

ALTO MAIPO SpA

PLAN DE MANEJO

DE LA VEGA EY-1



MARZO 2018



Autor: Santiago Ríos

Ingeniero Forestal

Diplomado Derecho Ambiental, Diplomado Rehabilitación Ambiental

Certificación Acreditador Forestal CONAF RAF-XIII-022 N

INDICE

1.	Introducción	3
2.	Antecedentes	4
3.	Revisión bibliográfica	11
3.1.	Definición de humedal	11
3.2.	Ecología	11
3.3.	Perturbaciones	13
3.4.	Medidas de manejo para la conservación y rehabilitación.....	14
4.	Plan de Manejo	16
4.1.	Mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino construido.....	16
4.1.1.	Diseño de restitución del sistema hídrico y manejo del suelo.....	17
4.1.2.	Instalación de muros de sacos de tierra.....	20
4.1.3.	Mejoramiento de la vegetación	21
4.1.4.	Cerco de protección	21
4.2.	Mejoramiento de nuevo hábitat y enriquecimiento.....	22
4.2.1.	Manejo del suelo y diseño de restitución del sistema hídrico.	23
4.2.2.	Plantación de tepes.....	26
4.2.3.	Enriquecimiento con suelo superficial	27
4.2.4.	Cerco de protección	27
5.	Plan de Monitoreo y Evaluación	29
5.1.	Definición de información de vega de referencia	29
5.1.1.	Información de referencia para la acción en el área de mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino construido.....	30
5.1.2.	Información de referencia para la acción en el área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat	31
5.2.	Definición de indicadores de cumplimiento	33

5.2.1.	Indicador de cumplimiento de la acción en área de mejoramiento de vega EY-1 aguas abajo de camino construido.....	33
5.2.2.	Indicador de cumplimiento de la acción en el área mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat	38
5.3.	Monitoreo del contenido de humedad del suelo en fragmento de vega sin perturbación ubicada aguas arriba del camino público G 455	45
5.4.	Frecuencia de monitoreo	47
6.	Plan de Mantenimiento.....	48
7.	Cronograma.....	49
8.	Bibliografía	50

1. Introducción

El presente documento entrega el contenido del Plan de Manejo de la vega EY-1 en el sector de acceso al puente El Yeso, el cual ha sido elaborado por la empresa MITIGA, a solicitud de Alto Maipo SpA, en el marco del Programa de Cumplimiento preparado por Alto Maipo SpA en respuesta a la formulación de cargos presentados en su contra por la Superintendencia del Medio Ambiente, mediante RES. EX. N°1/ ROL D-001-2017 del 20 de enero de 2017, específicamente el cargo N° 1 que estableció el siguiente hecho constitutivo de infracción: “Se afectó sin autorización, una superficie aproximada de 850 m² de la vega EY-1”.

Previo a la preparación del presente plan, la empresa MITIGA, a solicitud de Alto Maipo SpA, realizó el levantamiento del estado actual de la vega EY-1 en el sector, cuyos resultados se presentaron ante la Superintendencia del Medio Ambiente con fecha 25 de mayo del presente en el documento, denominado “Diagnóstico de la vega EY-1 en el sector de acceso al puente El Yeso” (MITIGA, 2017). Este diagnóstico entregó la superficie donde se encontraba distribuida la vega EY-1, de forma previa a la intervención; además de las dimensiones del área de vega que se eliminó producto del emplazamiento de la obra (camino de acceso al puente El Yeso); la superficie de la vega que se ha visto degradada a raíz de la fragmentación producida por la obra; así como la composición florística de la formación vegetal en su estado pasado y actual.

Sobre la base de este diagnóstico, el presente documento entrega el plan de actividades de mejoramiento para reparar el hábitat de la vega degradada que se ubica aguas abajo del camino de acceso al Puente el Yeso; así como también, el plan de actividades de mejoramiento y enriquecimiento de un nuevo sector para compensar el área de vega eliminada producto del emplazamiento de las obras del camino, mediante la generación, en otro sitio, del hábitat que tenga la capacidad de reclutar y desarrollar la vegetación azonal. Además, se entrega el Plan de Monitoreo y seguimiento de las variables de control y éxito de los trabajos y el Plan de mantenimiento.

El Plan de manejo, emplea técnicas de rehabilitación ambiental que buscan recuperar la estructura y los componentes del ecosistema, lo más cercano a la situación original (Clewel, A., J. Rieger, J. Munro. 2005).

2. Antecedentes

Alto Maipo SpA construyó el camino de acceso al puente el Yeso durante el año 2012. Dicho acceso conecta la ruta pública G-455 con el camino hacia el portal VA4 y se ubica a unos 15 km de El Romeral (Figura 1). La construcción de este camino de acceso produjo la afectación de una fracción de la vega EY-1, produciéndose la fragmentación de esta formación vegetal. Esta vega corresponde a una formación de especies higrófilas altoandinas que se distribuye de este a oeste, y se forma gracias a los afloramientos de agua subterránea que se encuentran en las laderas (Figura 2, Foto 1) los cuales generan un caudal de agua que escurre a lo largo de la vega y que finalmente desemboca a unos 250 metros en el río Yeso.

Sin perjuicio que el cargo formulado por la Superintendencia del Medio Ambiente se refiere a la afectación de una superficie aproximada de 850 m² de la vega EY-1, de acuerdo al diagnóstico del estado de la Perturbación en la Vega EY-1 (MITIGA, 2017), la construcción del camino produjo una afectación de una superficie total de 1.235 m², que se desglosan en la pérdida de 446 m² de hábitat y de vegetación azonal, y además la degradación de 789 m² del hábitat de la vega aguas abajo del camino, esto último producto de la interrupción del flujo de agua y desvío de éste por una alcantarilla (Figura 3).



Figura 1. Ubicación Vega EY-1

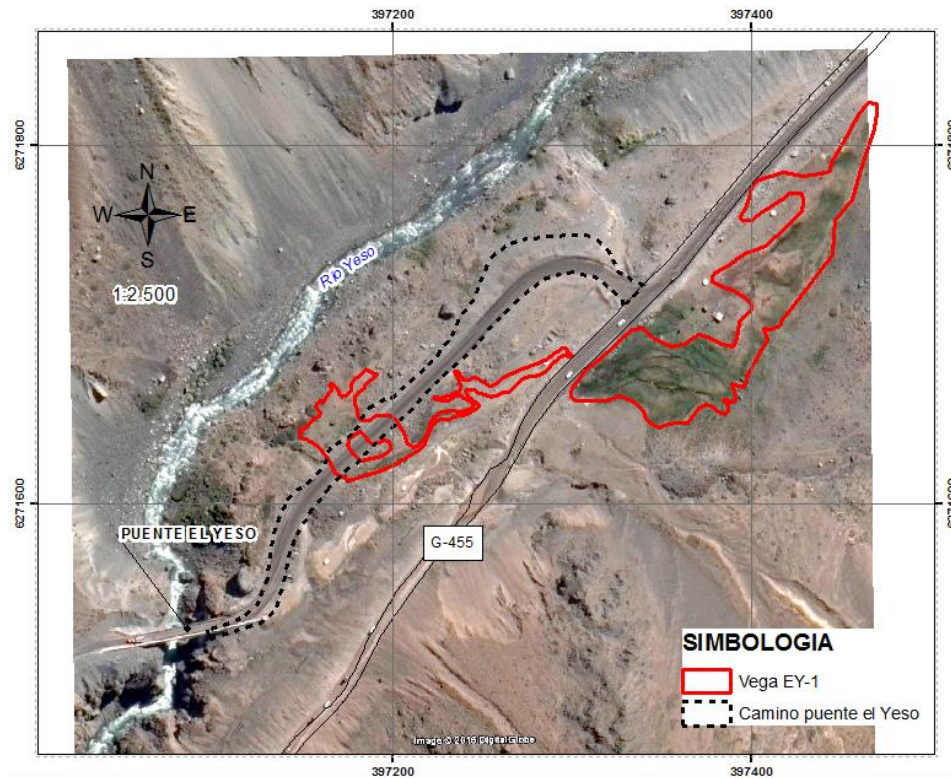


Figura 2. Vega EY-1, delimitación área potencial (Mitiga, 2017).



Foto 1. Vega EY-1, aguas arriba del camino público.

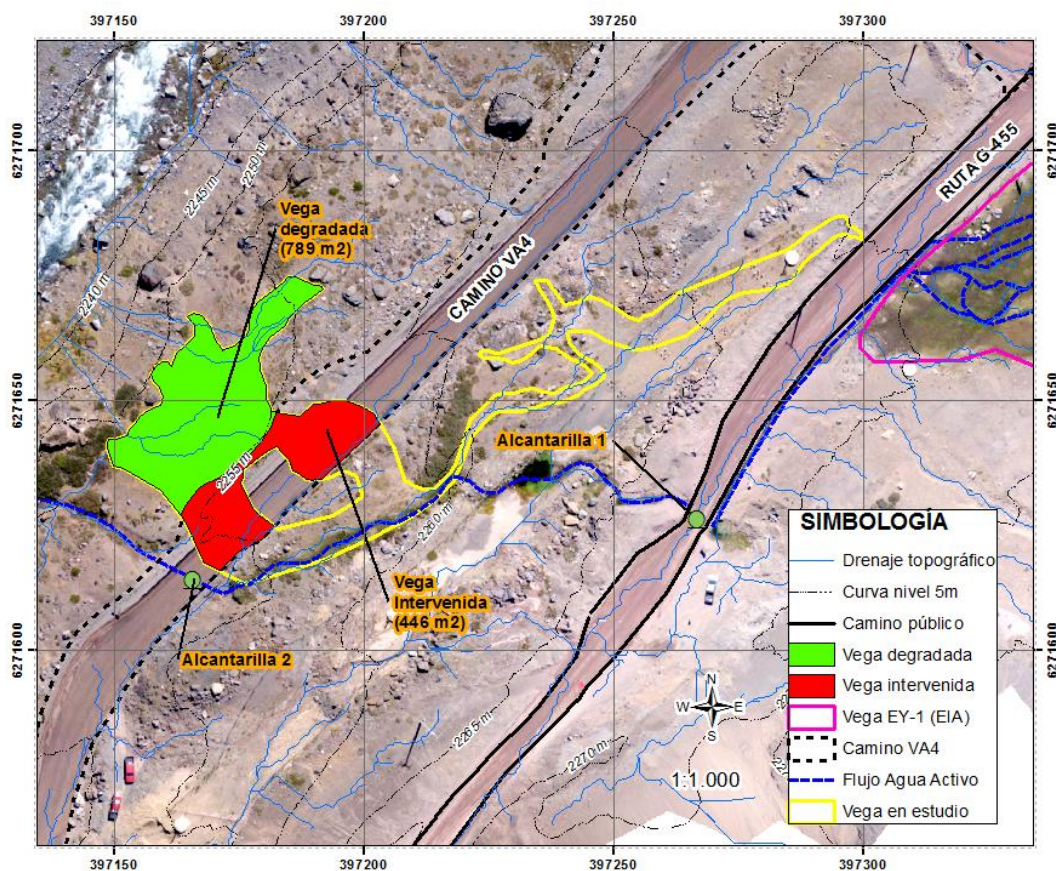


Figura 3. Áreas perturbadas por construcción de camino.

En el año 2013, en respuesta a requerimientos del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región Metropolitana (SAG RM), se encargó al Centro de Estudios Ecológicos (CEA, 2013) un estudio de delimitación y caracterización florística de vegas andinas adyacentes al camino de acceso al puente El Yeso y se cuantificó la superficie y perímetro de ella a través de una imagen satelital, se describió la flora y vegetación en función del número de especies, cobertura total y por especies y estado fenológico. Este estudio determinó que la flora se compone de 29 especies, la cobertura promedio fue de $90,20\% \pm 2,93$ y no se encontraron especies clasificadas en alguna categoría de conservación, de acuerdo a la revisión de los Decretos Supremos N° 151/2007, 50/2008, 51/2008, 23/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES), y N° 33/2012, 41/2012, 42/2012 y 19/2013 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) que oficializan los procesos de clasificación de especies a nivel nacional, el Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Benoit, 1989), y las publicaciones del Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Baeza *et al.*, 1998; Belmonte *et al.*, 1998; Ravenna *et al.*, 1998).

De acuerdo a CEA, 2013, la vega andina estudiada se encuentra en una ladera de exposición suroeste y de 10% inclinación. En el área el sustrato era rocoso, pero orgánico en los suelos bajo la vega y sin erosión. Respecto a la intervención antrópica, se observó evidencia de pastoreo, fuego y las obras del camino de acceso al puente El Yeso.

La flora encontrada en esta vega se compone de 29 taxa, incluyendo 27 plantas vasculares. Las plantas vasculares pertenecen a 16 familias, siendo Asteraceae y Cyperaceae las familias mejor representadas, con cinco especies cada una. Del total de especies vasculares, 18 son nativas y nueve, introducidas (tabla 1).

Tabla 1. Listado florístico vega VA4. Fuente: CEA, 2013.

	Familia	Especie	Fisionomía	Origen	Estado de conservación	Estado fenológico	
						Primavera	Verano
	DIVISIÓN CHAROPHYTA						
1	Characeae	<i>Chara sp.</i>	alga verde	n.d.	n.d.	C	C
	DIVISIÓN BRIOPHYTA						
2	n.d.	Musgo no identificado	n.d.	n.d.	n.d.	C	C
	DIVISIÓN MAGNOLIOPHYTA						
3	Apiaceae	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C
4	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i>	Arbusto	Nativa	n.d.	C	FI
5	Asteraceae	<i>Maleza 1</i>	Hierba	Introducida	n.d.		C
6	Asteraceae	<i>Tanacetum parthenium</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C	FI
7	Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	FI, S	FI
8	Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C, FI	FI
9	Berberidaceae	<i>Berberis empetrifolia</i>	Subarbusto	Nativa	n.d.	FI	FI
10	Caleolariaceae	<i>Calceolaria filicaulis</i> <i>ssp. luxurians</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	
11	Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C, FI, Fr
12	Caryophyllaceae	<i>Cerastium humifusum</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI	
13	Cyperaceae	<i>Carex gayana</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI, S	C
14	Cyperaceae	<i>Eleocharis lechleri</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C, FI, S, L	C, Fr, S
15	Cyperaceae	<i>Eleocharis melanomphala</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI	
16	Cyperaceae	<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C
17	Cyperaceae	<i>Phylloscirpus acaulis</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C, FI	C
18	Fabaceae	<i>Medicago lupulina</i>	Hierba anual	Introducida	n.d.	FI	FI
19	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, FI	C, FI, Fr
20	Juncaceae	<i>Juncus balticus</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C
21	Onagraceae	<i>Epilobium denticulatum</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI	
22	Phrymaceae	<i>Mimulus luteus</i>	Hierba anual	Nativa	n.d.	FI	FI
23	Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	FI	FI
24	Plantaginaceae	<i>Veronica serpyllifolia</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, FI	FI
25	Poaceae	<i>Festuca rubra</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, FI	C, FI, S
26	Poaceae	<i>Polypogon australis</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI	
27	Polygonaceae	<i>Polygonum persicaria</i>	Hierba anual	Introducida	n.d.		FI
28	Ranunculaceae	<i>Halerpestes cymbalaria</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI	
29	Rosaceae	<i>Acaena magellanica</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C

A mayor abundamiento, la tabla 2 entrega información extraída también del estudio del CEA (2013) sobre la flora identificada en la vega de acceso al puente el Yeso en los distintos transectos realizados en dicho estudio para estos efectos (Figura 4). Se observa que existe una distribución diferencial de los taxa en la vega. En este sentido, se aprecia que en la sección de la vega ubicada aguas abajo del camino público G-455, se desarrollan especies rústicas que indican que dicha sección de la vega posee un mayor grado de perturbación y se encuentra dominada por la especie *Eleocharis lechleri* (23%), *Festuca rubra* (19%) y *Trifolium repens* (15%); mientras que la sección de la vega ubicada aguas arriba del camino público G-455, presenta una vegetación donde dominan las especies *Carex gayana* (35%), *Eleocharis lechleri* (25%), *Festuca rubra* (25%) y *Phylloscirus acaulis* (10%).

