



PROYECTO: PAISAJES PRODUCTIVOS RESILIENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO Y REDES SOCIOECONÓMICAS FORTALECIDAS EN GUATEMALA.



Al servicio
de las personas
y las naciones

MANUAL PARA OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL Y BIOINGENIERÍA, DE PEQUEÑA ESCALA



2016

Proyecto: Paisajes Productivos Resilientes al Cambio Climático y Redes Socioeconómicas Fortalecidas en Guatemala



PROYECTO: PAISAJES PRODUCTIVOS RESILIENTES AL CAMBIO CLIMÁTICO Y REDES SOCIOECONÓMICAS FORTALECIDAS EN GUATEMALA.



Elaboración
Marco Colindres

Revisión:
Johnny Toledo (Revisor, Coordinador del Proyecto PPRCC)
Gabriela Castellanos (Revisora, Directora del Proyecto PPRCC)

Fotografías
Marco Colindres
Aportes de Ings. Marvin Rabanales y Ana Reyna

Diseño y Diagramación
Nydia Graciela Monroy Sagastume
Corina Mena

La elaboración y reproducción de este documento es posible gracias al apoyo del Proyecto “Paisajes Productivos Resilientes al Cambio Climático y Redes Socioeconómicas Fortalecidas en Guatemala” (PPRCC) que dispone de una donación del Fondo de Adaptación que ejecuta el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) e implementa conjuntamente el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).



ACRÓNIMOS

AF	Adaptation Fund (por sus siglas en inglés)
CA	Ruta Centroamericana
CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda
COVIAL	Unidad Ejecutora de Conservación Vial
CR	Camino Rural
CRS	Catholic Relief Services
DGC	Dirección General de Caminos
DIAF	Departamento de Ingeniería Agraria y Forestal (de la Universidad de Firenze, Italia)
DIPECHO	Programa de preparación ante desastres del Departamento de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea
DMP	Dirección Municipal de Planificación
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
N-W	Norte-Oeste
ORCC	Obras Resilientes al Cambio Climático
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
PPRCC	Proyecto Paisajes Resilientes al Cambio Climático y Redes Socio-Económicas Fortalecidas en Guatemala
PSSM	Pastoral Social de la Diócesis de San Marcos
RD	Ruta Departamental
SOL	Sololá
SCH	Suchitepéquez
TdR	Términos de Referencia
UGP	Unidad de Gestión del Proyecto

Índice General

2.	CAPÍTULO 1. DEFINICIÓN Y TIPOLOGÍA DE LAS INTERVENCIONES -GENERALIDADES-.....	9
2.1.	¿Qué es la Ingeniería Naturalística o Bioingeniería?.....	9
2.2.	La Ingeniería Naturalística aplicada a acciones de Mitigación.....	9
2.3.	Tipología de las Intervenciones de Ingeniería Naturalística-Bioingeniería.....	9
2.4.	Correlación tipología-intervención.....	9
2.5.	¿Cuándo aplicar la Ingeniería Naturalística-Bioingeniería?.....	12
2.6.	Ventajas y Desventajas de la aplicación de la Ingeniería Naturalística-Bioingeniería.....	13
3.	CAPÍTULO 2. CONTEXTO DE DESARROLLO DE LAS OBRAS. DISEÑO Y ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN.....	15
3.1.	Localización.....	15
3.2.	Priorización de áreas para la implementación de obras.....	17
3.3.	Criterios de selección del diseño de obras.....	18
3.4.	Criterios de selección material vegetal para revegetación de obras.....	19
3.5.	Identificación, diseño y etapas de implementación de obras.....	20
4.	CAPÍTULO 3. ACTIVIDADES DE COORDINACIÓN, COMPROMISOS Y FORMACIÓN, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS OBRAS.....	78
4.1.	Acciones estratégicas.....	78
4.2.	Socios estratégicos.....	79
4.3.	Etapas de desarrollo.....	79
4.4.	Consideraciones en la firma de compromisos.....	86
4.5.	Formación.....	87
5.	CAPÍTULO 4. PLAN DE MANEJO DE ESPECIES VEGETALES, MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS Y PROTOCOLO DE IMPREVISTOS (Posibles) QUE PUEDEN PRESENTARSE DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS OBRAS. RECOMENDACIONES FINALES.....	88
5.1.	Introducción.....	88
5.2.	Definiciones de mantenimiento.....	88
5.3.	Objetivos del mantenimiento.....	88
5.4.	Tipos de mantenimiento.....	88
5.5.	Mantenimiento rutinario.....	88
5.6.	Mantenimiento periódico.....	89
5.7.	Actividades específicas del mantenimiento rutinario.....	89
5.8.	Indicadores de mantenimiento rutinario.....	92
5.9.	Actividades específicas del mantenimiento periódico.....	92
5.10.	Protocolo de imprevistos (posibles) que pueden presentarse durante la implementación de del proyecto.....	94
5.11.	Atención de emergencias.....	95
5.12.	Recomendaciones finales.....	95
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	97
7.	Anexos.....	98
	Anexo 1. Planificación de las obras.....	99
	Anexo 2. Ejemplo de actividades y materiales previstos para las obras.....	124

Índice de Figuras

Figura 1. Obra Bioingeniería. La Fraternidad, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.....	9
Figura 2. Combinación de Entramado de madera vivo a doble pared y Emparrillado vivo El Carrizal, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos	11
Figura 3. Mapa de pendientes de la parte alta y media de la cuenca del Río Nahualate.....	16
Figura 4. Identificación de la obra 1.....	20
Figura 5. Detalle disipador. Sección B-B'. Planificación Obra ORCC-01/RD-SOL-08.....	26
Figura 6. Ejemplo de un Entramado de “madera vivo a doble pared”. La Palma Sur, La Reforma, San Marcos.....	27
Figura 7. Modulación de intervención. Planificación Obra ORCC-01/RD-SOL-08.....	28
Figura 8. Ejemplo de revegetación. La Palma Sur, La Reforma, San Marcos.....	29
Figura 9. Sección A-A'. Planificación Obra ORCC-01/RD-SOL-08.....	30
Figura 10. Identificación de la obra 2.....	31
Figura 11. Ejemplo de un armado de Terrazas (Entramado de madera vivo a doble pared.....	38
Figura 12. Sección B-B'. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08.....	40
Figura 13. Ejemplo de una Estructura de Bambú (troncos longitudinales y verticales).....	41
Figura 14. Sección típica intervención 3. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08.....	42
Figura 15. Detalle disipador. Sección B-B'. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08.....	43
Figura 16. Ejemplo de revegetación.....	44
Figura 17. Sección A-A'. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08.....	45
Figura 18. Identificación de la obra 3.....	46
Figura 19. Ejemplo de un armado de “Entramado de madera vivo a doble pared”.....	53
Figura 20. Ejemplo de un de un “Entramado de madera vivo a doble pared” utilizando Bambú.....	54
Figura 21. Planta armado troncos. Sección C-C'. Planificación Obra ORCC-03/RD-SOL-08.....	55
Figura 22. Ejemplo de armado de un Disipador (utilizando Bambú).....	56
Figura 23. Planta de intervenciones. Planificación Obra ORCC-03/RD-SOL-08.....	58
Figura 24. Ejemplo de revegetación.....	59
Figura 25. Sección A-A'. Planificación Obra ORCC-03/RD-SOL-08.....	59
Figura 26. Identificación de la obra 4.....	60
Figura 27. Ejemplo de un “Entramado de madera vivo a doble pared”.....	65
Figura 28. Planta de intervención. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-02 y RD-SOL-13.....	66
Figura 29. Sección A-A'. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-02 y RD-SOL-13.....	67
Figura 30. Identificación de la obra 5.....	68
Figura 31. Ejemplo de un a armado de “Entramado de madera vivo a doble pared”.....	73
Figura 32. Planta de intervención. Planificación Obra ORCC-06/RD-SOL-10.....	74
Figura 33. Ejemplo de un armado de “Emparrillado vivo”.....	75
Figura 34. Ejemplo de revegetación.....	76
Figura 35. Sección A-A'. Planificación Obra ORCC-06/RD-SOL-10.....	77

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Ficha técnica obra de bioingeniería 1.....	21
Cuadro 2. Ficha técnica obra de bioingeniería 2.....	32
Cuadro 3. Ficha técnica obra de bioingeniería 3.....	47
Cuadro 4. Ficha técnica obra de bioingeniería 4.....	61
Cuadro 5. Ficha técnica obra de bioingeniería 5.....	69
Cuadro 6. Actividades a desarrollar ANTES de la implementación de las obras.....	80
Cuadro 7. Actividades a desarrollar DURANTE la implementación de las obras.....	83
Cuadro 8. Actividades a desarrollar DESPUÉS de la implementación de las obras.....	85
Cuadro 9. Temática talleres de formación.....	87
Cuadro 10. Plan de manejo de especies utilizadas en la revegetación de obras.....	90
Cuadro 11. Plan de mantenimiento de estructuras.....	93
Cuadro 12. Posibles imprevistos-acciones sugeridas.....	94

1. Introducción

El presente “Manual para obras de ingeniería civil y bioingeniería, de pequeña escala” se realizó dentro del marco de implementación del Proyecto “Paisajes Productivos Resilientes al Cambio Climático y Redes Socioeconómicas Fortalecidas en Guatemala” que dispone de una donación del Fondo de Adaptación, ejecutado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) e implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con cobertura en doce municipios que se encuentran dentro de la Cuenca del Río Nahualate y pertenecientes a los departamentos de Sololá y Suchitepéquez.

El manual está distribuido en capítulos; el *primer capítulo*, hace referencia a definiciones, tipología de intervenciones y desarrollo de las técnicas de bioingeniería-ingeniería naturalística. El *segundo capítulo* refiere el contexto de las obras y diseño de las mismas. El *tercer capítulo* aborda aspectos organizativos y de formación, a través de la presentación de un plan de capacitaciones y acciones a realizar previo-durante y posterior a la ejecución de las obras. El *cuarto capítulo*, describe el plan de manejo de la cobertura vegetal, mantenimiento de estructuras y protocolo de imprevistos (básicos) que se presentan durante la implementación de las obras. En la *sección de anexos*, se encuentra la planificación de las obras propuestas y un ejemplo de actividades y materiales previstos para la construcción de las obras.

Este Manual está dirigido principalmente a los líderes de los gobiernos locales y a los responsables de la formulación de políticas para apoyarlos en la toma de decisiones y organización para la ejecución de acciones de reducción de riesgo de desastres y resiliencia ante el clima de los paisajes productivos y de los sistemas socio-productivos de las comunidades y municipios dentro de la cuenca del río Nahualate, de la Vertiente del Pacífico del país.

Desde el punto de vista participativo y pertinente, previo y durante la ejecución de las obras debe considerarse la participación y aporte de las organizaciones, líderes comunitarios y gobiernos locales (entre otros actores), buscando un enfoque de adaptación basado en las necesidades de cada comunidad. Se espera promover la integración y sostenibilidad de las obras.

Se ofrece una guía práctica para entender y pasar a la acción con base en parámetros y descripciones técnicas de Bioingeniería para la implementación de las obras; principalmente en acciones de recuperación, estabilización, protección y consolidación de laderas o taludes con alta degradación y erosión, las localidades, las cuales deberán ser socializadas y validadas estratégicamente en las localidades donde se intervendrá. Aunque éste manual se elaboró con base a los ejes viales principales que forman parte de la cuenca del río Nahualate, la implementación o puesta en marcha del mismo es aplicable tanto a taludes que forman parte de los caminos como a cualquier otro tipo de taludes o laderas de otras cuencas de Guatemala.

