

# ALTO MAIPO SpA

## PLAN DE MANEJO

### DE LA VEGA EY-1



**JUNIO 2017**



Autor: Santiago Ríos

Ingeniero Forestal

Diplomado Derecho Ambiental, Diplomado Rehabilitación Ambiental

Certificación Acreditador Forestal CONAF RAF-XIII-022 N

## INDICE

1.	Introducción .....	2
2.	Antecedentes .....	3
3.	Revisión bibliográfica .....	9
3.1.	Definición de humedal .....	9
3.2.	Ecología .....	9
3.3.	Perturbaciones .....	11
3.4.	Medidas de manejo para la conservación y rehabilitación .....	12
4.	Plan de Manejo .....	14
4.1.	Mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino de acceso al puente el Yeso .....	14
4.1.1.	Diseño de restitución del sistema hídrico y manejo del suelo .....	15
4.1.2.	Instalación de muros de sacos de tierra .....	18
4.1.3.	Mejoramiento de la vegetación .....	19
4.1.4.	Cerco de protección .....	19
4.2.	Mejoramiento de nuevo hábitat y enriquecimiento .....	20
4.2.1.	Manejo del suelo y diseño de restitución del sistema hídrico .....	21
4.2.2.	Plantación de tepes .....	24
4.2.3.	Enriquecimiento con suelo superficial .....	25
4.2.4.	Cerco de protección .....	25
5.	Plan de Monitoreo y evaluación .....	26
5.1.	Área de Mejoramiento de Vega EY-1 aguas abajo de camino construido .....	27
5.2.	Área mejoramiento de nuevo hábitat y enriquecimiento .....	30
5.3.	Área de Vega no perturbada .....	34
5.4.	Frecuencia de monitoreo .....	35
6.	Plan de Mantenimiento .....	36
7.	Cronograma .....	36
8.	Bibliografía .....	38

## 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 m<sup>2</sup> 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 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). 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 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, 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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>, que se desglosan en la pérdida de 446 m<sup>2</sup> de hábitat y de vegetación azonal, y además la degradación de 789 m<sup>2</sup> 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

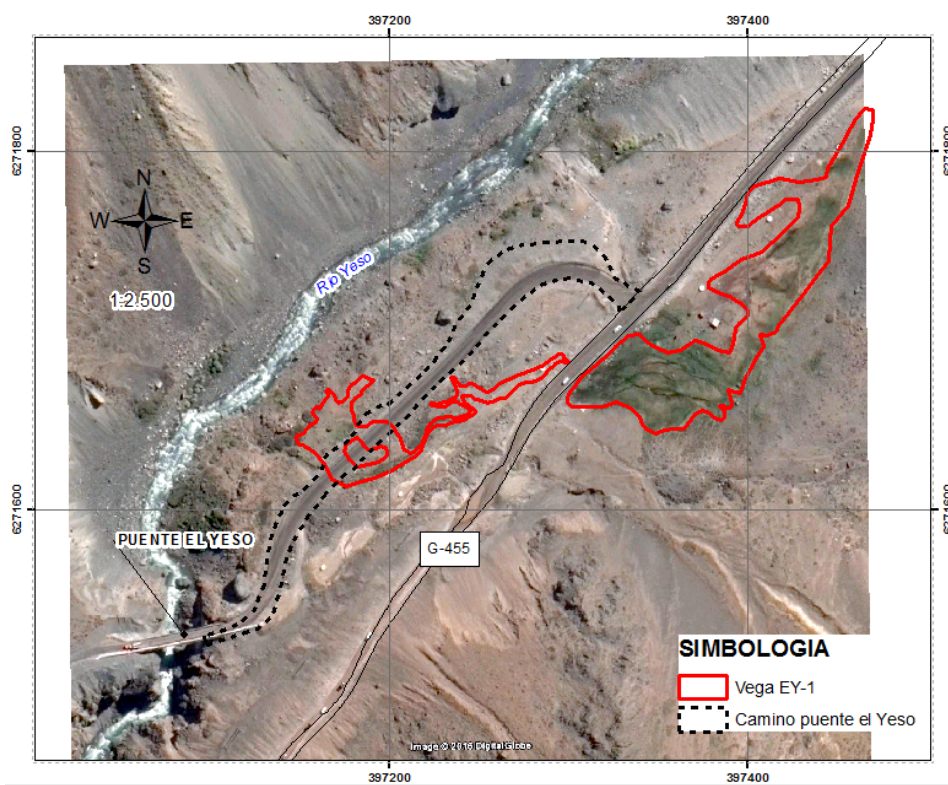


Figura 2. Vega EY-1, delimitación área potencial (Mitiga, 2017).





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

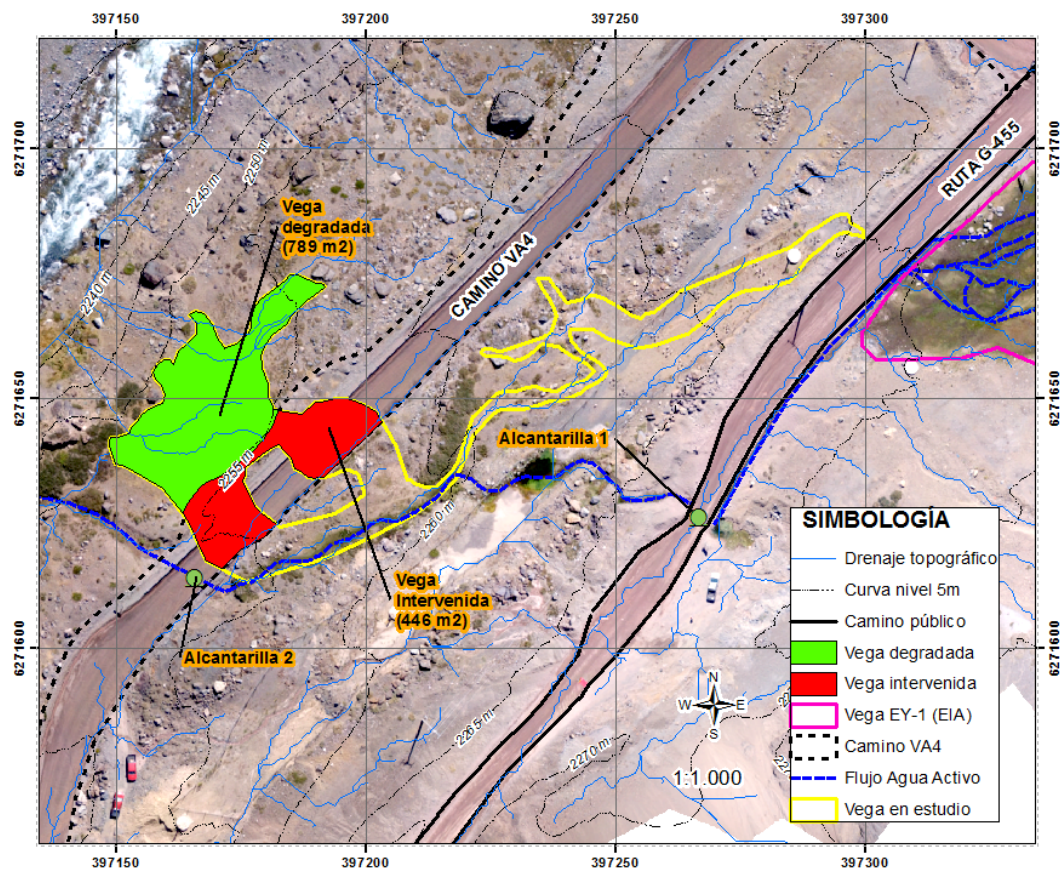


Figura 3. Áreas perturbadas por construcción de camino.

