Apéndice 01.

Actualización Plan de restauración de la geomorfología y revegetación

ÍNDICE

A. PRESENTACIÓN 1

B. OBJETIVOS 3

B.1 Objetivo general 3

B.2 Objetivos específicos 3

C. ANTECEDENTES GENERALES 4

C.1 Antecedentes del proyecto 4

C.2 Caracterización de la geomorfología del área de influencia del proyecto 7

C.3 Caracterización de la vegetación del área de influencia del proyecto 10

C.4 Descripción de Unidades Homogéneas de Vegetación 12

D. PROGRAMA DE RESTAURACIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA 14

E. PROGRAMA DE REFORESTACIÓN Y REVEGETACIÓN 18

E.1 Especificaciones técnicas para la ejecución de las actividades de reforestación y revegetación 31

E.1.1 Selección de especies y densidades de plantación 31

E.1.2 Obtención y selección de plantas 35

E.2 Implementación del programa de revegetación 37

E.2.1 Preparación de sitio 37

E.2.2 Técnicas de plantación 38

E.2.3 Diseño de Plantación 38

E.2.4 Medidas de Protección para la reforestación y forestación con especies nativas 40

E.3 Actividades de mantención para asegurar el éxito de la medida 40

F. PLAN DE MONITOREO E INDICADORES DE ÉXITO 41

F.1 Programa de restauración de la geomorfología 41

F.2 Programa de revegetación 41

G. CRONOGRAMA 42

TABLAS

Tabla 1. Superficie en hectáreas de obras permanentes y temporales asociadas al Proyecto. .. 6

Tabla 2. Superficie afecta a corta de las unidades homogéneas en el área del Proyecto. 11

Tabla 3. Superficie y porcentaje de tipo/sub-tipo forestal presentes en el área del Proyecto. 13

Tabla 4. Superficies de afectación y restauración del componente edáfico por obra y temporalidad. 17

Tabla 5. Actividades y acciones por unidad homogénea y temporalidad. 20

Tabla 6. Actividades de recuperación y formaciones vegetacionales actuales de referencia. .. 31

Tabla 7. Densidad estimada de plantación de especies arbóreas y arbustivas para la reforestación..... 33

Tabla 8. Densidad estimada de plantación de especies arbóreas y arbustivas para la revegetación en matorrales..... 34

Tabla 9. Densidad estimada de plantación de especies para la revegetación de praderas y praderas con árboles y/o arbustos. 35

Tabla 10. Atributos morfológicos de las plantas en vivero. 36

Tabla 11. Carta Gantt con las actividades a realizar post-desmantelamiento de obras temporales y permanentes (año 1 al 3). 43

Tabla 12. Carta Gantt con las actividades a realizar post-desmantelamiento de obras temporales y permanentes (año 4 y 5). 44

Tabla 13. Carta Gantt con las actividades a realizar post-desmantelamiento de obras temporales y permanentes (año 5 y 6). 45

FIGURAS

Figura 1. Ubicación o área de emplazamiento del Proyecto en relación con las regiones del Maule y Ñuble. 5

Figura 2. Mapa geomorfológico local del área del parque eólico y línea de transmisión del Proyecto Parque Eólico El Sauzal. 9

Figura 3. Geomorfología de las áreas de adecuación de la infraestructura vial. 10

Figura 4. Actividades de recuperación para cada Unidad Homogénea (UHV) que se intervendrá. 21

Figura 5. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Aerogeneradores 1 al 17. 22

Figura 6. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Aerogeneradores 16 al 24. 23

Figura 7. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Aerogeneradores del 19 al 35..... 24

Figura 8. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Aerogeneradores 36 al 40 y obras anexas. 25

Figura 9. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Aerogeneradores 41 al 45, obras anexas y sección de Línea de transmisión. 26

Figura 10. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Sección 2 Línea de transmisión. 27

Figura 11. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Sección 3 Línea de transmisión. 28

Figura 12. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Sección 4 Línea de transmisión. 29

Figura 13. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Sección 5 Línea de transmisión. 30

Figura 14. Descripción gráfica de plantación..... 38

Figura 15. Esquema de plantación en núcleos. 39

A. PRESENTACIÓN

El presente Plan de Restauración se desarrolla según lo estipulado en el artículo 18, literal c.7. del D.S. N°40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente. Su objetivo es definir y detallar las acciones destinadas a restaurar la geoforma, la vegetación y los componentes ambientales que resulten afectados durante la ejecución del Proyecto “Parque Eólico El Sauzal”, en adelante “el Proyecto".

El Proyecto consiste en la construcción y operación de un parque eólico (PE) compuesto por 45 aerogeneradores, con una potencia instalada total de 360 MW, y una línea de transmisión eléctrica aérea (LT) de 220 kV y 27,91 km de longitud. Las obras se emplazarán en las comunas de Cauquenes y Quirihue, correspondiente a las provincias de Cauquenes e Itata, y regiones de Maule y Ñuble, respectivamente. Para la evacuación de su energía al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el Proyecto contempla la conexión a la subestación en desarrollo Nueva Cauquenes, propiedad de Mataquito Transmisora de Energía S.A. En adición, para la construcción del Proyecto se requerirá de la habilitación de obras complementarias de infraestructura vial, las cuales se ubicarán en las comunas de San Nicolás, San Carlos y Ninhue.

Como parte del proceso de evaluación ambiental y del desarrollo de la ingeniería, el Proyecto Parque Eólico El Sauzal ha incorporado una serie de ajustes técnicos y logísticos. Estas modificaciones responden a la necesidad de optimizar el diseño, mejorar la eficiencia constructiva y reducir potenciales impactos ambientales.

Entre las principales actualizaciones se incluyen:

- Reducción de la altura del buje de los aerogeneradores, pasando de 200 a 175 metros.
- Cambio en la materialidad de las torres de los aerogeneradores, las cuales serán construidas completamente en acero, eliminando el diseño híbrido (hormigón y acero).
- Eliminación de la obra temporal denominada Zona de Acopio de Dovelas (ZAD), debido a la modificación en el tipo de torre.
- Ajustes en la ubicación de las plataformas de los aerogeneradores AG-31, AG-34 y AG-35.
- Incorporación de un nuevo acceso para vehículos livianos a través de la Ruta 126 (Los Conquistadores).
- Modificación de los caminos de acceso a la Línea de Transmisión (LT).

Adicionalmente, el documento se actualizó según las observaciones realizadas en el informe Consolidado de Solicitud de Aclaraciones, Rectificaciones o ampliaciones al Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto, por lo que, para facilitar la comprensión de las actualizaciones realizadas, estas se presentan destacadas en color azul dentro del documento

La ejecución de partes, obras y acciones del proyecto conllevará a la intervención de áreas caracterizadas por una geomorfología y formaciones vegetales particulares, donde se requiere de la reposición de suelo fértil tras el cese de la obra, la remodelación o restitución de la geomorfología original, y la revegetación del terreno, específicamente, en aquellas zonas que no se van a ocupar de forma permanente por las nuevas instalaciones luego del cese de las obras. Por tanto, sobre dichas áreas, el presente plan de restauración permite el mejoramiento en las condiciones del suelo luego de las obras, sumado a la revegetación con especies vegetales claves que evitarían la erosión y perdida de cobertura vegetal en el sector.

El Proyecto contempla una intervención de 429,49 ha aproximadamente. Dentro de esta superficie se consideran unidades de vegetación nativas y plantaciones forestales que se verán intervenidas, considerando la cartografía de la vegetación descrita en el **Anexo 06. Actualización Línea Base Flora y Vegetación** de la **Adenda**, donde se describen las unidades homogéneas de vegetación presentes.

B. OBJETIVOS

B.1 Objetivo general

Recuperar la geomorfología y la vegetación de la condición similar del lugar de emplazamiento del proyecto, actividad que se realizará una vez finalizada la fase de cierre de obras temporales y permanentes del Parque Eólico El Sauzal.

B.2 Objetivos específicos

- Diseñar un programa de actividades para la restauración de la geomorfología del área de influencia del proyecto post cierre de obras temporales y post cierre del proyecto.
- Definir estrategias de recuperación para el desarrollo del plan de revegetación post cierre de obras temporales y cierre del proyecto.
- Determinar especies objetivo para cada formación vegetacional.
- Especificar técnicas para la ejecución del plan de revegetación.
- Diseñar un plan de monitoreo e indicadores de éxito para el programa de restauración de geomorfología y revegetación.

C. ANTECEDENTES GENERALES

C.1 Antecedentes del proyecto

El Proyecto consiste en la construcción y operación de dos obras principales: el Parque Eólico (PE) y su línea de transmisión eléctrica (LT) asociada. El PE tendrá una potencia máxima instalada de 360 MW y estará conformado por 45 aerogeneradores, una subestación elevadora, caminos de interconexión vial y una línea subterránea de interconexión eléctrica. El Proyecto se conectará al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) por medio de una línea eléctrica de alta tensión de 220 kV con una longitud de 27,91 km, la que conectará con la subestación en desarrollo Nueva Cauquenes, propiedad de Mataquito Transmisora de Energía S.A. (**Figura 1).**

El Proyecto estará compuesto por obras temporales y permanentes, las que abarcarán una superficie total aproximada de 429,49 ha, correspondiente a 420,89 ha por obras permanentes y 8,60 ha por obras temporales (**Tabla 1**).

La totalidad de las modificaciones se encuentran detalladas en el **Anexo 01. Actualización Descripción de Proyecto** de la **Adenda**.

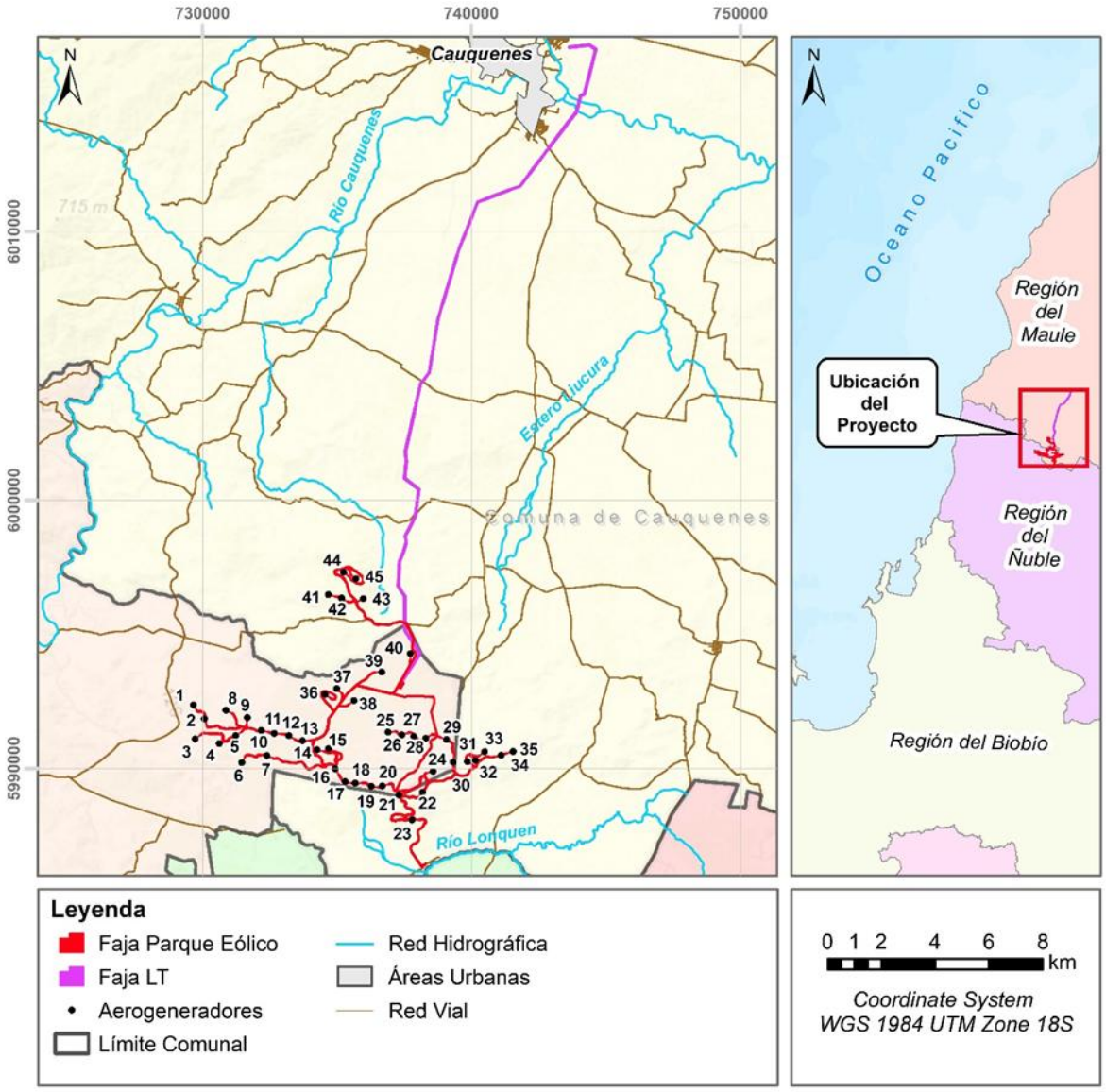


Figura 1. Ubicación o área de emplazamiento del Proyecto en relación con las regiones del Maule y Ñuble.

Tabla 1. Superficie en hectáreas de obras permanentes y temporales asociadas al Proyecto.

Obras Temporales (8,60 ha)	
	Superficie (ha)
Faja Plaza de tendido eléctrico	2,64
Faja Obras anexas	5,96
Obras Permanentes (420,89 ha)	
	Superficie (ha)
Faja de obra-Caminos y red de interconexión	83,00
Faja de obra-plataforma AG y red de interconexión	87,67
Faja Línea de transmisión	115,90
Faja Obras de acceso	6,69
Faja Botaderos	110,36
Faja Maniobra de aspa	4,52
Faja subestación	2,62
Faja Caminos de acceso a Línea de transmisión	10,01
Faja Fundación estructuras de transmisión	0,13

La fase de construcción del Proyecto durará aproximadamente 36 meses, comenzará en enero de 2029 y finalizará en febrero 2032. Se considera un periodo mínimo de vida útil de 35 años. Posterior a este plazo se evaluará la opción de mantener, modernizar o dejar de operar el Proyecto. Se estima que la fecha aproximada para el cese de actividades es en marzo de 2067 y el desarme y cierre definitivo es en marzo de 2068 (12 meses) (Capítulo 1. Descripción de proyecto del EIA y **Anexo 01. Actualización Descripción de Proyecto** de la **Adenda**).