Por las características de éste tipo de obras se debe coordinar con dependencias del CIV y del MARN, en otros contextos y casos, este tipo de acciones, igualmente se pueden coordinar con otras instancias gubernamentales y no gubernamentales (proyectos o programas) a nivel nacional.

Las intervenciones desarrolladas cumplen una función de gran importancia para la prevención de la vulnerabilidad de las poblaciones expuestas a estos riesgos. Los eventos adversos recurrentes como derrumbes y deslizamientos tienen un impacto alto y negativo sobre la condiciones de vida y desarrollo de las comunidades; reduciendo la capacidad de resiliencia y los progresos alcanzados.

Los criterios técnicos y de diseño de las obras se basan en experiencias anteriores del Departamento de Ingeniería Agraria y Forestal de la Universidad de Florencia, Italia (DIAF), proyectos DIPECHO, Planes de Acción V, VI y VII, este último con Intervenciones en Bordas en el departamento de Escuintla, Guatemala y del IX Plan de Acción DIPECHO, realizado en San Marcos, Guatemala cuyas intervenciones se realizaron en áreas susceptibles a deslizamientos y condiciones de ladera. Para ilustrar los procesos constructivos, se incluyen imágenes de las obras construidas en el departamento de San Marcos.

El manual responde a la necesidad de un mejor acceso a la información, conocimiento, capacidades y herramientas para abordar de manera eficaz el riesgo de desastres y los eventos climáticos extremos. Ofrece una descripción general, de las estrategias y acciones clave necesarias para crear resiliencia antes los desastres. Cada localidad o municipio determinará cómo se aplican estas acciones a su propio contexto y capacidades.

2. Capítulo 1. Definición y tipología de las intervenciones -generalidades-

2.1 ¿Qué es la Ingeniería Naturalística o Bioingeniería?

Según Schiechtl, la Ingeniería Naturalística, conocida como “Ingeniería Biológica” o “Bioingeniería”, es una disciplina técnico-científica que estudia las modalidades de uso de las plantas vivas, de partes de plantas (raíces, troncos, estacas, entre otros), incluso de asociaciones vegetales enteras con materiales de construcción, con frecuencia unidos a materiales no vivos como piedras, llantas, tierra, acero, entre otros.

Además, cumple una función hidrogeológica de consolidación de terrenos de alta pendiente o laderas, a través de la estabilización y cobertura del mismo, la contención de las precipitaciones atmosféricas, la protección del terreno de la erosión debida a la acción del viento, y cumple una eficiente función de drenaje (Petrone A., & Preti F.).

Las intervenciones de Ingeniería Naturalística-Bioingeniería tienen la función primaria de protección y recuperación ambiental de vertientes, laderas y orillas pluviales en erosión (Figura 1). Tienen

un valor agregado, representado por el elevado valor paisajístico y respetuoso de los ecosistemas. Las primeras experiencias documentadas, fueron realizadas por técnicos de los países del área alpina de Austria, Alemania y Suiza; a finales del año 1,800, cuando Europa empezó la difusión de las técnicas de manejo forestal, sobre los cortos tiempos de realización y la economía de las obras con materiales que se recuperan directamente en el lugar en el cual se realiza la intervención y que aseguraron el éxito y la rápida difusión en otros contextos de aplicación (Petrone A., & Preti F.).



Figura 1. Obra Bioingeniería. La Fraternidad, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

2.2 La Ingeniería Naturalística aplicada a acciones de Mitigación.

“La aplicación de la ingeniería naturalística constituye un redescubrimiento y una reinterpretación de métodos tradicionales al contexto actual”, sobre todo para la reducción de vulnerabilidades en aquellas comunidades y territorios expuestos a eventos desastrosos recurrentes relacionados con eventos climáticos como derrumbes, deslizamientos, inundaciones, entre otros, (V PLAN DE ACCIÓN DIPECHO CAPÍTULO ECUADOR, ECHO/DIP/BUD/2007/03007).

Estos eventos tienen un alto impacto negativo sobre el desarrollo de las comunidades más vulnerables, reduciendo así la capacidad de resiliencia y los progresos alcanzados, obligando a las instituciones gubernamentales y no gubernamentales a agotar el apoyo financiero disponible en la solución de problemas de prevención, mitigación, preparación y respuesta a emergencias.

Un buen porcentaje de las víctimas de catástrofes naturales en el mundo, viven en países en vías de desarrollo, por lo que el impacto de estas técnicas de manejo y gestión integral de riesgos en las áreas expuestas a desastres naturales es de gran importancia, por su adaptación a las funciones y requerimientos particulares para las cuales son utilizadas.

2.3 Tipología de las Intervenciones de Ingeniería Naturalística-Bioingeniería.

Las intervenciones de la Ingeniería Naturalística-Bioingeniería se pueden dividir en 3 grupos, (TROCAIRE/CRS/PSSM/DG-ECHO. 2015):

2.3.1. Tipo A:

Intervenciones sobre laderas de “sostén”, “consolidación” y/o “estabilización” (con excepción de derrumbes profundos) e intervenciones de “revestimiento”, “cobertura” y/o “protección”, “complemento” contra la erosión superficial.

2.3.2. Tipo B:

Intervenciones en álveo de “sostén”, “consolidación” y/o “estabilización” para el control de caudales de crecidas y evitar el descalzamiento, erosión al pie de la ribera, el aterramiento, etc.

2.3.3. Tipo C:

Intervenciones eficaces en álveo así como en ladera (ej. Riberas fluviales sumergidas solo periódicamente).

2.4. Correlación tipología-intervención.

Lista de intervenciones que pueden ser empleadas según la tipología que se requiera (Petroni A., & Preti F.):

¹ Álveo: Cauce de un río o arroyo.

- 2.4.1. Siembra al voleo (A, C)
- 2.4.2. Soportes contra la erosión de fibras naturales y sintéticas en la siembras (A, B, C)
- 2.4.5. Colocación de estacas, macollas y rizomas (A, B, C)
- 2.4.6. Colocación de arbustos y árboles (A, B, C)
- 2.4.7. Implantación de tepes (A)
- 2.4.8. Lechos de ramaje/peldaños de leña/empalizada viva (A, C)
- 2.4.9. Drenaje con fajinas vivas (A)
- 2.4.10. Regaderos de madera (A)
- 2.4.11. Revestimiento vegetal de fosos y surcos de erosión (A, en impluvios menores B)
- 2.4.12. Entramado de madera vivo a Doble Pared (A, B, C)
- 2.4.13. Emparrillado o Parrilla Viva (A, C)
- 2.4.14. Rollos de geotextil-rollos metálicos sobre riberas (B)

En la figura 2 se observa una de las intervenciones, las cuales pueden hacerse solas o en combinación, según las necesidades y particularidades del área a intervenir.



Figura 2. Combinación de Entramado de madera vivo a doble pared y Emparrillado vivo. El Carrizal, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

2.5 ¿Cuándo aplicar la Ingeniería Naturalística-Bioingeniería?

Las técnicas de Ingeniería Naturalística-Bioingeniería, se pueden aplicar en todos aquellos lugares donde haya cambios en el paisaje que atenten contra el ambiente y la población. El principio fundamental para saber cuándo debe intervenir a través de la aplicación de estas técnicas, parte del análisis de la “Necesidad”; expresada en términos de las condiciones de “Vulnerabilidad” a la que está expuesta la población y la “Amenaza” que representa la no intervención, por ejemplo: Una zona propensa a deslizamientos y derrumbes, (TROCAIRE/CRS/PSSM/DG-ECHO. 2015).

Se deben considerar además aspectos económicos como la mano de obra, adaptación del material a utilizar y disponibilidad de recursos. Una vez

establecida la priorización de intervención; se debe contar con datos preliminares que permitan la elaboración y planteamiento de un proyecto; algunos de estos datos pueden ser los siguientes:

- 2.5.1. Topografía de la zona objeto de intervención,
- 2.5.2. Caracterización del régimen climático,
- 2.5.3. Datos sobre características del suelo,
- 2.5.4. Datos hidrológicos,
- 2.5.5. Identificación de la vegetación del área.

Con estos datos, es posible escoger entre una amplia variedad de intervenciones y apoyarse en la descripción antes mencionada (la “*Tipología de Intervenciones*”).

2.6 Ventajas y Desventajas de la aplicación de la Ingeniería Naturalística-Bioingeniería.

2.6.1. Ventajas

2.6.1.1. Reducción de costos en comparación con las obras tradicionales en el área de intervención: muros de contención de concreto, gaviones de piedra, entre otros.

2.6.1.2. Es considerada de beneficio colectivo debido a que la experiencia durante el aporte de mano de obra local, se unifica esfuerzos, se estrecha lazos de cooperación y solidaridad en la comunidad, además genera capacidades organizativas de las autoridades locales al liderar la ejecución de este tipo de obras.

2.6.1.3. La utilización de materiales locales, reduce costos, impulsa la economía local, asegura una inserción paisajística perfecta, recupera de la biodiversidad; brinda estabilización, consolidación y protección de laderas, facilita la obtención y traslado de los recursos.

2.6.1.4. Participación de comunidad en la toma de decisiones e involucramiento de profesionales de distintas especializaciones (equipo multidisciplinario) acompañando el proceso de implementación.

2.6.1.5. La acción de consolidación y protección aumenta al pasar el tiempo, por el crecimiento vegetativo de las plantas que se utilizan en la revegetación; al contrario de una intervención tradicional (concreto).

2.6.1.6. Crea condiciones de regeneración natural, y recuperación de la biodiversidad al mejorar la estabilidad y calidad del suelo.

2.6.1.7. Para el armado de las estructuras y revegetación de espacios, se utilizan especies vegetales que crecen en el área de trabajo (uno de los ejercicios indispensables, es la identificación y selección de material vegetal)². En éste caso particular, para la implementación del proyecto se identificaron las siguientes especies: Aliso (*Alnusjorullensis*), roble o encino (*Quercus spp.*), ciprés común (*Cupressus lusitánica*), pino blanco (*P. ayacahuite*), pino triste (*P. pseudostrobus*); pastos de diferentes especies y variedades, carrizo (*Phragmites australis*), escobillo (*Malvastrum coromandelianum*), falso tabaco o tabaquillo (*Wigandia urens*), entre otros.

2.6.1.8. Existen diseños adaptables a todos los contextos, son de fácil aplicación y combinación; con posibilidad de replicar las experiencias en similares condiciones.

2 Tomando en cuenta los "criterios de selección material vegetal para revegetación de obras", mencionados más adelante.

2.6.2. Desventajas

2.6.2.1. Las intervenciones no son de efecto inmediato, por lo tanto, se necesita realizar controles y mantenimiento: podas, resiembras, entresacas, sustitución de plantas y abonos.

2.6.2.2. Estas técnicas no son de aplicación general para todo tipo de terreno. Un factor determinante es el límite del espesor de suelo que es posible estabilizar, consolidar y proteger debido a la profundidad alcanzable de las raíces de las plantas.

2.6.2.3. Es necesario evaluar la aplicación de obras de bioingeniería en lugares en donde las amenazas son permanentes, debido a que estas técnicas necesitan de mayor tiempo para su establecimiento y los resultados no son inmediatos. Si en los primeros (seis) meses de implementación de las obras, se presenta un evento de gran magnitud (huracán, temporal prolongado, etc.), es probable que la obra pueda ceder en parte de su estructura, debido a la poca consolidación y protección alcanzada en el corto tiempo.

2.6.2.4. La aplicación de estas técnicas solamente puede realizarse en lugares donde las autoridades locales y la población estén organizados y han asumido o asuman compromisos de largo plazo entre las partes involucradas, en aspectos de obtención, administración y ejecución de recursos locales para las obras y principalmente el mantenimiento regular de las estructuras configuradas, y revegetaciones realizadas.