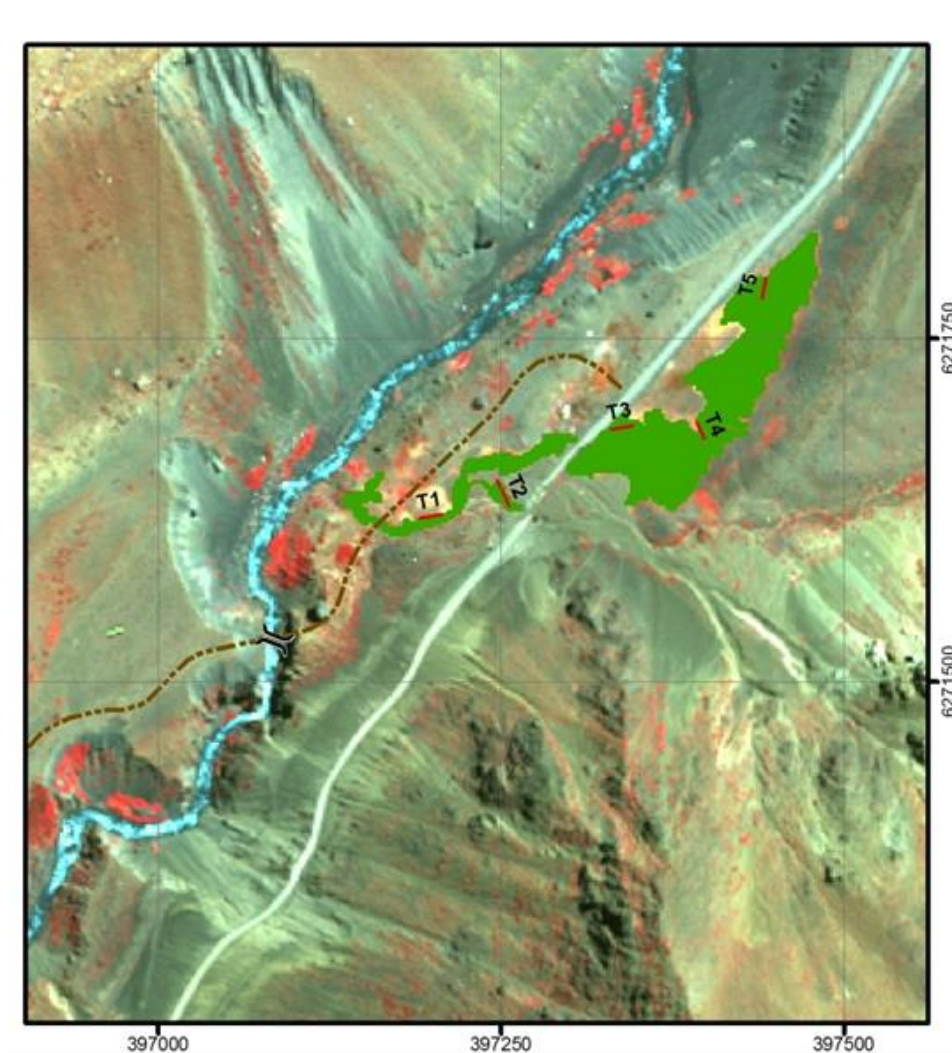


Figura 4. Transectos realizados para estudio florístico CEA, 2013.

Tabla 2. Riqueza y cobertura de vegetación (%) por transecto. Fuente: CEA, 2013.

Especie/Sustrato	primavera (nov 2012)					verano (feb 2013)				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
DIVISIÓN CHAROPHYTA										
1 <i>Chara sp.</i>					0,66	1,32	1,32			1,32
DIVISIÓN BRIOPHYTA										
2 Musgo no identificado		0,66			5,30		0,66			5,30
DIVISIÓN MAGNOLIOPHYTA										
3 <i>Acaena magellanica</i>	3,97				p	4,64				
4 <i>Baccharis salicifolia</i>		1,32					3,31			
5 <i>Berberis empetrifolia</i>	0,66					3,97				
6 <i>Calceolaria filicaulis ssp. luxurians</i>				p						
7 <i>Carex gayana</i>			35,76	17,88	34,44			32,45	14,57	19,87
8 <i>Cerastium humifusum</i>		p								
9 <i>Eleocharis lechleri</i>	30,46	10,60	26,49	12,58	18,54	37,75	14,57	21,19	1,32	21,85
10 <i>Eleocharis melanomphala</i>					5,30					
11 <i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i>		12,58					3,31			
12 <i>Epilobium denticulatum</i>		p								
13 <i>Festuca rubra</i>	29,14	19,21	20,53	46,36	4,64	15,89	13,25	27,81	50,99	4,64
14 <i>Halerpestes cymbalaria</i>		0,66								
15 <i>Hydrocotyle ranunculoides</i>		4,64	3,31				3,97	4,64		
16 <i>Juncus balticus</i>	p			0,66		0,66	0,66		1,32	
17 <i>Lobelia oligophylla</i>				0,66	1,32			0,66	2,65	0,66
18 <i>Maleza 1</i>						1,99				
19 <i>Medicago lupulina</i>	p	p				1,99				
20 <i>Mimulus luteus</i>	p	17,22	p			1,32	1,99			
21 <i>Phylloscirpus acaulis</i>			3,31	13,91	11,26			2,65	13,25	19,21
22 <i>Plantago lanceolata</i>	1,32							p		
23 <i>Polygonum persicaria</i>						0,66				
24 <i>Polypogon australis</i>		0,66								
25 <i>Tanacetum parthenium</i>		1,99					1,32			
26 <i>Taraxacum officinale</i>	p			2,65	1,32	0,66		p	3,97	5,96
27 <i>Trifolium repens</i>	19,87	13,91	1,99	4,64	0,66	9,27	17,22	6,62	3,31	1,32
28 <i>Veronica serpyllifolia</i>		5,96	0,66			8,61	23,84	0,66		
29 <i>Werneria pygmaea</i>				0,66	0,66					1,32
Rastrojos									7,95	
Agua	10,60	2,65	0,66		13,25	10,60	5,30			15,89
Roca/Piedra	1,99	7,95	3,31		2,65	0,66	8,61	3,31		1,99
Suelo	1,99		3,97				0,66		0,66	0,66
Riqueza de especies	10	15	8	10	12	13	12	10	8	10
Cobertura de vegetación (%)	85,43	89,40	92,05	100,00	84,11	88,74	85,43	96,69	91,39	81,46
Cobertura de vegetación promedio (%)			90,20 ± 2,83					88,74 ± 2,59		

Por otra parte, de acuerdo con las mediciones de humedad del suelo realizadas en el mes de Abril de 2017 en la fase de diagnóstico¹, se determinó que en el área de la vega degradada, la humedad del suelo varió entre 0% y 10,7%, correspondiendo a un promedio de 5,2%. Esta variabilidad indicaría que la humedad del suelo se está concentrando en algunos sitios (con menor drenaje), sin embargo, esta humedad observada no se puede atribuir a un escurrimiento superficial, pues éstos se encuentran interrumpidos, y ésta se debería al flujo de humedad en forma subterránea y al aporte de lluvias. En contraste, los valores de humedad obtenidos en el área no perturbada (vega activa aguas arriba del camino público G 455), los valores oscilaron entre 19% y 45,1%, lo cual indica que existen sectores en donde existe saturación del suelo casi total, principalmente en los sectores con menor pendiente y áreas anegadas con mal drenaje (Tabla 2).

Tabla 2. Registro de medición de humedad en el suelo.

Sector	Medición Humedad del suelo (%)																Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Área perturbada	1	7,1	0	0	0	0	8,6	7,3	3,5	0	7,1	8,3	7,2	15	10,7	7,7	5,22
Área no perturbada	23,9	45,1	19	20,3	27,3	23,8	23,4	42	20,9	23,1	21,6	22,1	21,1	21	24,7	23	25,14

¹ El Diagnóstico realizó mediciones de humedad del suelo, en sectores de la vega con y sin degradación, utilizando un higrómetro digital para suelos (0-50%), registrando los valores en un transecto de 15 m, cada 1 m (MITIGA, 2017)

3. Revisión bibliográfica

3.1. Definición de humedal

Los humedales son “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal (RAMSAR, 2005).

Los humedales, incluidos pantanos, marismas, lagos, vegas, bofedales, salares pastizales húmedos, turberas y estuarios, están integrados a la cuenca hidrográfica, y se caracterizan por poseer una diversidad biológica única y un alto nivel de endemismo, tanto de especies animales como vegetales. Su alta fragilidad está asociada a causas naturales, como el cambio en el régimen pluviométrico y también a causas antrópicas, como las actividades de drenaje, pastoreo excesivo, o alteración en el régimen hídrico. Muchos humedales se están perdiendo de manera acelerada, el desconocimiento sobre su dinámica y ecología han influido sobre este escenario (Ahumada *et al*, 2011). Los humedales están asociados a sustratos saturados temporal o permanentemente, los que permiten la existencia y desarrollo de biota acuática. Estos ecosistemas cuya existencia depende de las condiciones hídricas del suelo y de la materia orgánica, sobreviven gracias al aporte de agua constante de escorrentías glaciales, manantiales y un nivel freático alto. Debido a estas características, los humedales constituyen un refugio para diferentes especies de flora y fauna, proveyéndoles los insumos necesarios para su supervivencia (Emagua, 2006).

Para efectos de delimitación se considerará la presencia y máxima extensión areal (cobertura) de la vegetación hidrófila. Tratándose de ambientes que carezcan de vegetación hidrófila se utilizará para la delimitación la presencia de otras expresiones de biota acuática (Ds 82/2011 Minagri).

3.2. Ecología

Ecológicamente, los humedales están constituidos por componentes vivos (bióticos) y no vivos (abióticos), que interactúan activamente como una unidad ecológica. Estos componentes generan interacciones a través de las cuales son capaces de modificarse mutuamente, y determinar en último término, los estados futuros del ecosistema. A diferencia de los ecosistemas terrestres, los

humedales suelen presentar una gran variabilidad, tanto en el tiempo como en el espacio. Esto tiene efectos muy importantes sobre la diversidad biológica que habita en los humedales, ya que deben desarrollar adaptaciones para sobrevivir a estos cambios, que pueden llegar a ser muy extremos, por ejemplo, ciclos hidrológicos anuales con períodos de sequía e inundación extremos (Ahumada *et al*, 2011). Particularmente, los humedales altoandinos son ecosistemas frágiles, escasos y con un endemismo relevante. Han sido utilizados históricamente por grupos humanos y desde hace varias décadas por un sector relevante de la economía, la minería. Constituyen lugares de alta relevancia en cuanto a diversidad biológica y por su rol en los sistemas productivos de las comunidades indígenas (MMA, 2014).

Los humedales en general, presentan un patrón de distribución azonal, lo que corresponde a un modelo de distribución de una comunidad o especie que responde fundamentalmente a condiciones locales, y para el caso de los humedales están acotadas a características de sustrato, suministro hídrico y en el caso de humedales altiplánicos a afloramiento salino. Los humedales de altura corresponden a sistemas ecológicos azonales hídricos, correlacionados con un aporte hídrico permanente y constante durante la temporada de crecimiento de las especies vegetales que lo componen (fines de primavera, verano e inicios de otoño) y que, desde el punto de vista de la vegetación, se caracterizan por su presencia en ambientes normalmente árido-fríos, asociados a la Cordillera de Los Andes, en donde en medio de matrices arbustivas o herbáceas de escaso o bajo cubrimiento (inferiores a 30% normalmente) y baja estratificación (habitualmente inferiores a 1 m) aparecen resaltando con su mayor actividad vegetativa y sus mayores cubrimientos (normalmente sobre el 50 %) (Ahumada *et al*, 2011).

Muñoz *et al*, 2000, en su caracterización florística y pisos de vegetación en los Andes de Santiago, describe las vegas como una vegetación azonal de amplia distribución en los Andes, que se desarrollan en las laderas con afloramientos de agua, fondos de quebradas y hondanadas resultantes de procesos del modelado coluvial, glacial y tectónico, interrumpiendo la distribución de las estepas y matorrales zonales. Señala que se componen de praderas densamente cubiertas por Juncáceas, Ciperáceas, principalmente *Patosia clandestina*, *Oxychloe andina*, *Juncus lesueuri*, *J. stipulatus* y *Carex gayana*, más una gran diversidad de especies pequeñas como *Gentiana próstata*, *Pratia repens*, *Colobanthus quitensis*, *Erigeron myosotis*, *Eleocharis albibracteada* y *Scirpus macrolepis*. Junto a los cursos de agua se desarrolla una densa cubierta de especies palustres y acuáticas: *Hydrocotyle ranunculoides*, *Verónica anagallis-aquatica*, *Rippa nasturrium-aquaticum*,

Cotula coronopifolia, *Scirpus cernuus*, *Mimulus luteus*, *M. glabratus*, *Baccharis juncea*, *Azolla filiculoides* y *Senecio fistulosus*. En los márgenes de las vegas predominan *Acaena magellanica*, *Calceolaria biflora*, *Deschampsia caespitosa*, *Festuca Kurtziana* y *Poa aff. Denudata*. El conjunto de las vegas presenta notorios signos de intervención antrópica (por pastoreo de ganado), que se manifiesta en la presencia de un gran número de especies introducidas como *Trifolium repens*, *Tanacetum parthenium*, *Anthemis cotula*, *Plantago lanceolata*, *Melilotus sp*, *Rumex acetosella* y *Taraxacum officinale*.

Tellier *et al* (2011), indica que las vegas, si bien en apariencia son muy homogéneas, hay recambio de especies a lo largo de su distribución en altitud y también diferencias relacionadas con el tipo de suelo y la historia de uso. Producto de ello, propone dos grupos:

- a) Vega con *Patosia clandestina*, que se ubica en sitios con humedad permanente, flujo de agua tipo laminar y poco escurrimiento de agua. Son frecuentes en las cabeceras de los cursos de agua ubicadas por sobre los 3.000 m de altitud, y se caracterizan por la presencia frecuente de hierbas perennes que forman cojines convexos, principalmente compuestos por *Patosia clandestina*, *Oxychloe bisexualis* y *Zameiscirpus gaimardioides*, y por especies acompañantes de *Carex spp*, *Eleocharis spp*, *Juncus stipulatus*, *Agrostis glabra* y *Poa acinaphylla*, entre otras.
- b) Vega con *Juncus balticus*, las que disponen de menos humedad y se sitúan entre los pisos subandino y andino (1800 m – 2800), generalmente en áreas con afloramientos de agua en planicie, generando situaciones similares a un pantano. *Juncus balticus* es la especie dominante y como codominantes aparecen *Carex gayana* y *C. macloviana*, *Eleocharis pseudoalbibracteata*, *Phylloscirpus acaulis*, *Juncus stipulatus*, *Agrostis glabra*, *Polypogon australis*, *Acaena magellanica*, *Astragalus looseri*, *A. pehuenches*.