Las acciones que implicarán la modificación de la geomorfología son:

Construcción Parque Eólico:

- Accesos, atraviesos, caminos internos y cruces de cursos de agua: Se realizará un escarpe de 30 cm, en promedio, para remover la capa vegetal.
- Plataformas de construcción y acopio: Se realizará un escarpe de 30 cm, en promedio, para remover la capa vegetal. También se realizarán excavaciones, con las cuales se extraerá el material (suelo) necesario para la estabilización del terreno.
- Fundaciones y plataformas de operación: La fundación corresponde una zapata circular de 36 m de diámetro inferior y profundidad de 4 m. Su materialización implica principalmente excavación, estabilización de suelo y proceso de agotamiento de agua, en caso de ser

requerido. La excavación consiste en la extracción de material de cualquier naturaleza hasta una profundidad máxima de 5 m, por aerogenerador, el cual será extraído mediante retroexcavadora, cargador frontal y camiones tolvas.

- Canalización subterránea (zanjas): Esta canalización será por medio de zanjas de conducción eléctrica, las cuales se emplazarán de forma contigua y paralelas a los caminos de interconexión.
- Subestación: consiste en la limpieza de las áreas de ocupación efectiva por medio de escarpe. También se realizarán excavaciones con el objetivo de extraer el material necesario para la estabilización del terreno.

Construcción de Línea de transmisión:

- Instalación de Faenas 1 LT e instalación de faenas 2 LT: Se habilitarán las diferentes superficies relacionadas a estas obras, por medio de escarpe, limpieza, corte y retiro de suelo y compactación, lo cual se refiere al retiro de la capa superior del suelo y retiro de todo elemento que impida el correcto funcionamiento y conectividad de las diferentes dependencias, además del adecuado flujo y estacionamiento de vehículos y maquinarias.
- Accesos: El proyecto contempla la construcción y mejora de accesos necesarios para la conectividad de la línea de transmisión con los caminos públicos existentes. Las acciones necesarias, corresponden a escarpe y limpieza del área de relleno estructural de la carpeta, colocación de paquete estructural y colocación de señales de seguridad.
- Faja de servidumbre: Se realizará corte y poda de vegetación arbórea. Cabe señalar que no se cortarán las demás especies de hábito arbustivo. En la extensión de la faja de servidumbre es posible observar varios tipos vegetacionales, siendo dominante la plantación forestal. Las plantaciones serán cortadas y sometidas a explotación según se indique en el correspondiente Plan de Manejo Forestal.
- Fundaciones para estructuras: Consiste en la extracción de material de cualquier naturaleza hasta una profundidad requerida para la fundación, éste será extraído con retroexcavadora y cargador frontal.

C.2 Caracterización de la geomorfología del área de influencia del proyecto

Según la **Línea de Base de Geomorfología y Riesgos Físicos** del Proyecto Parque Eólico El Sauzal (**Capítulo 3.1.7** del **EIA**), el área relacionada a las obras y partes del proyecto se caracteriza por el dominio de cordones montañosos y superficies de bajas pendientes y baja elevación que conforman

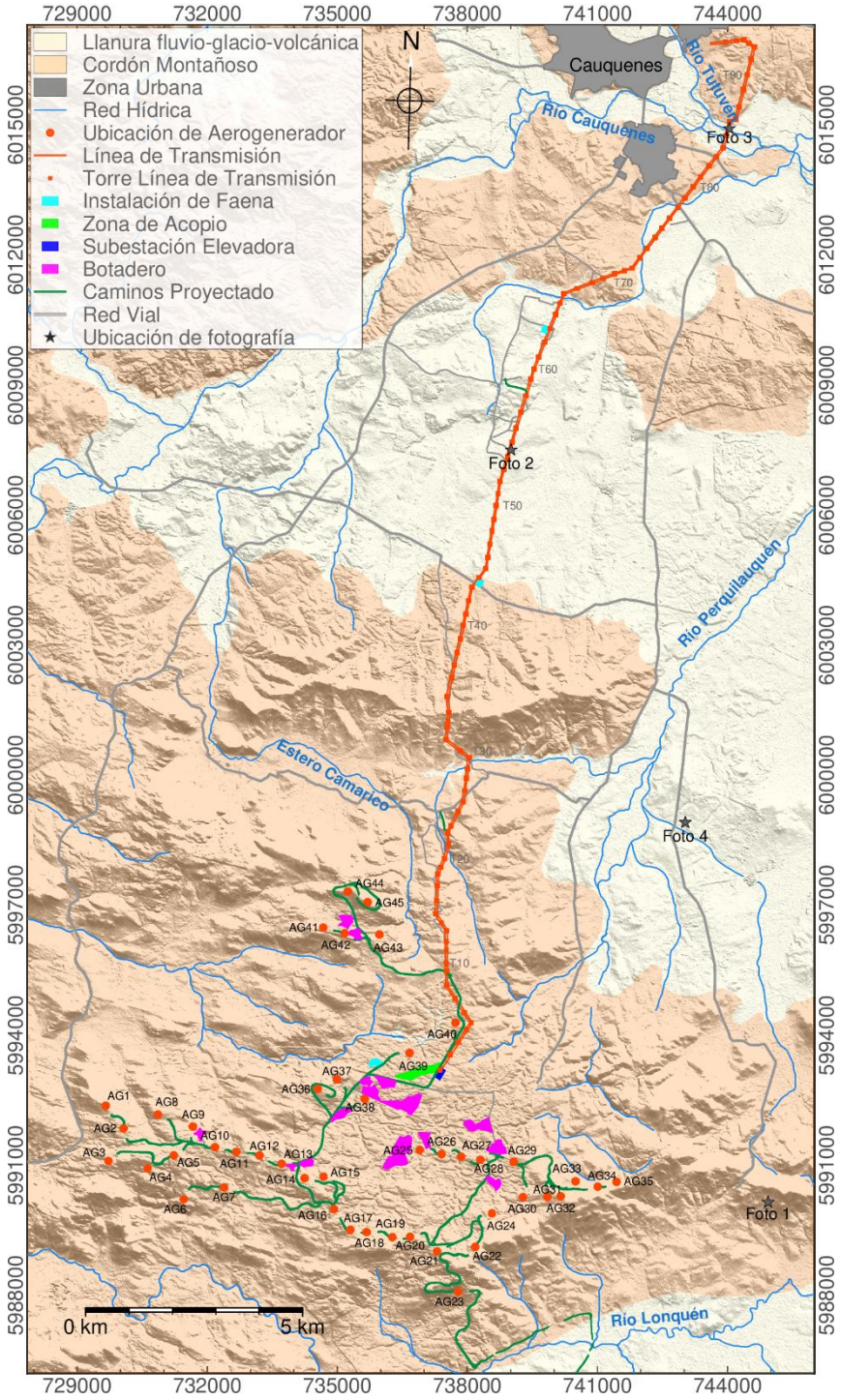
la llanura y sistemas aterrazados que forman parte de la depresión central. Las cuales se describen a continuación:

I. Cordón montañoso:

Relieve sinuoso y suavizado por la erosión hídrica y la acción del viento. Se caracteriza por longitudes de onda de amplitud variable, aproximadamente entre los 2,5 a 5 km, y elevaciones que fluctúan entre los 180 y los 470 m.s.n.m. Esta unidad geomorfológica está esculpida tanto en rocas ígneas como en rocas volcánicas y es, probablemente, producto del continuo alzamiento del margen continental (tasas imperceptibles) asociado al ciclo sísmico de subducción, en adición al régimen erosivo en el que se mantiene hasta la actualidad, con excepción de la acumulación de productos de la misma erosión depositados en las faldas de los cerros

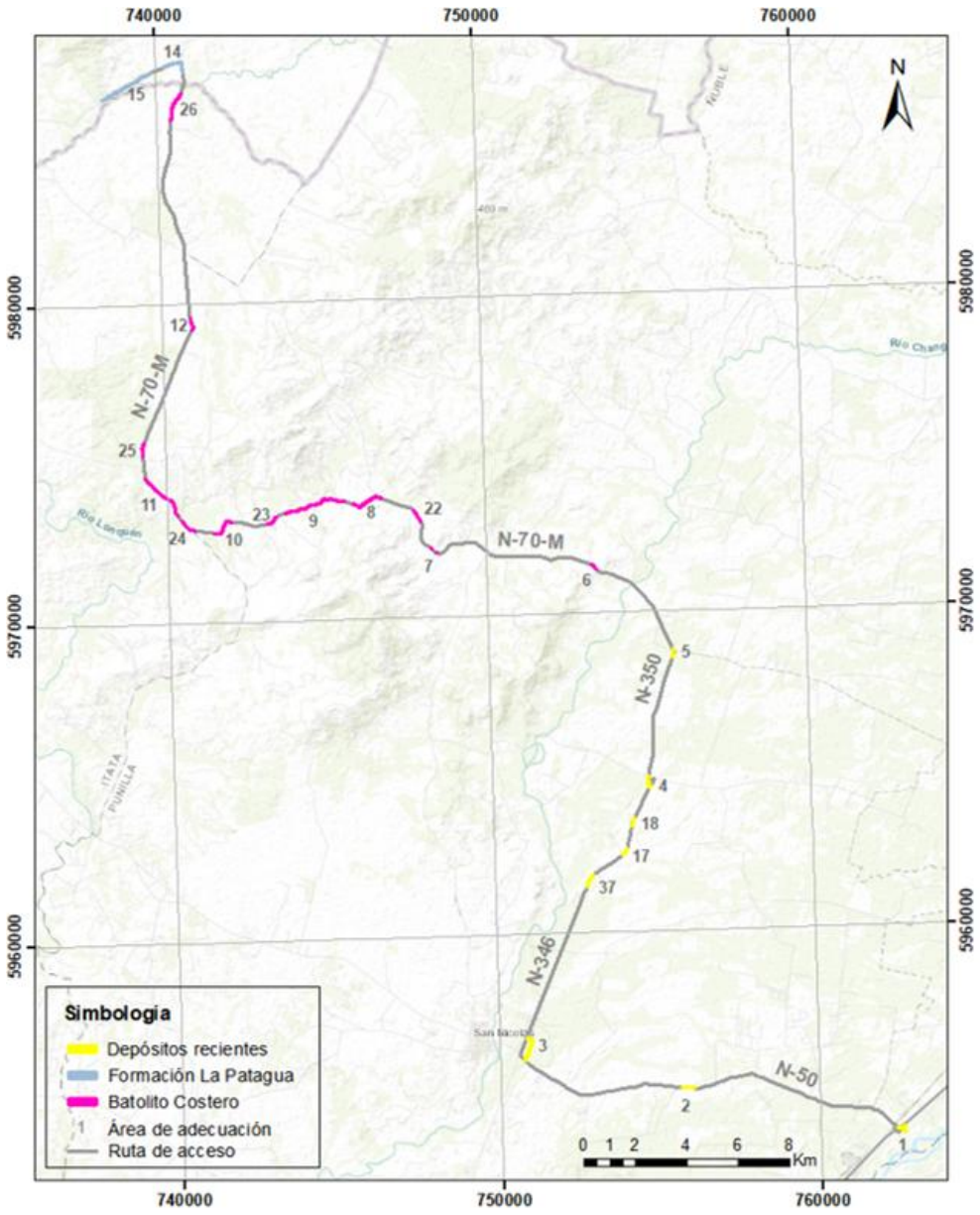
II. Llanura fluvio-glacio volcánica

Corresponde a una planicie levemente ondulada (**Figura 2**) e interrumpida por los cursos hidrográficos. Forma parte de la Depresión Central y se caracteriza por pendientes inferiores a los 10°. Este relieve está construido por depósitos de sedimentos de origen fluvio-glacial, fluvio-aluvial y volcánico. Los niveles aterrazados representan la evolución topográfica de esta morfoestructura, donde los niveles aterrazados superiores corresponden a las penillanuras que bordean los cordones montañosos, mientras que los niveles de terrazas inferiores se correlacionan a las llanuras más recientes y localmente, asociadas a las planicies de inundación de los cursos de agua que drenan el Área de Influencia.



Fuente: Capítulo 3.1.7. Línea Base geomorfología y riesgos físicos del EIA

Figura 2. Mapa geomorfológico local del área del parque eólico y línea de transmisión del Proyecto Parque Eólico El Sauzal.



Fuente: Capítulo 3.1.7. Línea Base geomorfología y riesgos físicos del EIA

Figura 3. Geomorfología de las áreas de adecuación de la infraestructura vial.

C.3 Caracterización de la vegetación del área de influencia del proyecto

El área del Proyecto se encuentra en una zona de transición entre los bosques templados de Chile central y los bosques templados de la provincia del Bosque Valdiviano. Según lo descrito por Gajardo (1994), el área del proyecto se ubica específicamente en la Región del Matorral y del Bosque

Esclerófilo, en la Formación Bosque Esclerófilo de los arenales. Por otra parte, según lo propuesto por Luebert y Pliscoff (2017) el área del proyecto se encuentra dentro de los límites correspondientes a los pisos vegetacionales (1) Bosque espinoso mediterráneo interior de *Acacia caven* (actualmente Vachellia caven) y *Lithrea caustica* y (2) Bosque esclerófilo mediterráneo interior de *Lithrea caustica* y *Peumus boldus.* Las principales amenazas de los recursos vegetacionales descritos para el área señalada corresponden a tala reiterada, alteración del suelo por pastoreo, reemplazo de cobertura nativa para fines productivos silvoagropecuarios, invasiones biológicas en áreas remanentes, incendios y vulnerabilidad ante el cambio climático por aumento de las temperaturas y disminución de las precipitaciones (para mayor detalle se sugiere revisar el Capítulo 3.2.2. de Línea de Base Flora y Vegetación del EIA y en el **Anexo 06**. **Actualización Línea Base Flora y Vegetación** de la **Adenda**).