3. Capítulo 2. Contexto de desarrollo de las obras. Diseño y etapas de implementación.

3.1. Localización.

Las obras de ingeniería y bioingeniería a pequeña escala se diseñaron tomando como referencia las 19 subcuencas³ de la cuenca del Río Nahualate.

La cuenca del río Nahualate se encuentra entre los paralelos 14°00'32" y 14°54'26" latitud Norte y los meridianos 91°09'20" y 91°38'05" longitud Oeste. Los límites geográficos de la cuenca son: Al Norte la cuenca del río Motagua, al Este la del río Madre Vieja y Atitlán, al Oeste Río Samalá y Sis-Icán, y al sur el océano Pacífico, al cual vierte sus aguas. Tiene un área 1930.33 Km² (193,032.7 Ha) y un perímetro de 272 Km, la longitud del cauce principal es de 132.2 Km y de quinto orden, a lo largo de su cauce recibe alrededor de 16098 corrientes, lo que significa que posee 8 corrientes por cada kilómetro cuadrado, lo que la clasifica como una cuenca bien drenada. La relación de forma es de 0.11, lo que la clasifica como una cuenca alargada; el índice de compacidad es de 1.75 y la clasifica como una cuenca oblonga a alargada. La elevación media es de 721.1 m.s.n.m., su elevación máxima es de 3537 m.s.n.m. y la elevación mínima es de 0 m.s.n.m. hasta la desembocadura del océano Pacífico. Por drenar sus aguas a éste océano, se clasifica como una cuenca exorreica.

Entre los principales tributarios del Río Nahualate se encuentran Tzozomá, Uguualcox, Masá, Yatzá, Nicá, Cutzán, Tarro, Bravo, San Francisco, Mocá, Chegües, Ixtacapa, Siguacán y el río del Mico. Dentro de la cuenca se localizan la Laguna de Sipacate, La Zarca, y los esteros Tahuexco y Victoria. Entre los principales accidentes geográficos están: El cerro Zunil, Montaña Siete Cruces, sierra de Chuatroj, montaña Chuanimajuyub, cerro Batzibaljuyub, cerro Chuiraxamoló, sierra Parraxquin, cerro Paquisís, montaña El Poj, cerro Paculán y cerro cabeza de burro. Además, posee dos volcanes, siendo ellos el Santo Tomás en el departamento de Totonicapán y Quetzaltenango, y el Atitlán en el departamento de Sololá.

La cuenca cubre parcialmente los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez, Quetzaltenango, Sololá y Totonicapán, y entre ellos los Municipios de Nueva Concepción (Escuintla), Santo Domingo Suchitepéquez, Samayac, San Pablo Jocopilas, Santo Tomás La Unión, Chicacao, San Miguel Panán, Santa Bárbara, San Juan Bautista y Río Bravo (Suchitepéquez), Zunil y Cantel (Quetzaltenango), San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán, San Pedro La Laguna, San Juan La Laguna, Santa Clara La Laguna, Santa María Visitación, San Pablo La

3 Alto Nahualate, Uguualxucube, Tzozomá, Paximbal, Igualcox, Masá, Ixtacapa, Yatzá, Panán, Mixpiyá, Nicá, Mocá, Paquiacamíyá, Tarro, Bravo, San Francisco, Chunajá, Siguacán y Coralito.

Laguna, Santa Lucía Utatlán, Nahualá Santa Catarina Ixtahuacán (Sololá) y Totonicapán (Totonicapán), (MARN/ADAPTATION FUND/ PNUD, 2016).

Considerando características topográficas y del suelo, así como la vulnerabilidad ante deslizamientos, altos índices de pobreza e

inequidad que además afecta la seguridad alimentaria, la salud, los ecosistemas y los recursos hídricos entre otros, la zona objeto de estudio se circunscribe dentro de los municipios de Santa María Visitación, Nahualá, Santa Catarina Ixtahuacán, Santiago Atitlán y Chicacao (cuenca alta y media) de los departamentos de Sololá y Suchitepéquez.

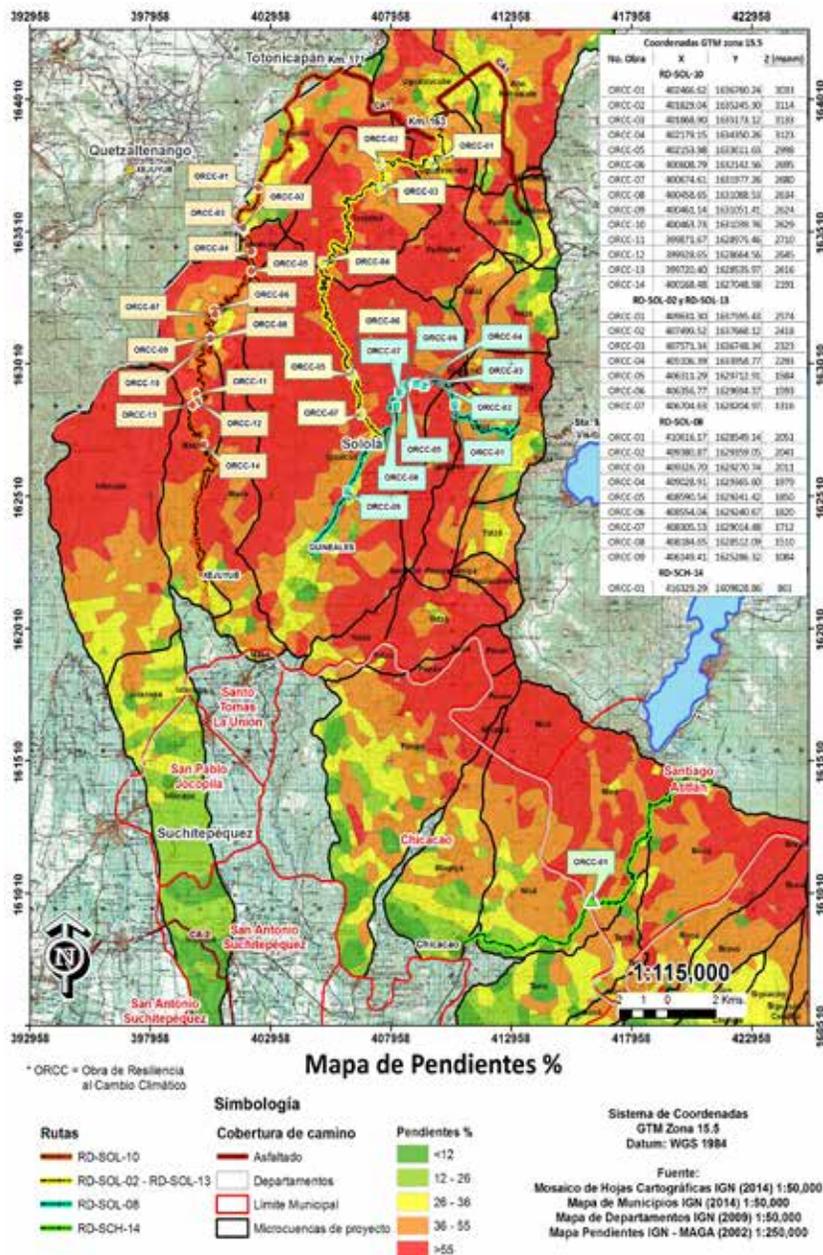


Figura 3. Mapa de pendientes de la parte alta y media de la cuenca del Río Nahualate.

Los municipios anteriormente mencionados así como la cuenca alta, media y baja, están articulados por medio de una red vial no pavimentada clasificada como Rutas Departamentales (RD), que además conecta dos rutas importantes de la red vial nacional, siendo estas la CA-01 Occidente (en el altiplano occidental) con la CA-02 Occidente en la Costa Sur (en el Pacífico). En cada una de las cuatro rutas referidas, se localizó una serie de áreas vulnerables identificadas como ORCC (Obras Resilientes al Cambio Climático) como se observa en la Figura 3.

3.2 Priorización de áreas para la implementación de Obras.

La priorización de las áreas de intervención para la implementación de las obras de “Bioingeniería” se realiza contrastando los siguientes criterios:

3.2.1. La ubicación geográfica y estratégica dentro de la cuenca (parte alta, media, baja) y su conectividad.

3.2.2. El grado de erosión de los terrenos con alto grado de amenazas de deslizamientos y derrumbes.

3.2.3. La diversidad de medios y formas de vida; grupos étnicos, lingüísticos y de poblaciones vulnerables. Con diferentes grados de pobreza, analfabetismo y exclusión.

3.2.4. Al grado de vulnerabilidad de la población ante la manifestación de diversos fenómenos hidrometeorológicos y a la

diversidad de microclimas que requieren diferentes formas de respuesta.

De acuerdo a los criterios descritos que inciden negativamente en el desarrollo de las comunidades de las subcuencas de la Cuenca del Río Nahualate y que afectan directamente a las localidades de los municipios de Nahualá, Santa María Visitación y Santa Catarina Ixtahuacán. La conectividad se ve interrumpida entre la cuenca alta-media y baja; y la articulación de dos de las rutas más importantes de la red vial del país como son la Ruta CA-1 Occidente o Carretera Interamericana y la Ruta CA-2 Occidente; se establece priorizar las siguientes obras:

a. **Obra 1: ORCC-01/RD-SOL-08.** Ruta: RD-SOL-08. Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán. Estación: 4+339

b. **Obra 2: ORCC-02/RD-SOL-08.** Ruta: RD-SOL-08. Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán. Estación: 6+366.

c. **Obra 3: ORCC-03/RD-SOL-08.** Ruta: RD-SOL-08. Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán. Estación: 6+493.

d. **Obra 4: ORCC-02/RD-SOL-02 y RD-SOL-13.** Ruta: RD-SOL-02 y RD-SOL-13. Tramo: CA-01 Occidente/KM-163-Cruz Bé/Bifurcación Santa María Visitación. Estación: 6+457.

e. **Obra 5: ORCC-06/RD-SOL-10.** Ruta: RD-SOL-10. Tramo: CA-01 Occidente/KM-171-Xejuyup, Nahualá. Estación: 16+071.

3.3 Criterios de selección del diseño de obras.

Se plantean 5 obras, con intervenciones de estabilización, protección, consolidación y cobertura vegetal con especies nativas, principalmente en zonas de ladera o alta pendiente que muestran riesgo a deslizamiento. Basadas en los criterios técnicos enunciados en experiencias previas como las generadas por el Departamento de Ingeniería Agraria y Forestal de la Universidad de Florencia Italia (DIAF), en proyectos DIPECHO, Planes de Acción V, VI y VII, este último con Intervenciones en Bordas en el departamento de Escuintla, Guatemala.

Además del IX Plan de Acción DIPECHO, realizado en el departamento de San Marcos, Guatemala cuyas intervenciones se realizaron en áreas susceptibles a deslizamientos y condiciones de ladera.

Estas obras se clasifican en el Tipo “A” de la descripción de técnicas de bioingeniería, que consisten en: Intervenciones sobre laderas de “sostén”, “consolidación” y/o “estabilización” (con excepción de derrumbes profundos) e intervenciones de “revestimiento”, “cobertura” y/o “protección”, “complemento” contra la erosión superficial. (Petrone A., & Preti F.). Los diseños de las intervenciones se definen de la siguiente manera: Entramado vivo a doble pared, Emparrillado vivo y

soporte contra la erosión con revegetación. Combinadas con manejo de agua pluvial a través de cunetas revestidas de piedra y revegetadas.

