tons.

Entre los equipos se evidencio 5 ruedas de trapiches y levantadores con sus pernos que indica que hubo un proceso de molienda mayor, ya que dichos levantadores se utilizan en los molinos de bolas y por las dimensiones podría corresponder a un molino de 5 x 4 pie. También se observó revestimientos viejos de bombas e impulsores de bombas de tamaños no menores y tubos de HDP y basura.

Hay construcciones de lozas de cementos y un estanque de aguas deteriorado.

- Se explicó a los profesionales que estuvieron en la inspección que para poder determinar si hay algún grado de contaminación significativo a la población o viviendas cercanas del depósito, se debería tomar muestras representativas para sus análisis, tanto en el mismo depósito como en los alrededores de manera superficial, esto indicaría el grado de arrastre eólico o producido por las lluvias.
- Para poder sacar dichos relaves y dejarlos en otro lugar, se puede hacer, siempre y cuando sean dejados en otros depósitos relaves autorizados. En la ciudad de Vallenar hay faenas que cuentan con ello como inversiones Nutram y la Enami y estimo que sería lo mejor ya que es más benevolente tenerlos alejados del sector urbano.



**VII.8.2.- Informe delimitación de depósitos de relave. Universidad de Atacama**  
**INFORME DE DELIMITACIÓN Y ESTADO DE LOS DEPÓSITOS DE RELAVE DE PLANTA**  
**TORINO Y PLANTA CARMEN (VALLENAR, ATACAMA, CHILE)**

Manuel Abad  
 Geólogo, Universidad de Atacama

**INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA**

Por solicitud de MINVU Atacama se desarrolla este informe preliminar que tiene como principal objetivo delimitar la extensión de varios cuerpos de depósitos de relaves inactivos en la zona urbana de la localidad de Vallenar y una posible área circundante de afección donde se haya podido experimentar la removilización y concentración de estos pasivos ambientales. Tanto en Planta Torino como en Planta Carmen se aprecian también restos de maquinaria y estructuras mineras (piscinas de lavados, rampas de descarga). Los depósitos de relave se encuentran en estado de abandono y no se ha procedido al aislamiento de los cuerpos mediante recubrimiento por cobertera de detríticos que impida su removilización por efecto de agua de escorrentía, viento u otros agentes.

La metodología empleada consistió en una cartografía sobre terreno, apoyada mediante GPS y ortofotografía aérea, donde se delimitó: i) la zona de acumulación original de los relaves y un perímetro, denominada Zona de Riesgo Ambiental Antrópico, donde se produce la remoción y acumulación de los mismos por efecto de la acción de aguas de escorrentía, de origen pluvial y remociones gravitacionales, nunca distanciados más de 5 metros del perímetro que definen los cuerpos de pasivos ambientales; ii) una Zona de Afección donde existen evidencias que transferencia de material entre los relaves y el área circundante, principalmente identificada por la presencia anómala de micas y sulfuros de hierro y cobre. En este último caso, se identificó en Planta Torino una pequeña capa superficial, de escasos centímetros de espesor, que implica la actuación de fenómenos de transporte de la fracción más fina de los relaves, que se dispersa a través de gran parte de este sector.

No se localizaron, y por tanto no se pudieron evaluar, los depósitos de relaves localizados al final de Avd. Costanero (Planta Calleja), intensamente vegetados al ubicarse en la llanura de inundación del Río Huasco.

**EVALUACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE RELAVES Y DEFINICIÓN DE ZONAS DE AFECTACIÓN**

- **Planta Torino:** Aunque el tamaño de los depósitos no es muy grande, mediante el estudio de las series temporales de fotografía aérea color no se aprecia, en general, un desmantelamiento ni erosión importantes de estos pasivos ambientales mineros que haya tenido como origen un desborde del Río Huasco en los últimos 15 años. Es decir, si existe un problema de redistribución de los pasivos debe haberse iniciado hace décadas y se produce de forma progresiva y con baja intensidad, sin que estén involucrados los eventos de inundación del río.