A nivel local, según la Línea de Base del componente ambiental flora y vegetación, en el área de influencia del proyecto se ha determinado que las Unidades Homogéneas con mayor proporción corresponden a Plantaciones forestales, Bosques nativos y Matorrales. Con respecto al bosque nativo, este alcanza una extensión de 270,63 ha, lo cual equivale a un 10,34% del AI.

En consideración al área de afectación del proyecto, esta alcanza un total de 429,49 ha, de las cuales 412,97 ha corresponden a unidades homogéneas de vegetación afectadas por el proyecto. Con respecto al total de unidades afectas, el 71,25% corresponde a Plantaciones Forestales, 9,67% a Matorrales y 7,18% a Bosques Nativos (**Tabla 2**).

Tabla 2. Superficie afecta a corta de las unidades homogéneas en el área del Proyecto.

Unidades homogéneas	Áreas afectas (ha)			
	Obras temporales	Obras permanentes	Total (ha)	Porcentaje (%)
Unidades Homogéneas de Vegetación (UHV)				
Bosque de especies exóticas asilvestradas	0,10	6,84	6,95	1,62
Bosques nativos	0,89	29,96	30,85	7,18
Formaciones arbóreas que no constituyen bosques	0	2,16	2,16	0,5
Matorrales	1,34	40,18	41,52	9,67
Plantaciones forestales	5,93	300,1	306,03	71,25
Praderas	0,21	7,05	7,26	1,69
Praderas con árboles y/o arbustos	0	5,66	5,66	1,32
Zonas agropecuarias	0	12,54	12,54	2,92
Subtotal	**8,47**	**404,5**	**412,97**	**96,15**
Otras Unidades homogéneas				

Unidades homogéneas	Áreas afectas (ha)			
	Obras temporales	Obras permanentes	Total (ha)	Porcentaje (%)
Cuerpos de agua	0	0,07	0,07	0,2
Infraestructura y equipamiento	0,13	16,32	16,45	3,83
Superficie (ha) total	**8,6**	**420,89**	**429,49**	**100**

*Fuente: Elaboración propia en base a **Anexo 1 Descripción de proyecto** y **Anexo 06. Actualización Línea Base Flora y Vegetación** de la **Adenda.***

C.4 Descripción de Unidades Homogéneas de Vegetación

A continuación, se describen resumidamente las unidades homogéneas de vegetación afectas a corta:

- Pradera con árboles y/o arbustos

Esta unidad homogénea de vegetación corresponde a 5,66 ha, lo que representa el 1,32% de la superficie a intervenir, correspondientes únicamente a la formación vegetacional homónima. En esta unidad es posible encontrar un estrato arbustivo muy escaso a muy claro con especies nativas, tales como *Berberis chilensis* (michay) y *Proustia cuneifolia* (huañil).

- Plantaciones forestales

Esta unidad será intervenida en 306,03 ha, que representan el 71,25% del total de la vegetación a intervenir. Esta UH está representada por las siguientes formaciones vegetacionales: "Plantaciones de *Eucalyptus* spp", "Plantaciones de *Pinus radiata*" y "Plantaciones jóvenes o cosechadas". En esta unidad se describe la presencia de especies arbóreas esclerófilas bajo el dosel, aunque con coberturas escasas, por ejemplo, *Peumus boldus* (boldo), *Lithrea caustica* (litre), *Vachellia caven* (espino), y *Maytenus boaria* (maitén).

- Praderas

Esta unidad será intervenida en 7,26 ha, que representan el 1,69% de la faja a intervenir, y corresponde a áreas destinadas a cultivos agrícolas, las que durante algunas temporadas no son plantadas y se dejan para el desarrollo de empastadas naturales. Las especies registradas con mayor frecuencia en esta formación vegetacional fueron las exóticas *Rumex acetocella*, *Silene gallica* y *Aira caryophyllea*, destacando la presencia de especies nativas como *Chaetanthera elegans* y *Lupinus microcarpus*, además de las endémicas *Eryngium rostratum* y *Linus macraei*.

- Bosque nativo

El bosque nativo afecto a corta corresponde a 30,85 ha equivalentes al 7,18% del total de la faja a intervenir. Esta unidad está compuesta por cuatro formaciones vegetacionales pertenecientes al

tipo forestal esclerófilo: “Bosques nativos esclerófilos con exóticas asilvestradas”, “Bosques nativos esclerófilos subtipo Espinal”, “Bosques nativos esclerófilos subtipo Hidrófilo de quebradas” y “Bosques nativos esclerófilos subtipo Rodales mixtos”. Las especies más frecuentes de esta unidad homogénea son *Vachellia caven* (espino), *Peumus boldus* (boldo), *Lithrea caustica* (litre), *Maytenus boaria* (maitén), *Kageneckia oblonga* (bollén), *Myrceugenia obtusa* (rarán), *Myrceugenia exsucca* (pitra) y *Luma chequen* (chequén). También se describe la presencia de *Pinus radiata* (pino) como especie exótica asilvestrada.

Los tipos y subtipos forestales descritos para la unidad y afectos a corta se presentan en la **Tabla 3**. Cabe señalar que el 95,6% de la superficie a intervenir de esta UH de vegetación, corresponde al subtipo Espinal.

Tabla 3. Superficie y porcentaje de tipo/sub-tipo forestal presentes en el área del Proyecto.

Tipo forestal	Subtipo forestal	Superficie	
		ha	%
Esclerófilo	Espinal	29,50	95,6
	Hidrófilo de quebradas	0,01	0,03
	Rodales mixtos	0,62	2,00
	Con exóticas asilvestradas	0,73	2,36
Total		**30,85**	**100**

- Zonas agropecuarias

Esta unidad será intervenida en 12,54 ha, equivalentes al 2,92% de la faja a intervenir, donde se incluyen dos formaciones vegetacionales: “Cultivos anuales”, en específico de *Avena sativa* (avena), y “Cultivos de *Vitis vinifera*”. Algunas de las especies más comunes en esta unidad son, además de las mencionadas, *Avena barbata* (avena), *Lolium multiflorum* y *Erodium moschatum*.

- Formaciones arbóreas que no constituyen bosque (FANB)

Esta unidad será intervenida en 2,16 ha, que equivalen al 0,50% de la faja a intervenir, correspondiente a parches de Bosque de exóticas asilvestradas o Bosque nativo que no cumplen con los criterios indicados en el Artículo 2 de la Ley N° 20.283 para ser clasificados como bosque. Se incluyen dentro de este concepto cortinas vegetales y otras formaciones arbóreas. Las cortinas vegetales corresponden a formaciones artificiales, propias de paisajes agrícolas, compuestas por árboles plantados para separar predios y/o que se forman en el borde de acequias de regadío. Adicionalmente, se incluyen aquellas formaciones arbóreas que corresponden a parches de especies exóticas o nativas que no cumplen las dimensiones para clasificar como bosque. Según lo

anterior, las especies más frecuentes de esta unidad se corresponden con aquellas de las unidades Bosque de exóticas asilvestradas y/o Bosque nativo.

- Bosque de exóticas asilvestradas

Esta unidad será intervenida en 6,95 ha, que corresponden al 1,62% de la faja a intervenir. Se caracteriza por la presencia de un estrato arbóreo dominado por especies exóticas. Según el levantamiento de información de terreno se describe sólo una formación vegetacional homónima. Algunas arbóreas frecuentes en esta unidad incluyen a *Pinus radiata* (pino insigne), *Eucalyptus* spp., *Salix babylonica* (sauce) y *Racosperma dealbatum* (aromo); por su parte en las arbustivas son frecuentes *Rosa rubiginosa* (rosa mosqueta), *Berberis chilensis* (michay) y *Schinus polyagama* (huingán).

- Matorrales

El proyecto implica la corta de 41,52 ha de matorrales, que corresponden al 9,67% de la faja a intervenir. Se caracteriza por un estrato arbustivo que puede o no tener presencia de árboles. Para esta unidad se identificaron las siguientes formaciones vegetales: "Matorral con especies exóticas asilvestradas", "Matorrales esclerófilos" y "Matorrales espinosos". Algunas especies nativas que se describen en esta unidad son las arbóreas *Vachellia caven* (espino) y *Maytenus boaria* (maitén), y arbustos como *Muehlenbeckia hastulata* (quilo), *Azara dentata* (corcolén), *Berberis chilensis* (michay), *Schinus polygama* (huingán) y *Proustia cuneifolia* (huañil).

D. PROGRAMA DE RESTAURACIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA

La construcción del Parque Eólico y la Línea de Transmisión Eléctrica causará la intervención total de 429,49 ha, superficie que tendrá afectación del componente geomorfológico por medio de acciones de escarpe y extracción de material. Estas acciones se desarrollarán previo a la construcción de las obras: ***(i) temporales***: fajas plaza de tendido eléctrico y obras anexas (instalación de faena PE, LT1 y LT2, planta de hormigón); ***(ii) permanentes***: fajas de caminos y red de interconexión, plataforma AG y red de interconexión, Línea de transmisión, obras de acceso, botaderos, maniobra de aspa, subestación, caminos de acceso a la línea de transmisión y fundación estructuras de transmisión (**Tabla 4**).

La restauración de la geomorfología se desarrolla en dos ocasiones, una posterior al cierre de las obras temporales y la otra posterior al cierre de las obras permanentes.

A continuación, se detalla las actividades a realizar para restaurar la geomorfología del área asociada a cada una de las intervenciones de suelo causadas por la construcción del Proyecto e implementadas una vez se desmovilicen las obras temporales, así como cuando se inicie la fase de cierre:

- La superficie asociada a las obras temporales, instalaciones de faenas (PE, LT1, LT2 y PH) y plazas de tendido eléctrico, considerará el desarme y retiro de las obras. Se removerán las estructuras de hormigón, como cimientos de construcciones y se realizará la descompactación del área mediante el uso de maquinaria agrícola considerando la ruptura de por lo menos 50 cm de suelo. Luego, las zonas que quedarán con desnivel deben ser rellenadas con una capa de suelo apto para el establecimiento de la vegetación. Estas acciones se replicarán para el desarme de la subestación elevadora durante la fase de cierre del proyecto
- Los cabezales de las fundaciones de los aerogeneradores, radieres de la subestación y patas de las estructuras de la línea de alta tensión serán demolidas hasta una profundidad máxima de 1 m. La demolición de una profundidad máxima de 1 m se debe a que es factible restaurar la geoforma del área realizando una mínima intervención en comparación con retirar todas las estructuras de hormigón. Luego de ser demolidas, el área relacionada con tales obras será cubierta con una capa de suelo natural que permita el establecimiento de la vegetación, lográndose la restauración de la geomorfología lo más parecido a las condiciones en las que se encontraba originalmente.
- En el caso de las plataformas, al momento del cierre se realizará la descompactación del área mediante el uso de maquinaria agrícola, a fin de restituir las geoformas respecto de las áreas circundantes. La descompactación considerará la ruptura de por lo menos 50 cm de suelo.
- En el caso de los caminos, aquellos existentes previa construcción del parque quedarán habilitados para su uso por parte de los propietarios de los predios. Por otra parte, quedarán las huellas de los caminos que serán ejecutados para el desarrollo del proyecto.
- Las líneas de media tensión permanecerán enterradas una vez que la red eléctrica dentro del PE sea desconectada del Sistema Eléctrico Nacional. Esto debido a que, al momento del cierre del Proyecto, la superficie del emplazamiento de la obra mencionada se encontrará cubierta de vegetación, ya que en ella habrá implementación del plan de revegetación. Con esto se busca evitar la intervención de superficie y la afectación de potencial de las especies de flora.

En la **Tabla 4** se presenta las superficies cuyo componente edáfico será afectado, por obra, así como también la superficie considerada en la restauración de la geomorfología del área afectada. Esta última excluye tanto aquellas superficies que no implican extracción de suelo o escarpe, que corresponde a la UH Infraestructura y caminos, como a los caminos internos del Parque Eólico que quedarán disponibles para el uso de los propietarios, y a las líneas de media tensión, cuya

geomorfología no será restaurada ya que se dejarán enterradas una vez que la red eléctrica sea desconectada del Sistema Eléctrico Nacional (i.e. Faja de obra-Caminos y red de interconexión). A su vez, se excluyen, maniobra de aspa y los caminos proyectados para la construcción de la Línea de Transmisión.

Tabla 4. Superficies de afectación y restauración del componente edáfico por obra y temporalidad.

Obras Temporales	
Obra	**Superficies sujetas a restauración de geomorfología (ha)**
Faja Plaza de tendido eléctrico	2,61
Faja Obras anexas	5,86
Obras Permanentes	
Obra	**Superficies sujetas a restauración de geomorfología (ha)**
Faja de obra Plataforma y red de interconexión	85,53
Faja Línea de Transmisión	112,97
Faja Obras de Acceso	6,01
Faja Botaderos	109,59
Faja subestación	2,60
Faja fundación estructuras de transmisión	0,13
Total superficie (ha)	**325,30**

E. PROGRAMA DE REFORESTACIÓN Y REVEGETACIÓN

Con el objetivo de recuperar toda la superficie de formaciones vegetacionales que serán afectadas por el proyecto, se llevarán a cabo distintas actividades utilizando especies de flora nativa registradas en la línea de base (Capítulo 3.2.1 Línea Base Flora y Vegetación del EIA y en el **Anexo 06**. **Actualización Línea Base Flora y Vegetación** de la **Adenda**) y considerando sus UHV de origen. Dichas actividades se desarrollarán posterior a la restauración de la geomorfología. Para las formaciones arbóreas, esto es, plantaciones forestales, bosques nativos, bosques de exóticas asilvestradas y formaciones arbóreas que no constituyen bosque, se realizará **reforestación;** mientras que para las formaciones no boscosas, esto es, matorral, praderas con árboles y arbustos y praderas, **revegetación;** finalmente para zonas agropecuarias, se mejorará las condiciones de sitio, específicamente la estructura del suelo mediante las actividades aplicadas durante la etapa de **restauración de la geomorfología (Figura 4)**. Se excluye de la superficie a restaurar aquella correspondiente a los caminos proyectados para el Parque Eólico, los que se mantendrán para el uso de los propietarios post cierre de obras.