El entramado de madera vivo a doble pared consiste en una construcción resistente a la gravedad, y a empujes externos, es una estructura combinada de postes de madera formando terrazas y anclados entre sí a través de la configuración de la estructura. A ésta se puede agregar especies vegetales para su propagación, favoreciendo el enraizamiento y desarrollo gradual para que posteriormente se constituya en el sostén de la estructura de madera que poco a poco transforme el entorno en un terreno con buenas características. (Petrone A., & Preti F.).

El emparrillado vivo está constituido por una estructura reticular de madera, apoyada directamente a la pendiente previa estabilización a través del trazo de terrazas o corte de talud, disminuyendo o suavizando la pendiente del mismo. La intervención está destinada a ser estabilizada definitivamente por plantas, estas se arraigarán y desarrollarán en el material de llenado, ligándolo al sustrato y consolidando el terreno. (Petrone A., & Preti F.).

Para la configuración de las estructuras (obras bioingeniería) en el área de intervención, se identificaron las siguientes

especies vegetales (forestales): aliso (*Alnus jorullensis*), roble o encino (*Quercus spp.*), ciprés común (*Cupressus lusitánica*), pino blanco (*P. ayacahuite*), pino triste (*P. pseudostrobus*). La presencia de estas especies, facilita su obtención y traslado y contribuye a la reducción de costos de implementación. La aplicación de técnicas de Ingeniería Naturalística-Bioingeniería favorecen la acción de consolidación y protección al pasar el tiempo, aumentando su efectividad, por el crecimiento de las plantas que se utilizan en la revegetación de la intervención; al contrario de una intervención tradicional (concreto), ya que ésta disminuye su eficacia con el transcurrir de los años. (Petroni A., & Arcudi G.).

3.4 Criterios de selección material vegetal para revegetación de obras.

El área de intervención, se ubica (según la clasificación de zonas de vida de Guatemala), en una zona de Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical y Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical. Caracterizados por clima frío, relieve accidentado, elevaciones entre los 1,500-3,000 msnm, biotemperaturas entre 12.5 °C y 23 °C, y un rango promedio de precipitación anual entre 1,057 y 3,988 mm. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA. 2006).

De las especies vegetales (porte medio, arbustivas y de cobertura) para establecimiento de cobertura y refuerzo

en las estructuras (obras bioingeniería) se encuentran las siguientes: grama común (*Cynodon dactylon*), pajón (*Schizachyrium scoparium*), carrizo (*Phragmites australis*), escobillo (*Malvastrum coromandelianum*), falso tabaco o tabaquillo (*Wigandia urens*). Entre los criterios de selección empleados para la identificación y clasificación vegetal, se encuentran los siguientes:

- 3.4.1 Presencia en el área (abundancia, plantas nativas y/o endémicas).
- 3.4.2 Disponibilidad inmediata (cantidad y calidad-sanidad).
- 3.4.3 Tolerancia a plagas y enfermedades (alta adaptabilidad).
- 3.4.4 Facilidad de propagación.
- 3.4.5 Resistencia mecánica alta, apta para configuración de estructuras bioingeniería.
- 3.4.6 Protección y promoción a la biodiversidad existente en el área.

Frecuentemente, en las intervenciones se recurre a la combinación de diferentes tipos de obras, estas a su vez, con facilidad se pueden replicar y adaptar a las condiciones de las comunidades objeto de estudio.

Para la construcción de una obra, se estima un tiempo de 1 (un) mes o su equivalente a 30 (treinta) días, bajo las siguientes condiciones: i) contar con los recursos materiales, económicos y humanos; ii) continuidad de la ejecución; y iii) responsabilidad y cumplimiento del cronograma de actividades.

Una vez concluidas las obras, se espera que en un plazo no menor a 3 (tres) meses, bajo condiciones de riego regular y mantenimiento básico; se asegure el pegue y rebrote de las especies utilizadas.

Se espera que los troncos, sean reabsorbidos, después de haber cumplido la función de afianzamiento y consolidación de los espacios (en un tiempo promedio de 6 años posterior a la construcción).

3.5 Identificación, diseño y etapas de implementación de obras.

3.5.1 Diseño Obra: ORCC-01/RD-SOL-08 Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán. Estación: 4+339.

a. Identificación de la obra tipo

Figura 4. Identificación de la obra 1:



Identificación: Grietas entre la cuneta natural y el talud de relleno (material suelto, la filtración de agua pluvial podría provocar desprendimiento de suelo). Se observa socavamiento en la base de un segmento de cuneta revestida. Existen, dos desfuegos de agua pluvial sin revestimiento que se encuentran en riesgo de erosión. La socavación y el inadecuado funcionamiento de evacuación de aguas pluviales ponen en riesgo la infraestructura existente (cuneta revestida, muro de concreto y plataforma de camino).



b. Diseño de la obra 1:**Cuadro 1. Ficha técnica obra de bioingeniería.**

FICHA No. 1	ORCC-01 /RD-SOL-08	
Fecha: 10 marzo 2016	Evaluador: Marco Colindres	
Cuenca:	Río Nahualate	
Sub-cuenca:	Alto Nahualate	
Departamento:	Sololá	
Ubicación:	Ruta: RD-SOL-08	Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán
	Estación: 4+339	
	Latitud: 410655.817506	Longitud: 1628539.93045
Nombre del Proyecto:		
Financiamiento:		
Figuras Profesionales:		
Proceso de ejecución de la obra:		
Organismo ejecutor:		
Periodo de realización de la obra:		
Información geomorfológica		
Altitud de la zona donde se realiza la obra (m.s.n.m):	2051.35 msnm	
Exposición en cuanto a puntos cardinales:	N-W	
Inclinación de la ladera (Grados sobre el horizonte)	68%	

b. Diseño de la obra 1:

Cuadro 1. Ficha técnica obra de bioingeniería.

Aspectos vegetativos de la ladera a proteger:	Erosión hídrica, recuperación, conservación, protección, consolidación, encausamiento pluvial.
Caracterización y geomorfología de la ladera (tipo de derrumbe):	Desplazamiento por socavamiento escorrentilla pluvial.
Probables causas del degrado de la ladera:	Inadecuado manejo en el desfogue de agua pluvial. Suelo con pérdida de cobertura vegetal.
Vínculos ambientales:	
Características de la obra a realizar	
Superficie área de erosión de la ladera:	77.40 mts. lineales
Superficie área de Intervención:	77.40 mts. lineales
Objetivo de la Intervención:	Generar un mecanismo de sostén, consolidación, estabilización, cobertura y protección (a través de revegetación) contra la erosión superficial. Además, proveer de medios de desfogue de agua pluvial o drenaje superficial.
Descripción de la Intervención:	Consiste en la planificación para la posterior construcción de tres estructuras -Bioingeniería-. La primera y la tercera estructura es un “emparrillado vivo” (para conducir y regular la velocidad del caudal de agua pluvial), combinada con material vegetal como escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>), carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y grama común (<i>Cynodon dactylon</i>), distribuida dentro de los segmentos del “Disipador”; estas estructuras, se complementarán con una cuneta revestida de piedra y revegetada con especies locales como escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>). La segunda estructura consiste en un “entramado de madera vivo a doble pared”, con el propósito de estabilizar el talud de relleno, combinando revegetación de especies como aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>), carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y grama común (<i>Cynodon dactylon</i>) en cada segmento de la estructura.

b. Diseño de la obra 1:

Cuadro 1. Ficha técnica obra de bioingeniería.

Técnicas de ingeniería naturalística empleadas					
Tipos y/o diseño:		Obra de Bioingeniería (Entramado de madera vivo a doble pared más emparrillado vivo) y Cuneta revestida de piedra más esqueje (escobillo o grama).			
Materiales vivos a emplear en la Obra:					
No. De Plantas con raíz/ esquejes (estacas) colocadas en la intervención (diseño de la obra):	No. de estacas/metro lineal	No. de plantas con raíz/m ²	Posibles especies		
	2,055 plantas	24 plantas	Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), grama común (<i>Cynodon dactylon</i>), pajón (<i>Schizachyrium scoparium</i>), carrizo (<i>Phragmites australis</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>).		
Dimensiones de la intervención por diseño de la obra:		Profundidad de la intervención (m)	Longitud de la intervención (m)	Altura de la intervención (m)	Observaciones
		De 0.5 mt a 3.0 mts.	40.0 mts. y 77.4 mts.	0.50 mts. a 1.0 mts.	
Especies vegetales empleadas	POSTES	Especie		Diámetro de postes (pulgs.) Min.-Max.	Total de postes
		Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), roble o encino (<i>Quercus spp.</i>), ciprés común (<i>Cupressus lusitánica</i>), pino blanco (<i>P. ayacahuite</i>), pino triste (<i>P. pseudostrobus</i>).		3" y 4"	356

b. Diseño de la obra 1:

Cuadro 1. Ficha técnica obra de bioingeniería.

Revegetación		Estacas: Carrizo (<i>Phragmites australis</i>)	Esquejes 1.5” de diámetro	Esquejes (segmentos de 0.50 mts.) de carrizo con posibilidad de rebrote.
		Plantas: Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), grama común (<i>Cynodon dactylon</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>).	Plantas 1.5” de diámetro/ Plantas con raíz y 0.05” de diámetro/ Plantas con raíz y 0.05” de diámetro.	Plantas 0.50 mts/ Plantas con altura de 0.10 mts./ Plantas con longitud de 0.10 mts.
Drenajes:	Superficiales	Número: 1 Cuneta Natural de piedra con revegetación		
		Longitud: 77. 4 mts		
		Profundidad: 0.10 mts		
	Profundos	Número:		
		Longitud:		
		Profundidad:		
Costos total de la obra:				
Técnicas de ingeniería civil convencionales				
Tipos o diseños de las obras existentes en la zona: (breve descripción de las obras existentes)		Cuneta con recubrimiento de cemento, alcantarillado (transversal) y camino adoquinado.		

c. Etapas de implementación obra:

- **Etapa 1. Previo a la ejecución.** Tiempo estimado: 2 meses antes de la ejecución de la obra. Incluye las siguientes acciones: presentación de proyecto a socios estratégicos, comunidades y demás actores clave; establecimiento de convenios de compromiso y colaboración. Definición de cronograma de actividades. Adquisición y traslado de materiales, recursos (vegetales/no vegetales), equipos, aportes locales y compras externas para la obra (Anexo 2), materiales puestos en obra o bodegas locales. Contratación de Mano de Obra Calificada, definición de la Mano de Obra no Calificada y Asistencia Técnica.

Desarrollo de los talleres teórico-prácticos de formación sobre la aplicación de las técnicas de bioingeniería y realización de obras. Estos talleres se llevan a cabo a nivel municipal o local (Capítulo 3).

- **Etapa 2. Ejecución (construcción) de la obra.** Tiempo estimado: 1 mes. Una vez estén desarrollados los talleres de formación y se cuente con todos los recursos necesarios, se procede a la ejecución. Iniciando con la Limpieza y Trazado del terreno, para establecer los espacios físicos donde se realizarán las intervenciones.

• **Etapa 3. Construcción de las intervenciones.** La obra propuesta abarca 3 intervenciones.

• **Intervención 1 y 3: “Emparrillado vivo-disipador”.** Cada intervención consiste en la configuración de una estructura con las siguientes dimensiones (a partir del nivel del suelo) 2.0 m. (longitudinal, en el sentido de la vía) x 0.50 m. (transversal) x 1.0 m. (vertical), distribuida en 4 segmentos, formando una caída moderada del desfogue de agua pluvial. Esta armadura se realiza con troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de 4” de diámetro; unidos entre sí, por pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno), cuya función principal es anclar cada pieza. Los troncos verticales se entierran como mínimo 3.0 m. de profundidad (tomar en cuenta la pendiente del terreno, en cada nivel de la estructura). Los troncos

transversales, se entierran 0.50 m. sobre la pendiente del terreno (Anexo 1).