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.	Fl	Fl
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, Fl, Fr
12	Caryophyllaceae	<i>Cerastium humifusum</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	Fl	
13	Cyperaceae	<i>Carex gayana</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	Fl, S	C
14	Cyperaceae	<i>Eleocharis lechleri</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C, Fl, S, L	C, Fr, S
15	Cyperaceae	<i>Eleocharis melanomphala</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	Fl	
16	Cyperaceae	<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C
17	Cyperaceae	<i>Phylloscirus acaulis</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C, Fl	C
18	Fabaceae	<i>Medicago lupulina</i>	Hierba anual	Introducida	n.d.	Fl	Fl
19	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, Fl	C, Fl, 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.	Fl	
22	Phrymaceae	<i>Mimulus luteus</i>	Hierba anual	Nativa	n.d.	Fl	Fl
23	Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	Fl	Fl
24	Plantaginaceae	<i>Veronica serpyllifolia</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, Fl	Fl
25	Poaceae	<i>Festuca rubra</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, Fl	C, Fl, S
26	Poaceae	<i>Polypogon australis</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	Fl	
27	Polygonaceae	<i>Polygonum persicaria</i>	Hierba anual	Introducida	n.d.		Fl
28	Ranunculaceae	<i>Halerpestes cymbalaria</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	Fl	
29	Rosaceae	<i>Acaena magellanica</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C

La flora de esta vega se encontraba dominada por las especies *Carex gayana*, *Eleocharis lechleri* y *Phylloscirus acaulis*; destacaba también la alta cobertura de las hierbas introducidas *Festuca rubra* y *Trifolium repens*. Las especies con mayores coberturas promedio en esta vega andina fueron *Festuca rubra* (23,97%), *Eleocharis lechleri* (19,74%) y *Carex gayana* (17,62%).

De acuerdo al diagnóstico realizado por MITIGA (2017), en la vega degradada se encontraron especies que habían sido identificadas en la vega activa, y que forman parte de la vegetación azonal de hábitat de vega, aunque distribuidas en una cobertura mucho menor a la existente en una situación sin perturbación, como *Eleocharis melanomphala*, *Polypogon australis* y *Carex Gayana* entre las más representativas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). También se observó la invasión de especies alóctonas (exóticas) asilvestradas, las cuales tienen la capacidad de desarrollarse en gran diversidad de suelos, dentro de las cuales se observa *Convolvulus arvensis*, *Festuca rubra* y *Malva nicaensis*.

Se pudo observar además, la presencia de especies de hábito más arbustivo, que corresponden a *Baccharis salicifolia* y *Baccharis pingraea* las cuales presentan una distribución más bien discreta.

Tabla 2. Listado florístico área de vega degradada

Especie	Familia	Forma de vida	Origen	Cobertura absoluta (%)
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	<i>Convolvulaceae</i>	Hierba perenne	Exótica	15,33
<i>Eleocharis melanomphala</i> C. B. Clarke	<i>Cyperaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	12,00



<i>Polypogon australis</i> Brongn.	<i>Poaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	6,67
<i>Carex Gayana</i> Desv.	<i>Cyperaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	5,33
<i>Festuca rubra</i> L.	<i>Poaceae</i>	Hierba perenne	Exótica	4,00
<i>Malva nicaensis</i> All	<i>Malvaceae</i>	Hierba anual	Exótica	3,33
<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz et Pav.)	<i>Asteraceae</i>	Arbusto	Nativa	3,33
<i>Taraxacum officinale</i> G. Weber ex F.H. Wigg	<i>Asteraceae</i>	Hierba perenne	Exótica	2,00
<i>Baccharis pingraea</i> DC.	<i>Asteraceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
<i>Acaena alpina</i> Poepp. et Walp	<i>Rosaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
<i>Medicago minima</i> (L.) Bartal.	<i>Fabaceae</i>	Hierba anual	Exótica	0,67
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her. Ex Aiton	<i>Geraniaceae</i>	Hierba anual	Exótica	0,67
<i>Geranium bertereanum</i> Colla	<i>Geraniaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
<i>Acaena pinnatifida</i> Ruiz et Pav.	<i>Rosaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
<b>Suelo desnudo</b>				<b>44,00</b>
<b>Cobertura absoluta transecto (%)</b>				<b>56,00</b>

De acuerdo con las mediciones de humedad del suelo realizadas en el mes de Abril de 2017 en la fase de diagnóstico<sup>1</sup>, 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, 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 3).

Tabla 3. 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

<sup>1</sup> El Diagnóstico realizó mediciones de humedad del suelo, en sectores de la vega con y sin degradación, utilizando un higrómetro digital (0-50%) para suelos, 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 nasturium-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 eliminada o detenida. 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 4).

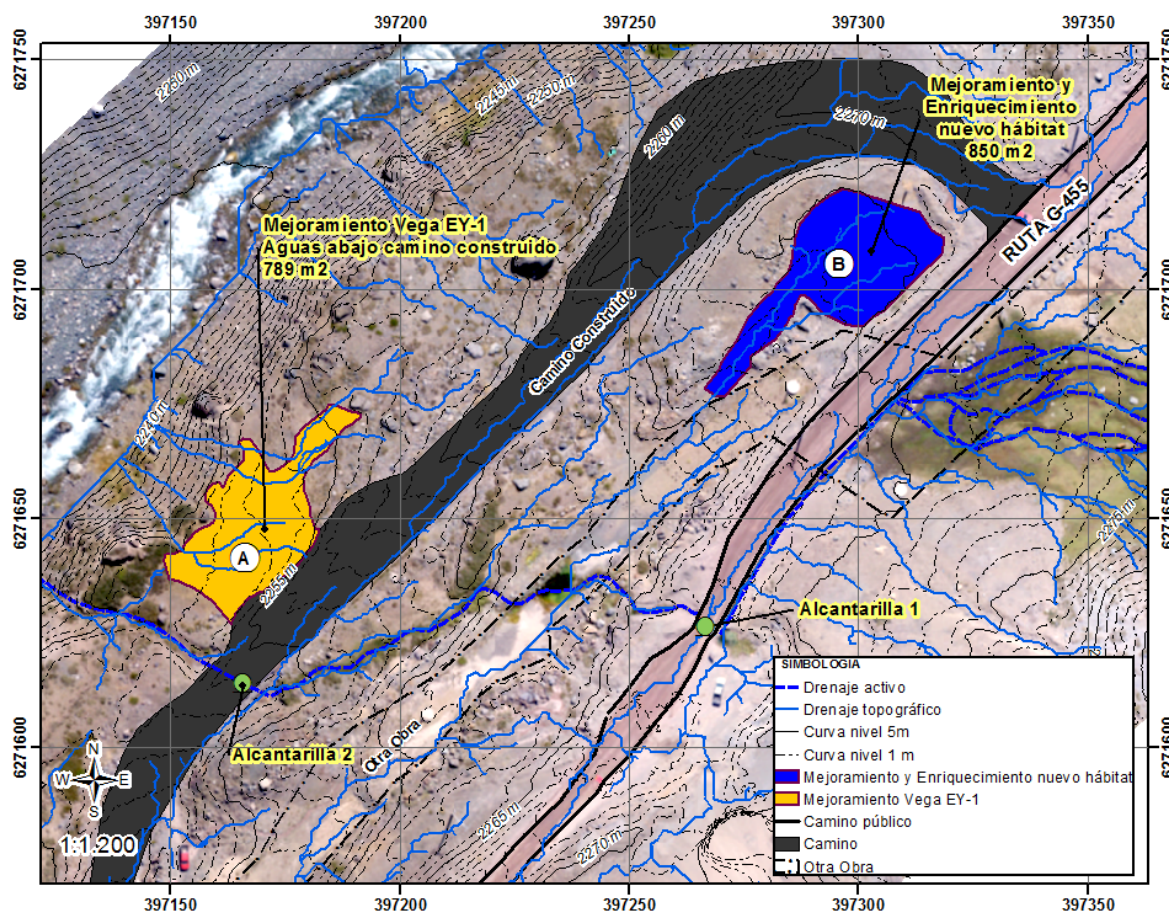


Figura 4. Áreas de manejo.