La **reforestación** se define como **"**La acción de repoblar con especies arbóreas o arbustivas, mediante siembra, plantación o manejo de la regeneración natural, un terreno que haya estado cubierto con bosque" (CONAF, 2016). En este caso, para las especies nativas que conforman los bosques esclerófilos del AI del proyecto, la reforestación se realizará mediante un diseño de plantación en núcleos (islas de vegetación), dispuestos siguiendo las curvas de nivel topográficas para prevenir la erosión del terreno. De esta forma, se plantarán especies arbóreas y arbustivas nativas, seleccionadas a partir de la línea base de flora y vegetación (UHV Bosque Nativo; **Figura 15**) En el caso de las plantaciones forestales, la reforestación será realizada con especies arbóreas comerciales.

En las formaciones vegetacionales no boscosas (matorral, praderas con árboles y arbustos y praderas) se realizará **revegetación,** definida como la "acción de repoblar con vegetación nativa o autóctona, mediante siembra, plantación o manejo de la regeneración natural en un terreno" (CONAF, 2016). Las especies objetivo a utilizar, serán arbóreas y arbustivas nativas seleccionadas a partir de los registros de línea base. Al igual que en la reforestación nativa, la plantación en estas áreas no se realizará en hileras, sino que empleará el método de nucleación, distribuyendo los núcleos de plantas de manera heterogénea a lo largo de las curvas de nivel, asimilándose a la dinámica natural de colonización vegetal y reduciendo los procesos erosivos superficiales (**Figura 15**).

En las zonas agropecuarias se mejorará la estructura del suelo con subsolado mediante maquinaria. Este subsolado se realizará siempre en sentido perpendicular a la pendiente (siguiendo las curvas de nivel) como parte del programa de **restauración de la geomorfología**, lo que permitirá mejorar

la productividad agrícola en zonas destinadas a cultivos, aumentar la infiltración de aguas lluvias y facilitar el establecimiento de plantas herbáceas y arbustivas en áreas correspondientes a praderas.

De forma resumida, las superficies objetivo de estas acciones se dividen en: 11,73 ha destinadas únicamente a restauración geomorfológica; 48,72 ha que contemplan revegetación, y 264,85 ha que contemplan reforestación.

Específicamente, el programa de restauración y revegetación se desarrollará en una superficie total de 325,30 ha (**Tabla 5**), una posterior al cierre de obras temporales y otra posterior al cierre de obras permanentes. De estas, en 11,73 ha se aplicará sólo restauración de la geomorfología, mejorando la estructura del suelo, por presentar en la actualidad zonas agropecuarias. (**Tabla 5**). Se excluyen las superficies asociadas a los caminos existentes y generados durante el proyecto, ya que estos quedarán para uso de los propietarios una vez terminada la vida útil del proyecto.

A continuación, se muestra un resumen de las actividades y acciones a realizar en las distintas Unidades Homogéneas (**Figura 4**), las superficies asociadas a cada actividad por unidad homogénea y según la temporalidad en la que se realizará (**Tabla 5**) y la localización en que se implementará cada actividad **(Figura 5** a la **Figura 13).**

Tabla 5. Actividades y acciones por unidad homogénea y temporalidad.

Actividad		Acciones	Unidad Homogénea (UH)	Superficies a restaurar según temporalidad de la afectación (ha)			
				Obras permanentes	Obras Temporales	Total por UHV	Total por actividad
Restauración de la geomorfología	Restauración de la geomorfología	Descompactación de suelo y canales de riego	Zonas agropecuarias	11,73	0	11,73	11,73
	Subtotal Restauración de la geomorfología			**11,73**	**0**	**11,73**	**11,73**
	Reforestación	Plantación en núcleo de especies nativas arbóreas y arbustivas	Bosque de especies exóticas asilvestradas	5,19	0,10	5,29	264,85
			Bosque nativo	25,28	0,89	26,17	
			Formaciones arbóreas que no constituyen bosques	1,28	0	1,28	
		Plantación en hileras de especies comerciales	Plantaciones forestales	226,18	5,93	232,11	
	Subtotal Reforestación			**257,93**	**6,92**	**264,85**	**264,85**
	Revegetación	Plantación en núcleo de especies nativas arbóreas y arbustivas	Matorrales	35,84	1,34	37,18	48,72
			Praderas con árboles y/o arbustos	5,01	0	5,01	
			Praderas	6,32	0,21	6,53	
	Subtotal Revegetación			**47,17**	**1,55**	**48,72**	**48,72**
TOTAL				**316,83**	**8,47**	**-**	**325,30**

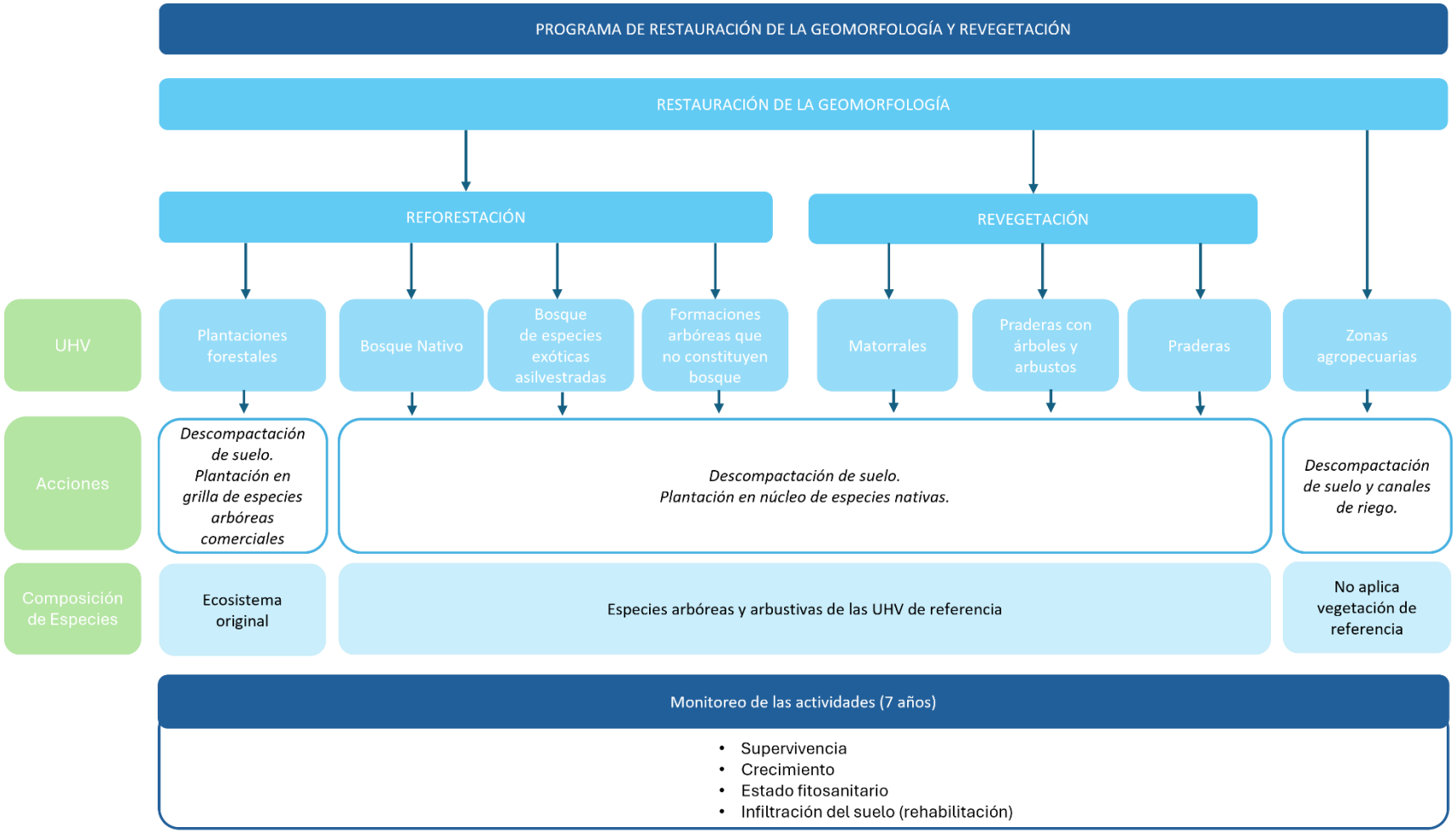


Figura 4. Actividades de recuperación para cada Unidad Homogénea (UHV) que se intervendrá.

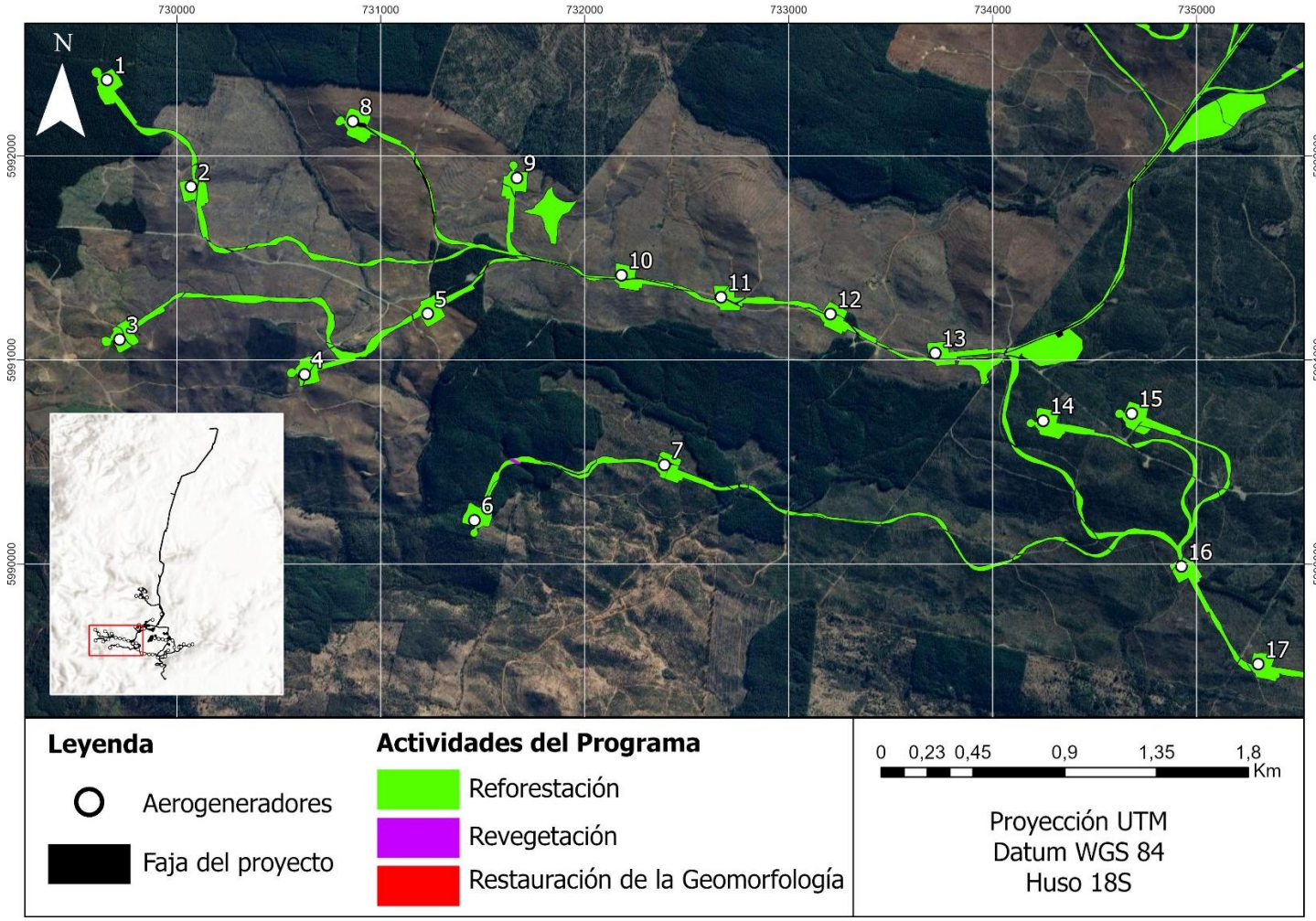


Figura 5. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Aerogeneradores 1 al 17.