3.3. Perturbaciones

Las perturbaciones son procesos que afectan la estructura y funcionamiento de los humedales. Dependiendo de la naturaleza de la perturbación, será la calidad y magnitud del efecto que se genera sobre el ecosistema. De este modo, podemos señalar que perturbaciones de tipo físico pueden superar la capacidad de resiliencia del sistema, llevándolo a un estado diferente del observado en condiciones naturales (Ahumada *et al*, 2011). Con la creciente extracción de agua

desde los acuíferos y cauces naturales a una velocidad mayor que la recarga, sumado a los cambios en los patrones de precipitaciones y el retroceso de los glaciares que alimentan cauces y lagos en gran parte del territorio chileno se genera un escenario complejo para la mantención de ecosistemas frágiles (MMA,2014). Los bofedales altoandinos han sido fragmentados por la construcción de caminos y carreteras, alterando el flujo normal de las aguas; introducción de especies exóticas vegetales o animales que amenazan el frágil equilibrio; contaminación; drenaje, para expansión de la agricultura o para actividades productivas y extractivas, restándole agua necesaria para sobrevivir (EMAGUA, 2006).

La revitalización y restauración de los paisajes contaminados mediante la restauración de humedales puede recuperar el funcionamiento de los ecosistemas y ofrecer hábitats sostenibles, un aprovechamiento económico y beneficios sociales, como actividades educativas, mejoras en la calidad del agua, provisión de hábitats para la vida silvestre y actividades recreativas.

En algunos casos, la degradación de los humedales es tan grave que no es posible la restauración de algún tipo de humedal histórico, por ejemplo la pérdida total de suelos orgánicos, que obliga a llevar a cabo la restauración sobre un sustrato mineral. Incluso en tales circunstancias, pueden existir oportunidades para reavivar los procesos de los humedales y recuperar servicios ecosistémicos importantes más que tipos específicos de humedales (MMA, 2014).

3.4. Medidas de manejo para la conservación y rehabilitación

Para lograr la rehabilitación, Whisenant (1999) señala que se debe recuperar las funciones del ecosistema. Mientras que Villareal (1999) indica que la rehabilitación se puede lograr mediante dos métodos: Por una parte, los métodos pasivos (con poca o ninguna intervención humana) que promueven la regeneración natural de las comunidades de plantas de humedal, recolonización por parte de los animales y el restablecimiento de la dinámica hidrológica de los suelos de estos ecosistemas. Este tipo de enfoque es muy apropiado cuando el sitio degradado aún cuenta con características básicas del humedal original y la fuente de degradación o del impacto puede ser eliminado o detenido. Esta aproximación incluye costos muy bajos y un alto grado de certidumbre de que el humedal resultante pueda ser compatible con el panorama circundante. Por otro lado, se encuentra el método activo, que involucra la intervención física, donde las personas controlan directamente el sitio y los procesos para restauración o mejoramiento del ecosistema. Los métodos

activos incluyen delinear, redelimitar un sitio a la topografía deseada, cambiar el flujo de agua con estructuras de control de agua, revegetación intensiva, dispersión de semillas, control de especies no nativas de manera intensiva, traer sustrato al sitio, tener programa de control de pH y otras variables químicas del humedal, de manera que se proporcione las condiciones adecuadas para las especies originales o similares del humedal. El diseño e ingeniería de construcción y costos de tal trabajo pueden ser altos o muy significativos.

Otros autores, también señalan la importancia de regular la extracción de agua subterránea, mediante el control del nivel freático en áreas con vegetación hidrófila terrestre y controlar el aporte de Riles a los humedales, mantener morfología, mantener caudal del humedal y nivel hídrico de sus tributarios y regular el pastoreo por ganado doméstico de la vegetación hidrófila, mediante cercos perimetrales (Ahumada *et al*, 2011; Condesan 2015)

De acuerdo a experiencias similares, la restauración del Bofedal a su condición más cercana a la original o hasta condiciones que le permitan el auto-regeneramiento, se ha logrado mediante la técnica de “transplante de Bofedal”. Para ello es necesario considerar las siguientes actividades:

- Preparación del terreno: topografía, suelo, hidráulica, considerando canales de riego.
- Obtención y plantación bofedales: obtención de tepes de bofedales para su transplante a otro lugar.
- Evaluación de la estructura y funcionamiento de bofedales trasplantados: a) Estructura: biota bentónica y flora azonal; b) Funcionamiento: nutrientes (N y P) y metales. (EMAGUA, 2006).

Para que se produzca un proceso de recuperación aprovechando los mecanismos de dispersión que tienen las especies nativas, es especialmente importante el manejo del suelo excavado, por lo que se recomienda que los distintos horizontes sean manejados en una secuencia lo más cercana a su disposición original, de manera que se favorezca la revegetación natural. Como una manera de mejorar la capacidad del bofedal, es conveniente mantener los bordes u orillas, que son las que se van secando primero (EMAGUA, 2006).

4. Plan de Manejo

El Plan considera dos áreas de manejo, un área de mejoramiento para la recuperación de la Vega EY- 1 que fue degradada por efecto de la construcción del camino, y un área de mejoramiento y enriquecimiento para compensar el área de vega intervenida por la Obra (Figura 5).

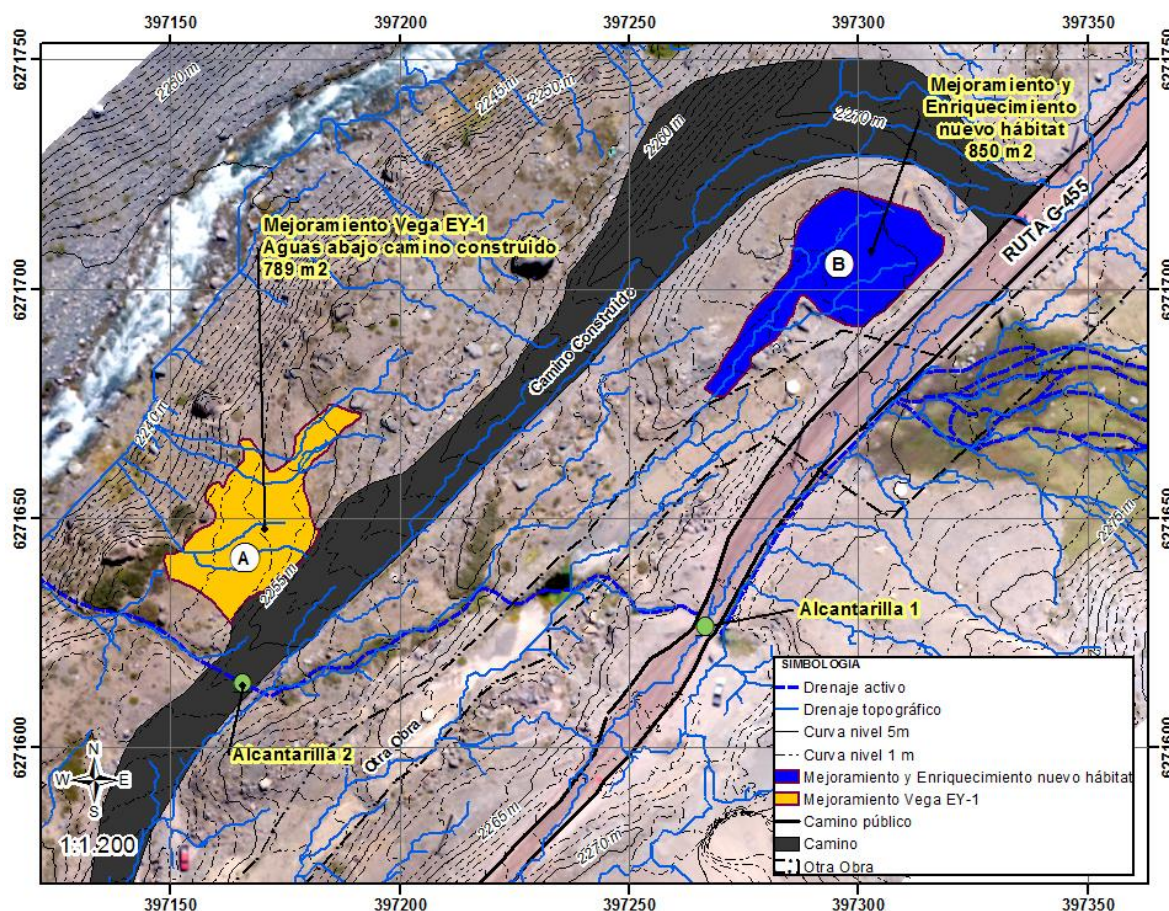


Figura 5. Áreas de manejo.

4.1. Mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino construido

El área de mejoramiento de la vega degradada, corresponde al hábitat afectado aguas abajo del camino construido de acceso al puente El Yeso que tiene una superficie de 789 m² (Figura 5). Actualmente, existe una vegetación potencial a recuperar, por lo que se pretende restablecer el flujo hídrico, restituir la vegetación a partir de la regeneración natural de los ejemplares existentes y mejorar las condiciones del sitio para inducir el reclutamiento de las especies de la vegetación azonal.

4.1.1. Diseño de restitución del sistema hídrico y manejo del suelo

El sistema hídrico y la humedad del suelo, será mejorado preferentemente a través de una restitución del flujo de agua que proviene de la vega EY-1 aguas arriba del camino construido, para lo cual, el agua será captada en una cota superior del área a recuperar, en un surco de escurrimiento que se ha formado justo al salir del área de servidumbre de Aguas andinas (Foto N°2 y 3), donde será instalada una caja de captación, que consiste en una cámara o cajón de pared de hormigón de 0,2 - 0,5 m³ aproximadamente, abierto por arriba. De la caja de captación, saldrán dos tuberías independientes de polietileno de 1 1/2", las cuales llevarán el agua a sitio de mejoramiento, cruzando el camino construido por la alcantarilla 2 (figuras 6 y 7). Teniendo en cuenta que el caudal del escurrimiento² de agua que proviene de la vega es de 4 lt/seg aproximadamente, y que cada tubería de PE 1 1/2" podría trasladar una caudal de 0,8 lt/seg (1,6 lt/seg en total) a través de sistema impulsado por gravedad, quedarían disponible aproximadamente, un caudal de agua de 2,4 lt/seg, el cual sería rebalsado de la caja de captación, dando continuidad al flujo de agua que en la actualidad pasa por la quebrada y que se extiende hasta la alcantarilla 2. El diseño hidráulico considera una diferencia de cota de 5 m entre la captación y la restitución, y una longitud de la tubería de PE 1 1/2" de 140 m, lo cual tendría asociado una pérdida de carga³ de 1,12 m.c.a. a un caudal nominal de 0,8 lt/seg (propulsado por gravedad), por lo tanto el sistema de riego funcionaría a una presión entre 3 – 4 m.c.a.

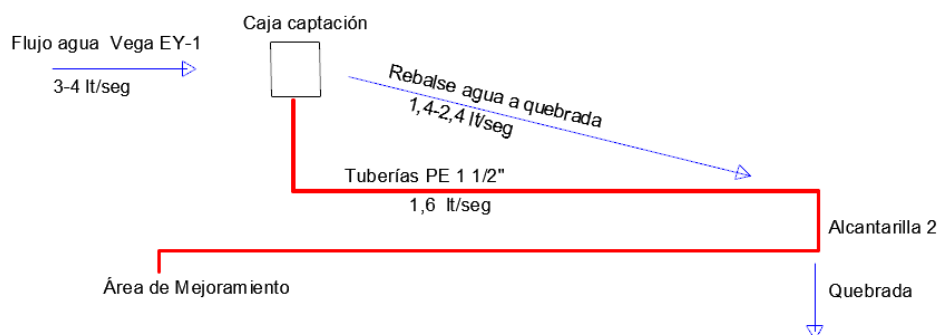


Figura 6. Esquema de captación de agua, Mejoramiento Vega EY-1 aguas abajo camino construido.

² Caudal estimado a través de medición de campo; Q=4,03 l/seg. Área transversal promedio de canal = 85,17 cm²; Velocidad del agua = 0,473 m/seg, fecha 21 Junio 2017.

³ De acuerdo a la tabla de pérdida de carga para tuberías de polietileno (PE), para tubería con diámetro exterior de 1 1/2" o 50 mm, es de 0,008 m.c.a por metro lineal, a un caudal de 2.880 lt/hr.

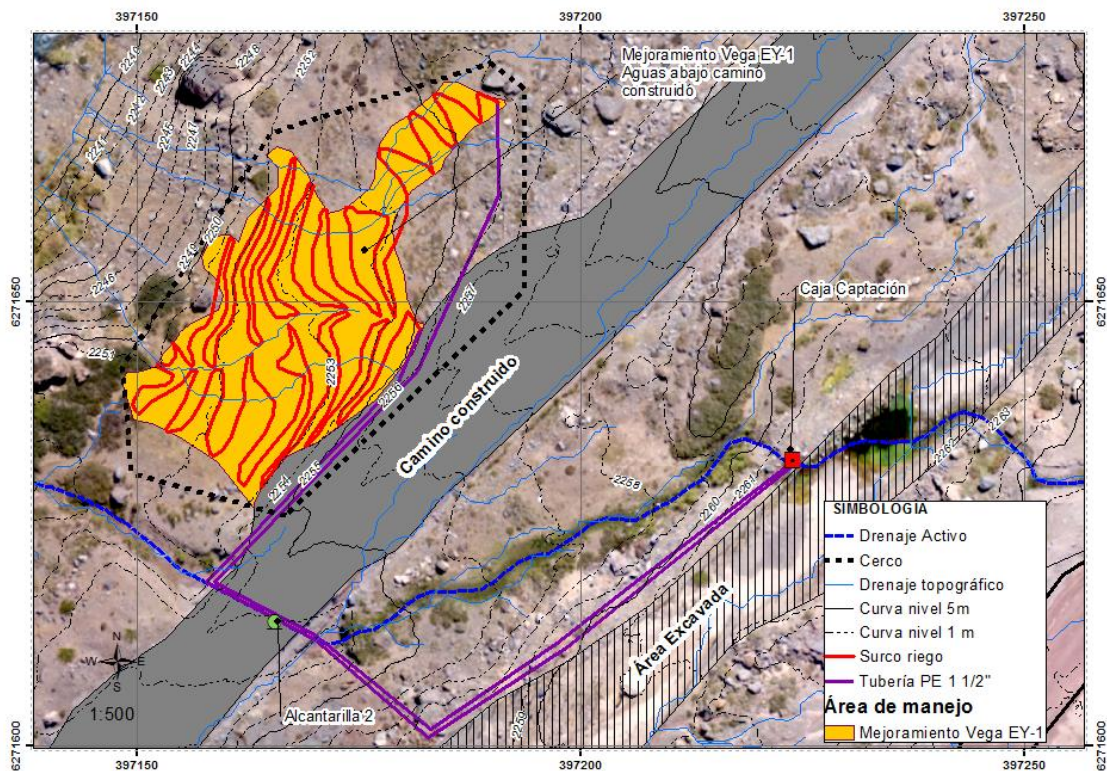


Figura 7. Diseño conceptual de riego y captación de agua en Área de mejoramiento de Vega EY-1
aguas abajo del camino construido