### 4.1. Mejoramiento vega EY-1 aguas abajo del camino de acceso al puente el Yeso

El área de mejoramiento de la vega degradada, corresponde al hábitat afectado aguas abajo del camino construido que tiene una superficie de 789 m<sup>2</sup> (figura 4). 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 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 m<sup>3</sup> 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 (figura 5 y 6). Teniendo en cuenta que el caudal del escurrimiento<sup>2</sup> 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 carga<sup>3</sup> 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.

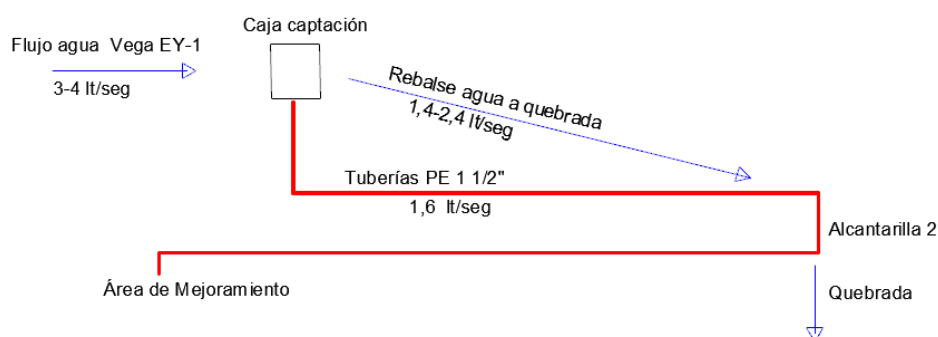


Figura 5. Esquema de captación de agua, Mejoramiento Vega EY-1 aguas abajo camino construido.

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

<sup>3</sup> 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.



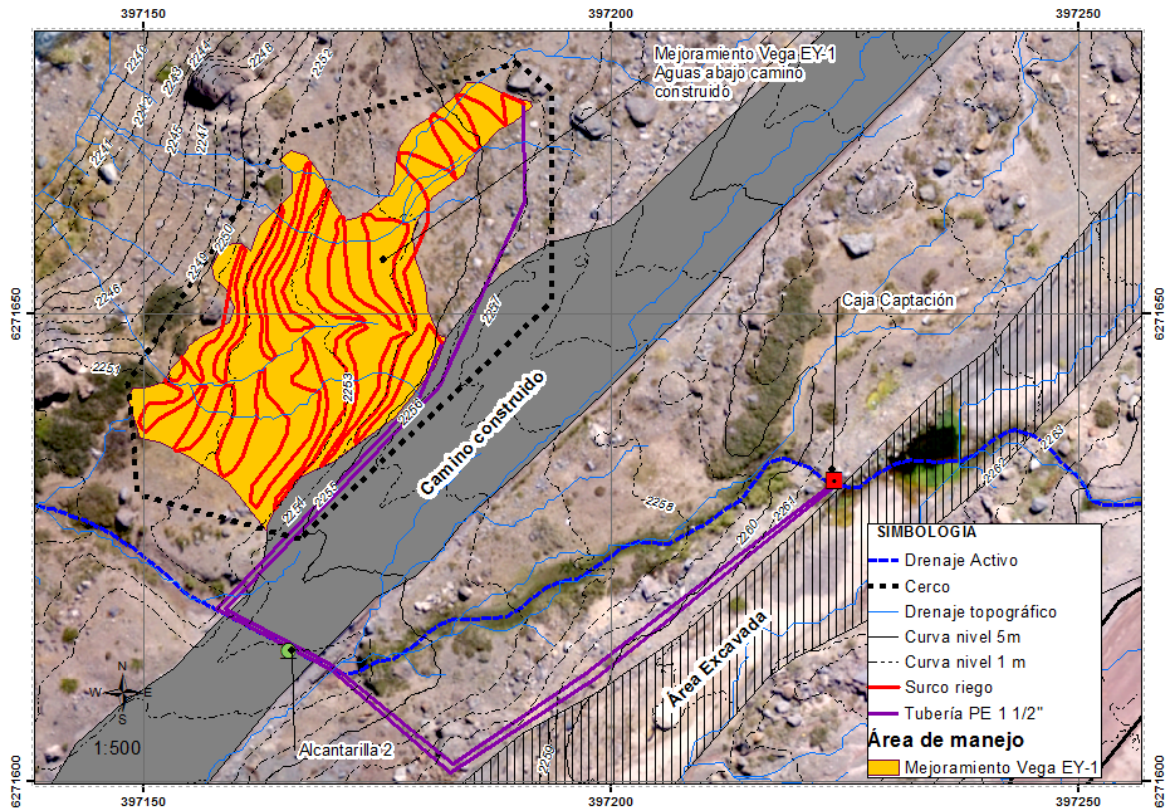


Figura 6. Diseño de riego y captación de agua en zona de mejoramiento de Vega EY-1



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



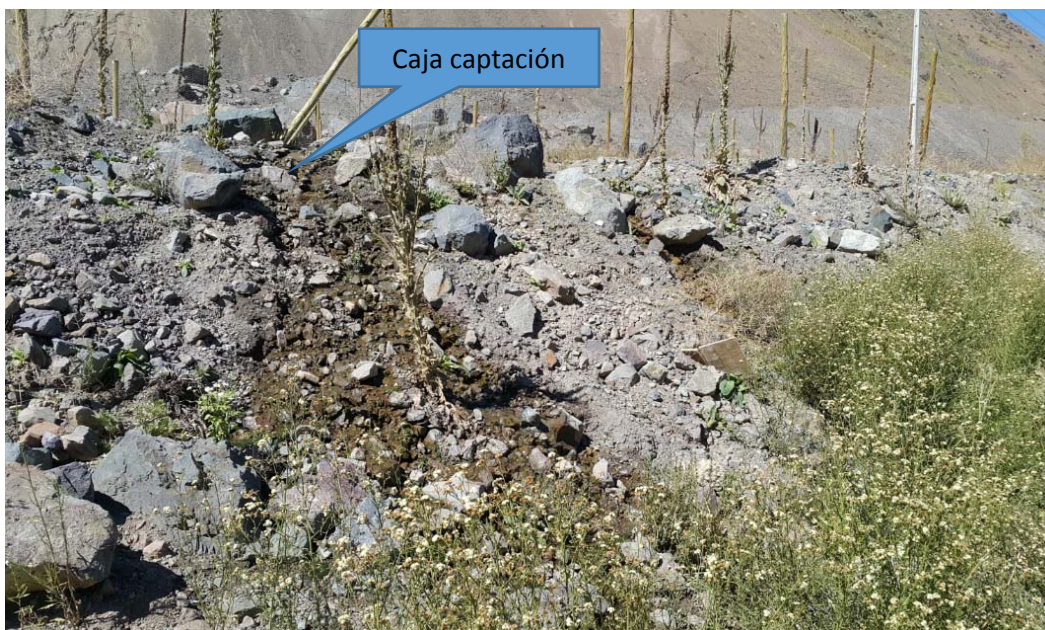


Foto 3. Esguerrimiento de agua que será aprovechada y captada.

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 7). 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.