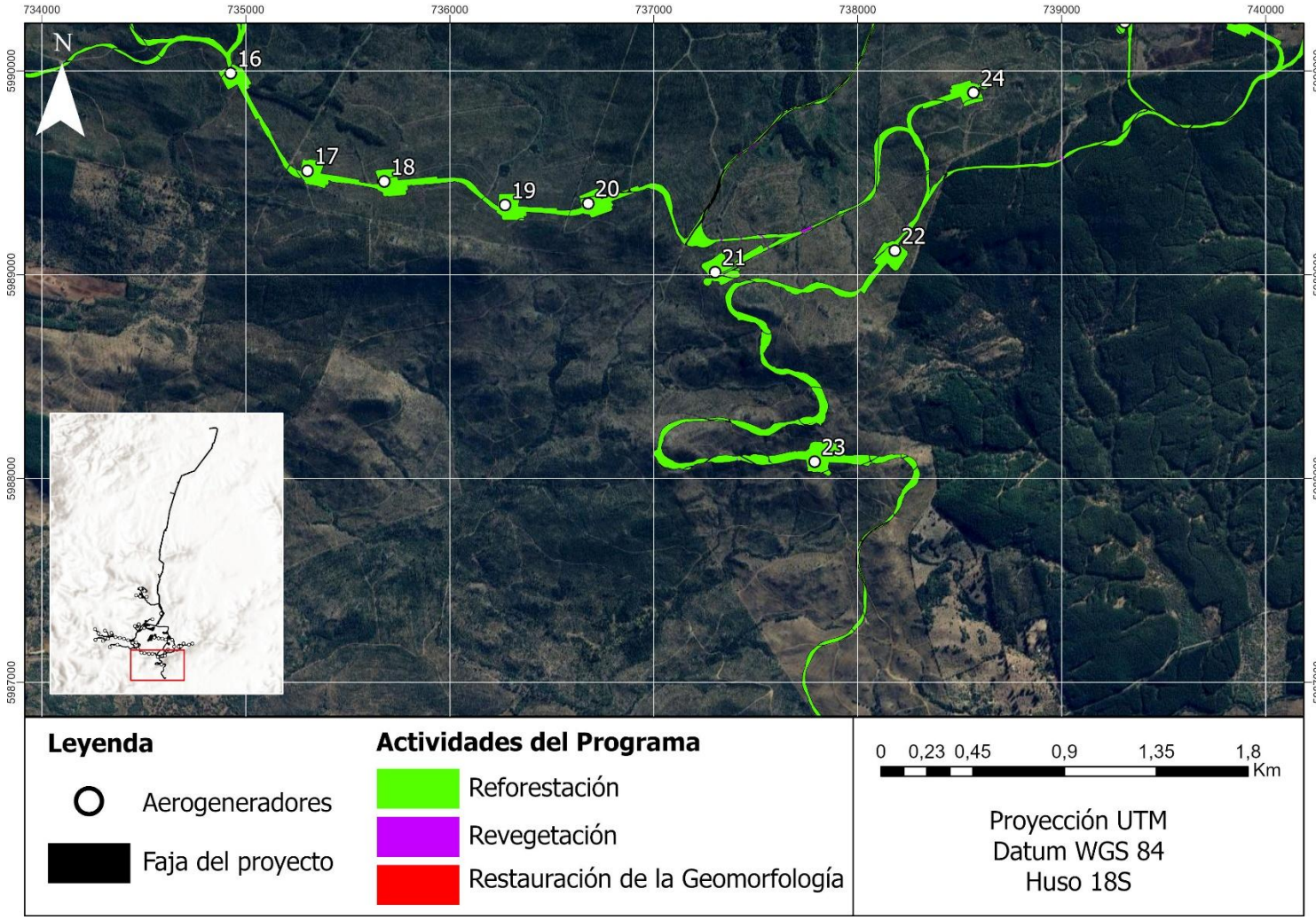


Figura 6. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Aerogeneradores 16 al 24.

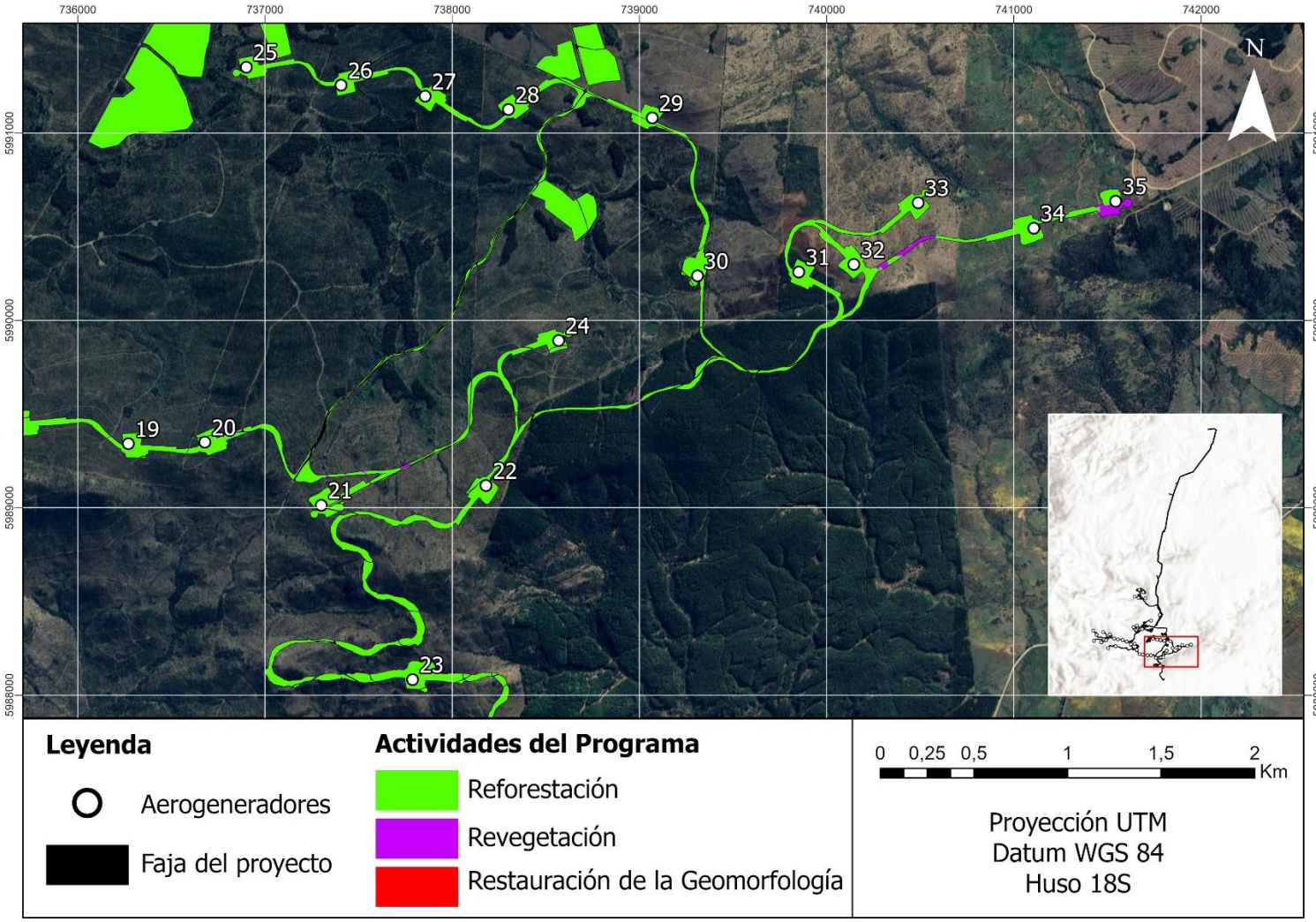


Figura 7. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Aerogeneradores del 19 al 35.

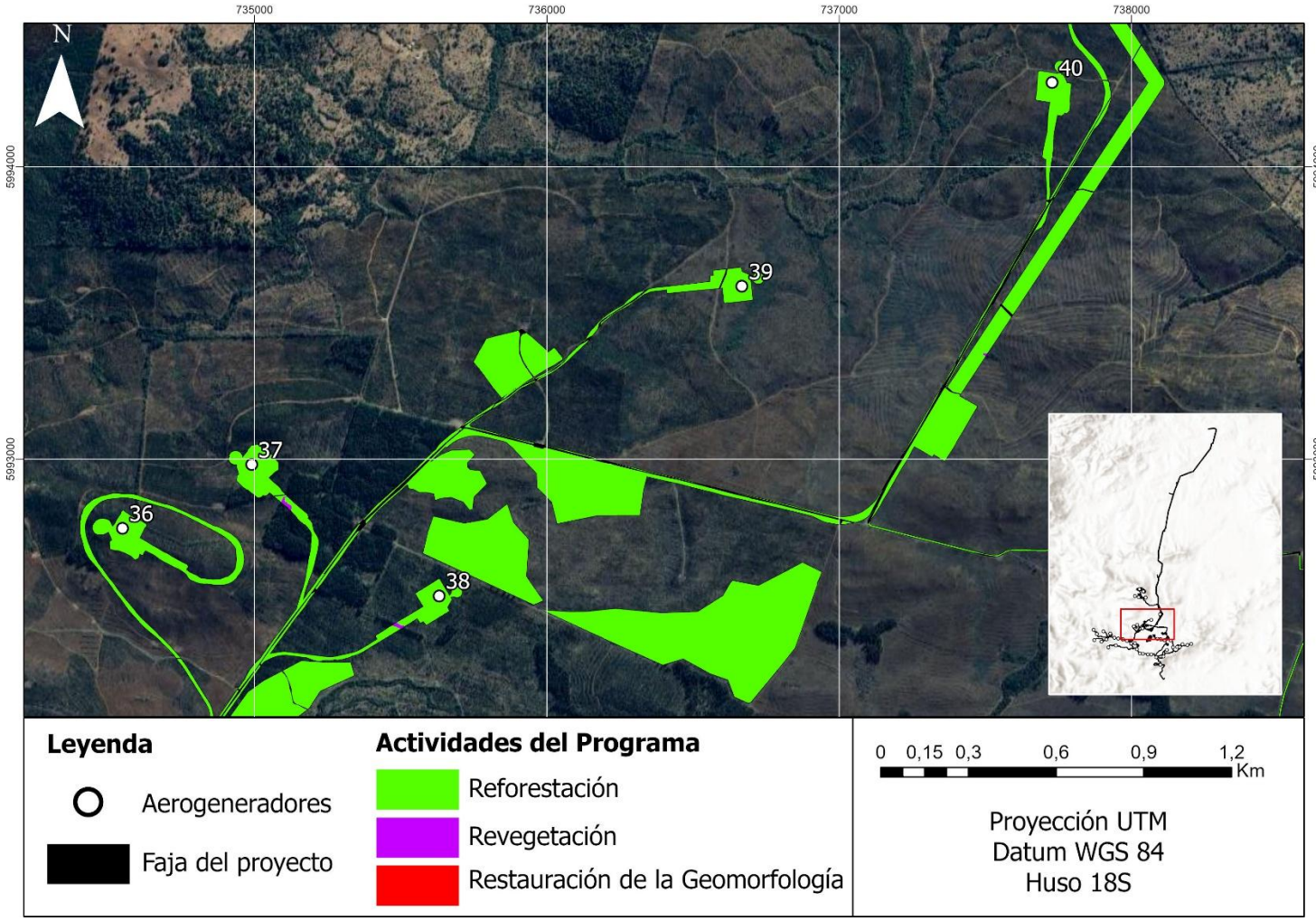


Figura 8. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Aerogeneradores 36 al 40 y obras anexas.

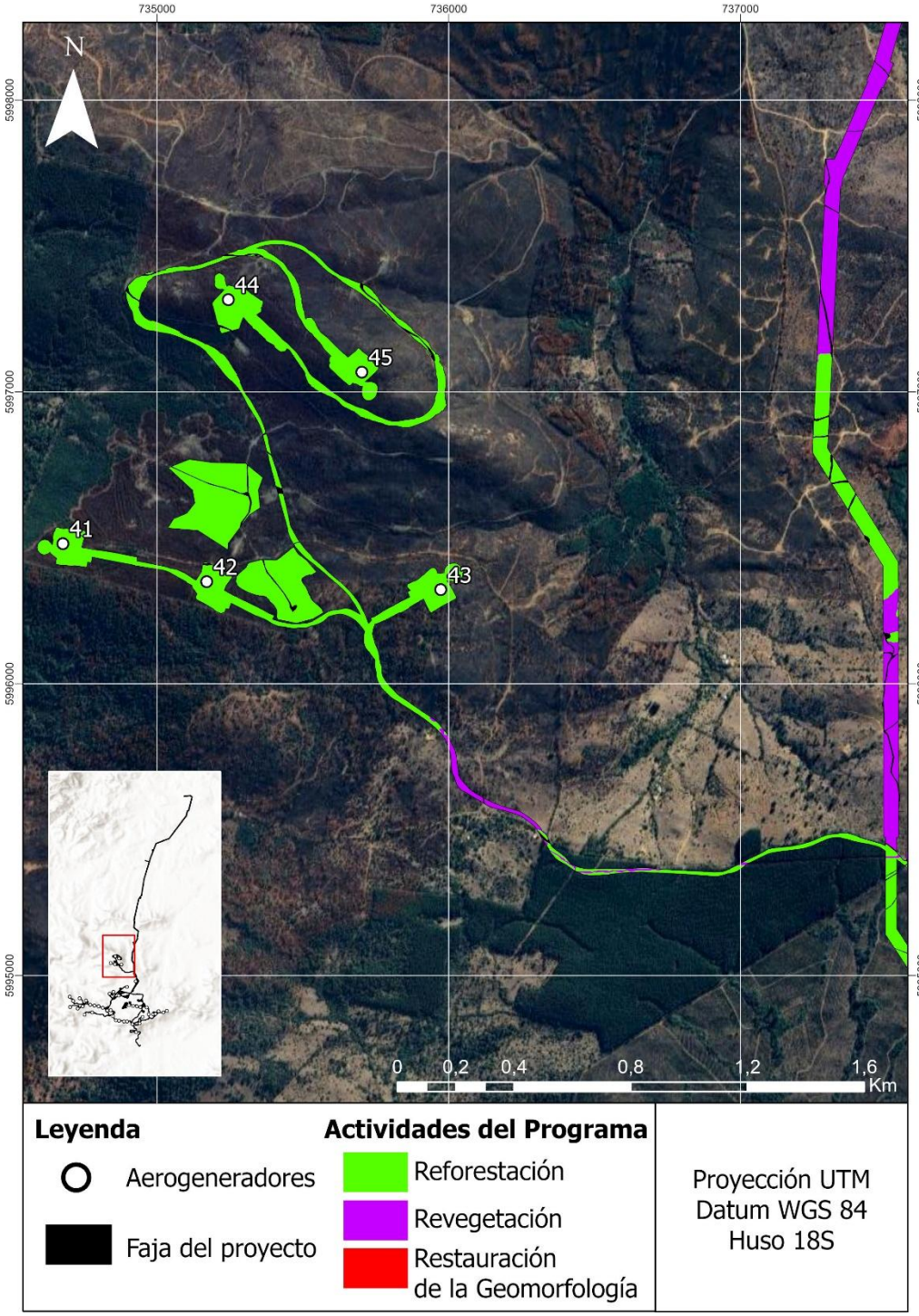


Figura 9. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Aerogeneradores 41 al 45, obras anexas y sección de Línea de transmisión.