Cada estructura se rellena hasta la mitad, de la siguiente manera: en la base, se colocan costales rellenos de tierra hasta 0.20 m. (primer capa), sobre estos se verterá tierra hasta 0.20 m. (segunda capa), más 0.10 m. de broza (tercer capa) o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, para formar la capa fértil donde se sembrarán las especies para la revegetación. Alrededor de la estructura construida, se distribuyen costales rellenos de tierra, para darle mayor consolidación, soporte y base para la revegetación.

La intervención 1 y 3, tiene un “Vertedero” (que forma parte del drenaje superficial) que se une con la cuneta revestida (0.4 m. de ancho x 70.0 m. de longitud) de piedra, revegetada con escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*).

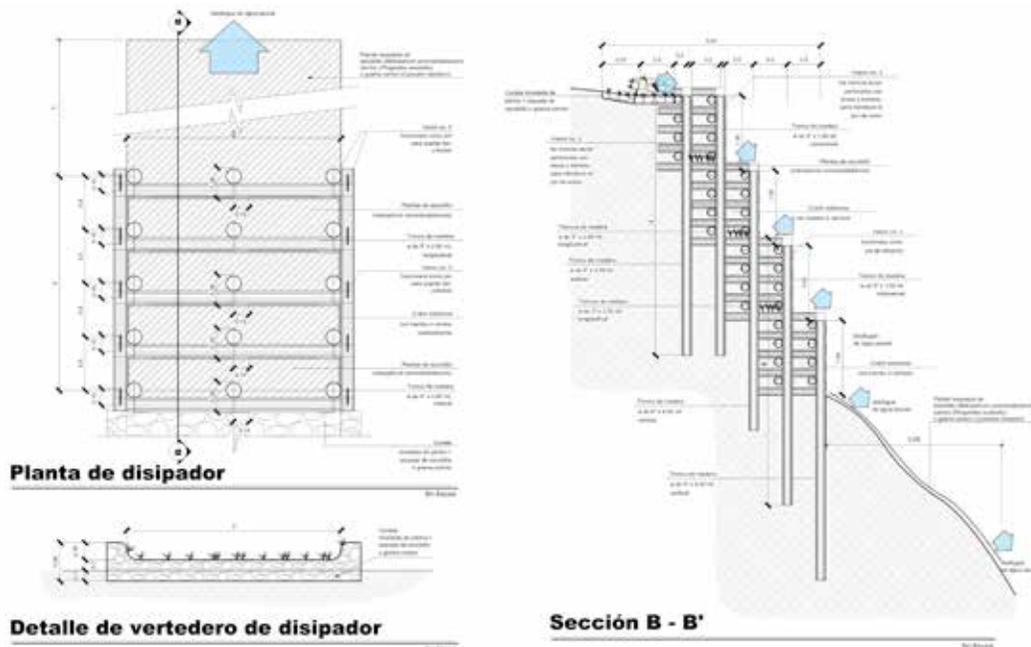


Figura 5. Detalle disipador. Sección B-B'. Planificación Obra ORCC-01/RD-SOL-08.

Intervención 2: “Entramado de madera vivo a doble pared”.

Figura 6. Ejemplo de un entramado de “madera vivo a doble pared”. La Palma Sur, La Reforma, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

Al costado de la cuneta natural, existe una franja de retiro que forma parte del talud de relleno (terreno con material suelto y formación de grietas), donde se realiza tratamiento por medio de un “reacondicionamiento de suelo”, consistente en estabilización con cal (remoción, mezcla con cal y reposición del material).

El “Entramado de madera vivo a doble pared” se realizará con troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de

4” de diámetro; esta estructura, se sujeta entre sí, por medio de pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno). Los troncos verticales se entierran 0.50 m. (Anexo 1). Cada estructura se rellena de la siguiente forma: en la base se verterá tierra hasta 0.4 m. de altura (primer capa), más 0.10 m. de broza (segunda capa) o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, obteniendo de esta forma una capa fértil donde se siembran las especies vegetales.

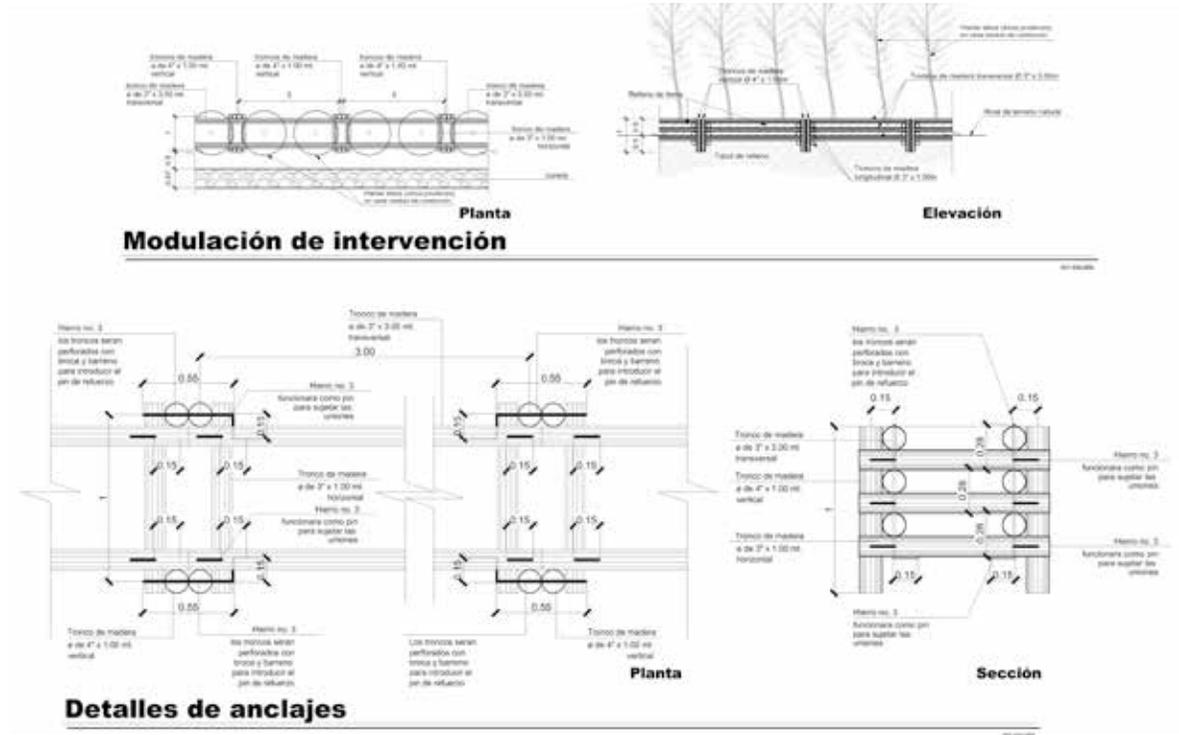


Figura 7. Modulación de intervención. Planificación Obra ORCC-01/RD-SOL-08.

•**Etapa 4. Revegetación.** Una vez concluido el armado de las intervenciones 1, 2 y 3, se procede a realizar la última actividad (revegetación) de ésta fase, la que se estima invertir una semana.

Revegetación Intervención 1 y 3: “Emparrillado vivo-disipador”. En cada estructura se siembran “Esquejes” (segmentos de 0.50 m.) de carrizo (*Phragmites australis*) en forma de “X” a cada 0.20 m. En asociación, se siembran (a cada 0.20 m.) plantas (con raíz) de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*) de 0.10 m. de

altura. En el “Vertedero del disipador” y la “Cuneta revestida de piedra” (Anexo 1), se siembran plantas (con raíz) de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*) de 0.10 m. de altura, colocadas a cada 0.20 m.



Figura 8. Ejemplo de revegetación. La Palma Sur, La Reforma, San Marcos.
Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

Revegetación Intervención 2: “Entramado de madera vivo a doble pared”.

En cada estructura (1.0 m x 3.0 m.) se siembran 2 árboles (con raíz) de aliso (*Alnus jorullensis*) de 0.50 m. de altura. En asociación, se siembran plantas (con raíz) de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*) de 0.10 m de altura, colocadas a cada 0.20 m.

En las actividades de revegetación para estimular el crecimiento de árboles, plantas y esquejes, la punta de cada una de estas, se recubre de polvo ROTEX-Enraizador.

Una vez realizada la siembra, para evitar el estrés provocado por el trasplante y para generar condiciones de humedad necesarias para el desarrollo y crecimiento, se debe garantizar el abastecimiento de agua de riego equivalente a 1000 litros de agua.

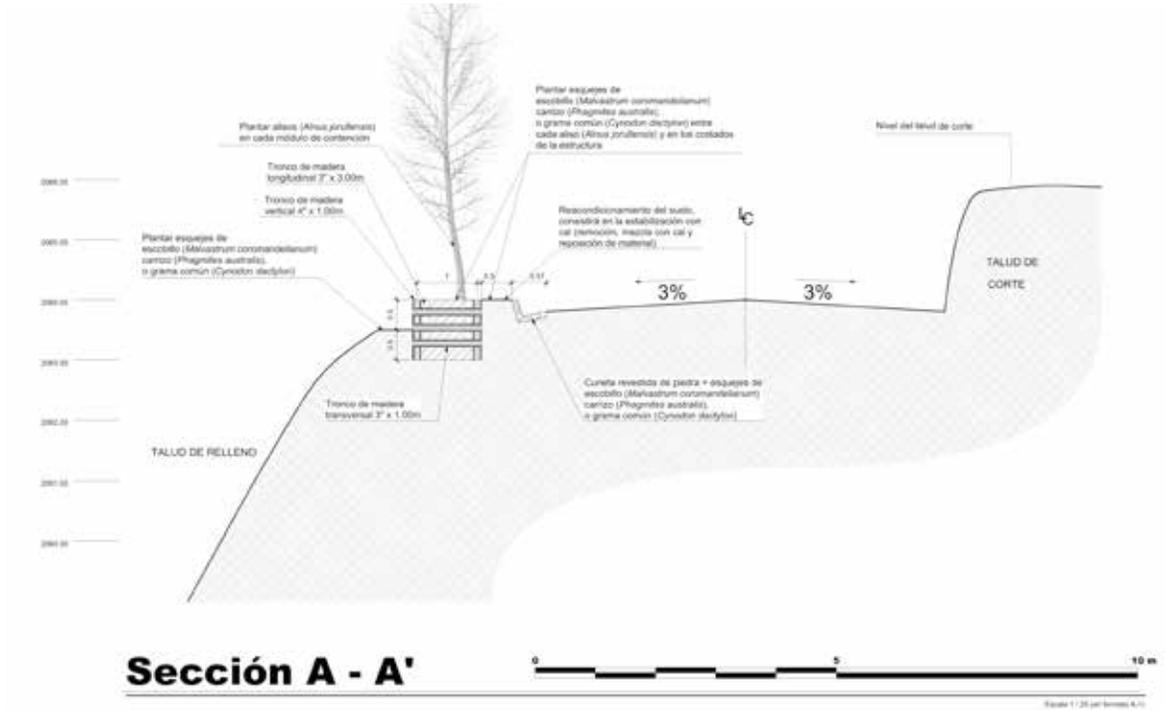


Figura 9. Sección A-A'. Planificación Obra ORCC-01/RD-SOL-08.