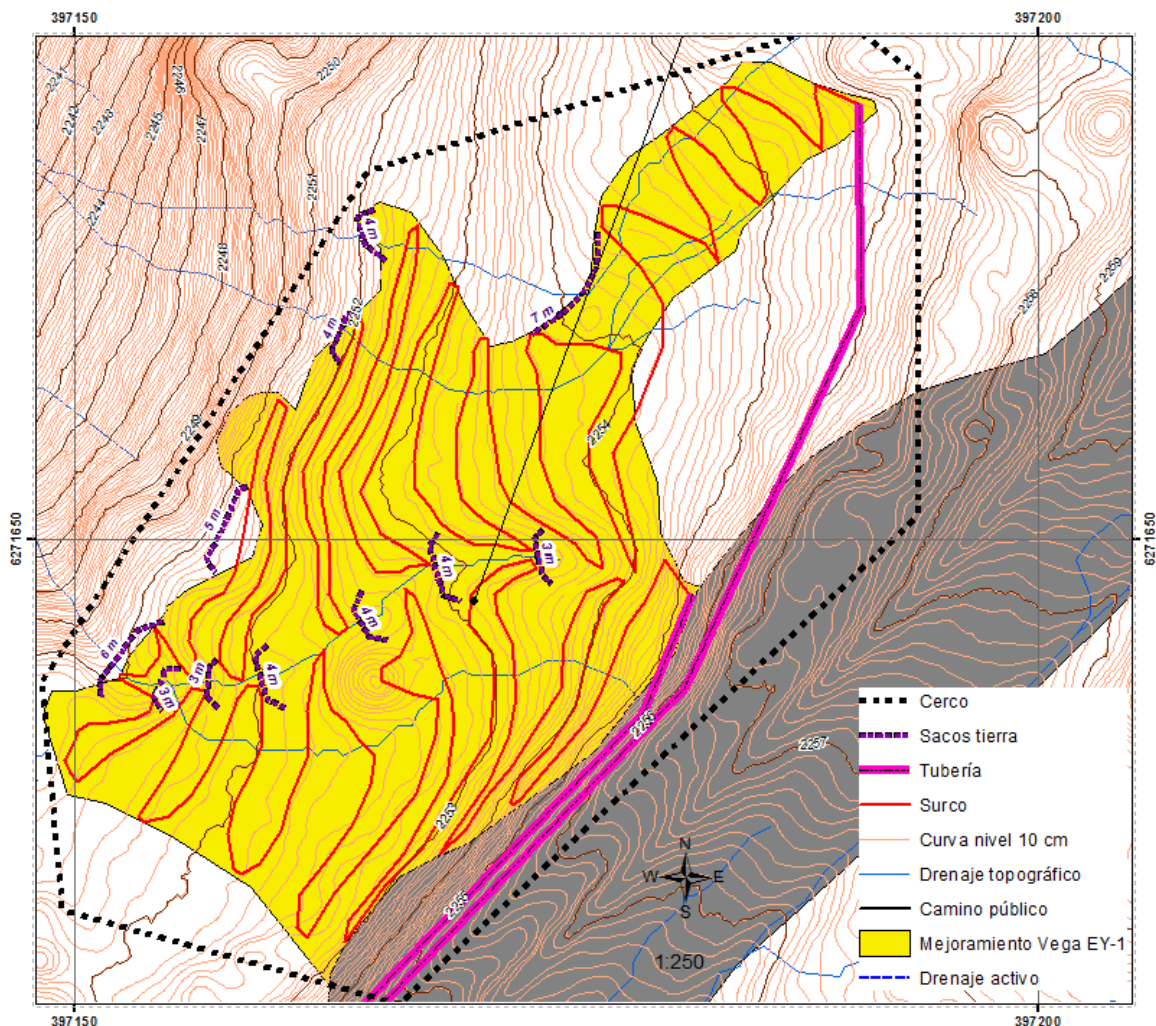


Figura 7. Diseño de riego por surcos área de recuperación

#### 4.1.2. Instalación de muros de sacos de tierra.

Se instalarán algunos muros de sacos de malla raschel rellenos con tierra, 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. De acuerdo al diagnóstico de la vegetación el área degradada (Mitiga, 2017), las especies existentes en el área de recuperación y que son más representativas, son *Eleocharis melanomphala*, *Polypogon australis* y *Carex Gayana*, por lo que se estima serían éstas las primeras en propagarse en forma natural, tanto en número como en cobertura.

#### 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 8 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).
- 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.



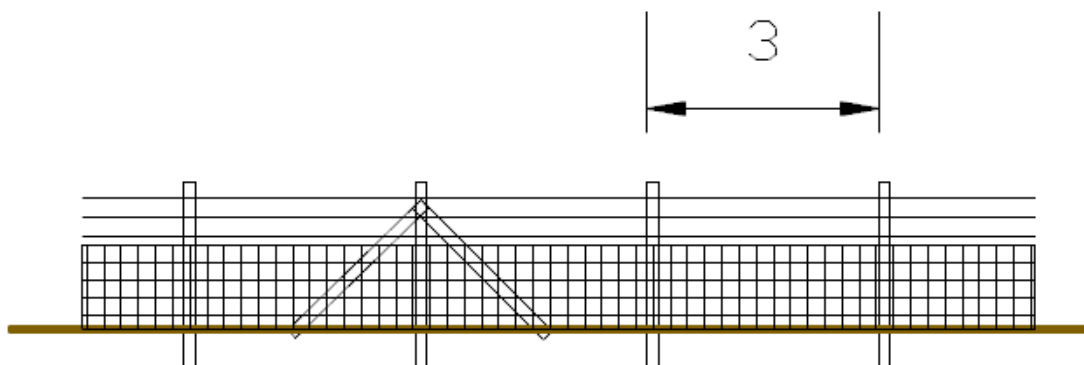


Figura 8. Diseño de cerco área de reparación.

#### 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 de acceso al puente El Yeso fue de  $446 \text{ m}^2$ , el presente plan de manejo ha considerado realizar el mejoramiento de un nuevo hábitat y enriquecimiento en una superficie mayor, ascendente a  $850 \text{ m}^2$ , 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  $850 \text{ m}^2$ , 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/m<sup>2</sup> y luego se mezclará con rotovator o ripper.

El flujo de agua será restituido, implementando 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 m<sup>3</sup> 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 (figura 9 y 10).

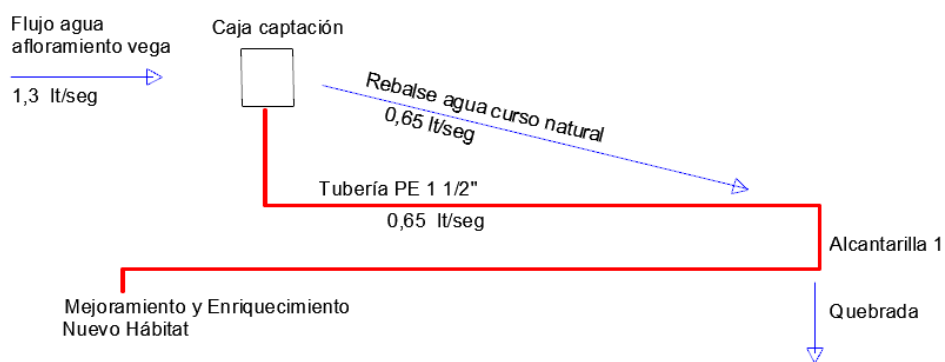


Figura 9. Esquema sistema de captación y conducción para área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat

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 carga<sup>4</sup> 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.