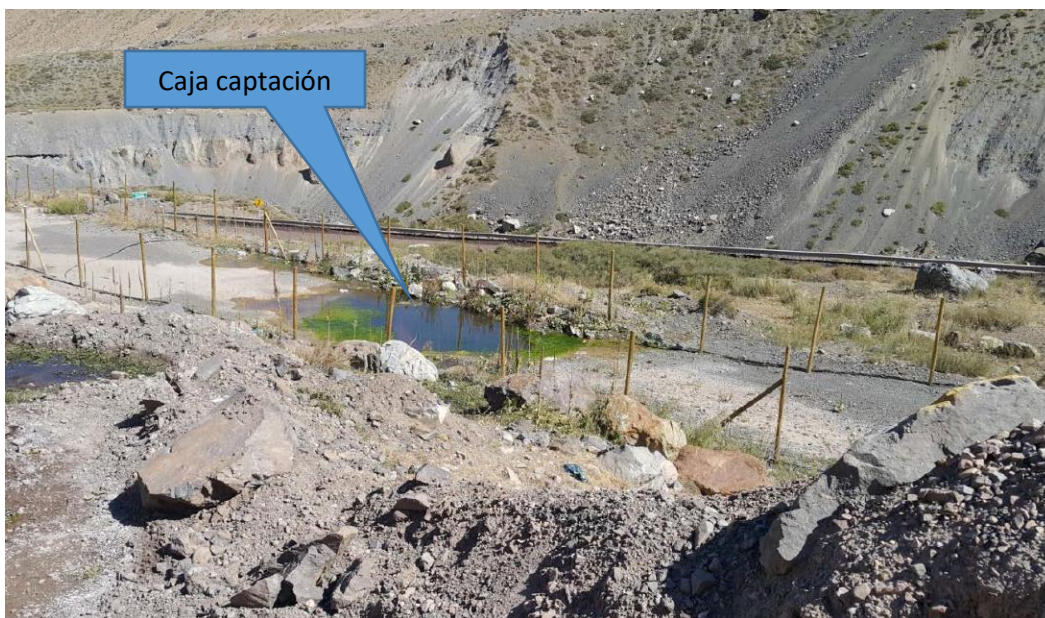


Foto 2. Esguimiento de agua por servidumbre de Aguas Andinas.

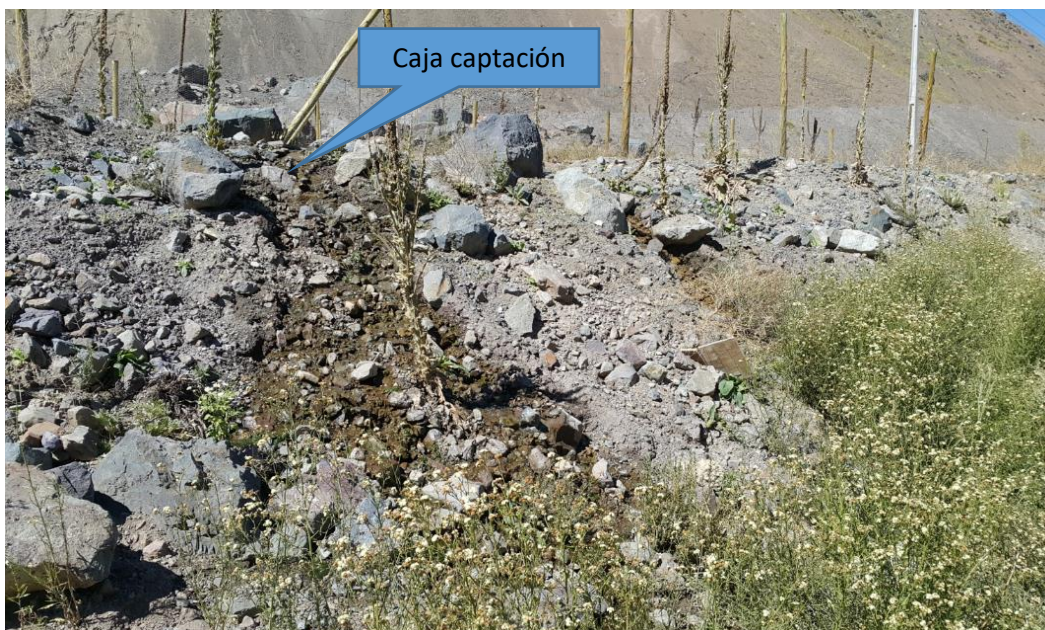


Foto 3. Escurrimiento de agua que será aprovechada y captada.

En caso que se detecte déficit en la provisión de agua para riego durante la etapa de monitoreo y evaluación, se contempla la instalación y uso de estanques de acumulación para satisfacer estas necesidades.

A la salida de cada una de las tuberías, se implementará un sistema de riego por surcos en el suelo, en curvas de nivel, considerando el recorrido por toda el área. Los surcos tendrán una pendiente media entre 1,5% - 1%, lo cual permitirá distribuir ampliamente el flujo de agua y disminuir la velocidad del caudal y eventualmente producir la saturación de agua (Figura 8). Los surcos tendrán un ancho de 10-30 cm, una profundidad no mayor a 10-20 cm, y una separación entre los surcos entre 1 – 3 m. De acuerdo al diseño establecido, se considera aproximadamente 490 m lineales de surcos para el área de mejoramiento de la vega degradada.

Antes de construir los surcos, éstos serán planteados en terreno, y luego se excavarán manualmente, utilizando chuzos y palas, dejando una anchura no mayor a 10 cm. Enseguida, se realizarán las pruebas de riego, y se podrá ajustar el ancho final de los surcos de acuerdo a las condiciones específicas de terreno. Al momento de despejar los surcos, se considerará el acopio del suelo superficial sobrante para su uso en el área de manejo de mejora y enriquecimiento, de manera de aumentar la exportación de propágulos y semillas a esta última área.

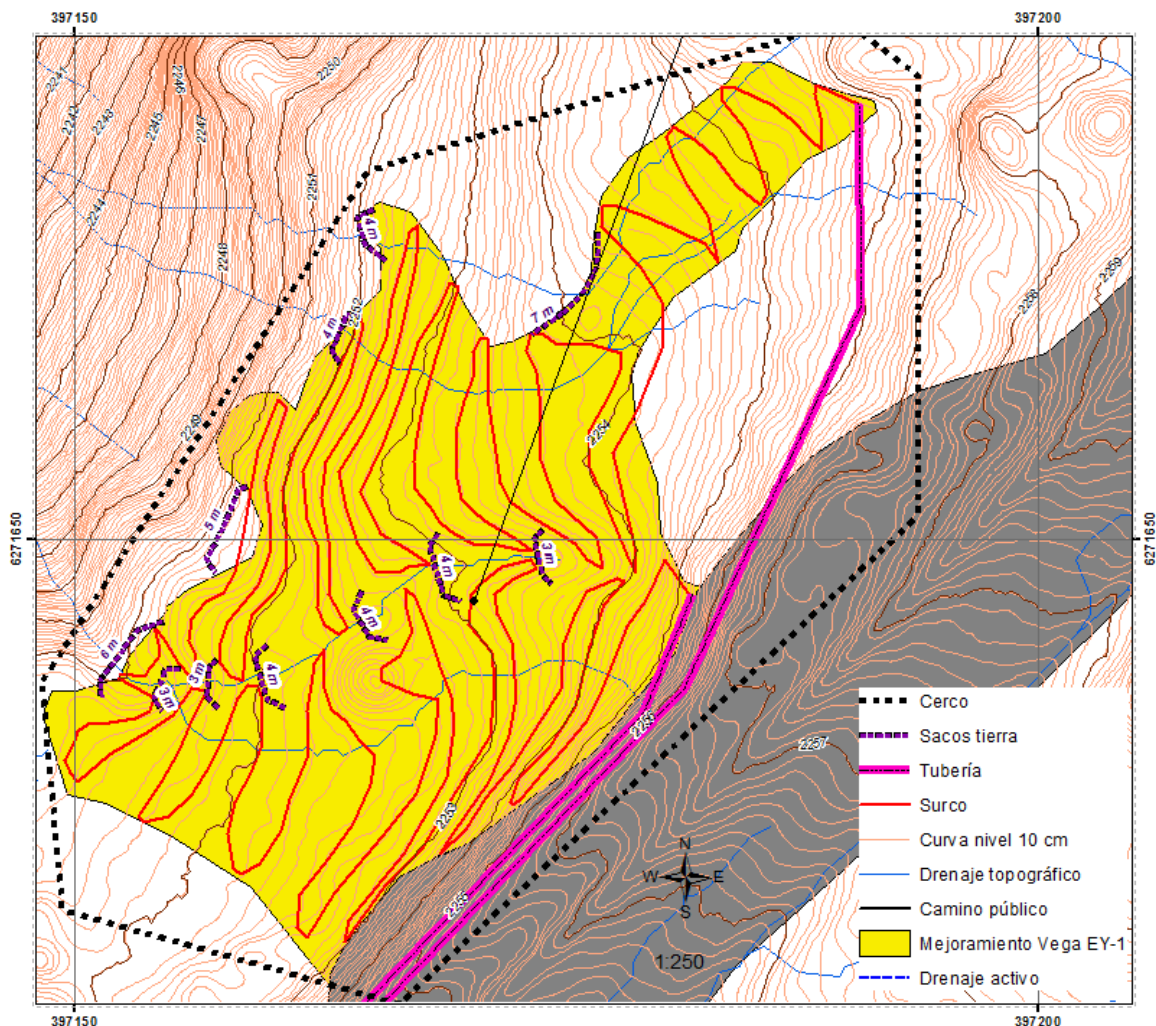


Figura 8. Diseño conceptual de riego por surcos en el Área de mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino construido

4.1.2. Instalación de muros de sacos de tierra

Se instalarán algunos muros de sacos de malla raschel rellenos con tierra, o sistema similar, los cuales quedarán en los sectores más bajos del sitio de recuperación, donde hay mayor pendiente y también a lo largo del drenaje principal del sitio. Estos muros serán dispuestos en curvas de nivel, y tendrán como función, contener y guiar el flujo de agua que tienda a escurrir por la pendiente, y también para producir una nivelación de los bordes del sitio, mejorando la calidad del suelo. Los sacos de malla raschel tendrán un ancho de 30 cm, un largo de 50 cm y un alto de 15 cm. Los muros

tendrán una altura de 30 cm de alto, por lo que se requiere disponer al menos dos filas de sacos. Se estima una longitud total de 47 m de muro de saco.

4.1.3. Mejoramiento de la vegetación

La vegetación azonal será mejorada a través de una regeneración pasiva de las especies, lo cual se espera que ocurra una vez que se restablezca el flujo de agua y la humedad del suelo. Las especies que debieran regenerarse serían aquellas representativas de los hábitat perturbados, que fueron indicadas en la tabla 2, para los transectos T1 y T2, en las cuales predominan *Eleocharis lechleri*, *Festuca rubra* y *Trifolium repens*, no obstante, la rehabilitación de la vegetación dependerá en gran parte de los propágulos que se encuentren en el área de manejo, la invasión de especies exóticas y la capacidad de reclutamiento del medio rehabilitado.

4.1.4. Cerco de protección

Se instalará un cerco de protección con el objetivo de delimitar físicamente un área de exclusión para restringir el acceso de animales que puedan llegar al sector (Figura 7). No se restringe el ingreso a personas o personal del proyecto para efectos de mantenimiento y monitoreo, sin embargo, se instalarán letreros que declaren el área como de protección, prohibiendo el acceso a público general por lo menos hasta que el fragmento se encuentre establecido.

El cerco tendrá las siguientes características:

- Largo = 160 m
- Se instalarán polines de pino impregnado de 3" - 4", cada 3 metros, y deberán quedar enterrados 40 cm. Los polines serán tratados con solución de alquitrán o similar en la base, hasta una altura de 1 m. En las esquinas, se deben seleccionar los postes más gruesos y éstos deberán quedar enterrados 50 – 60 cm. Se instalarán pivotes o polines en diagonales cada 24 metros (Figura 9).
- Se instalará una malla de alambre hexagonal de 1 m de alto, por todo el perímetro del cerco, fijada al suelo, y 3 hebras de alambre púa, por arriba de la malla hexagonal, separadas cada 25 cm. La malla hexagonal deberá quedar enterrada unos 10 cm y doblada hacia fuera del área de manejo otros 10 cm, para mejorar la efectividad de la exclusión contra conejos.
- Se instalarán 4 letreros fijado entre dos líneas de alambre, y cuyas dimensiones serán 0,6 x 1 m, y deberán indicar "Área de Protección Ambiental. No Entrar".
- El cerco tendrá una tranca, para las labores de mantenimiento, restauración y monitoreo.

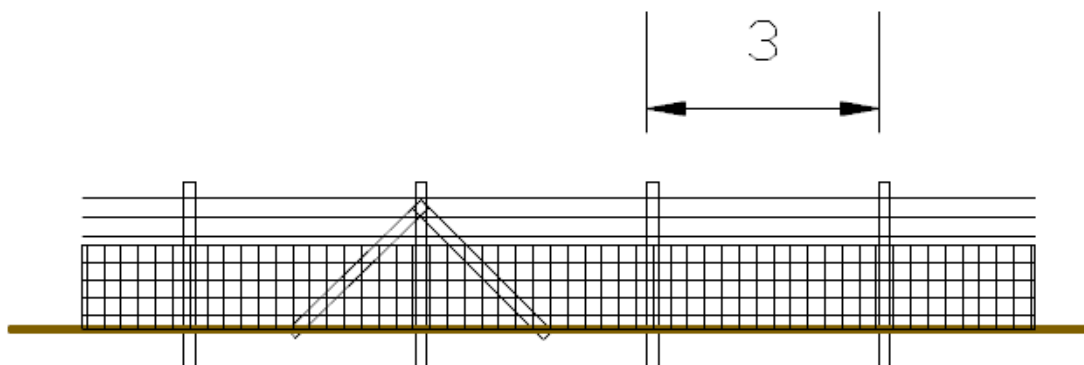


Figura 9. Diseño de cerco área de reparación.

4.2. Mejoramiento de nuevo hábitat y enriquecimiento

Si bien el diagnóstico (MITIGA, 2017) determinó que la porción de vega eliminada por el emplazamiento del camino construido de acceso al puente El Yeso fue de 446 m², el presente plan de manejo ha considerado realizar el mejoramiento de un nuevo hábitat y enriquecimiento en una superficie mayor, ascendente a 850 m², conforme lo establecido en los hechos constitutivos de infracción del cargo 1 de la RES. EX. N°1/ROL D-001-2017 de la Superintendencia del Medio Ambiente.

De esta manera, el Plan de Manejo considera un área destinada al mejoramiento de un nuevo hábitat de 850 m², apto para el establecimiento y desarrollo de la vegetación de vega, y que se ubica en un área aguas abajo del camino público G-455 (Figura 4, Foto 4). El sitio presenta un suelo plano, con pendiente de 1-2%, algo compactado, que no posee vegetación azonal, y presenta condiciones topográficas adecuadas para ser manejadas con surcos para controlar la humedad del suelo, y crear en el mediano plazo un hábitat similar o equivalente al que fue eliminado.