• **Etap 5. Mantenimiento y monitoreo de estructuras-revegetación.** Esta etapa inicia una vez terminada la construcción y siembra de las especies vegetales.

Para la consolidación de la obra (durante seis meses), se realizan las siguientes acciones: monitoreo de las estructuras

(armados, postes, ensamblajes, cunetas, bordillos, disipadores, entre otros); riego, fertilización, podas de mantenimiento, control de plagas y enfermedades (Capítulo 4); estas actividades se realizan de la siguiente manera: durante el primer mes, diariamente; del segundo al sexto mes, con un día de por medio.

3.5.2. Obra 2: ORCC-02/RD-SOL-08. Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán. Estación: 6+366.



a. Identificación de la obra tipo

Figura 10. Identificación de la obra 2:

Identificación: El grado erosivo desde la calzada hasta el pie del talud de corte pone en riesgo la plataforma del camino.

Debido a la ausencia de cunetas y la formación de cárcavas en ambos lados de la plataforma, la sección se ha reducido a un ancho de 3.30 metros.

Por la magnitud del daño y riesgo, las acciones de recuperación implica una inversión ejecutable por fases.

Indispensable realizar acciones de rehabilitación de la calzada en aproximadamente 300 metros. Además, proveer obras de evacuación de aguas superficiales.

b. Diseño de la obra 2:**Cuadro 2. Ficha técnica obra de bioingeniería.**

FICHA No. 2	ORCC-02 /RD-SOL-08.	
Fecha: 10 marzo 2016	Evaluador: Marco Colindres	
Cuenca:	Río Nahualate	
Sub-cuenca:	Alto Nahualate	
Departamento:	Sololá	
Ubicación:	Ruta: RD-SOL-08	Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán
	Estación: 6+366	
	Latitud: 409380.869823	Longitud: Longitud: 1629359.04954
Nombre del Proyecto:		
Financiamiento:		
Figuras Profesionales:		
Proceso de ejecución de la obra:		
Organismo ejecutor:		
Período de realización de la obra:		
Información geomorfológica		
Altitud de la zona donde se realiza la obra (m.s.n.m):	2040.93 msnm	
Exposición en cuanto a puntos cardinales:	N-W	
Inclinación de la ladera (Grados sobre el horizonte):	65%	

b. Diseño de la obra 2:**Cuadro 2. Ficha técnica obra de bioingeniería.**

Aspectos vegetativos de la ladera a proteger:	Erosión hídrica, recuperación, conservación, protección, consolidación, encausamiento pluvial.
Caracterización y geomorfología de la ladera (tipo de derrumbe):	Desplazamiento por socavamiento escorrentilla pluvial
Probables causas del degrado de la ladera:	Inadecuado manejo en el desfogue de agua pluvial. Suelo con pérdida de cobertura vegetal. Alta erosión y degradación del suelo.
Vínculos ambientales:	
Características de la obra a realizar	
Superficie área de erosión de la ladera:	130.00 mts. lineales
Superficie área de Intervención:	130.00 mts. lineales
Objetivo de la Intervención:	Generar un mecanismo de sostén, consolidación, estabilización, cobertura y protección (a través de revegetación) contra la erosión superficial. Además, proveer de medios de desfogue de agua pluvial o drenaje superficial.

b. Diseño de la obra 2:**Cuadro 2. Ficha técnica obra de bioingeniería.**

<p>Descripción de la Intervención:</p>	<p>Consiste en la planificación para la posterior construcción de cuatro estructuras -Bioingeniería-. La primera y segunda estructura consiste en un “Entramado de madera vivo a doble pared”, distribuida en forma de cono donde se ubicarán terrazas, con el propósito de estabilizar el talud de relleno, combinando en cada segmento de la estructura revegetación de especies como aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>), carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y grama común (<i>Cynodon dactylon</i>), (Anexo 1). La tercera estructura, es una configuración de “soportes contra la erosión con revegetación”, formando una barrera de aproximadamente 0.30 m. de espesor, altura de 2.0 m. y 34.0 m. de longitud (primera hilada -postes de madera, colocados verticalmente distanciados a cada metro-; segunda hilada -postes de bambú, colocados longitudinalmente, apilados uno sobre otro-; tercera hilada -postes de bambú, colocando 6 postes a cada metro de distancia, alternando traslape con la primera hilada de postes de madera-; todos los postes tendrán un diámetro aproximado de 4”). Los postes verticales y horizontales, será separados por un manto de sarán.</p> <p>Detrás de la barrera, desde el fondo y en dirección al talud de corte, se colocará una hilada costales con tierra recubiertos con un manto de sarán, sobre estos se vaciarán capas compactadas de tierra hasta una altura de 1.80 m., hasta formar una terraza “base”, la última capa estará formada por 0.10 m. de broza y tierra negra (sobre ésta terraza se plantará una hilada de aliso distanciados a un metro). Posteriormente, se procederá a la siembra directa de especies como aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>), carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y grama común (<i>Cynodon dactylon</i>). La siembra de las especies anteriormente descritas se realizará en forma triangular, partiendo del nivel de la plataforma de la terraza, ascendientemente hasta la corona del talud de corte (las de porte mayor -aliso- estarán distribuidas con un distanciamiento de 1.50 x1.50 metros entre cada planta; las de porte menor -escobillo, grama y carrizo- estarán distanciadas entre 0.25 metros) a manera de configurar curvas a nivel. La cuarta intervención, es una obra consistente en la construcción de un “disipador”, para conducir y regular la velocidad del agua pluvial, en esta estructura, se combinará material vegetal: escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>), carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y grama común (<i>Cynodon dactylon</i>). Esta obra será complementada con una cuneta revestida de piedra y revegetada con especies locales como escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>).</p>
---	--

b. Diseño de la obra 2:

Cuadro 2. Ficha técnica obra de bioingeniería.

Técnicas de ingeniería naturalística empleadas				
Tipos y/o diseño:		Obra de bioingeniería (entramado de madera vivo a doble pared más soportes contra la erosión con revegetación) y cuneta revestida de piedra más esqueje (escobillo o grama).		
Materiales vivos a emplear en la Obra:				
No. De Plantas con raíz/esquejes (estacas) colocadas en la intervención (diseño de la obra): Número de plantas	No. de estacas/metro lineal	No. de plantas con raíz/m2	Posibles especies	
	20,291 plantas	44 plantas	Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), Grama Común (<i>Cynodon dactylon</i>), Pajón (<i>Schizachyrium scoparium</i>), Carrizo (<i>Phragmites australis</i>), Escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>)	
Dimensiones de la intervención por diseño de la obra:	Profundidad de la intervención (m)	Longitud de la intervención (m)	Altura de la intervención (m)	Observaciones
	De 0.5 mt a 2.0 mts	14.0 mts , 7.0 mts, 35.0 mts y 130.0 mts.	0.50 mts a 2.0 mts	
Especies vegetales empleadas	POSTES	Especie	Diámetro de postes (pulgs.) Min.-Max	Total de postes
		Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), roble o encino (<i>Quercus spp.</i>), ciprés común (<i>Cupressus lusitánica</i>), pino blanco (<i>P. ayacahuite</i>), pino triste (<i>P. pseudostrobus</i>).	3” y 4”	499

b. Diseño de la obra 2:
Cuadro 2. Ficha técnica obra de bioingeniería.

Revegetación		Estacas: Carrizo (<i>Phragmites australis</i>)	Esquejes 1.5" diámetro	Esquejes (segmentos de 0.50 mts.) de carrizo con posibilidad de rebrote.
		Plantas: Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), grama común (<i>Cynodon dactylon</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>)	Plantas 1.5" diámetro/ Plantas con raíz y 0.05" diámetro / Plantas con raíz y 0.05" diámetro.	Plantas 0.50 mts/ Plantas con altura de 0.10 mts./ Plantas con longitud de 0.10 mts.
Drenajes:	Superficiales	Número: 2 Cunetas naturales de piedra con revegetación		
		Longitud: 100.0 + 130.0 mts (al lado del camino)		
		Profundidad: 0.10 mts		
	Profundos	Número:		
		Longitud:		
		Profundidad:		
Costo total de la obra:				
Técnicas de ingeniería civil convencionales				
Tipos o diseños de las obras existentes en la zona: (breve descripción de las obras existentes)		Camino de sin revestimiento -balasto-, corte de talud sin tratamiento de revegetación. Sin sistemas de drenaje superficial (cunetas y alcantarillas). Cunetas convertidas en zanjones.		

c. Etapas de implementación de la obra 2:

- **Etapa 1. Previo a la ejecución.** Tiempo estimado: 2 meses antes de la ejecución de la obra. Incluye las siguientes acciones: presentación de proyecto a socios estratégicos, comunidades y demás actores clave; establecimiento de convenios de compromiso y colaboración. Definición de cronograma de actividades. Adquisición y traslado de materiales, recursos (vegetales/no vegetales), equipos, aportes locales y compras externas para la obra (Anexo 2), materiales puestos en obra o bodegas locales. Contratación de mano de obra calificada, definida la mano de obra no calificada y asistencia técnica. Desarrollo de los talleres teórico-prácticos de formación sobre la aplicación de las técnicas de bioingeniería y realización de obras. Estos talleres se pueden realizar a nivel municipal o local (Capítulo 3).

- **Etapa 2. Ejecución (construcción de la obra).** Tiempo estimado: 1 mes. Una vez estén desarrollados los talleres de formación y se cuente con todos los recursos necesarios, se procede a la ejecución. Iniciando con la limpieza y trazado del terreno, para establecer los espacios físicos donde se realizarán las intervenciones.

- **Etapa 3. Construcción de las intervenciones.** La obra propuesta abarca 4 intervenciones.

- **Intervención 1:** “Entramado de madera vivo a doble pared”. Consiste en la configuración de estructuras con las siguientes dimensiones (a partir del nivel del suelo) 1.0 m. (longitudinal, en el sentido de la vía) x 1.50 m. (transversal) x 1.50 m. (vertical), distribuida en 3 terrazas, formando un triángulo de 14 m. x 4.5 m. (como se ilustra en la Figura 11). La construcción inicia a la altura de la capa de rodadura (primera terraza), donde previamente se realiza la labor de estabilización y recuperación del terreno (camino), a través de la incorporación de costales rellenos de tierra (apilados) y tierra compactada, hasta alcanzar la altura deseada del nivel normal del camino. Una vez recuperado el terreno, entre la capa de rodadura y la citada estructura, se procede a conformar una cuneta natural (0.4 m. ancho x 100.0 m. longitud) que posteriormente se reviste con piedra, revegetada con escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*), cuya función será drenar el agua superficial y conducir las hacia los disipadores.

El entramado de la Intervención 1, se realiza con troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3" de diámetro y troncos (verticales) de 4" de diámetro, unidos por medio de pines de hierro corrugado de 3/8" de diámetro, con una longitud de 0.30 m. cada uno. Los troncos verticales se entierran 1.50 m., en cada terraza (tomar en cuenta la pendiente del terreno, en cada nivel de la estructura). Los troncos transversales, se entierran 2.00 m. sobre la pendiente del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m. abarcan 3 segmentos de 1.0 m. en cada anclaje (Anexo 1).

Cada estructura se rellena de la siguiente manera: en la base, se colocan costales rellenos de tierra hasta 0.40 m. (primera capa), sobre estos se vierte tierra hasta 1.00 m. (segunda capa), más 0.10 m de broza (tercer capa) o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, para formar la capa fértil donde se siembran las especies vegetales de revegetación. Alrededor de la estructura construida, se distribuyen costales rellenos de tierra, para darle mayor consolidación y soporte a la revegetación.

Figura 11. Ejemplo de un armado de terrazas (Entramado de madera vivo a doble pared). El Carrizal, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.