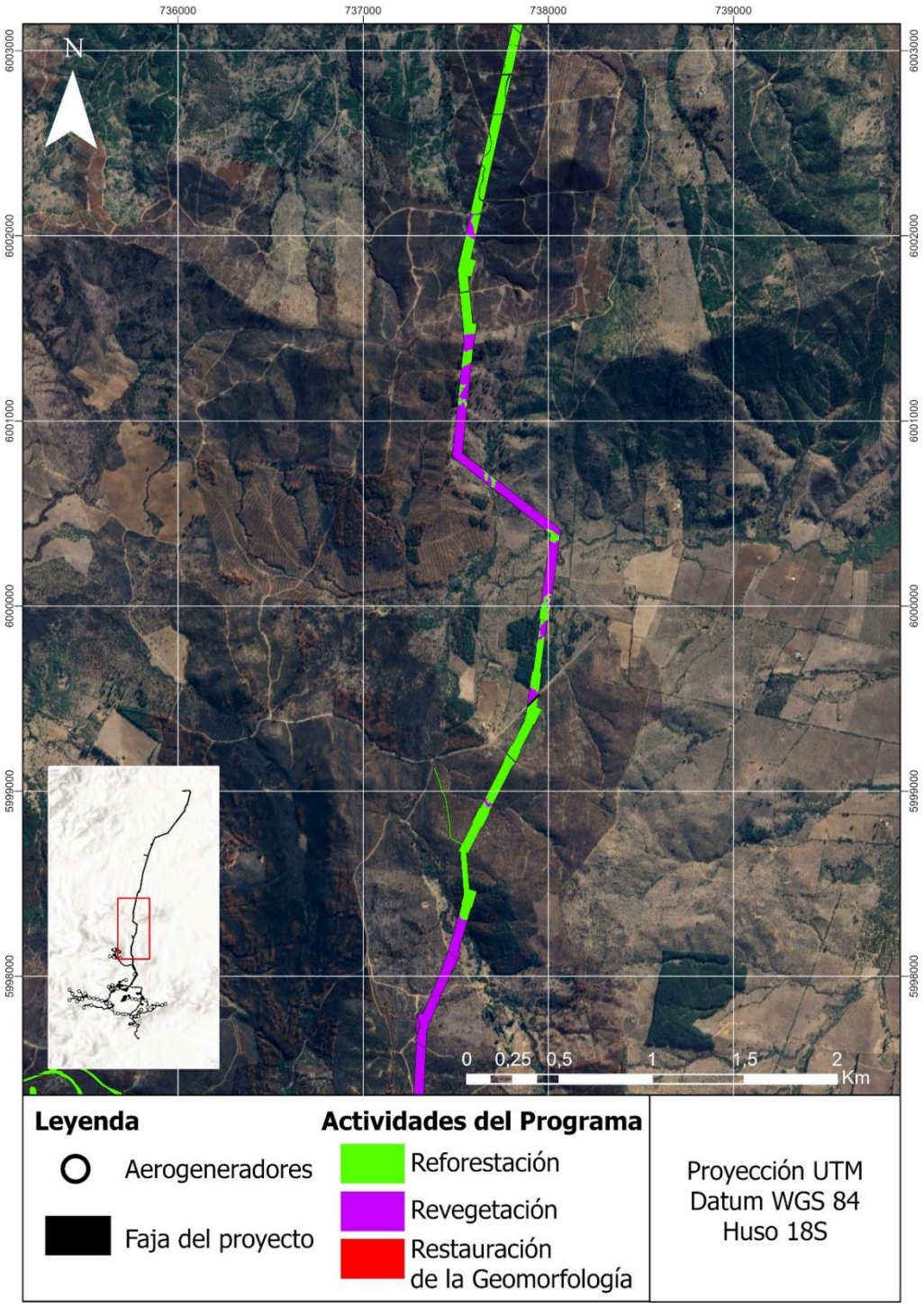


Figura 10. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Sección 2 Línea de transmisión.

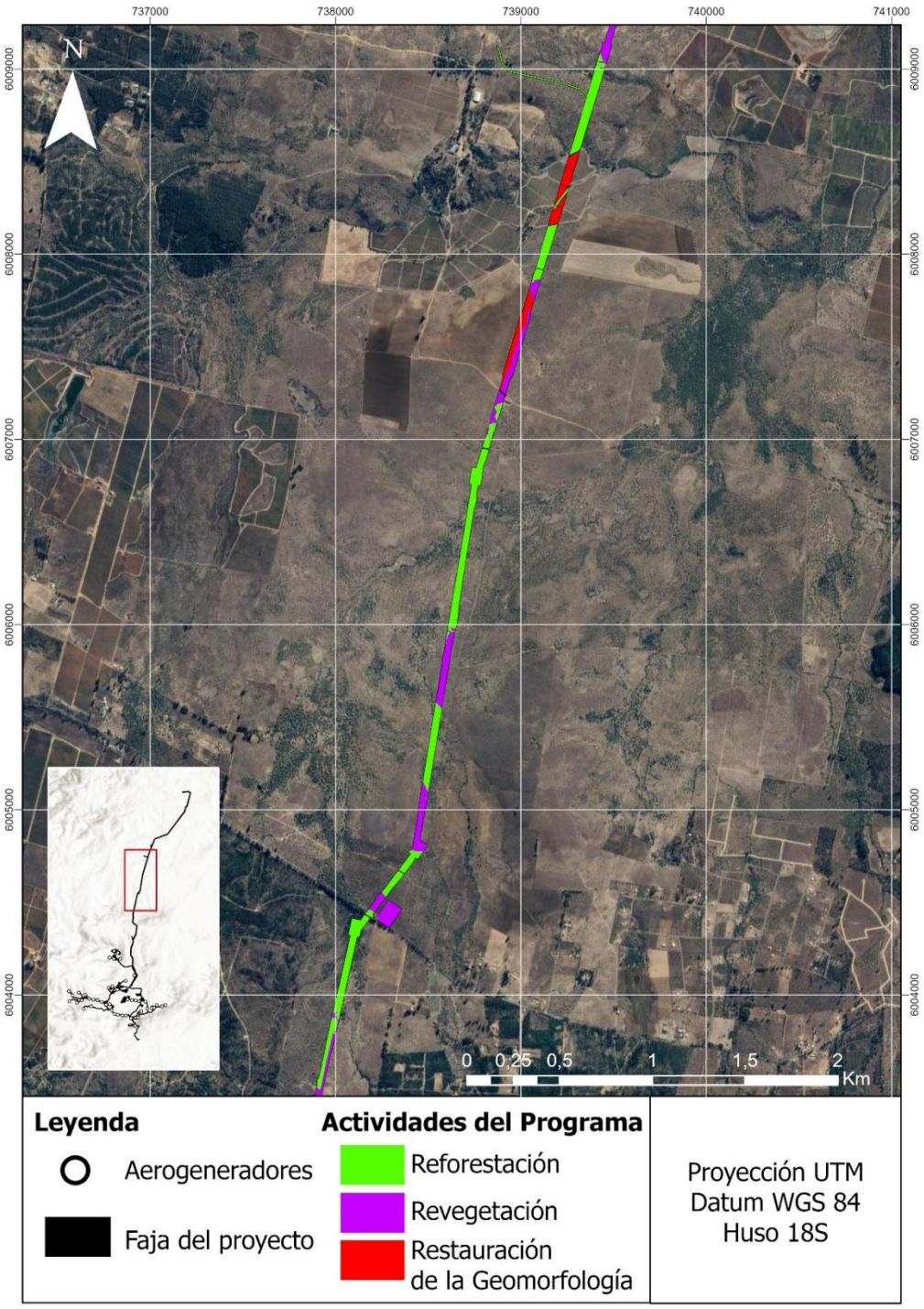


Figura 11. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Sección 3 Línea de transmisión.

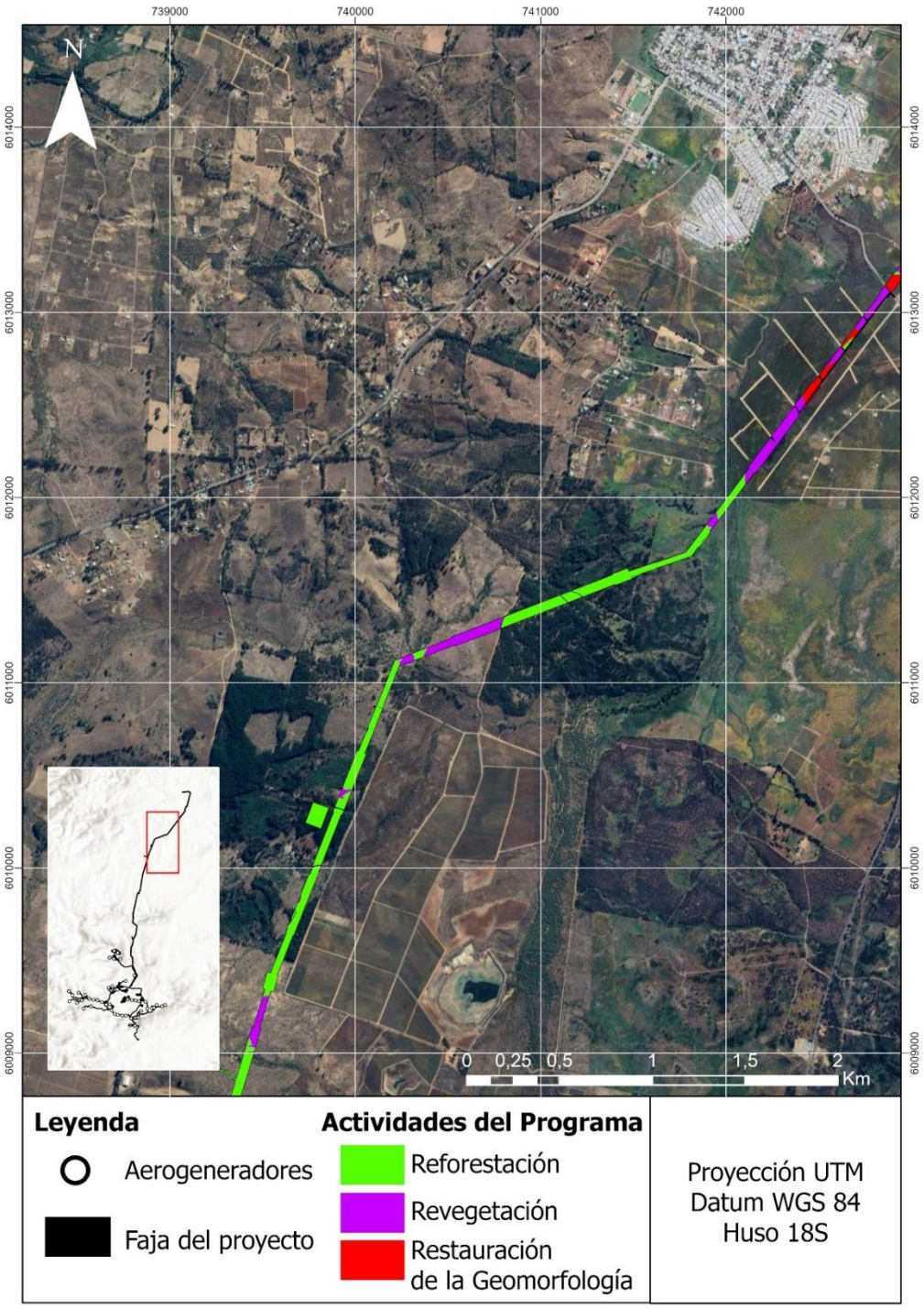


Figura 12. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Sección 4 Línea de transmisión.

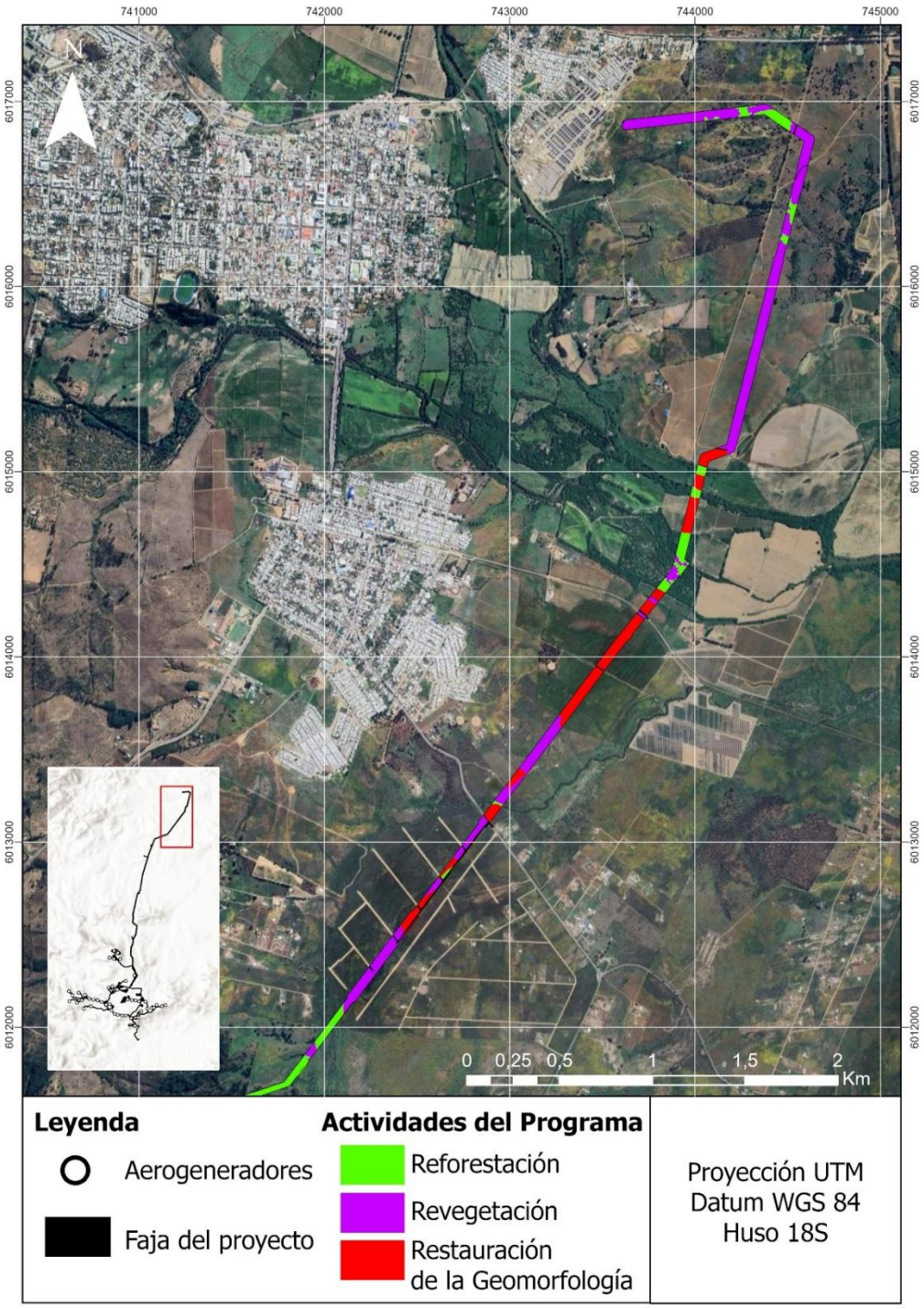


Figura 13. Actividades del programa de restauración geomorfológica y de revegetación. Sección 5 Línea de transmisión.