Es evidente que el cierre de la faena minera, y por tanto de la acumulación de relaves, no ha sido efectuado correctamente y no se ha procedido a su sellado por una cobertera detrítica, que tiene como objetivo evitar su erosión y la removilización, tal y como indica la legislación ambiental vigente. Esto suele suceder con los relaves más antiguos, previos a la ley que así lo solicita.

Se ha contrastado en terreno que los depósitos mineros están expuestos a la acción del viento y lluvias, con desarrollo de pequeños acarcavamientos y remociones hacia las áreas circundantes de estos relieves antrópicos, como es normal en todo material deleznable sometido a la acción de agentes modeladores. Esta circunstancia es lamentablemente una constante en multitud de depósitos de relaves en toda Atacama. En cualquier caso, el alcance lateral y la dispersión de los relaves mediante estos procesos parece muy limitada y existe un cierre perimetral (pircas o muros de piedras) que ayudan parcialmente a contener la redistribución de estos materiales.

Los dos depósitos de relaves de la planta se encuentran en un avanzado estado de desmantelamiento y poseen una extensión de unos 4.000 m<sup>2</sup> cada uno. Conforman relieves positivos, elevados 1,5 m sobre el terreno, con una parte superior plana. Se localizan a 100 m del cauce del Río Huasco y se extienden en la llanura de inundación del sistema fluvial, elevada unos 4 m sobre el talweg. Al margen de los depósitos de origen antrópico, el terreno está definido por una formación superficial de granulometría fina, eminentemente limosa-arenosa fina y ligeramente consolidada que se extiende por toda la zona. Estos materiales, de menos de 1 m de espesor, recubren los conglomerados que conforman las terrazas fluviales más bajas del Huasco. Toda la zona se encuentra atravesada por diversos canales de riego, actualmente inactivos y parcialmente colmatados.

La zona de Riesgo Ambiental Antrópico se delimita, de esta manera, coincidiendo con el depósito de los pasivos ambientales y el área circundante donde se han identificado remociones y escurrimientos que tienden a concentrarse al pie de los depósitos, favorecidos por la gravedad y el desnivel. La deflación eólica ha actuado y actúa de forma intensa, de igual manera, sobre estos relaves, tal y como se deduce de la morfología irregular monticulada de su superficie superior, así como por la aparición de algunas cubetas (depresiones) y acúmulos de material de relave dispersos por la zona. Se han observado evidencias de extracción de grandes volúmenes de pasivos ambientales en el cuerpo de los depósitos mineros localizados más hacia el Este, así como áreas de antiguas labranzas, hoy inactivas, adyacentes a estos mismos relaves.

La Zona de Afección se corresponde con una gran área entorno a la anterior donde se ha identificado presencia de minerales (micas, sulfuros y minerales pesados oscuros) que claramente proceden los depósitos de relaves y que, por tanto, han sido removidos y redepositados a lo largo del sector, apareciendo mezclados con los depósitos consolidados de granulometría fina que conforman el terreno. Se constata una disminución progresiva de estos elementos procedentes de los relaves hacia el Sur y Este de los relaves, es decir, a medida que nos acercamos a los relieves y aguas arriba del río, respectivamente. En cualquier caso, el porcentaje de material derivado de los relaves en estos sedimentos se ha estimado visualmente en menos del 5-10%, a falta de un estudio analítico más preciso que corrobore esta apreciación.

En ausencia de inundaciones fluviales en esta zona en las últimas décadas, según nos han indicado algunos vecinos del sector, el proceso que ha debido favorecer la dispersión de los relaves debe ser la inundación generada por el desborde de los canales de riesgo que se localizan 300 m al oriente de los relaves. La inundación y encharcamiento de todo este sector, en repetidas ocasiones, supone el mecanismo más lógico para explicar la sutil removilización de los pasivos ambientales, dando lugar a una fina capa superficial donde es manifiesta la presencia de micas y otros minerales



procedentes de los relaves mezclada con los sedimentos arrastrados durante los eventos de encharcamiento.