Intervención 2: “Entramado de madera vivo a doble pared”. La intervención consiste en la configuración de una estructura con las siguientes dimensiones (a partir del nivel del suelo) 1.0 m. (longitudinal) x 1.50 m. (transversal) x 1.50 m. (vertical), distribuida en 4 terrazas, formando un triángulo de 7.5 m. x 6.0 m. (como se ilustra en la Figura 6). La construcción inicia a la altura de la capa de rodadura (primer terraza), a la par de la cuneta (0.4 m. ancho x 100.0 m. longitud) revestida de piedra y revegetada con escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*), cuya función será drenar el agua superficial y conducirlas hacia los disipadores.

El “Entramado de madera vivo a doble pared” se realizará con troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de 4” de diámetro; unidos por medio de pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, con una longitud de 0.30 m. cada uno.

Los troncos verticales se entierran 1.50 m., en cada terraza (tomar en cuenta la pendiente del terreno, en cada nivel de la estructura). Los troncos transversales, se entierran 2.00 m. sobre la pendiente del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0m abarcan 3 segmentos de 1.0 m. en cada anclaje (Anexo 1).

Cada estructura se rellena de la siguiente manera: en la base se colocan costales rellenos de tierra hasta 0.40 m (primer capa), sobre estos se vierte tierra hasta 1.00 m (segunda capa), más 0.10 m de broza (tercer capa) o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, para formar la capa fértil donde se siembran las especies vegetales de revegetación. Alrededor de la estructura construida, se distribuirán costales rellenos de tierra, para darle mayor consolidación y soporte a la revegetación.

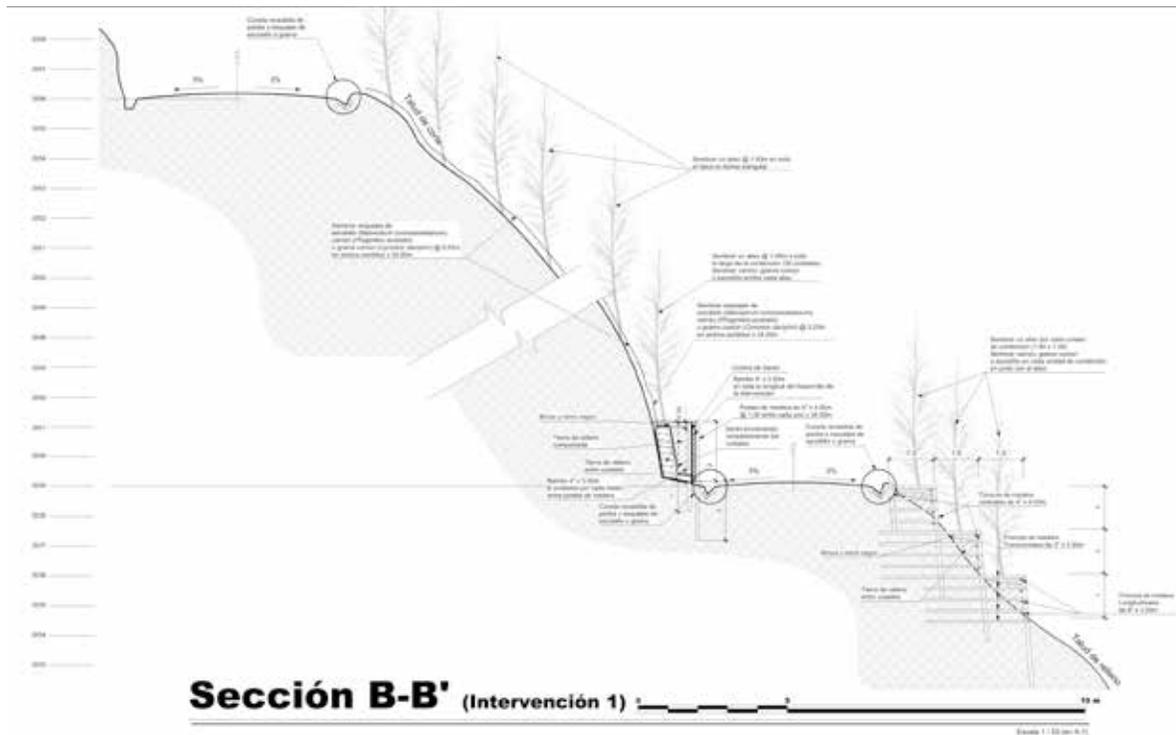


Figura 12. Sección B-B'. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08.

Intervención 3: “Soportes contra la erosión más revegetación”. Consiste en la construcción de una barrera de 34 m. de longitud (en el sentido de la vía) por 2 m. de altura (a partir del nivel de la superficie del suelo), a la par de esta pared (de troncos y cañas de bambú colocados al pie del talud) se conforma una cuneta (0.4 m. de ancho x 130.0 m. de longitud) revestida de piedra y revegetada con escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*), que funciona como drenaje superficial que a la vez desfoga en un dissipador (Anexo 1).

Se coloca una (primera) hilera de troncos de madera de 4” de diámetro (verticales) a cada 1.0 m. (enterrados 2 m. de profundidad); detrás de ésta hilera, se

coloca otra (segunda) hilera de troncos de bambú (en sentido longitudinal a la vía) de 4” de diámetro en tramos de 3.0 m. de longitud (aproximadamente 20 unidades apiladas una sobre otra en cada tramo). Detrás de la hilera de troncos de bambú, se coloca una cortina de “Sarán” (34 m. de longitud por 2 m. de altura) que a la vez, sirve de división a otra (tercera) hilera de troncos de bambú (verticales) de 4” de diámetro por 3.0m de altura, distribuidos en grupos (6 troncos alineados) a cada 1.0 m., enterrados a 1.0 m. (Anexo 1), todos los troncos están unidos o amarrados con alambre galvanizado.

Detrás de ésta barrera de aproximadamente 0.30 m. de espesor, se realiza un relleno de la siguiente manera: se coloca una base

de costales (reellenos de tierra) apoyados sobre el talud de corte (desde el pie de este hasta conseguir una altura equivalente a la altura de la barrera anteriormente descrita), la cama de costales estará cubierta por un manto de “sarán” en ambas caras. Sobre esta base, se colocan capas de tierra compactada hasta alcanzar

una altura de 1.90 m., finalmente se tiende una (última) capa de 0.10 m. de broza o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, para formar la capa fértil donde se siembran las especies vegetales. Con estas acciones, se obtiene una terraza “base” sobre la cual se plantan las especies vegetales.



Figura 13. Ejemplo de una Estructura de bambú (troncos longitudinales y verticales). La Palma Sur, La Reforma, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

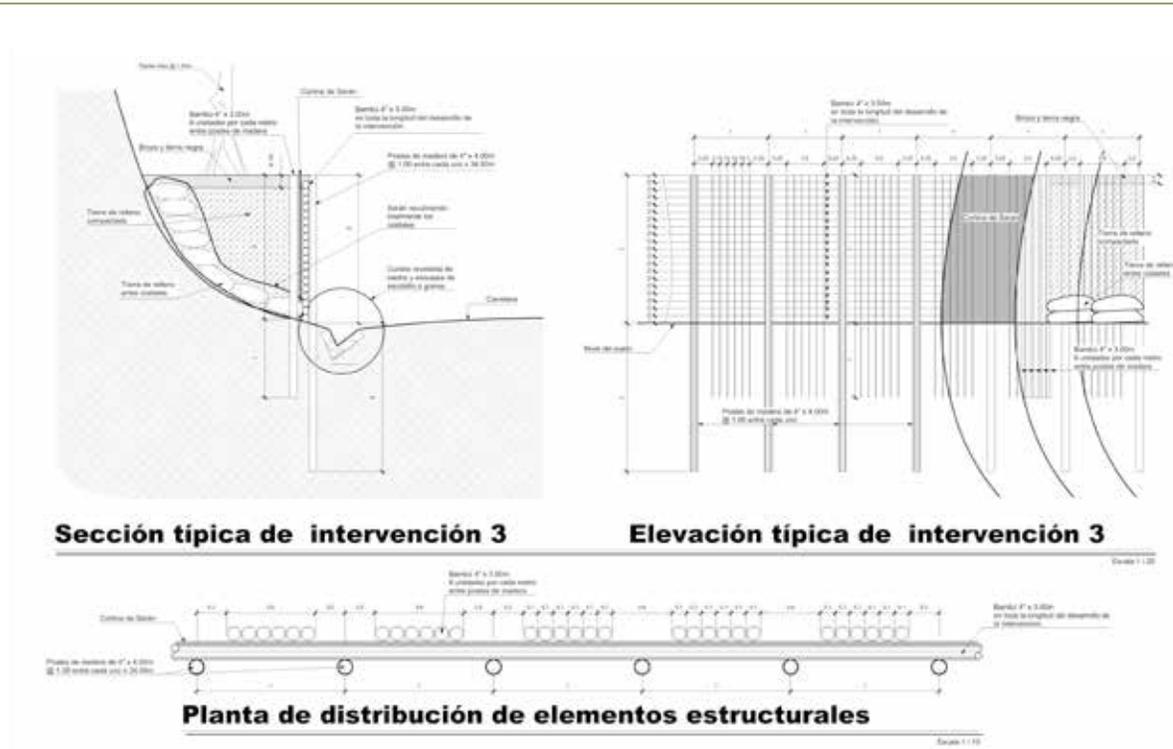


Figura 14. Sección típica intervención 3. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08.

Intervención 4: “Emparrillado vivo - disipador-”. Consiste en la configuración de una estructura con las siguientes dimensiones (a partir del nivel del suelo): 2.0 m. (longitudinal, en el sentido de la vía) x 0.50 m. (transversal) x 1.0 m. (vertical), distribuida en 4 segmentos, formando una caída moderada del desfogue de agua pluvial. Esta armadura se realiza con troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de 4” de diámetro; unidos entre sí, por pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno), cuya función principal es anclar cada pieza. Los troncos verticales se entierran como mínimo 3.0 m. de profundidad, (tomar en cuenta la pendiente del terreno, en cada nivel de la estructura). Los troncos transversales, se entierran 0.50 m. sobre la pendiente del terreno (Anexo 1).

Cada estructura se rellena hasta la mitad, de la siguiente manera: en la base se colocan costales rellenos de tierra hasta 0.20 m. (primer capa), sobre estos se vierte tierra hasta 0.20 m. (segunda capa), más 0.10 m. de broza (tercer capa) o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, para formar la capa fértil donde se siembran las especies vegetales. Alrededor de la estructura construida, se distribuyen costales rellenos de tierra, para darle mayor consolidación y soporte a la revegetación.

Esta intervención consiste en un “Vertedero” (que forma parte del drenaje superficial) que se une con la cuneta revestida (0.4 m. ancho x 130.0 m. longitud) de piedra, revegetada con escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*).