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

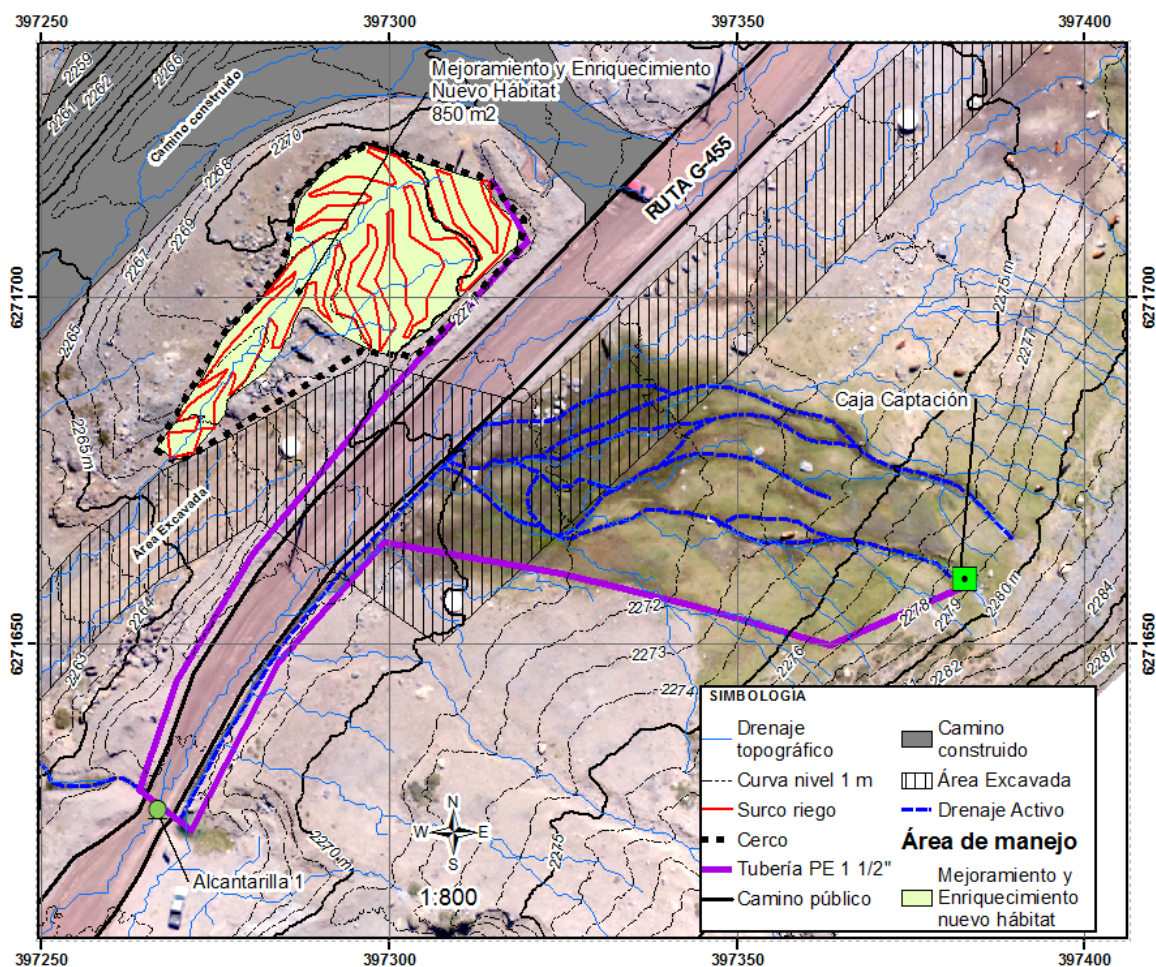


Figura 10. Diseño de riego y captación de agua, área mejoramiento y enriquecimiento nuevo hábitat

<sup>4</sup> 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.



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

A la salida de la tubería de conducción, el caudal se separará en dos flujos iguales, y 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. De acuerdo al diseño establecido, se considera aproximadamente 427 m lineales de surcos para el nuevo hábitat.

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.



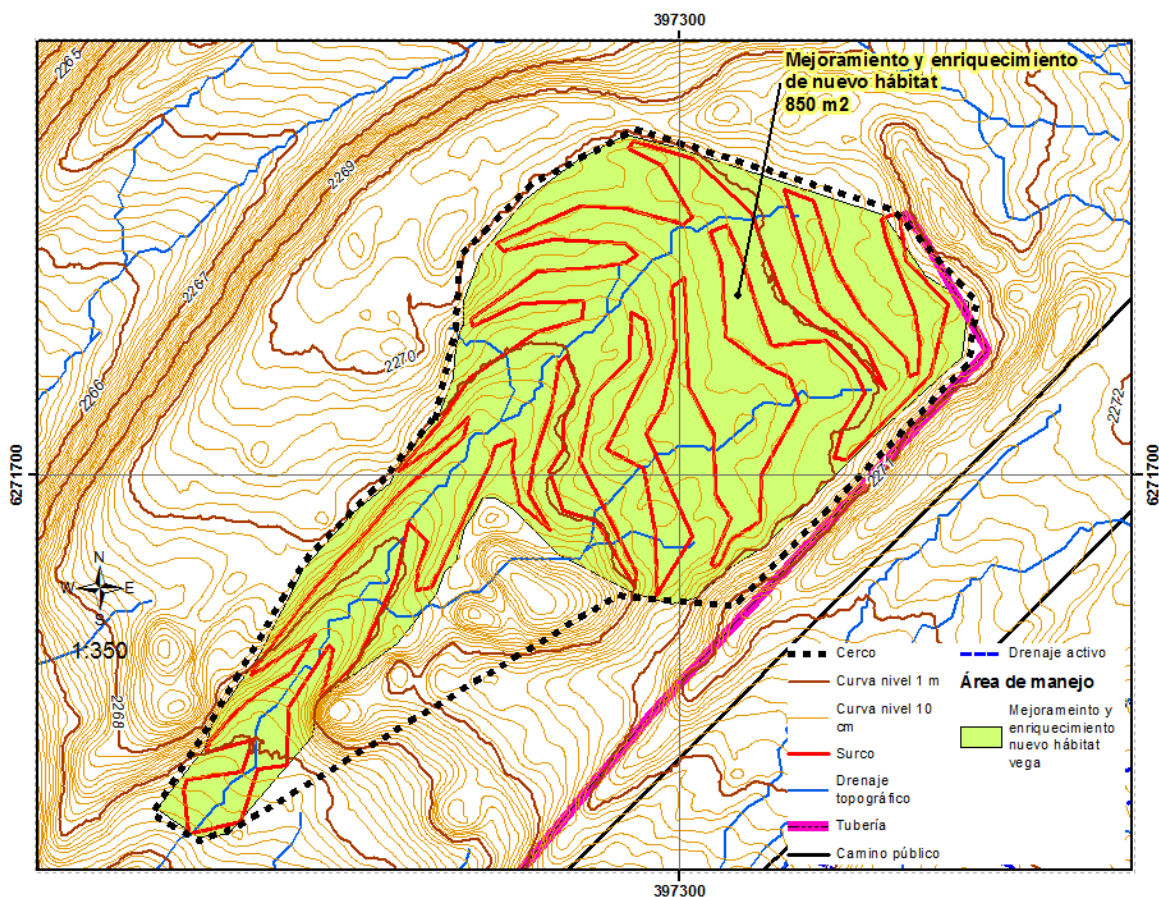


Figura 11. Diseño riego área de mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat.

#### 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 20% en forma continua. Éstos serán plantados en un borde del surco aguas abajo, con un espaciamiento de 0,4 m, por lo tanto, al considerar que la longitud total de surcos es de 427 m, serán requeridos unos 1.100 tepes. 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 m<sup>2</sup>, los tepes podrán ser colectados a un espaciamiento de 1,5 m, lo cual corresponde a una densidad de extracción de 2,25 tepes/m<sup>2</sup>.

#### 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 11), 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 12|Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

- 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.

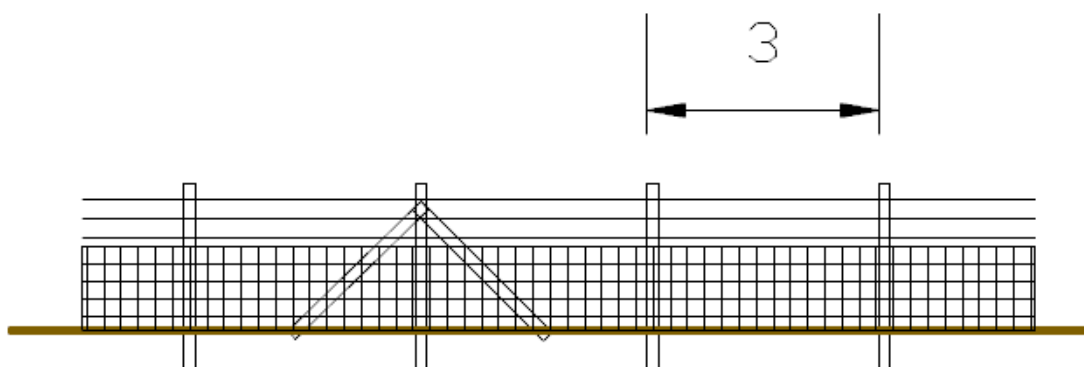


Figura 12. Cerco área de generación de nuevo hábitat.