E.1 Especificaciones técnicas para la ejecución de las actividades de reforestación y revegetación

A continuación, se exponen las especificaciones técnicas para la etapa operativa del programa de revegetación, las que incluyen: selección de especies y densidades de plantación; consideraciones para la obtención y selección de plantas, indicaciones para la preparación de sitio y plantación; medidas de protección al establecimiento de la plantación; y otras acciones para asegurar el éxito del programa.

Estas etapas deben ser realizadas para garantizar un porcentaje mínimo de prendimiento de las plantas en los sitios a recuperar. En los siguientes apartados se detalla cada uno de los requerimientos.

E.1.1 Selección de especies y densidades de plantación

La riqueza y densidad de especies a utilizar se determinó a partir de la caracterización de flora y vegetación del AI del proyecto, considerando distintas especies según actividad de restauración (**Tabla 6**). En el caso de las superficies destinadas a reforestación con especies nativas, estas se seleccionaron desde las formaciones de bosques nativos, mientras que la reforestación de las plantaciones forestales considerará las especies de la condición basal. En los sitios donde se llevará a cabo la revegetación con especies nativas, la riqueza y densidad de plantas se obtendrá de las formaciones de matorrales nativos, praderas con árboles y arbustos y praderas presentes en la condición basal (**Tabla 6**).

Tabla 6. Actividades de recuperación y formaciones vegetacionales actuales de referencia.

Actividad	UH afecta a corta	Formación Vegetacional	Densidad de referencia (ind/ha)
Reforestación	Bosques nativos	Bosque nativo esclerófilo subtipo espinal	Árboles: 831 Arbustos: 253
		Bosque nativo esclerófilo subtipo rodales mixtos	
		Bosque nativo esclerófilo subtipo hidrófilo de quebradas	
	Plantaciones Forestales	Plantaciones de *Pinus radiata*	-
		Plantaciones de *Eucalyptus* spp.	-
Revegetación	Matorrales	Matorrales espinosos	Árboles: 517 Arbustos: 284
		Matorrales esclerófilos	
	Pradera con árboles y/o arbustos	Pradera con árboles y/o arbustos	Árboles: 172 Arbustos: 52
	Praderas	Pradera de especies exóticas	Árboles: 20 Arbustos: 20

Especies objetivo para la reforestación con especies nativas

Se seleccionaron especies arbóreas y arbustivas que componen las formaciones vegetacionales descritas en Capítulo 3.2.2 Línea Base Flora y Vegetación del EIA, y en el **Anexo 06. Actualización Línea Base Flora y Vegetación** de la **Adenda**. La densidad total de plantación corresponde a la presentada en la **Tabla 7**. Para el cálculo de la densidad de plantación, se consideraron aquellas especies para las que se cuenta con datos de densidad desde la caracterización cuantitativa de la Línea Base de flora y vegetación, especies que son representativas de las formaciones. A estas densidades se les aplicó un factor de expansión del 1,25% asumiendo posibles pérdidas por mortalidad de individuos, y, finalmente estos datos fueron extrapolados a las densidades reportadas para cada una de las formaciones de referencia, para así determinar la densidad de plantación.

- Densidades de plantación correspondientes a reforestación con especies nativas

A continuación, se presentan las densidades de plantación, de acuerdo con lo descrito para las formaciones actuales de referencia en el Capítulo 3.2.2 Línea Base Flora y Vegetación del EIA y en el **Anexo 06. Actualización Línea Base Flora y Vegetación** de la **Adenda**. La unidad homogénea de vegetación Bosque nativo será utilizada como referencia para todas las formaciones afectas de Bosque Nativo, según corresponda (Hidrófilo de quebradas, Rodales mixtos y Espinal), Bosque de exóticas asilvestradas y Formaciones Arbóreas que no constituyen bosque (**Tabla 7** y **Tabla 8**).

Tabla 7. Densidad estimada de plantación de especies arbóreas y arbustivas para la reforestación.

Hábito Crecimiento	Nombre Científico	Densidad registrada en línea de base (ind/ha)	Densidad registrada más adicionalidad del 1,25% (ind/ha)	Densidad de plantación (ind/ha)
Árboles	Hidrófilo de quebradas			
	Peumus boldus	215	218	510
	Myrceugenia exsucca	135	137	321
	Rodales mixtos			
	Lithrea caustica	97	98	139
	Kageneckia oblonga	304	308	437
	Peumus boldus	54	55	78
	Maytenus boaria	56	57	81
	Luma apiculata	6	6	8
	Vachellia caven	61	62	88
	Espinal			
	Vachellia caven	765	774	737
	Maytenus boaria	48	49	46
	Peumus boldus	18	18	17
	Kageneckia oblonga	17	17	16
	Lithrea caustica	15	15	14
Arbustos	Espinal			
	Azara dentata	3	3	4
	Baccharis linearis	40	41	48
	Berberis chilensis	74	75	87
	Escallonia pulverulenta	4	4	4
	Proustia cuneifolia	30	31	36
	Schinus polygama	45	45	53
	Trevoa quinquenervia	18	18	21
	Rodales mixtos			
	Azara dentata	10	11	11
	Baccharis linearis	11	11	12
	Berberis chilensis	38	38	40
	Escallonia pulverulenta	102	103	109
	Schinus polygama	57	58	61
	Trevoa quinquenervia	19	19	20
	Hidrófilo de quebradas			
	Berberis chilensis	100	101	37
	Cestrum parqui	55	56	21
	Trevoa quinquenervia	520	526	195

Fuente: Elaboración propia a partir del ***Anexo 06. Actualización Línea Base Flora y Vegetación de la Adenda****.*

- Densidades de plantación correspondientes a revegetación con especies nativas

La densidad de plantación se determinó a partir de lo descrito para las formaciones actuales de referencia en el **Capítulo 3.2.2 Línea Base Flora y Vegetación** del **EIA**, específicamente para las formaciones matorrales esclerófilos, matorrales espinosos y praderas con árboles y arbustos. A estas densidades se les aplicó un factor de expansión del 1,25% asumiendo posibles pérdidas por mortalidad de individuos (**Tabla 8**; **Tabla 9**) y, de la misma forma que para reforestación, estos datos fueron extrapolados a la densidad reportada para la formación vegetacional correspondiente.

Tabla 8. Densidad estimada de plantación de especies arbóreas y arbustivas para la revegetación en matorrales.

Hábito Crecimiento	Nombre Científico	Densidad registrada en línea de base (ind/ha)	Densidad registrada más adicionalidad del 1,25% (ind/ha)	Densidad de plantación (ind/ha)
Árboles	Matorrales esclerófilos			
	Lithrea caustica	55	56	121
	Maytenus boaria	60	61	132
	Peumus boldus	27	27	58
	Vachellia caven	94	95	205
	Matorrales espinosos			
	Lithrea caustica	17	17	16
	Luma apiculata	1	1	1
	Maytenus boaria	33	34	32
	Peumus boldus	5	5	4
	Vachellia caven	460	466	437
Arbustos	Matorrales esclerófilos			
	Azara integrifolia	30	30	30
	Berberis chilensis	110	111	111
	Escallonia pulverulenta	53	54	54
	Proustia cuneifolia	40	41	41
	Schinus polygama	48	49	49
	Matorrales espinosos			
	Baccharis linearis	13	13	14
	Berberis chilensis	95	97	105
	Escallonia pulverulenta	4	4	5
	Proustia cuneifolia	37	37	40
	Schinus polygama	46	47	51
	Trevoa quinquenervia	1	1	1

*Fuente: Elaboración propia a partir del **Anexo 06. Actualización Línea Base Flora y Vegetación de la Adenda**.*

Tabla 9. Densidad estimada de plantación de especies para la revegetación de praderas y praderas con árboles y/o arbustos.

Hábito Crecimiento	Nombre Científico	Densidad registrada en línea de base (ind/ha)	Densidad registrada más adicionalidad del 1,25% (ind/ha)	Densidad de plantación (ind/ha)
Árboles	Praderas			
	Vachellia caven	20	20	20
	Praderas con árboles y arbustos			
	Kageneckia oblonga	20	20	10
	Maytenus boaria	20	20	10
	Peumus boldus	20	20	10
	Salix humboldtiana	60	61	31
	Vachellia caven	210	213	110
Arbustos	Praderas			
	Schinus polygamus	20	20	20
	Praderas con árboles y arbustos			
	Berberis chilensis	60	61	19
	Proustia cuneifolia	60	61	19
	Schinus polygama	40	41	13

*Fuente: Elaboración propia a partir del **Anexo 06. Actualización Línea Base Flora y Vegetación de la Adenda**.*

- Especies objetivo para la reforestación con especies comerciales

La determinación de especies objetivo para la recuperación de las formaciones vegetacionales que actualmente presentan usos productivos será consensuada con los propietarios. Sin embargo, se propone de manera preliminar, mantener las especies de la condición basal, es decir *Pinus radiata* y/o *Eucalyptus globulus,* con densidades sugeridas de entre 900 y 1300 árboles por hectárea.

E.1.2 Obtención y selección de plantas

Las plantas utilizadas en los sitios de reforestación y revegetación deberán provenir de semillas recolectadas dentro de la zona edafoclimática en la que se encuentra el proyecto. Esto permitirá utilizar individuos adaptados a las condiciones ecológicas propias del lugar, lo cual aumenta las probabilidades de una mayor supervivencia y establecimiento de las especies a plantar. Para esto, se privilegiará contratar un vivero certificado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), cuya producción de plántulas se realice preferentemente en las provincias de Cauquenes o Itata. Las gestiones para la obtención y selección de plantas se realizarán al menos con 3 años antes de la ejecución del programa, lo que implica generar un convenio temprano con los viveros que les

permita contar con los individuos requeridos una vez finalicen las obras de desarme de las obras temporales y fase de cierre del proyecto con el fin de asegurar la disponibilidad de plantas.

Se utilizarán plantas en speedling, sin embargo, estas deben cumplir con condiciones mínimas de calidad, entendidas como el conjunto de atributos morfológicos, fisiológicos y sanitarios que permiten garantizar su capacidad para establecerse y crecer exitosamente en terreno. Para esto se tomarán como referencia tres atributos morfológicos definidos en la N.Ch. Nº2957/5 2006[1] (**Tabla 10**).

Tabla 10. Atributos morfológicos de las plantas en vivero.

Atributo	Magnitud
Altura (A)	25 – 35 cm
Diámetro de cuello (DAC)	>3 mm
Raíces	Volumen mínimo de la cavidad 135 cm^3

Fuente: NCh 2957/5, 2006

A continuación, se detalla cada uno de los atributos indicados en la **Tabla 10.**

- *Altura*: Se relaciona con la capacidad fotosintética de la planta y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora. Además, esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado. Esta variable se expresa generalmente en centímetros (cm).
- *Diámetro de cuello (DAC):* Es un indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas de la planta. Esta variable se expresa generalmente en milímetros (mm).
- *Volumen de raíz:* Está dado por el número de raíces laterales, la fibrosidad y la longitud del sistema radicular. Un mayor número de raíces laterales y una mayor longitud de estas y de la raíz principal puede significar un aumento en la estabilidad de la planta y una mejor capacidad exploratoria de la parte superior e inferior del suelo para mantener el estado hídrico. Por su parte, una mayor fibrosidad conduce a una mayor capacidad de absorción y a un mayor contacto suelo-raíz. Se infiere una buena calidad de raíz cuando el pan de sustrato o cepellón se observa íntegro.

Otra característica para seleccionar las plantas a utilizar es que tengan un aspecto vigoroso y sano, es decir, que no presenten daños o heridas en el follaje, tallo, cuello y/o raíz de la planta.

[1] *Los parámetros de calidad de planta determinados en esta norma fueron calculados para la especie arbórea nativa Raulí. Si bien la Norma no incluye otras especies nativas, es una aproximación de valores deseables para plantas de vivero con características similares.*

El transporte de las plantas desde el vivero hacia los sitios de plantación se realizará en vehículo cerrado. Las plantas deben mantenerse en ambiente y condiciones que impidan su desecación o daño. Se debe velar por no alterar en lo posible la forma del pan de tierra y no exponer las raíces al viento o sol directo.

E.2 Implementación del programa de revegetación

E.2.1 Preparación de sitio

Esta etapa consiste en realizar una serie de acciones que permiten proporcionar a las plantas condiciones de sitio óptimas para su establecimiento, supervivencia y desarrollo. Estas actividades tienen como objetivo eliminar la vegetación exótica invasora del lugar de plantación, mejorar las condiciones del suelo para favorecer el buen desarrollo de las raíces y la infiltración de agua. Para evitar el escurrimiento de agua y la erosión, la preparación de sitio y posterior plantación deben realizarse inmediatamente después de que sean desmanteladas las obras temporales y permanentes.