Además, se realizará un mejoramiento del suelo con la adición de turba, un enriquecimiento de vegetación mediante la plantación de tepes o pequeñas porciones de vega, y adición de suelo superficial (importación de propágulos y semillas) proveniente de los surcos confeccionados en el área de mejoramiento para la recuperación de la vega degradada. El sitio en donde serán obtenidos los tepes será en la misma Vega EY-1.

4.2.1. Manejo del suelo y diseño de restitución del sistema hídrico.

Antes de restituir el flujo hídrico, se realizará un mejoramiento del suelo dentro del área de manejo, para aumentar la capacidad de retención de agua y mejorar la fertilidad. Para ello se realizará una adición de turba a una razón de 5 lt/m² y luego se mezclará con rotovator o ripper.

El flujo de agua será restituido, implementando preferentemente una captación de agua en uno de los afloramientos que existen en la vega aguas arriba del camino Público G-455, la cual será conducida hasta el sitio de compensación a través de una cañería de polietileno PE 1 ½". Para la captación, se instalará una cámara de hormigón de 0,1-0,2 m³ la cual quedará enterrada aguas abajo del afloramiento, y donde saldrá una tubería de polietileno de 1 ½". Utilizando la estimación de caudal a la salida de la vega activa, que es de 4 lt/seg, se presume que cada afloramiento de agua estaría aportando al menos 1,34 lt/seg, luego, la captación y conducción en 1 ½" sería de 0,6-0,8 l/seg, por lo tanto, quedaría como rebalse un caudal de al menos la mitad, el cual se agregaría al caudal final de flujo activo (figuras 10 y 11).

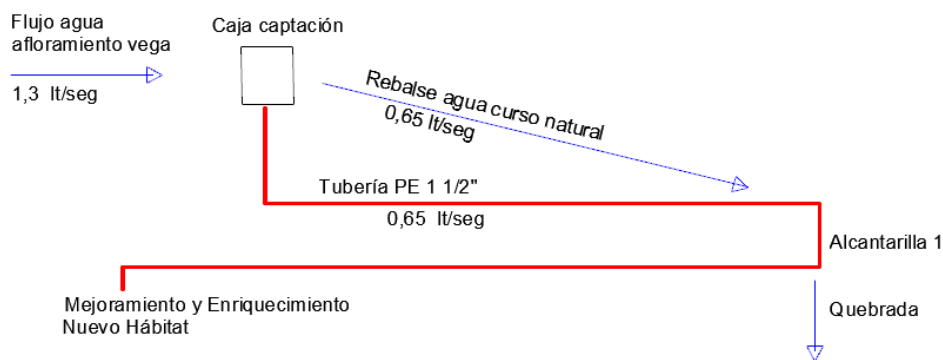


Figura 10. Esquema sistema de captación y conducción para el Área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat

El sistema de riego funcionará con una captación en la cota 2.279 m y una restitución a 2.271 m. La longitud de la tubería de polietileno de 1 ½" será de 260 m aproximadamente, lo cual significa una pérdida de carga⁴ de 2 m.c.a. por lo tanto, el sistema funcionaría a una presión de 6 m.c.a. a un caudal máximo de 0,8 lt/seg.

⁴ De acuerdo a la tabla de pérdida de carga para tuberías de polietileno (PE), para tubería con diámetro exterior de 1 ½" o 50 mm, es de 0,008 m.c.a por metro lineal, a un caudal de 2.880 lt/hr.

Las tuberías quedarán enterradas, para proteger el sistema de vandalismo, y también para no generar cambios en la temperatura del agua en la restitución.

En caso que se detecte déficit en la provisión de agua para riego durante la etapa de monitoreo y evaluación, se contempla la instalación y uso de estanques de acumulación para satisfacer estas necesidades.

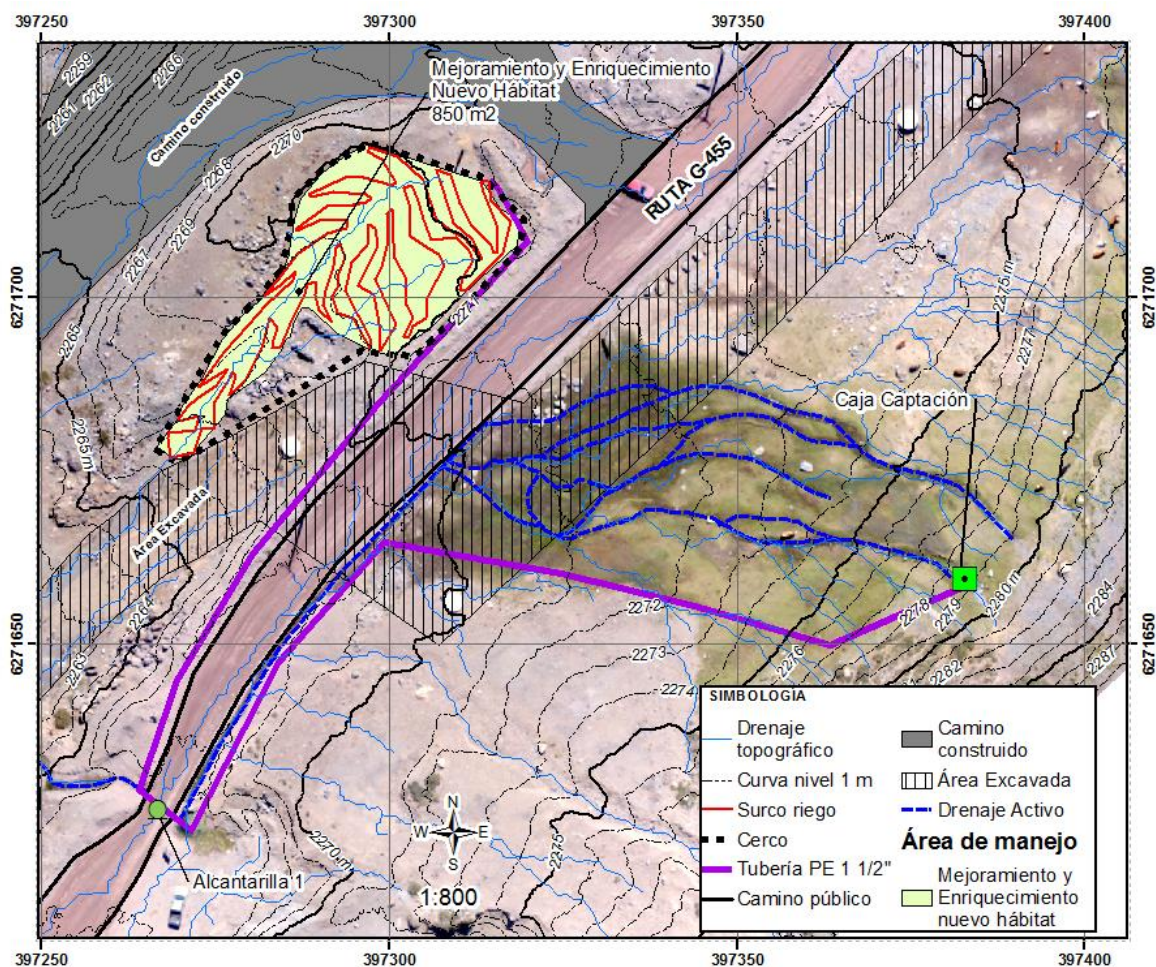


Figura 11. Diseño de riego y captación de agua conceptual, Área mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat



Foto 4. Área para mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat.

A la salida de la tubería de conducción, se implementará un sistema de surcos en el suelo, en curvas de nivel, con una pendiente media entre 1,5% - 1%, considerando el recorrido por toda el área, con el objetivo de distribuir ampliamente el flujo de agua y disminuir la velocidad del caudal y eventualmente producir la saturación de agua. Los surcos tendrán un ancho de 30 cm y una profundidad no mayor a 10-20 cm, y una separación entre los surcos entre 0,5 – 3 m.

En este caso, los surcos serán construidos con maquinaria liviana, pues el suelo se encuentra algo más compactado. Para ello, los surcos deberán ser planteados en terreno, y luego se excavarán con maquinaria liviana provisto con balde de 30 cm de ancho como máximo.

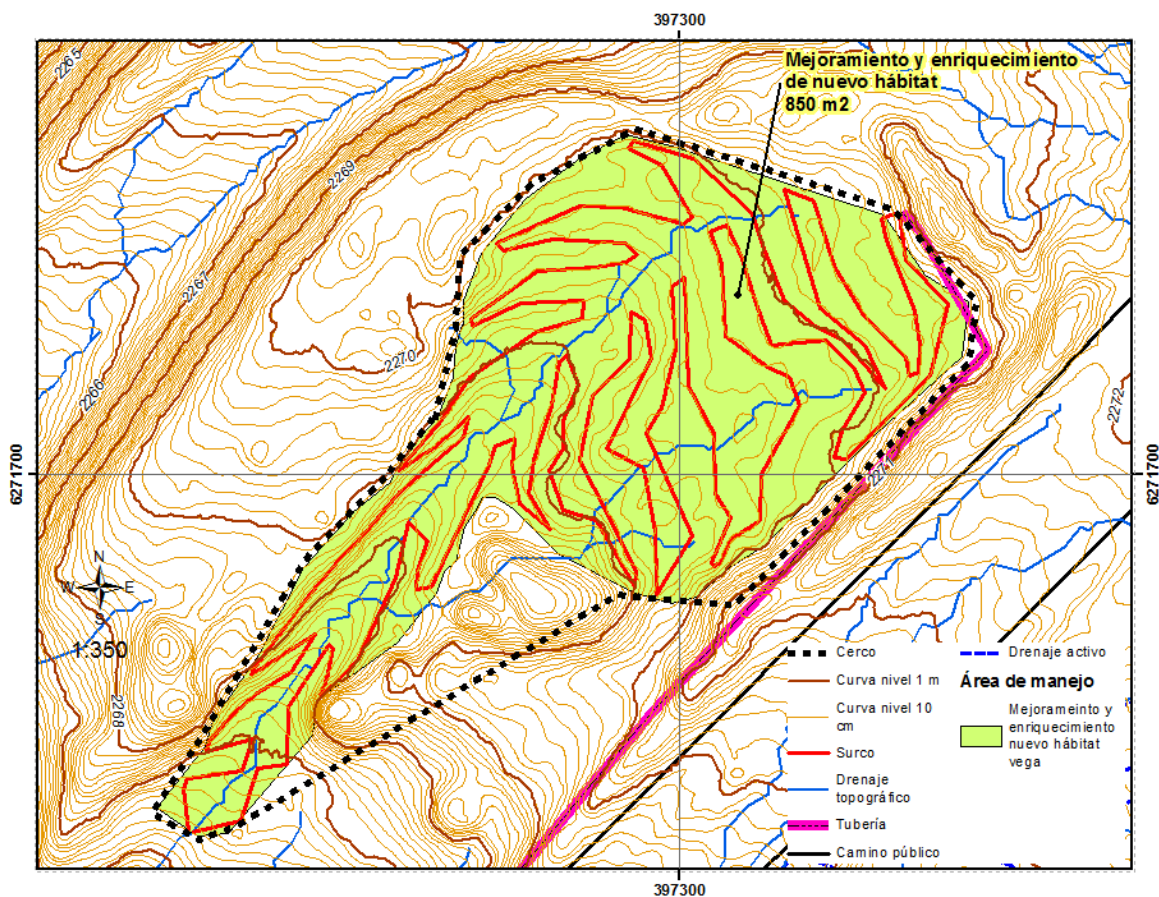


Figura 12. Diseño conceptual de riego para el Área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat

4.2.2. Plantación de tepes

La mejor forma, o la más eficiente para lograr establecer una cobertura de vega, en un sitio acondicionado, es a través del trasplante de vegetación (Emagua, 2006), o a través de la plantación de “tepes”, que son pequeñas porciones vegetales, obtenidas de sectores aledaños que serán repicadas a modo de diásporas en el sector indicado. Estas porciones tendrán una dimensión entre 40 - 32 mm de diámetro, y serán colectadas en la misma vega EY-1, aguas arriba del camino público G-455, con un cilindro metálico, o sistema de extracción con barreno.

Los tepes solo podrán ser plantados cuando se tenga restituido el flujo hídrico, y se mantenga una humedad del suelo sobre 15% en forma continua. Éstos serán plantados en un borde del surco aguas abajo, con un espaciamiento de 0,4 m. La plantación será efectuada en un suelo húmedo,

por lo que se prepararán hoyos de unos 20 cm de profundidad y 10 cm de ancho, en donde serán enterrados los tepes, luego se apisonará el sustrato para afirmarlo correctamente.

Considerando que la superficie de la vega EY-1 no perturbada, tiene una superficie de 2.500 m², los tepes podrán ser colectados a un espaciamiento de 1,5 m.

4.2.3. Enriquecimiento con suelo superficial

Esta actividad requiere utilizar el suelo superficial que será excavado al construir los surcos en el área de reparación, el cual deberá ser trasladado al área de generación del nuevo hábitat, depositándolo como un pretil al borde del surco que se encuentra aguas abajo, junto a los tepes de vegetación que son plantados en el mismo borde.

El uso del suelo superficial proveniente de otro sector, conlleva la importación de propágulos y semillas de especies que componen las vegas y se deberá tratar de distribuirla en toda la longitud de los surcos.

4.2.4. Cerco de protección

Está previsto instalar una exclusión consistente en un cerco perimetral al área de mejoramiento y enriquecimiento del nuevo hábitat (Figura 12), con el objetivo de delimitar físicamente un área de protección y restringir el acceso de animales que puedan llegar al sector. No se restringe el ingreso a personas o personal del proyecto para efectos de mantenimiento y monitoreo, sin embargo, se instalarán letreros que declaren el área como de protección, prohibiendo el acceso a público general por lo menos hasta que el fragmento se encuentre establecido.

El cerco tendrá las siguientes características:

- Longitud de cerco = 150 m.
- Se instalarán polines de pino impregnado de 3"- 4", cada 3 metros, y deberán quedar enterrados 40 cm. Los polines serán tratados con solución de alquitrán o similar en la base, hasta una altura de 1 m. En las esquinas, se deben seleccionar los postes más gruesos y éstos deberán quedar enterrados 50 – 60 cm. Se deberán instalar pivotes o polines en diagonales cada 24 metros (Figura 13).
- Se instalará una malla de alambre hexagonal de 1 m de alto, por todo el perímetro del cerco, fijada al suelo, y 3 hebras de alambre púa, por arriba de la malla hexagonal, separadas cada 25

cm. La malla hexagonal deberá quedar enterrada unos 10 cm y doblada hacia fuera del área de manejo otros 10 cm, para mejorar la efectividad de la exclusión contra conejos.

- Se instalarán 4 letreros fijado entre dos líneas de alambre, y cuyas dimensiones serán 0,6 x 1 m, y deberán indicar “Área de Protección Ambiental. No Entrar”.
- El cerco tendrá una tranca, para las labores de mantenimiento, restauración y monitoreo.