**Delimitación de zona de riesgo ambiental antrópico y de afección en Planta Torino**

Un ejemplo de la forma concreta de actuación de este proceso ha podido confirmarse y analizarse mediante el análisis de ortofotografías aéreas a color desde el *software Google Earth*. Durante 2016 y 2017, probablemente como consecuencia del gran volumen de agua acumulada en el Embalse de Santa Juana tras las intensas lluvias de ambos años, se registra la activación de los canales de riego y un importante encharcamiento de la zona correspondiente a las canchas de fútbol que se han construido en el lugar. El agua circula a través de los mismos y atraviesa la zona intermedia que separa los dos cuerpos de relaves, llegando a poder observarse algo de erosión y arrastre de los residuos mineros y consiguiente removilización siguiendo el gradiente topográfico (desde el Este hacia el Oeste) a través de estas vías de canalización preferente. Específicamente, tras las lluvias de 2017, se aprecian multitud de desbordes de los canales en diversos puntos, favorecidos por su mal estado de conservación y colmatación parcial. En algunos casos, aunque no ha podido apreciarse de forma directa sobre el terreno, se constata en fotografía aérea como los desbordes se canalizan y erosionan parcialmente el perímetro de ambos cuerpos de relaves, produciéndose el arrastre de material. Hacia el Oeste de los relaves se generan varios regueros de grandes dimensiones que tienden a extenderse por la zona de nueva construcción localizada inmediatamente aguas abajo de la Planta Torino.

Este proceso ha podido repetirse en multitud de ocasiones desde el momento que las labores mineras quedaron abandonadas. Dependiendo de la magnitud de la inundación y el número de veces que ha tenido lugar este fenómeno en las últimas décadas, el área que ha podido verse



afectada por este proceso puede ser considerable, lo que concuerda con las observaciones de terreno. Es por esto último que se ha procedido a cartografiar un área de afección considerablemente mayor que el área que poseen los propios acumulados.



Evidencias de desbordes y encharcamiento del entorno de Planta Torino por efecto de activación de canales de riego

- **Planta Carmen:** La Planta el Carmen supone un caso distinto al anterior en varios sentidos. Los depósitos de pasivos ambientales han sido retirados en su mayor parte, quedando sólo retazos en una zona deprimida adyacente al cauce del Río Huasco.

Dentro de esta zona se divisan múltiples acumulaciones que están siendo dispersadas por el viento, sin que parezca existir un riesgo importante de inundación por desborde del Río Huasco. La zona donde se describen los restos de acumulaciones de relaves se establece como el área de Riesgo Ambiental Antrópico. Existen dudas si la acumulación de pasivos ambientales podría continuar aguas arriba del río, en un área con cierre perimetral que posee continuidad topográfica con la zona de relaves. La Zona de Afección se delimita en el área de trabajo y de maquinaria de la faena minera, inmediatamente hacia el Oeste, donde se constata la presencia de acumulaciones diseminadas superficialmente de pasivos ambientales, sin llegar estas concentraciones a representar en volumen ni en extensión un riesgo ambiental tan importante como el descrito en la Zona de Riesgo Ambiental Antrópico.



Delimitación de zona de riesgo ambiental antrópico y de afección en Planta Carmen



## VII.9 INFORME SEREMI MINVU ATACAMA.



Copiapó, 26 de diciembre del 2017.

A: Remitentes del correo electrónico

DE: María Ester Arancibia, Analista Reconstrucción.