Luego del proceso de desmantelamiento de las obras del proyecto, tanto temporales como permanentes, es necesario habilitar el sitio previo a realizar las intervenciones de reforestación y revegetación. De acuerdo con lo anterior, es imperativo que se realicen las actividades que se mencionan a continuación:

1. *Limpieza del terreno:* consiste en eliminar hierbas y/o arbustos de origen exótico del lugar donde se plantarán los individuos vegetales, con el fin de facilitar las labores de plantación y reducir la competencia. Para esto, se deberá despejar 1 m de diámetro alrededor de cada núcleo de plantación (el cual albergará un grupo de 3 a 5 plantas).
2. *Habilitación de casillas de plantación:* se habilitarán casillas de plantación de forma manual, después del subsolado con maquinaria. El subsolado se realizará siguiendo las curvas de nivel topográficas para minimizar los procesos erosivos. Dentro de cada área despejada (núcleo), se habilitarán de 3 a 5 casillas de plantación. Las dimensiones de las casillas serán de 0,4 m de ancho x 0,4 m de largo x 0,4 m de profundidad. Además, se construirán 2 zanjas o colectores de agua lluvia por núcleo, de 0,15 m de ancho x 1 m de largo c/u, ubicados en la parte baja de la pendiente para maximizar la retención hídrica.
3. *Construcción de cerco perimetral:* Se realizará en los predios que no cuenten con cercado perimetral, para evitar el tránsito de animales mayores y personas. En la eventualidad que en la zona se detecte la existencia de lagomorfos (liebres y conejos), se implementará un programa de control que considerará la implementación de protecciones. Complementariamente, se diseminará heces de zorros en áreas de mayor densidad de

lagomorfos. Los predios que presenten cerco serán revisados para determinar si es necesario reforzarlos.

E.2.2 Técnicas de plantación

Con el objetivo de disminuir el riesgo de mortalidad de los ejemplares a plantar, esta actividad será realizada durante la temporada de otoño, cuando las plantas se encuentran en periodo de receso y las condiciones ambientales son menos hostiles para su establecimiento. Se procurará realizar plantación manual, de preferencia con pala plantadora, con una manipulación cuidadosa de las plantas, procurando no romper el molde que contiene las raíces. Además, la empresa contratista deberá incorporar enraizante y baño de hidrogel en la raíz previo a la plantación para evitar su desecamiento

El plantín deberá colocarse en la casilla de forma recta, en el centro y a una profundidad adecuada que permita la correcta distribución de la parte aérea y subterránea. Luego se deben apisonar la tierra de la casilla desde los bordes hacia su centro, sin compactar, dejando un borde o "media luna" en la parte baja de la pendiente para facilitar la captación de agua de escorrentía. (**Figura 14**).

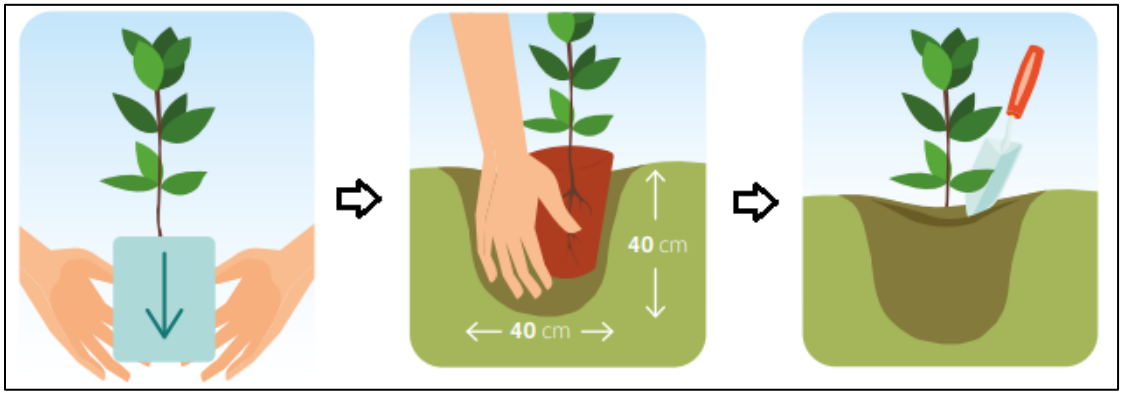


Figura 14. Descripción gráfica de plantación.

E.2.3 Diseño de Plantación

Para la reforestación de la plantación forestal (especies exóticas productivas, si aplicase) se mantendrá un esquema comercial tradicional de grilla rectangular (4x2 m^2). Sin embargo, para la reforestación y revegetación con especies nativas, el esquema de plantación a utilizar será un diseño de plantación en núcleos (o islas de vegetación) dispuestos estrictamente siguiendo las curvas de nivel.

Esta técnica se inspira en los procesos de sucesión ecológica natural. La implementación consiste en instalar núcleos de plantación, cada uno compuesto por un grupo de 3 a 5 plantas pertenecientes a especies nativas diferentes. Estas plantas se establecerán muy próximas entre sí (aproximadamente a 0,5 m de distancia unas de otras), cada una en su propia casilla individual dentro del área del núcleo de 1 m de diámetro.

Los núcleos, a su vez, se distribuirán en el área a restaurar manteniendo una separación promedio de 2,5 m entre ellos (**Figura 15**), trazados en función de las curvas de nivel del terreno.

Este diseño cumple un doble propósito:

1. **Recrear condiciones naturales:** Replicar las condiciones estructurales de la sucesión natural, donde el crecimiento cercano de distintas especies genera interacciones positivas (microclima, protección mutua), facilitando el reclutamiento de nuevas plantas y la acumulación de recursos.
2. **Prevención de la erosión:** Al disponer los núcleos de vegetación y las zanjas de captación de aguas lluvias en dirección perpendicular a la pendiente (siguiendo las curvas de nivel), se corta la energía cinética del escurrimiento superficial del agua, previniendo los procesos erosivos y aumentando la infiltración local.

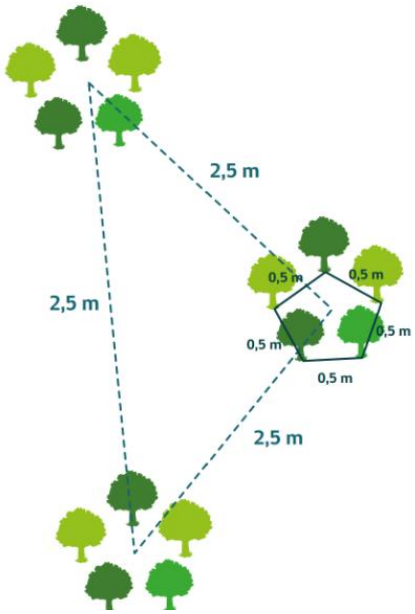


Figura 15. Esquema de plantación en núcleos.

Extraído de: Fundación Cerro Verde. (2014). Manual de restauración del ecosistema Cayumanque: Bosque esclerófilo de la zona centro sur de Chile. Proyecto GEF-SIRAP, CONAF – Región del Biobío.

E.2.4 Medidas de Protección para la reforestación y forestación con especies nativas

- Protectores contra herbivoría

Se instalarán mallas o protectores de polipropileno alrededor de cada planta, para resguardarlas de herbivoría. También se utilizará un tutor a una distancia de al menos 5 cm desde el tallo. Los protectores serán retirados luego de 3 temporadas y debe resguardarse su buen estado mientras estén en utilidad. Los protectores en mal estado deben repararse o bien reemplazarse por uno útil. Esto permitirá alcanzar un prendimiento de hasta 75%, de acuerdo con experiencias en proyectos de restauración ecológica en Chile, lo cual demuestra la importancia de su uso.

- Aplicación de mulch/mantillo

Se aplicará una capa de material orgánico sobre del suelo de un grosor máximo de 10 cm, dejando la superficie de la casilla completamente cubierta sin tapar los tallos de las plantas. Esto contribuirá a generar un microclima en el suelo alrededor de las plántulas, manteniendo la humedad y evitando la evapotranspiración. También, el mulch ayudará con el desarrollo de los organismos microbianos, además de impedir la compactación del suelo, y actuará como una barrera física extra contra la erosión por lluvia y viento. Se utilizará como insumo el material de desecho proveniente del control de malezas y otras actividades que generen desechos orgánicos vegetales para elaborar el mantillo.

E.3 Actividades de mantención para asegurar el éxito de la medida

Una vez finalizada la etapa de implementación, se deben llevar a cabo diversas acciones para facilitar la supervivencia, establecimiento y desarrollo de la plantación. A continuación, se detallan las actividades a desarrollar:

I. *Replante:* En sectores donde se observe una mortalidad de plantas mayor al 25% de la densidad de plantación se deberá realizar faenas de replante. No será necesario hacer replante con mortalidades menores al 25%.

II. *Control de malezas:* Consiste en eliminar las especies vegetales que compiten directamente con las especies plantadas. La frecuencia de esta actividad será cada un mes en la estación de crecimiento (primavera, inicios de verano) y cada tres meses el resto del año. Sin embargo, si se observa más de un 50% de cobertura de maleza, se debe proceder de inmediato a realizar el control.

III. *Control de plagas:* Se deberá hacer control preventivo de plagas por medio del monitoreo de presencia de plagas y vigor de las plantas. En caso de detectar este problema sanitario en terreno se deberá evaluar y generar mecanismos para controlar y/o erradicar la plaga.

IV. *Restricciones climáticas / Déficit hídrico*: Según el escenario de sequía actual y proyectado, será necesario tener un sistema de riego (goteo más sistema de captación). El esquema de riego se propondrá en función de las condiciones climáticas al momento de la aplicación del plan.

V. *Herbivoría:* Si se observa daño por herbivoría, se reforzarán las protecciones individuales. Si los protectores fueron instalados, estos deben ser revisados para su reposición si se encuentran dañados.

VI. *Incendios:* Se deben realizar acciones preventivas contra incendios, como la construcción y mantención de cortafuegos. Dado el diseño en núcleos, los cortafuegos se diseñarán aprovechando los espacios y líneas de nivel que naturalmente quedarán entre los parches de vegetación. Se debe cumplir la legislación vigente y mantener letreros de prohibición del uso del fuego.

VII. *Fertilización correctiva:* Se debe realizar esta fertilización en caso de detectar deficiencias de nutrición.

F. PLAN DE MONITOREO E INDICADORES DE ÉXITO

F.1 Programa de restauración de la geomorfología

Se presentará a la autoridad un informe de reporte que dé cuenta de la realización de retiro de obras y ejecución de las actividades de restauración de la geoforma luego de tres meses ejecutada la actividad, ello con el objetivo de verificar, mediante fotografías de la condición inicial y final del retiro de la obra, el éxito de la actividad (ver cronograma H.2).

El plan de revegetación de la geoforma se considerará como exitoso si en el 100% de las superficies ocupadas por obras no se observan discontinuidades de la pendiente, ni signos de erosión activa, y no se evidencian excavaciones abiertas o rellenadas de forma incorrecta.

El informe de monitoreo será reportado por el Titular en el Sistema de Seguimiento Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente, conforme a los contenidos técnicos y formales establecidos en la Resolución Exenta N°1.518 de 2017 de la SMA, que reemplaza a la Resolución Exenta N°223, con el objeto de su revisión y fiscalización por parte de la autoridad ambiental.

F.2 Programa de revegetación

Luego de realizado el procedimiento de plantación se presentará a la autoridad un informe con el detalle de dicha actividad. Posterior a esto se realizarán inspecciones visuales durante un periodo de siete años con el objetivo de detectar mortalidad en las plantas, plagas, posibles problemas en

el sistema de riego, y protecciones y cercos. Estas visitas se realizarán semestralmente durante los tres primeros años posteriores a la plantación. Desde el año 4 en adelante el monitoreo será anual, hasta el año 7. Se realizarán reportes ejecutivos en los cuales se detallarán las observaciones del estado de los sitios restaurados.

Para evaluar el establecimiento de la reforestación y revegetación se medirán las variables supervivencia (viva-muerta), diámetro a la altura del cuello (DAC), altura del ejemplar y estado fitosanitario aproximadamente 15 días después de la plantación (línea base). Para ello se realizarán parcelas georreferenciadas de 500 m^2 con una densidad de una parcela por hectárea. La frecuencia de monitoreo en las parcelas será igual a lo descrito más arriba.

El plan se considerará exitoso si, después del tercer año, el 75% de los ejemplares plantados se encuentren establecidos. Si se observa más de un 25% de mortalidad y/o individuos en estado sanitario deplorable, se deben hacer los replantes necesarios para mantener la densidad de plantación comprometida (75%). Los replantes deberán ser diferenciados del resto de los ejemplares.

Si se detecta plaga o enfermedad, se avisará al SAG y CONAF Regional, con el fin de solicitar asesoría para el control. En caso de detectar problemas en cercos, protecciones de plantas o del sistema de riego, se corregirá a la brevedad.

G. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta la Carta Gantt con las actividades a realizar post-desmantelamiento de obras temporales y permanentes (**Tabla 11** a **Tabla 13**).

Tabla 11. Carta Gantt con las actividades a realizar post-desmantelamiento de obras temporales y permanentes (año 1 al 3).

Actividades	Año 1												Año 2												Año 3											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Habilitación de todos los sitios: limpieza y preparación del suelo																																				
Subsolado del suelo en sitios de rehabilitación																																				
Plantación																																				
Informe de plantación																																				
Control de malezas y regeneración invasora de todos los sitios pre-actividades																																				
Monitoreo: Densidad de especies plantadas																																				
Monitoreo: Sobrevivencia																																				
Informe de monitoreo																																				
Mantención: Replante																																				

Tabla 12. Carta Gantt con las actividades a realizar post-desmantelamiento de obras temporales y permanentes (año 4 y 5).

Actividades	Año 4												Año 5											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Recuperación de la vegetación																								
Habilitación de todos los sitios: limpieza y preparación del suelo																								
Subsolado del suelo en sitios de rehabilitación																								
Plantación																								
Informe de plantación																								
Control de malezas y regeneración invasora de todos los sitios pre-actividades																								
Monitoreo: Densidad de especies plantadas																								
Monitoreo: Sobrevivencia																								
Informe monitoreo																								
Mantención: Replante																								

Tabla 13. Carta Gantt con las actividades a realizar post-desmantelamiento de obras temporales y permanentes (año 5 y 6).

Actividades	Año 6												Año 7											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Recuperación de la vegetación																								
Habilitación de todos los sitios: limpieza y preparación del suelo																								
Subsolado del suelo en sitios de rehabilitación																								
Plantación																								
Informe de plantación																								
Control de malezas y regeneración invasora de todos los sitios pre-actividades																								
Monitoreo: Densidad de especies plantadas																								
Monitoreo: Sobrevivencia																								
Informe monitoreo																								
Mantención: Replante																								