## 5. Plan de Monitoreo y evaluación

Para dar seguimiento y evaluar el éxito del acondicionamiento del hábitat, la restitución del flujo de agua, la humedad del suelo, la propagación y recuperación de la vegetación azonal, y también el establecimiento de la plantación de tepes en el corto plazo, se ejecutará el plan de monitoreo y evaluación que se presenta en este capítulo.

Sin perjuicio que el plan de monitoreo establece variables de control que serán medidas periódicamente en las dos áreas de manejo, el cumplimiento de la acción se realizará sobre la base de aquellas variables que mejor reflejan la eficacia de las acciones comprometidas.

Además, el plan de monitoreo ha considerado el seguimiento de la vega activa, aguas arriba del camino público G-455, con el fin de vigilar su estado y realizar su seguimiento.

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 detecten, en su caso.

### 5.1. Área de Mejoramiento de Vega EY-1 aguas abajo de camino construido

En esta área de manejo se restituirá el flujo de agua en toda el área manejo, aumentando la distribución de la humedad del suelo, mejorando las condiciones del hábitat y produciendo a mediano plazo una regeneración pasiva de la vegetación azonal. Para dar seguimiento a la efectividad de esta acción, se ha considerado el monitoreo de las variables de estado que se indican en la siguiente tabla.

*Tabla 4. Variables de control del Monitoreo en Área de Mejoramiento de Vega EY-1*

Variable	Unidad medición	Tamaño Muestra
Contenido de humedad del suelo	%	25 puntos
Cobertura vegetal	%	10 transectos
Riqueza	N° de especies	10 transectos
Caudal de riego	Lt/seg	2 puntos

Para evaluar el grado de cumplimiento de esta acción de mejoramiento, se utilizará el Indicador de Cumplimiento construido para estos efectos sobre la base de tres variables representativas de la acción, las que serán medidas al término del período de monitoreo y evaluación. Las tres variables representativas son las siguientes: Contenido de humedad del suelo (%), Cobertura de vegetación (%) y Riqueza de especies. Para realizar la evaluación, se procederá, en primer lugar, con la normalización de los valores obtenidos en cada variable en base al Valor de Mejoramiento Esperado definido para cada una de ellas. Luego, se calculará el producto entre los valores normalizados y el valor de ponderación definido para cada variable de acuerdo a su importancia como indicador de éxito. En este sentido, se ha asignado un mayor valor de ponderación a la variable Contenido de humedad del suelo, por considerarse esta un indicador basal de hábitat que posibilita la expresión de las variables referidas a vegetación (Cobertura y Riqueza). Las variables Riqueza y Cobertura han sido definidas con una ponderación equivalente. Finalmente, el Indicador de Cumplimiento de la

acción se obtiene a partir de la suma de los productos entre los valores normalizados y los valores de ponderación de las tres variables consideradas (Tabla 5).

Cabe señalar que en el estudio de diagnóstico de la vega EY-1 (MITIGA, 2017), los valores medidos para la variables del indicador de cumplimiento en el sector de vega degradada ubicado aguas abajo del camino de acceso al puente El Yeso, fueron los siguientes: 5,2% de Contenido de humedad del suelo; 56% de Cobertura vegetal ; y 14 de Riqueza especies. Estos valores serán considerados como estándares de referencia para la presente acción de mejoramiento de hábitat.

Tabla 5. Indicadores de Cumplimiento

Variable	Unidad medición	Valor de Mejoramiento Esperado	Valor obtenido normalizado	Ponderador (%)
Contenido de humedad suelo (CH)	%	20%	[ Valor CH / 20 ]	50
Cobertura de vegetación (CV)	%	65%	[ Valor CV / 65 ]	25
Riqueza de especies (RE)	N° de especies	14	[ Valor RE / 14 ]	25
Indicador de Cumplimiento PdC Id 1.2 <sup>5</sup>				100%

Para el monitoreo del Contenido de humedad del suelo, se proponen 25 puntos de medición a un costado de los surcos (aproximadamente a 20 cm del surco), los que se distribuirán a lo largo del surco cada 20 m (figura 13). 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 13), y en el cual se registrarán todas las especies vasculares que interceptan la línea de muestreo, estableciendo porcentajes relativos y absolutos de cobertura de cada especie.

<sup>5</sup> Indicador de Cumplimiento = (Valor obtenido normalizado CH x Ponderador CH) + (Valor obtenido normalizado CV x Ponderador CV) + (Valor obtenido normalizado RE x Ponderador RE).



Es preciso señalar que la ubicación definitiva de los puntos de monitoreo propuestos en la figura 13 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:

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

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

$$\begin{array}{lcl} \text{Cobertura total de} & & \\ \text{vegetación (\%)} & = & \text{Promedio de los valores de cobertura de los transectos} \end{array}$$

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.