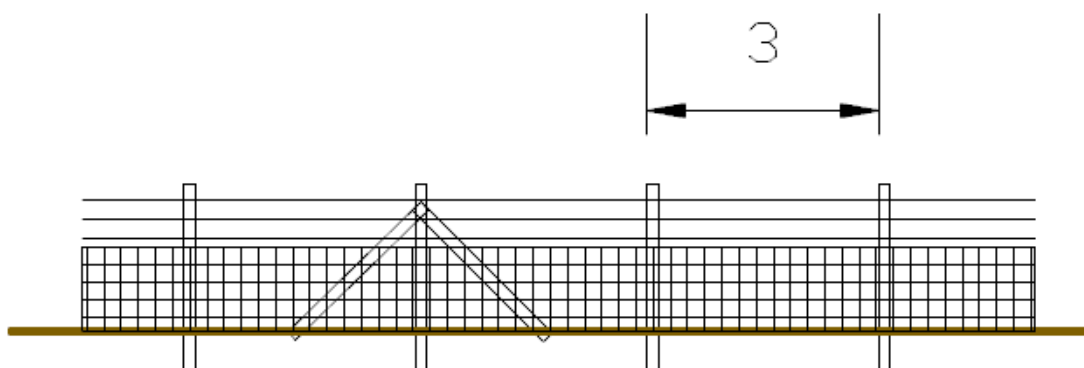


Figura 13. Cerco área de generación de nuevo hábitat.

5. Plan de Monitoreo y Evaluación

El presente capítulo entrega el contenido del Plan de monitoreo y evaluación del presente plan de manejo. El monitoreo y evaluación se realizará mediante la medición periódica de las variables de estado o de control que reflejan la eficacia de las acciones definidas para las dos áreas de manejo. Para el caso del área de mejoramiento Vega EY-1 aguas abajo del camino construido, se consideraron las siguientes variables de estado: riqueza de especies, cobertura vegetal y contenido de humedad del suelo. Mientras que para el área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat se consideraron las variables de estado (o de control): riqueza de especies, sobrevivencia de tepes, estado sanitario de tepes y contenido de humedad del suelo.

La evaluación de la eficacia de las acciones en ambas áreas de manejo se realizará a partir de indicadores de cumplimiento contruados para estos efectos, uno para cada área de manejo, sobre la base del monitoreo de las variables de control y su comparación con los valores de mejoramiento esperado para cada una de ellas. Los valores de mejoramiento esperado de cada variable de estado han sido definidos considerando los parámetros o valores de vega de referencia, los que han sido definidas en particular para cada área de manejo.

De esta forma el presente Plan de monitoreo considera las siguientes secciones:

- Definición de información de vega de referencia.
- Definición de indicadores de cumplimiento.
- Monitoreo de contenido de humedad del suelo en fragmento de vega EY-1 sin perturbación.
- Frecuencia de monitoreo y evaluación.

Cabe señalar que la información que se genere periódicamente en el plan de monitoreo y evaluación, permitirá reforzar los esfuerzos de aquellas acciones ejecutadas con éxito, así como definir e implementar acciones correctivas de desviaciones que se detecten, en su caso.

5.1. Definición de información de vega de referencia

A continuación se entrega la información de vega de referencia para las dos áreas de manejo.

5.1.1. Información de referencia para la acción en el área de mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino construido

Para el área de mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino construido, en el caso de las variables riqueza de especies y cobertura vegetal, se utilizó como información de referencia, los resultados obtenidos para estas variables en los transectos T1 y T2 del estudio del CEA (2013) y que se asocian a un fragmento de la Vega EY-1, situado entre el camino construido y el camino público (ruta G 455). Dada la cercanía y similitudes del fragmento descrito por los transectos T1 y T2 con el área de vega degradada aguas abajo del camino construido, al momento de la realización del estudio del CEA (2013), se considera que los valores de riqueza de especies y cobertura vegetal obtenidos para estos transectos, constituyen valores de referencia apropiados para esta área.

En la tabla N° 4 se entrega el listado florístico de las especies vasculares del fragmento de vega descrito por los transectos T1 y T2 del estudio del CEA (2013). En dicha tabla se indican también (en las dos últimas filas de la tabla) los valores de riqueza de especies y de cobertura de vegetación determinados para este fragmento de vega en los transectos T1 y T2, según temporada (primavera y verano), y cuyos valores promedio serán utilizados como valores de referencia en la formulación del indicador de cumplimiento.

En el caso del contenido de humedad del suelo, se utilizará como información de referencia, la proveniente de la vega sin perturbación (aparente) que se encuentra aguas arriba del camino público G 455, pero la sección que se encuentra a mayor altura, pues dicha sección posee una condición sin afectación (aparente) de topografía y vegetación potencial. Dado que no existe información sistematizada de la variable Contenido de humedad del suelo en estudios previos, se utilizará como valor de referencia el promedio de los valores que se obtengan de las mediciones hechas en esta vega en la evaluación.

Tabla 3. Listado florístico, riqueza y cobertura de vegetación registrada en los transectos T1 y T2 en la vega EY-1

Especie/Sustrato	primavera (nov 2012)		verano (feb 2013)	
	T1	T2	T1	T2
1 <i>Acaena magellanica</i>	3,97		4,64	
2 <i>Baccharis salicifolia</i>		1,32		3,31
3 <i>Berberis empetrifolia</i>	0,66		3,97	
4 <i>Cerastium humifusum</i>		p		
5 <i>Eleocharis lechleri</i>	30,46	10,6	37,75	14,57
6 <i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i>		12,58		3,31
7 <i>Epilobium denticulatum</i>		p		
8 <i>Festuca rubra</i>	29,14	19,21	15,89	13,25
9 <i>Halerpestes cimbalaria</i>		0,66		
10 <i>Hydrocotyle ranunculoides</i>		4,64		3,97
11 <i>Juncus balticus</i>	p		0,66	0,66
12 <i>Medicago lupulina</i>	p	p	1,99	
13 <i>Mimulus luteus</i>	p	17,22	1,32	1,99
14 <i>Plantago lanceolata</i>	1,32			
15 <i>Polygonum persicaria</i>			0,66	
16 <i>Polypogon australis</i>		0,66		
17 <i>Tanacetum parthenium</i>		1,99		1,32
18 <i>Taraxacum officinale</i>	p		0,66	
19 <i>Trifolium repens</i>	19,87	13,91	9,27	17,22
20 <i>Veronica serpyllifolia</i>		5,96	8,61	23,84
Rastrojos				
Agua	10,6	2,65	10,6	5,3
Roca/Piedra	1,99	7,95	0,66	8,61
Suelo	1,99			0,66
Riqueza de especies	10	15	13	12
Cobertura de vegetación (%)	85,43	89,4	88,74	85,43

Fuente: CEA (2013)

5.1.2. Información de referencia para la acción en el área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat

Para esta área de manejo, en el caso de la variable riqueza de especies, se utilizará como información de referencia, el promedio de los valores obtenidos para esta variable en los transectos T3, T4 y T5 del estudio del CEA (2013) y que se asocian al fragmento de vega ubicado aguas arriba del camino público G 455 (Figura 4). Cabe señalar que de este mismo fragmento se obtendrán los tepes de vega, por lo que se espera que se establezcan en el nuevo hábitat, al menos las especies más abundantes. En la tabla 5, se entrega el listado florístico de las especies vasculares identificadas en los transectos T3, T4 y T5 del estudio del CEA (2013) y se indica también (en la penúltima fila de la tabla) los valores

de riqueza de especies determinados para estos transectos, según temporada (primavera y verano), y cuyos valores promedio serán utilizados como valores de referencia en la formulación del indicador de cumplimiento.

Tabla 5. Listado florístico, riqueza y cobertura de vegetación registrada en los transectos T3, T4 y T5 en la vega EY-1

Especie/Sustrato	primavera (nov 2012)			verano (feb 2013)		
	T3	T4	T5	T3	T4	T5
1 <i>Acaena magellanica</i>			P			
2 <i>Calceolaria filicaulis</i> ssp. <i>luxurians</i>		p				
3 <i>Carex gayana</i>	35,76	17,88	34,44	32,45	14,57	19,87
4 <i>Eleocharis lechleri</i>	26,49	12,58	18,54	21,19	1,32	21,85
5 <i>Eleocharis melanomphala</i>			5,3			
6 <i>Festuca rubra</i>	20,53	46,36	4,64	27,81	50,99	4,64
7 <i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	3,31			4,64		
8 <i>Juncus balticus</i>		0,66			1,32	
9 <i>Lobelia oligophylla</i>		0,66	1,32	0,66	2,65	0,66
10 <i>Mimulus luteus</i>	p					
11 <i>Phylloscirpus acaulis</i>	3,31	13,91	11,26	2,65	13,25	19,21
12 <i>Plantago lanceolata</i>				p		
13 <i>Taraxacum officinale</i>		2,65	1,32	p	3,97	5,96
14 <i>Trifolium repens</i>	1,99	4,64	0,66	6,62	3,31	1,32
15 <i>Veronica serpyllifolia</i>	0,66			0,66		
16 <i>Werneria pygmaea</i>		0,66	0,66			1,32
Rastrojos					7,95	
Agua	0,66		13,25			15,89
Roca/Piedra	3,31		2,65	3,31		1,99
Suelo	3,97				0,66	0,66
Riqueza de especies	8	10	12	10	8	10
Cobertura de vegetación (%)	92,05	100	84,11	96,69	91,39	81,46

Fuente: CEA (2013)

Por las mismas razones indicadas para el área de manejo anterior, en el caso del contenido de humedad del suelo se utilizará como información de referencia, la proveniente de la sección de vega sin perturbación (aparente) que se encuentra a mayor altura situada aguas arriba del camino público G 455. Dado que no existen estudios previos con información sistematizada respecto de los valores de contenido de humedad de esta vega, se utilizará como valor de referencia el promedio de los valores que se obtengan de las mediciones en esta vega durante la campaña de monitoreo y evaluación.

5.2. Definición de indicadores de cumplimiento

A continuación se entrega la definición de los indicadores de cumplimiento para las dos áreas de manejo.

5.2.1. Indicador de cumplimiento de la acción en área de mejoramiento de vega EY-1 aguas abajo de camino construido

Para evaluar el grado de cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento de la vega EY-1 aguas abajo de camino construido, se utilizará un Indicador de Cumplimiento construido sobre la base de tres variables representativas de la acción. Las tres variables consideradas son las siguientes: Contenido de Humedad del suelo, Cobertura de Vegetación y Riqueza de Especies (Tabla 6).

Tabla 6. Variables de estado para el monitoreo y evaluación de la acción en el área de Mejoramiento de Vega EY-1 aguas abajo de camino construido

Variable	Unidad medición	Tamaño Muestra
Contenido de humedad del suelo (CH)	%	22 puntos
Cobertura vegetal (CV)	%	10 transectos
Riqueza de especies (RE)	N° de especies	10 transectos

La expresión matemática del Indicador de Cumplimiento construido para evaluar esta acción corresponde a la indicada en la **Ecuación 1**.

$$IC\ 1 = [1/3 \times VNCH + 1/3 \times VNCV + 1/3 \times VNRE] \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde,

- IC 1 : Indicador de cumplimiento de la acción de mejoramiento de vega EY-1 aguas abajo de camino construido.
- VNCH : Valor normalizado del promedio del Contenido de Humedad estimado en la evaluación.
- VNCV : Valor normalizado del promedio de la Cobertura Vegetal estimado en la evaluación.
- VNRE : Valor normalizado del promedio de la Riqueza de Especies estimado en la evaluación.

Como se desprende de la Ecuación 1, el Indicador de Cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento de la vega EY-1 aguas abajo de camino construido corresponde a la suma de los productos entre el valor normalizado del promedio de los valores obtenidos para cada variable en la evaluación y el respectivo valor de ponderación asignados a cada una de ellas. Dada la importancia de cada una de las variables, se ha asignado el mismo valor de ponderación para cada una de ellas (1/3).

Por su parte, el valor normalizado del promedio de cada variable (VNCH, VNCV y VNRE) corresponde al cociente entre el promedio de los valores de campo obtenidos (en terreno) para cada variable en la campaña de monitoreo y evaluación y el valor de mejoramiento esperado para cada una de ellas.

Como se ha indicado previamente, los valores de mejoramiento esperado de cada variable se han definido considerando parámetros o valores de fragmentos de vega de referencia. En el caso de la acción en el área de mejoramiento vega EY-1 aguas abajo de camino construido, como se indicó en la sección 5.1.1 del presente documento, se utilizará como información de referencia para las variables riqueza de especies y cobertura de vegetación, el promedio de los resultados obtenidos para dichas variables en los transectos T1 y T2 del estudio del CEA (2013). En el caso del contenido de humedad del suelo se utilizará como información de referencia, el promedio de las mediciones de contenido de humedad del suelo realizadas en la campaña de evaluación en la vega sin perturbación (aparente) que se encuentra aguas arriba del camino público G 455.

De esta manera, en la Tabla 7 se entregan los valores de referencia considerados para las variables del Indicador de Cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino construido.

Tabla 7. Valores de referencia considerados para las variables del Indicador de Cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino construido.

Variable	Unidad Medición	Valor de Referencia	Definición del Valor de Referencia
Contenido de humedad suelo (CH)	%	VRCH	Promedio del Contenido de Humedad del suelo que se registre en la vega de referencia en la campaña de evaluación.
Cobertura de vegetación (CV)	%	87,4	Corresponde al promedio de los valores de cobertura de vegetación determinados para los transectos T1 y T2 realizados en la vega EY-1 según informe del CEA (2013) e indicados en la Tabla 4 de este documento.
Riqueza de especies (RE)	N° de especies	13	Corresponde al promedio de los valores de riqueza de especies determinados para los transectos T1 y T2 realizados en la vega EY-1 según informe del CEA (2013) e indicados en la Tabla 4 del presente documento.

Donde,

VRCH : Valor de Referencia del Contenido de Humedad del suelo (medido en porcentaje).

Es preciso aclarar que los parámetros o valores de referencia estimados o a estimar, indicados en la tabla anterior, son propios de ecosistemas que han logrado dicho estado durante años bajo un proceso de dinámica natural. Las vegas presentes en el área son el resultado de procesos físico-naturales de largo plazo que han condicionado sus características actuales. En este sentido, no es factible plantear la restauración completa de los componentes del ecosistema, y alcanzar, en su totalidad, los parámetros o valores de referencia en el área de manejo durante el período de evaluación; además que, el plan de manejo tiene por objetivo más bien iniciar un proceso progresivo de rehabilitación y de recuperación de la capacidad de sostenimiento del sistema (Whisenant, 1999).

De acuerdo a lo anterior, para las variables del Indicador de Cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino construido se ha considerado como Valor de Mejoramiento Esperado el 60% de los valores de referencia. Experiencias sobre la recuperación de humedales degradados realizadas fuera de Chile indican que la evolución de la riqueza de especies fluctúa en torno al 60% del valor considerado como umbral exitoso al cabo de dos años de aplicación de medidas de recuperación (Matthews *et al.* 2009).

En la siguiente tabla se entregan los valores o las expresiones matemáticas que definen los umbrales de Valores de Mejoramiento Esperado de las variables del Indicador de Cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino construido.

Tabla 8. Definición de los Valores de Mejoramiento Esperado y de los Valores Normalizados para las variables del Indicador de Cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino construido.