MAT.: Informe de áreas de sitios contaminados PRC-PRI

---

### ANTECEDENTES

- ORD N° 1020 del 20.10.17 al Director Regional Atacama de SERNAGEOMIN solicitando acompañamiento para definir áreas de relaves Vallenar. Se adjunta a correo.
- Terreno SEREMI MINVU Atacama - Servicio Nacional de Geología y Minería Atacama - SERNAGEOMIN- Municipalidad de Vallenar realizado el día 26.10.2017.
- Correo electrónico donde se indican los relaves visitados en conjunto con SERNAGEOMIN Atacama y SEREMI MINVU Atacama, fecha 26.10.2017 elaborado por profesional de SERNAGEOMIN Atacama. Se adjunta a correo.
- Terreno SEREMI MINVU Atacama-realizado el día 22.12.2017.

### CONSIDERACIONES

Sobre la base de la minuta realizada por SERNAGEOMIN Atacama enviada mediante correo electrónico, se procede a definir áreas potenciales de contaminación derivadas, las cuales incluyen el área de localización de los relaves y los arrastres producidos por viento y agua.

Se complementa información con "Diagnóstico Regional Sitios Abandonados PPC Fase I y II (Bibliográfica) 30.06.2014". Se adjunta a correo.





## RESULTADOS DE TERRENO

### Planta Torino

Los relaves se han expandido de la zona original de depósito (óvalo celeste) y, hay nuevos grupos de vivienda (óvalo rojo en imagen siguiente) que están a sólo metros de estos (ver imagen siguiente). Así también hay canchas de fútbol (óvalo morado) que están también a metros de estos relaves. De acuerdo a los antecedentes de SERNAGEOMIN Atacama "Por las características visuales de relaves correspondería tanto para oro como cobre, la capa inferior es de cobre y la superior de oro".



Atacama 711, Copiapó  
Fono (56 52)2535621 Fax (56 52)2535627  
[www.minvuatacama.gob.cl](http://www.minvuatacama.gob.cl)



Se aprecia en el terreno escurrimientos menores de flujo (óvalo rojo en imágenes siguiente) los cuales han producido arrastre del relaves, así también movimiento por viento del material presentándose diseminado por todo el sector (círculo naranja en página siguiente).



Atacama 711, Copiapó  
Fono (56 52)2535621 Fax (56 52)2535627  
[www.minvuatacama.gob.cl](http://www.minvuatacama.gob.cl)





Planta Carmen

Este sector presenta de acuerdo a antecedentes de SERNAGEOMIN “evidencian instalaciones antiguas y deterioradas, inactivas, sin operación, hay un trapiche, piscinas de cementos en mal estado que pudieron ser canchas de concentrados de oro. Por las características visuales del relave correspondería a depósitos de oro, se visualizan las capas formadas como estratos en algunos sectores”.



Atacama 711, Copiapó  
Fono (56 52)2535621 Fax (56 52)2535627  
[www.mirvuatacama.gob.cl](http://www.mirvuatacama.gob.cl)







Planta Cuevita

De acuerdo a información entregada por SERNAGEOMIN "relave de oro y sobre dicho relave material tierra y ripios", ver ovalo rojo en imagen siguiente.



Atacama 711, Copiapó  
Fono (56 52)2535621 Fax (56 52)2535627  
[www.mirvuatacama.gob.cl](http://www.mirvuatacama.gob.cl)





### CONCLUSIÓN

Sobre la base de los antecedentes expuestos se ha concluido que las áreas enviadas en los kmz adjuntos podrían presentar contaminación producto de los relaves que contienen. Se incluye un Basural.

### RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS PARA CONSULTORES DE IPTs

Los equipos de consultores deben verificar en terreno las áreas propuestas y levantar aquellas que faltan: para el caso de Vallenar Urbano: Planta Callejas. y "xx" definida en KMZ; en el caso del PRI Plata Charlotte, por nombrar algunos.

### RECOMENDACIONES GENERALES

Para verificar el grado de contaminación es necesario hacer estudios de detalle según Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes, de MMA, disponible en: <http://www.cenma.cl/Pagina%20web-LQA/4-Gesti%C3%B3n%20de%20SPPC/Guia%20Metodologica%20gestion%20SPPC.pdf>.