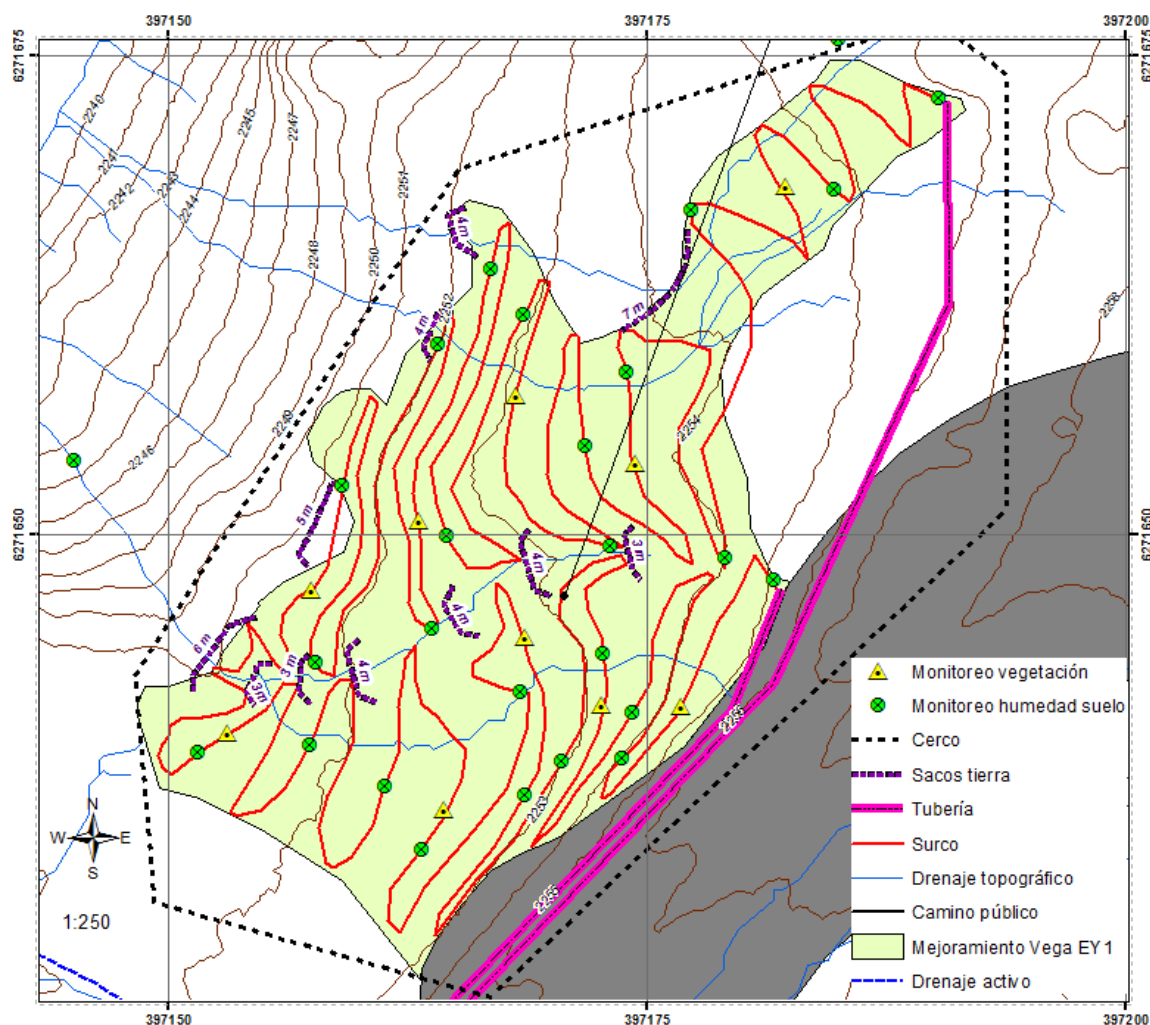


Figura 13. Diseño propuesto para el monitoreo en área de Mejoramiento de Vega EY-1.

## 5.2. Área mejoramiento de nuevo hábitat y enriquecimiento

El nuevo hábitat de vega ha sido diseñado 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, lo que aportará la base estructural de un ecosistema de vega. Para dar seguimiento a la efectividad de esta acción se implementará el monitoreo de las variables de estado que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 6. Variables de control del Monitoreo en Área de Mejoramiento y enriquecimiento de nuevo Hábitat

Variable	Unidad medición	Tamaño Muestra
Contenido de humedad del suelo en nuevo hábitat	%	20 puntos
Cobertura vegetal en nuevo hábitat	%	10 transectos
Riqueza en nuevo hábitat	N° especies	10 transectos
Sobrevivencia de tepes	%	15 transectos 6 m (300 tepes)
Estado sanitario de tepes	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bueno</li> <li>2. Regular</li> <li>3. Malo</li> <li>4. Muy malo</li> </ol>	15 transectos (300 tepes)

Para evaluar el grado de cumplimiento de la acción de mejoramiento de nuevo hábitat y enriquecimiento, se utilizará el Indicador de Cumplimiento elaborado sobre la base de tres variables representativas de la acción, las que serán medidas al término del período de monitoreo y evaluación. Las tres variables representativas son las siguientes: Contenido de humedad del suelo en nuevo hábitat (%), Riqueza en nuevo hábitat (N° especies) y Sobrevivencia de tepes (%). Para realizar la evaluación, se procederá, en primer lugar, con la normalización de los valores obtenidos en cada variable en base al Valor de Mejoramiento Esperado definido para cada una de ellas. Luego, se calculará el producto entre los valores normalizados y el valor de ponderación definido para cada variable de acuerdo a su importancia como indicador de éxito. En este sentido, se ha asignado un mayor valor de ponderación a la variable Contenido de humedad del suelo, por considerarse esta un indicador basal de hábitat que posibilita la expresión de las variables referidas a vegetación (Riqueza y Sobrevivencia de tepes). Las variables Riqueza y Sobrevivencia de tepes han sido definidas con una ponderación equivalente. Finalmente, el Indicador de Cumplimiento de la acción se obtiene a partir de la suma de los productos entre los valores normalizados y los valores de ponderación de las tres variables consideradas (Tabla 7).

Tabla 7. Indicadores de Cumplimiento.

Variable	Unidad medición	Valor de Mejoramiento Esperado	Valor obtenido normalizado	Ponderador (%)
Contenido de humedad suelo (CH)	%	20%	[ Valor CH / 20 ]	50
Riqueza de especies (RE)	N° de especies	3 especies <sup>6</sup>	[ Valor RE / 3 ]	25
Sobrevivencia de tepes (ST)	%	50%	[ Valor ST / 50 ]	25
Indicador de cumplimiento PdC Id 1.1 <sup>7</sup>				100%

Para el monitoreo del Contenido de humedad del suelo en el nuevo sitio, se proponen 20 puntos de medición a un costado de los surcos (aproximadamente a 20 cm del surco), lo que se distribuirán a lo largo del surco cada 20 m (figura 14). Las mediciones se realizarán con un higrómetro digital portátil para suelos.

Para medir los resultados de importación de suelo vegetal con propágulos, se estimará la cobertura y la riqueza de la vegetación, para lo cual se efectuarán 10 transectos de 2 m cada uno (figura 14) en el lado del surco donde se dispuso el suelo, y se registrarán todas las especies de flora que interceptan la línea de muestreo, estableciendo porcentajes relativos y absolutos de cobertura de cada especie.

<sup>6</sup> Se espera que se regeneren al menos las especies con mayores coberturas en una situación de vega perturbada las cuales corresponden a *Festuca rubra*, *Eleocharis lechleri* y *Carex gayana*.

<sup>7</sup> Indicador de Cumplimiento = (Valor obtenido normalizado CH x Ponderador CH) + (Valor obtenido normalizado RE x Ponderador RE) + (Valor obtenido normalizado ST x Ponderador ST).



La cobertura se calculará de la siguiente manera:

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

$$\text{Cobertura absoluta de un transecto (\%)} = \frac{\text{Sumatoria de las coberturas absolutas de todas las especies presentes en un transecto determinado}}{\text{Nº de transectos}} \times 100$$

$$\text{Cobertura total de vegetación (\%)} = \frac{\text{Promedio de los valores de cobertura de los transectos}}{\text{Nº de transectos}} \times 100$$

Para calcular el % de sobrevivencia de los tepes, se emplearán 20 transectos, considerando los mismos puntos donde se medirá la humedad dentro del surco. Los transectos serán de 6 m, y en cada uno se monitorearán 20 tepes, alcanzando un total de 400 tepes. Para determinar el estado sanitario de los tepes dentro del mismo transecto, estos serán clasificados según el estado de apariencia y vitalidad que presente el tepe, de acuerdo a las siguientes categorías:

1. *Bueno. Apariencia de déficit menor al 25%, y plantas vigorosas*
2. *Suficiente. Apariencia de déficit entre 25%-50%, algunas plantas presentan en parte de su tejido algo de necrosis.*
3. *Malo. Apariencia de déficit entre 50%-75%. Muy pocas plantas vigorosas, y en general presenta un color amarillento.*
4. *Muy malo. Apariencia de déficit mayor a 75%, prácticamente muerto, sin signo de recuperación y color oscuro.*

Es preciso señalar 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.