Variable	Valor de Referencia	Valor de Mejoramiento Esperado	Valor obtenido	Valor Normalizado
Contenido de humedad del suelo (CH)	VRCH %	0,6 x VRCH	PROMCH	$VNCH = [PROMCH / (0,6 \times CHVR)]$
Cobertura de vegetación (CV)	87,4 %	52%	PROMCV	$VNCV = [PROMCV / 52]$
Riqueza de especies (RE)	13 especies	8 especies	PROMRE	$VNRE = [PROMRE / 8]$

Donde:

- VRCH : Valor de Referencia del Contenido de Humedad del suelo. Su valor corresponde al promedio de los valores de contenido de humedad del suelo medidos en la vega sin perturbación (aparente), ubicada aguas arriba de la ruta G-455, en la campaña de monitoreo y evaluación.
- VNCH : Valor normalizado del promedio del Contenido de Humedad estimado en la evaluación.
- VNCV : Valor normalizado del promedio de la Cobertura Vegetal estimado en la evaluación.
- VNRE : Valor normalizado del promedio de la Riqueza de Especies estimado en la evaluación.
- PROMCH : Promedio de los valores de contenido de humedad del suelo medidos en el área de manejo en la campaña de monitoreo y evaluación.
- PROMCV : Promedio de los valores de cobertura de vegetación obtenidos para el área de manejo en la campaña de monitoreo y evaluación.
- PROMRE : Promedio de los valores de riqueza de especies obtenidos para el área de manejo en la campaña de monitoreo y evaluación.

Con relación a las mediciones de las variables de control se tendrán las siguientes consideraciones:

Para el monitoreo del Contenido de humedad del suelo en el área de manejo, se definirán 22 puntos de medición, distribuidos sistemáticamente en esta área con un distanciamiento aproximado de 6 metros (Figura 14). La ubicación específica de los puntos de medición se hará en terreno, evitando situar los puntos al interior de los surcos de riego, sino más bien privilegiando su ubicación en los sectores “entre” surcos. Las mediciones se realizarán con higrómetro digital portátil para suelos.

Para calcular la cobertura y la riqueza de la vegetación, se realizarán 10 transectos de 2 m cada uno (Figura 14), y en los cuales se registrarán todas las especies vasculares que interceptan la línea de muestreo, estableciendo porcentajes relativos y absolutos de cobertura de cada especie. Además se realizará un recorrido dentro del área de manejo para complementar el listado florístico con aquellas especies presentes no registradas en los transectos.

Es preciso recalcar que la ubicación definitiva de los puntos de monitoreo propuestos en la Figura 14 serán definidos una vez terminada la ejecución de los trabajos de mejora del hábitat en el sector.

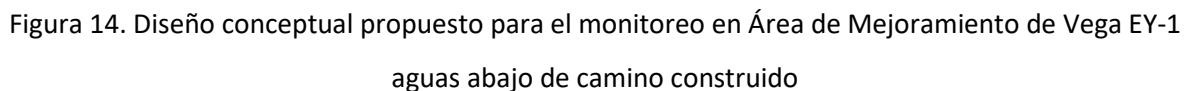
La cobertura se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Cobertura absoluta de una especie (\%)} = \frac{\text{Nº de puntos interceptados por la especie}}{\text{Nº total de puntos de intercepción del transecto}} \times 100$$

$$\text{Cobertura absoluta de un transecto (\%)} = \text{Sumatoria de las coberturas absolutas de todas las especies presentes en un transecto determinado}$$

$$\text{Cobertura total de vegetación (\%)} = \text{Promedio de los valores de cobertura de los transectos}$$

Para calcular el caudal de riego, se medirá, a la salida de la tubería, el tiempo que demora el flujo de agua en llenar un volumen conocido. Estos datos serán utilizados para evaluar el funcionamiento del sistema de riego y determinar la variabilidad del flujo de agua dentro del año.



La acción en el área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat ha sido diseñada sobre la base de un mejoramiento de la calidad del suelo, la construcción de un sistema de drenaje y una plantación de tepes de vegetación. Para dar seguimiento a la efectividad de esta acción se utilizará un Indicador de Cumplimiento construido sobre la base de las variables de estado que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 9. Variables de estado para el monitoreo y evaluación de la acción en el área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat

Variable	Unidad medición	Tamaño Muestra
Contenido de humedad del suelo (CH)	%	24 puntos
Riqueza de especies (RE)	N° especies	10 transectos
Sobrevivencia de tepes (ST)	% tepes vivos	15 transectos 6 m
Estado sanitario de tepes (ET)	% biomasa viva en los tepes	15 transectos 6 m

La expresión matemática del Indicador de Cumplimiento construido para evaluar esta acción corresponde a la indicada en la **Ecuación 2**.

$$IC\ 2 = [1/4 \times VNCH + 1/4 \times VNRE + 1/4 \times VNST + 1/4 \times VNET] \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde,

- IC 2 : Indicador de cumplimiento de la acción de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat.
- VNCH : Valor normalizado del promedio del Contenido de Humedad estimado en la evaluación.
- VNRE : Valor normalizado del promedio de la Riqueza de Especies estimado en la evaluación.
- VNST : Valor normalizado del promedio de la Supervivencia de Tepes estimado en la evaluación.
- VNET : Valor normalizado del promedio del Estado Sanitario de Tepes estimado en la evaluación.

Como se desprende de la Ecuación 2, el Indicador de Cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat corresponde a la suma de los productos entre el valor normalizado del promedio de los valores obtenidos para cada variable en la evaluación y el respectivo valor de ponderación asignados a cada una de ellas. Dada la importancia de cada una de las variables, se ha asignado el mismo valor de ponderación para cada una de ellas (1/4).

Por su parte, el valor normalizado del promedio de cada variable (VNCH, VNRE, VNST y VNET) corresponde al cociente entre el promedio de los valores de campo obtenidos (en terreno) para cada variable en la campaña de monitoreo y evaluación y el valor de mejoramiento esperado para cada una de ellas.

Como se indicó previamente, los valores de mejoramiento esperado de cada variable se han definido considerando información de fragmentos de vega de referencia. En el caso de la acción en el área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat, como se indicó en la sección 5.1.2 del presente documento, se utilizará como información de referencia, para la variable riqueza de especies, el promedio de los resultados obtenidos para esta variable en los transectos T3, T4 y T5 del estudio del CEA (2013). En el caso del contenido de humedad del suelo se utilizará como información de referencia, el promedio de las mediciones de contenido de humedad del suelo realizadas en la campaña de evaluación en la vega sin perturbación (aparente) que se encuentra aguas arriba del camino público G 455.

En la Tabla 10 se entregan los valores de referencia considerados para las variables riqueza de especies y contenido de humedad del suelo del Indicador de Cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat.

Tabla 10. Valores de referencia considerados para las variables contenido de humedad del suelo y riqueza de especies del Indicador de Cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat.

Variable	Unidad Medición	Valor de Referencia	Definición del Valor de Referencia
Contenido de humedad suelo (CH)	%	VRCH	Promedio del Contenido de Humedad del suelo que se registre en la vega de referencia en la campaña de evaluación.
Riqueza de especies (RE)	N° de especies	10	Corresponde al promedio de los valores de riqueza de especies determinados para los transectos T3, T4 y T5 realizados en la vega EY-1 según informe del CEA (2013) e indicados en la Tabla 5 del presente documento.

Donde,

VRCH : Valor de Referencia del Contenido de Humedad del suelo (medido en porcentaje).

Es preciso aclarar que los parámetros o valores de referencia estimados o a estimar, indicados en la tabla anterior, son propios de ecosistemas que han logrado dicho estado durante años bajo un proceso de dinámica natural. Como se dijo anteriormente, las vegas presentes en el área son el resultado de procesos físico-naturales de largo plazo que han condicionado sus características actuales. También, que no es factible plantear la restauración completa de los componentes del ecosistema, y alcanzar, en su totalidad, los parámetros o valores de referencia en el área de manejo durante el período de evaluación; y además que, el plan de manejo tiene por objetivo más bien iniciar un proceso progresivo de rehabilitación y de recuperación de la capacidad de sostenimiento del sistema (Whisenant, 1999).

Adicional a lo anterior, se debe considerar que esta área de manejo se encuentra completamente desprovista de cobertura vegetal y más vulnerable a los factores medioambientales, por lo que existen condiciones más desfavorables para el establecimiento vegetal y el reclutamiento de nuevos individuos respecto de la otra área de manejo (área de mejoramiento de vega EY-1 aguas abajo de camino construido).

De esta forma, para las variables riqueza de especies y contenido de humedad del suelo, se ha definido como Valor de Mejoramiento Esperado el 40% de los valores de referencia. Acorde con esta definición, en el estudio de Matthews *et al.* (2009) sobre restauración de humedales degradados, se desprende que en sitios de menor calidad, la recuperación de la riqueza es menor que en aquellos de mayor calidad, encontrándose valores cercanos a 40 % del indicador al cabo de dos años de evaluación. Se considera que dichos resultados permiten sustentar el ponderador de 40% aplicado para la definición del valor de mejoramiento esperado para la variable riqueza en el indicador de cumplimiento de la acción del área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat, particularmente porque dicha área posee condiciones iniciales de menor calidad de sitio y alto grado de alteración, al encontrarse desprovista completamente de cobertura vegetal.

Para el caso de la sobrevivencia de tepes se ha considerado como Valor de Mejoramiento Esperado el umbral de 50% de sobrevivencia de los tepes trasplantados. Cabe señalar que el trasplante de tepes de vega es una actividad que con escasa o nula experiencia que muestren evidencia de resultados documentados. Por este motivo, el umbral de sobrevivencia definido asume la premisa estadística que la probabilidad que esto resulte sea posible, es decir puede que el tepe sobreviva o bien que muera, se entiende que la sobrevivencia y la muerte son excluyentes, por tanto, la

probabilidad de éxito es un 50%, cifra que se considera como valor de mejoramiento esperado para la sobrevivencia de tepes en esta actividad.

Por su parte, el estado sanitario de los tepes refleja el porcentaje de biomasa viva de los tepes de acuerdo a una apreciación visual de especialista de la parte aérea. Para efectos de cuantificar esta variable se consideraron las categorías de Estado sanitario que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 11. Categorías de la variable Estado sanitario de tepes.

Categoría	Descripción	Valor clase (%)
Muy bueno	Apariencia de biomasa viva en el tepe entre 90-100%, plantas muy vigorosas	100
Bueno	Apariencia de biomasa viva en el tepe entre 70-90% y plantas vigorosas	80
Suficiente	Apariencia de biomasa viva en el tepe entre 50-70%, algunas plantas presentan en parte de su tejido signos de menor vigor o necrosis	60
Malo	Apariencia de biomasa viva en el tepe entre 30-50%. Pocas plantas vigorosas, y en general presenta un color amarillento	40
Muy malo	Apariencia de biomasa viva en el tepe menor a 30%, la mayoría de los tepes muertos, sin signos de recuperación y color oscuro.	20

De esta manera, para el estado sanitario de los tepes se ha considerado la categoría de Suficiente como Valor de Mejoramiento Esperado para dicha variable. Lo anterior se fundamenta en el hecho que los tepes en esta categoría (Suficiente), bajo medidas apropiadas de cuidado y manejo (riego, trabajos al suelo, etc.) durante la etapa de mantenimiento, estos pueden mejorar su estado hacia una tendencia de mayor vitalidad y mejor estado sanitario. Se considera, en cambio, que tepes con estado sanitario más pobre (categorías de malo o muy malo) tendrían una baja capacidad de respuesta para mejorar su vitalidad y una mayor probabilidad de entrar en una tendencia a la declinación.

En la siguiente tabla se entregan los valores o las expresiones matemáticas que definen los umbrales de Valores de Mejoramiento Esperado de las variables del Indicador de Cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat.

Tabla 12. Definición de los Valores de Mejoramiento Esperado y de los Valores Normalizados para las variables del Indicador de Cumplimiento de la acción en el área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat.

Variable	Valor de Referencia	Valor de Mejoramiento Esperado	Valor obtenido	Valor Normalizado
Contenido de humedad del suelo (CH)	VRCH %	0,4 x VRCH	PROMCH	$VNCH = [PROMCH / (0,4 \times CHVR)]$
Riqueza de especies (RE)	10 especies	4 especies	PROMRE	$VNRE = [PROMRE / 4]$
Sobrevivencia de tepes (ST)	--	50% tepes vivos	PROMST	$VNST = [PROMST / 50]$
Estado sanitario de tepes (ET)	--	60% (Categoría Suficiente)	PROMET	$VNET = [PROMET / 60]$

Donde:

- VRCH : Valor de Referencia del Contenido de Humedad del suelo. Su valor corresponde al promedio de los valores de contenido de humedad del suelo medidos en la vega sin perturbación (aparente), ubicada aguas arriba de la ruta G-455, en la campaña de monitoreo y evaluación.
- VNCH : Valor normalizado del promedio del Contenido de Humedad estimado en la evaluación.
- VNRE : Valor normalizado del promedio de la Riqueza de Especies estimado en la evaluación.
- VNST : Valor normalizado del promedio de la Supervivencia de Tepes estimado en la evaluación.
- VNET : Valor normalizado del promedio del Estado Sanitario de Tepes estimado en la evaluación.
- PROMCH : Promedio de los valores de contenido de humedad del suelo medidos en el área de manejo en la campaña de monitoreo y evaluación.
- PROMRE : Promedio de los valores de riqueza de especies obtenidos para el área de manejo en la campaña de monitoreo y evaluación.
- PROMST : Promedio de los valores de supervivencia de tepes obtenidos para el área de manejo en la campaña de monitoreo y evaluación.
- PROMET : Promedio de los valores de estado sanitario de tepes obtenidos para el área de manejo en la campaña de monitoreo y evaluación.

Para las mediciones de las variables de control se tendrán las siguientes consideraciones:

Para el monitoreo del Contenido de humedad del suelo en el nuevo hábitat, se definirán 24 puntos de medición, distribuidos sistemáticamente en esta área con un distanciamiento aproximado de 6 metros (Figura 15). La ubicación específica de los puntos de medición se hará en terreno, evitando situar los puntos al interior de los surcos de riego, sino más bien privilegiando su ubicación en los sectores “entre” surcos. Las mediciones se realizarán con higrómetro digital portátil para suelos.

Para medir los resultados de la riqueza de la vegetación y la cobertura obtenida por la plantación de tepes y/o el reclutamiento de especies se efectuarán 10 transectos de 2 m cada uno (Figura 15) en el lado del surco donde se plantaron los tepes, y se registrarán todas las especies de flora que interceptan la línea de muestreo en puntos cada 10 cm. También, se realizará una prospección completa en el área de manejo para identificar la presencia de especies que no hayan sido identificadas en los transectos.

Para determinar el porcentaje de sobrevivencia de los tepes y su estado sanitario, se emplearán 15 transectos, distribuidos homogéneamente sobre la plantación de éstos. Los transectos serán de 6 m, y en cada uno se espera monitorear 15 tepes, alcanzando un total estimado de 225 tepes.

Es preciso señalar que la ubicación definitiva de los puntos de monitoreo propuestos en la Figura 15 serán definidos una vez terminada la ejecución de los trabajos de mejora del hábitat en el sector.