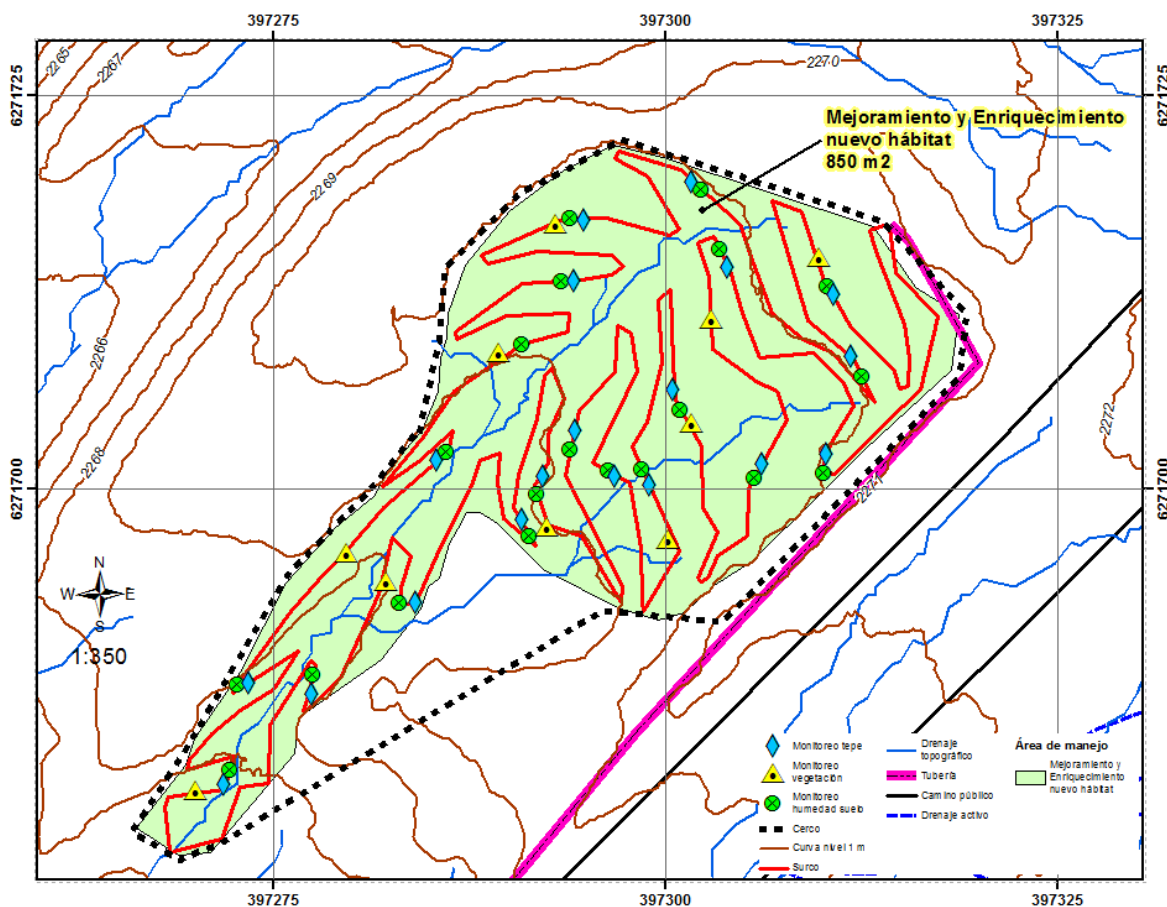


Figura 14. Diseño propuesto para el monitoreo en el área de Mejoramiento de nuevo hábitat y enriquecimiento.

### 5.3. Área de Vega no perturbada

En la vega no perturbada, ubicada en el sector aguas arriba del camino público G-455, se realizará el monitoreo del Contenido de humedad del suelo en 20 puntos, así como el monitoreo de la vegetación en los sectores de extracción de tepales (Figura 14).

Las mediciones de Contenido de humedad del suelo se realizarán con un higrómetro digital portátil, en puntos que se ubicarán aproximadamente a un metro de distancia del flujo de agua en escurrimiento.

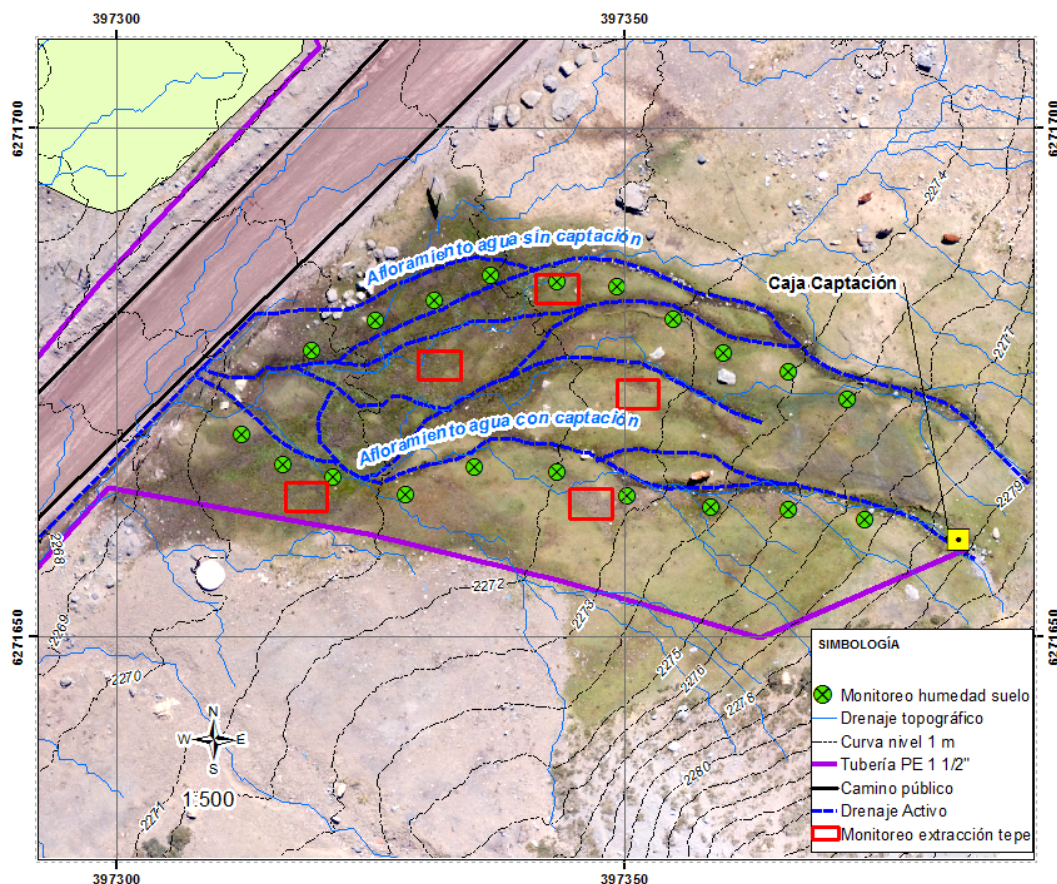


Figura 14. Puntos de monitoreo propuestos para el sector Vega no perturbada.

Por su parte, para el monitoreo de la evolución de los sectores de vega con extracción de los tepes ( $2,25 \text{ tepes/m}^2$ ), se implementarán cinco parcelas de  $12 \text{ m}^2$  cada una, donde mediante inspección visual se registrará su estado, de acuerdo a las siguientes categorías: Bueno, Suficiente, Malo, Sin cicatrización.

#### 5.4. Frecuencia de monitoreo

Se ha considerado una frecuencia de monitoreo mensual, desde Diciembre de 2017 hasta Marzo de 2018. La evaluación de los indicadores de cumplimiento se realizará durante campaña de terreno programada para el mes de marzo de 2018 y su procesamiento y análisis se efectuará en abril de 2018.

## 6. Plan de Mantenimiento

El Plan de mantenimiento considera una inspección de frecuencia quincenal y actividades de mantenimiento de frecuencia mensual que sean requeridas de acuerdo a la inspección, y de acuerdo a los resultados del monitoreo. Las actividades de este plan 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, que se ejecutará una vez al mes, se efectuarán actividades tales como la limpieza de las dos alcantarillas, de las cámaras de captación, el mantenimiento de los surcos de riego y los trabajos de arreglo en los cercos. 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 las 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. En este caso, los trabajos estarán dirigidos a correcciones de captación y flujo de agua, humedad del suelo, o bien, algunas mejoras que surjan para aumentar la sobrevivencia de los tepes plantados.

## 7. Cronograma

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



*Tabla 8. Cronograma general*

ACTIVIDADES	2017				2018			
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Ejecución Plan de Actividades de Mejoramiento de Vega EY-1 y Plan de Actividades de Mejoramiento y enriquecimiento de nuevo hábitat								
Ejecución Plan de Monitoreo y de Mantenimiento.								
Generación de Reporte de 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.ceh.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](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.
- Mitiga, 2017. Diagnóstico de la perturbación Vega EY-1. Altomaipo 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](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, Vhile Central. Boletin 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 Conservaión 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. Guia 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.

.