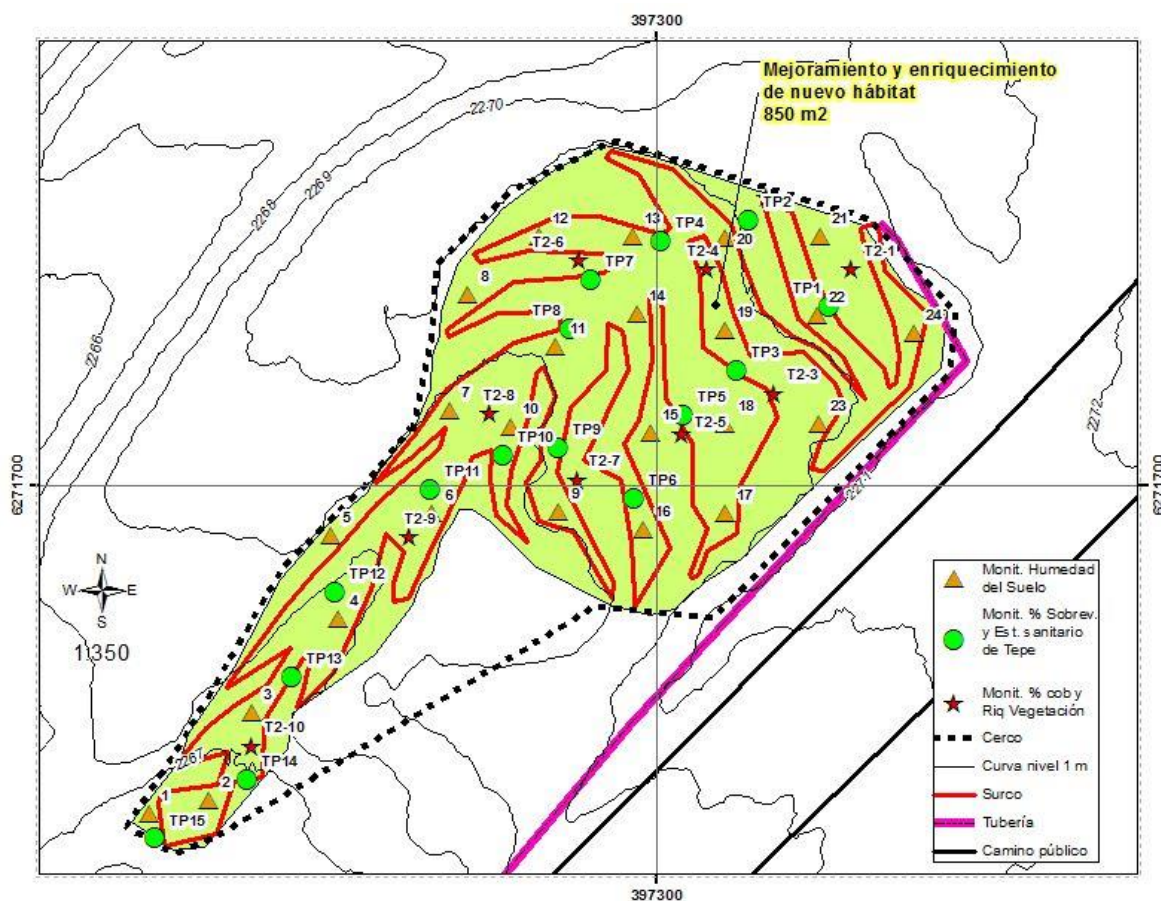


Figura 15. Diseño conceptual propuesto para el monitoreo en el Área de mejoramiento de nuevo hábitat y enriquecimiento.

5.3. Monitoreo del contenido de humedad del suelo en fragmento de vega sin perturbación ubicada aguas arriba del camino público G 455

Como se indicó en el acápite 5.1 del presente documento, para el monitoreo del contenido de humedad del suelo de las áreas de manejo se utilizará como vega de referencia, la sección ubicada a mayor altura de la vega EY-1 que se ubica aguas arriba del camino público G 455, y que no presenta perturbaciones antrópicas aparentes. Su selección se ha basado en sus condiciones no alteradas de exposición, pendiente y composición florística.

El monitoreo del contenido de humedad del suelo en esta vega se realizará en 15 puntos distribuidos en forma homogénea, separados con un distanciamiento aproximado de 6 m entre ellos, evitando su ubicación en zonas anegadas y donde el suelo se encuentre a capacidad de campo (Figura 16). Las mediciones de Contenido de humedad del suelo se realizarán con un higrómetro digital portátil.

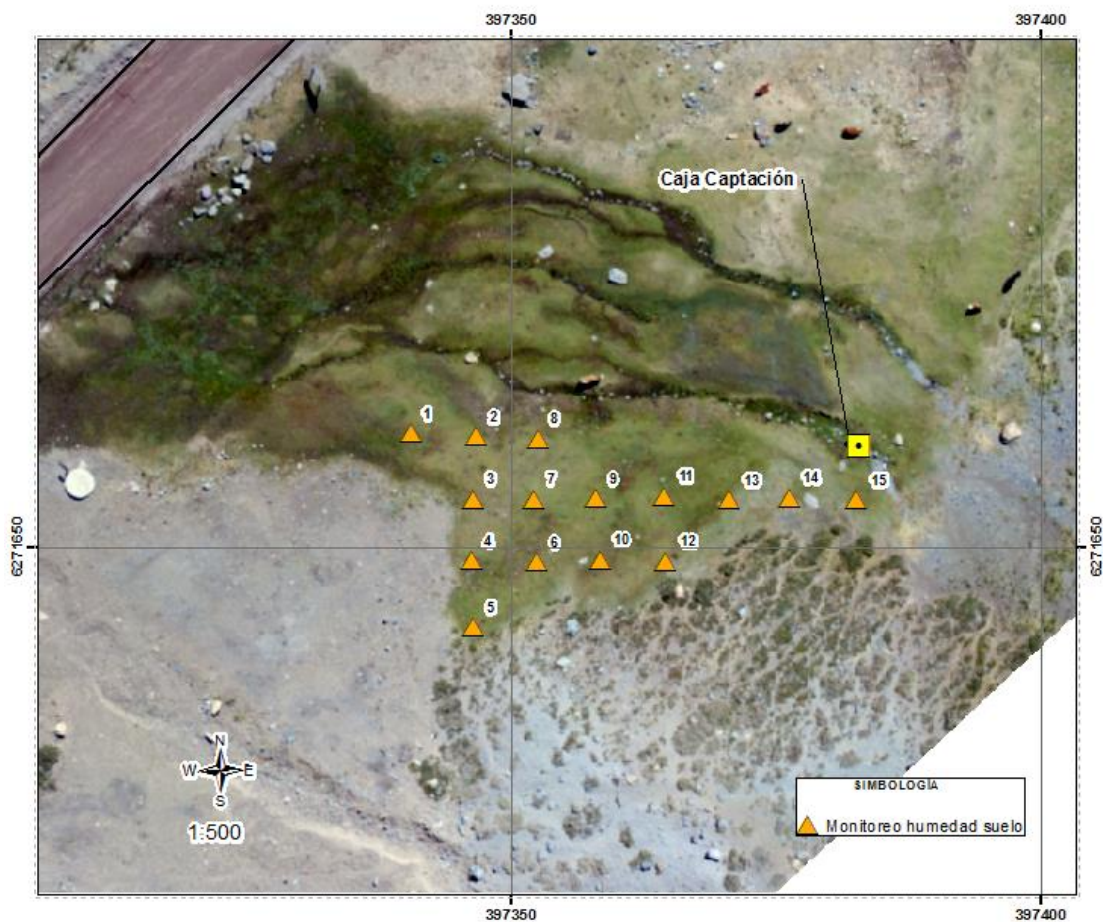


Figura 16. Diseño conceptual de ubicación de puntos de monitoreo de contenido de humedad del suelo en la sección de la Vega EY-1, ubicada aguas arriba de la ruta G-455.

5.4. Frecuencia de monitoreo

El clima zonal se caracteriza por la presencia de veranos secos que pueden tener aportes de lluvias estivales e inviernos fríos donde se concentran las precipitaciones en forma de lluvia y nieve. La presencia de nieve en el área se puede prolongar hasta la estación de primavera.

La vegetación zonal y azonal se encuentra adaptada a estas condiciones ambientales. La fenología de las especies está directamente condicionada por la caída y derretimiento de la nieve invernal, siendo estos fenómenos un factor de incertidumbre a considerar.

El presente plan de manejo ha considerado la ejecución del plan de actividades de la acción de mejoramiento de la vega EY-1 ubicada aguas abajo del camino construido y la ejecución del plan de actividades de la acción de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat entre los meses de septiembre y noviembre de 2017.

En atención al principio de eficacia que deben considerar las acciones propuestas, se ha definido que el período de monitoreo y evaluación considere al menos una temporada de crecimiento de la vegetación para el presente plan. En este sentido, y dado que la ejecución de las actividades de ambas acciones terminó en noviembre de 2017, se ha definido al mes de diciembre de 2018 como el período idóneo para evaluar los indicadores de cumplimiento de ambas acciones.

De esta manera, el período de evaluación definido contempla el transcurso de una temporada biológica de la vegetación sujeta a manejo. Se considera que este período es apropiado, dado que, de esta forma, la evaluación de las variables de control cubre a lo menos una fase invernal, incluyendo la sobrevivencia de los individuos de las especies reclutadas luego de retirada la nieve; además de permitir la germinación de la cama de semillas y el desarrollo inicial de las plantas con el objeto de posibilitar su eventual identificación y evaluación.

Sin perjuicio que la evaluación de los indicadores de cumplimiento se realizará en el mes de diciembre, cabe señalar que durante el período de monitoreo y evaluación se realizarán monitoreos estacionales, aproximadamente cada 4 meses, dependiendo de las condiciones ambientales, con la finalidad de dar seguimiento a las variables de control en el tiempo; y, de esta manera, adoptar oportunamente las acciones correctivas según corresponda.

6. Plan de Mantenimiento

El Plan de mantenimiento considera una inspección de vigilancia de frecuencia quincenal y actividades de mantenimiento que serán requeridas de acuerdo a los resultados de las actividades de vigilancia. En principio se consideran al menos ocho actividades de mantenimiento. Estas actividades se iniciarán inmediatamente una vez terminadas las actividades de mejoramiento y enriquecimiento en las áreas de manejo.

La Inspección quincenal tendrá como propósito revisar la continuidad de flujo de agua y el caudal, el estado de los surcos, y del sistema de riego, tanto tuberías y captaciones, de los muros de sacos de tierra, de los cercos y accesos y el estado general de las áreas de manejo en cuanto a incidentes de daños, ingreso de animales o personas, robos y vandalismo.

Por su parte, en el mantenimiento, se podrán efectuar actividades tales como la limpieza de las dos alcantarillas, de las cámaras de captación, adecuación de sistema de suministro de agua, el mantenimiento de los surcos de riego, los trabajos de arreglo en los cercos y el replante de la mortalidad de los tepes, entre otros. En los surcos, se tendrá especial cuidado de limpiar únicamente los materiales, objetos, rocas y piedras que perturben la acción, pues se minimizará la alteración del sustrato dentro del surco, ni tampoco los bordes, donde se espera que se regenere la vegetación en ambos sectores. También se revisarán las tuberías de conducción, buscando roturas o pérdidas de agua, que puedan ser generadas durante el funcionamiento del sistema o daños a las tuberías provocadas por conejos y roedores, e incluso por vacas y caballos.

En cuanto a los cercos, éstos serán reparados en el caso que sean afectados, pues se debe tratar de mantener una exclusión completa de animales, incluidos lagomorfos y roedores, por lo que se pondrá atención en el estado de la malla hexagonal enterrada.

También, durante el mantenimiento, se atenderán las indicaciones de los monitoreos, considerando la ejecución de los trabajos de corrección, según sea requerido, lo cual buscará mejorar resultados de las variables de control y dar cumplimiento a los indicadores.

7. Cronograma

En la siguiente tabla se entrega el cronograma general de implementación del Plan de manejo de la Vega EY-1.

Tabla 13. Cronograma general

ACTIVIDADES	2017				2018											
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ejecución del Plan de Actividades de las acciones Mejoramiento de Vega EY-1 aguas debajo de camino construido y Mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat																
Ejecución Plan de Monitoreo y de Mantenimiento.																
Ejecución de campaña para evaluación de indicadores de cumplimiento																

ACTIVIDADES	2019											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ejecución del Plan de Actividades de las acciones Mejoramiento de Vega EY-1 aguas debajo de camino construido y Mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat												
Ejecución Plan de Monitoreo y de Mantenimiento.												
Ejecución de campaña para evaluación de indicadores de cumplimiento												

8. Bibliografía

- Ahumada, Mario; Aguirre, Fernando; Contreras, Manuel; Figueroa, Alejandra, 2011. Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos. Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- Baeza, M., Barrera, e., Flores, J., Ramírez, C. & Rodriguez, R. 1998. Categorías de conservación de Pteridophyta nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47, 23–46.
- Belmonte, E., Faúndez, L., Flores, J., Hoffmann, A., Muñoz, M. & Teillier, S. 1998. Categorías de conservación de cactáceas nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional Historia Natural 47, 69–89.
- Benoit. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre Chilena. Publicación Cona
- CEA, 2013. Estudio de Vegas adyacentes a camino VA4 y SAM 2 en sector El Yeso y Propuesta de Medidas de Manejo Ambiental.
- Clewell, A., J. Rieger, J. Munro. 2005. Guidelines for Developing and Managing Ecological Restoration Projects. Society for Ecological Restoration.
- Collahuasi, 2004. Gerencia de medio ambiente. Programa de compensación de Bofedales. <http://www.keh.cl/GEFSDH2010/GEFpdf/Seminarios/Juan%20Jos%E9%20Anabal%F3n.pdf>.
- Condesan, 2015. Consorcio para el desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. Humedales altoandinos y servicios ecosistémicos ante cambio climático. http://condesan.org/mtnforum/sites/default/files/news/files/tmi_-_cc_y_montanas.pdf
- Ds 82/2010 Minagri. Reglamento de Suelos, Aguas y Humedales de la Ley N° 20.283. Chile.
- EMAGUA, 2006. Plan de Manejo Bofedales. Ministerio de medio ambiente y aguas. Construcción Presa Khotia Khota. Pucarani y el Alto, Bolivia.
- Matthews, J., Spyreas, G. y Endress A. 2009. Trajectories of vegetation-based indicators used to assess wetland restoration progress. Ecological Society of America. 15 p.
- Mitiga, 2017. Diagnóstico de la Vega EY-1 en el sector de acceso al Puente El Yeso. Alto Maipo SpA. Santiago, Chile.

- MMA, 2014. Los beneficios de la restauración de humedales. Ministerio de Medio Ambiente Gobierno de Chile – RAMSAR. http://www.mma.gob.cl/correosvirtuales/humedales/doc/Los_beneficios_de_su_restauracion.pdf.
- Muñoz, Melica, Moreira, Andrés, Villagran, Carolina y Luebert, Federico, 2000. Caracterización florística y pisos de vegetación en los Andes de Santiago, Chile Central. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile, 49:9-50.
- Ramsar, 2005. 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos. COP9 DOC.26. Kampala, Uganda 8-15 de Noviembre de 2005.
- Ravenna, P., Teillier, S., Macaya, J., Rodríguez, R. & Zöllner, O. 1998) Categorías de conservación de las plantas bulbosas nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional Historia Natural 47, 47–68.
- Tellier, S, Marticorena, A & Niemeyer, H. 2011. Flora andina de Santiago. Guía para la identificación de las especies de las cuencas del Maipú y del Mapocho.
- Villareal, María. 1999. Humedales. Guía práctica para proyectos de restauración. Simbiosis, Manejo Integrado de Recursos Naturales. <https://es.scribd.com/doc/48199166/Guia-Humedales-restauracion>.
- Whisenant, 1999. Repairing Damaged Wildlands. Department of Rangeland Ecology and Management. Texas University.
- .