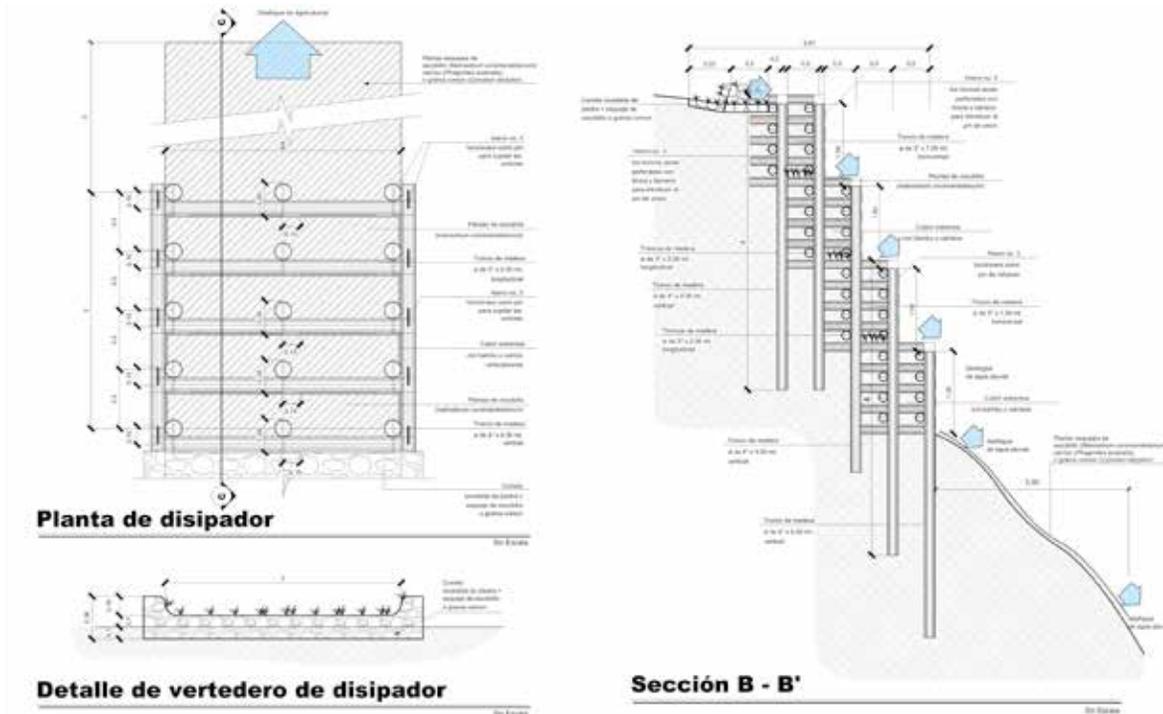


Figura 15. Detalle dissipador. Sección B-B'. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08.

• **Etapas 4. Revegetación.**

Una vez concluido el armado de las intervenciones 1, 2, 3 y 4, se procede a realizar la última actividad (revegetación) de ésta fase, en la que se estima invertir una semana.

Revegetación intervención 1 y 2:

“Entramado de madera vivo a doble pared”. En cada terraza se siembran árboles (con raíz) de aliso (*Alnus jorullensis*) de 0.50 m. de altura; plantando 1 árbol por cada estructura (1.0 m. x 1.50 m.).

A nivel del camino y en la base de cada terraza se siembran “Esquejes” (segmentos de 0.50 m.) de carrizo (*Phragmites australis*) en forma de “X” a cada 0.20 m., (Anexo 1).

En asociación, se siembran (a cada 0.20 m.) plantas (con raíz) de 0.10 m. de altura de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*).



Figura 16. Ejemplo de revegetación. Las Majadas, San Cristóbal Cucho, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

Revegetación intervención 3: “Soportes contra la erosión más revegetación”.

Sobre la plataforma o terraza formada por la barrera, se siembran árboles (con raíz; un árbol a cada metro de distancia) de aliso (*Alnus jorullensis*) de 0.50 m. de altura.

En combinación se siembran (a cada 0.25 m.) plantas (con raíz) de 0.10 m. de altura de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*). A partir

de esta terraza y sobre el talud de corte, se siembran árboles (con raíz; un árbol a cada 1.50 m. de distancia, en forma triangular) de aliso (*Alnus jorullensis*) de 0.50 m. de altura.

En asociación, se siembran plantas (con raíz) de 0.10 m. de altura de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*), “Esquejes” (en segmentos de 0.50 m.; a cada 0.25 m.) de carrizo (*Phragmites australis*), (Anexo 1).

Revegetación Intervención 4: “Emparrillado vivo -disipador-”. En cada estructura se siembran “Esquejes” (segmentos de 0.50 m.) de carrizo (*Phragmites australis*) en forma de “X” a cada 0.20 m. En combinación se siembran plantas (con raíz; a cada 0.20 m.) de 0.10 m. de altura de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*).

En el “vertedero del disipador” y la “cuneta revestida de piedra” (Anexo 1), se siembran plantas (con raíz; a cada 0.20 m.) de 0.10 m de altura de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama

común (*Cynodon dactylon*).

En las actividades de revegetación para estimular el crecimiento de árboles, plantas y esquejes, la punta de cada una de estas, se recubre de polvo ROTEX-Enraizador.

Una vez realizada la siembra, para evitar el estrés provocado por el trasplante y para generar condiciones de humedad necesarias para el desarrollo y crecimiento, se debe garantizar el abastecimiento de agua de riego equivalente a 3000 litros de agua.

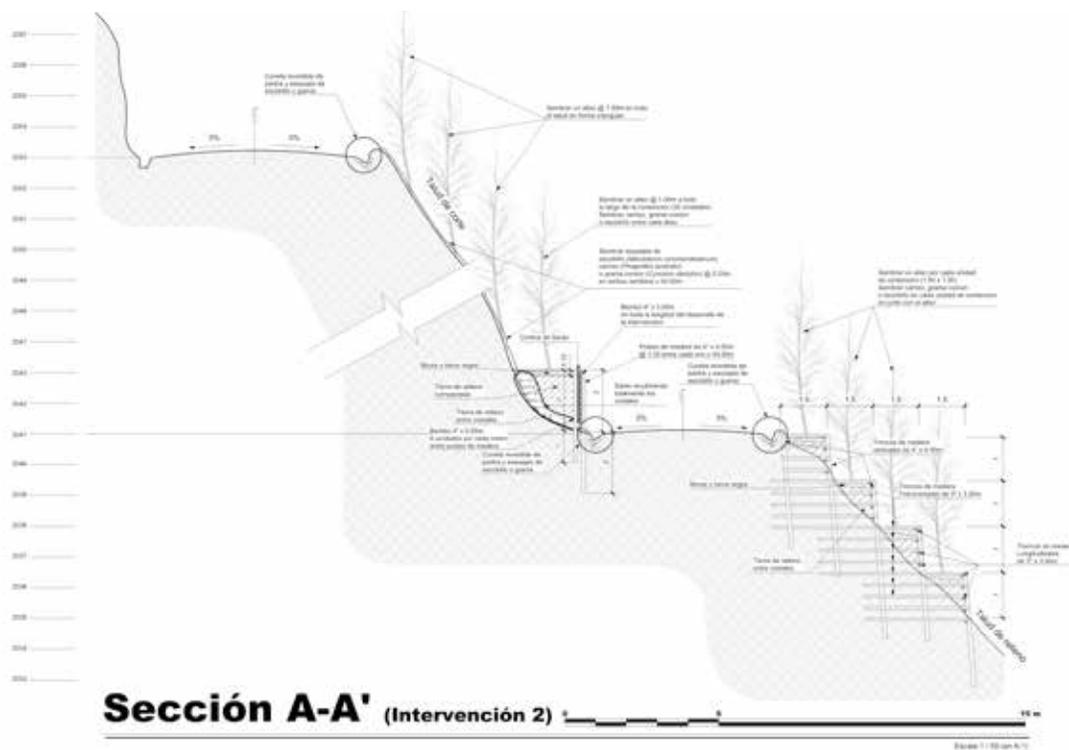


Figura 17. Sección A-A'. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08.

• **Etapas 5. Mantenimiento y monitoreo de estructuras-revegetación.** Esta etapa inicia una vez terminada la construcción y siembra de las especies vegetales. Para la consolidación de la obra (durante seis meses), se realizan las siguientes acciones: monitoreo de las estructuras (armados, postes, ensamblajes, cunetas,

bordillos, disipadores, entre otros); riego, fertilización, podas de mantenimiento, control de plagas y enfermedades (Capítulo 4); estas actividades se realizan de la siguiente manera: durante el primer mes, diariamente; del segundo al sexto mes, con un día de por medio.

3.5.3. Obra 3: ORCC-03/RD-SOL-08. Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta.Catarina Ixtahuacán. Estación: 6+493

a. Identificación de la obra tipo



Figura 18. Identificación de la obra 3:

Identificación: Consiste en una intervención sobre un parte aguas, donde se deberá ampliar la calzada (ancho actual de camino de 2.50 m.) y proveer un espacio peatonal.

En lugares donde desfoga agua pluvial, se deben construir cunetas y disipadores.

Emprender acciones de rehabilitación de la calzada (en un tramo de aproximadamente 100 m.), la presente intervención es complementaria con la ORCC-02 de ésta ruta.



b. Diseño de la obra 3:
Cuadro 3. Ficha técnica obra de bioingeniería.

FICHA No. 3		ORCC-03 /RD-SOL-08	
Fecha: 10 marzo 2016	Evaluador: Marco Colindres		
Cuenca:	Río Nahualate		
Sub-cuenca:	Alto Nahualate		
Departamento:	Sololá		
Ubicación:	Ruta: RD-SOL-08	Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán	
	Estación: 6+493		
	Latitud: 409326.703377	Longitud: 1629270.74317	
Nombre del Proyecto:			
Financiamiento:			
Figuras Profesionales:			
Proceso de ejecución de la obra:			
Organismo ejecutor:			
Periodo de realización de la obra:			
Información geomorfológica			
Altitud de la zona donde se realiza la obra (m.s.n.m):	2011.42 msnm		
Exposición en cuanto a puntos cardinales:	N-W		
Inclinación de la ladera (Grados sobre el horizonte):	55%		
Aspectos vegetativos de la ladera a proteger:	Erosión hídrica, recuperación, conservación, protección, consolidación, encausamiento pluvial.		

b. Diseño de la obra 3:**Cuadro 3. Ficha técnica obra de bioingeniería.**

Caracterización y geomorfología de la ladera (tipo de derrumbe):	Desplazamiento por socavamiento escorrentilla pluvial.
Probables causas del degrado de la ladera:	Inadecuado manejo en el desfogue de agua pluvial. Suelo con pérdida de cobertura vegetal. Alta erosión y degradación del suelo.
Vínculos ambientales:	
Características de la obra a realizar	
Superficie área de erosión de la ladera:	75.00 mts. lineales
Superficie área de Intervención:	75.00 mts. lineales
Objetivo de la Intervención:	Generar un mecanismo de sostén, consolidación, estabilización, cobertura y protección (a través de revegetación) contra la erosión superficial. Además, proveer de medios de desfogue de agua pluvial o drenaje superficial.
Descripción de la Intervención:	Consiste en la planificación para la posterior construcción de cuatro intervenciones (estructuras -Bioingeniería-). La primera y segunda estructura consiste en un “Entramado de madera vivo a doble pared”, distribuida en forma de cono y terrazas, con el propósito de estabilizar el talud de relleno, combinando revegetación de especies como aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>), carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y grama común (<i>Cynodon dactylon</i>), en cada segmento de la estructura (Anexo 1). La primera terraza (al costado del camino) de ambas configuraciones se empleará como paso peatonal, donde se colocará un barandal utilizando el mismo material (postes) del resto de las estructuras. La superficie del paso peatonal “piso de paso” será recubierta con una mezcla de piedrín de 3/4”, arena, tierra y cal, formando un espesor de 0.10 mts. La tercera y cuarta intervención son “Disipadores”, ambos se ubicarán en la estación de entrada de los “Entramados de madera vivo a doble pared” (uno a cada lado del camino) cuya función será conducir y regular el caudal del agua pluvial, dentro y alrededor de los segmentos se combinará material vegetal como escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>), carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y grama común (<i>Cynodon dactylon</i>). Estas estructuras, se complementaran con una cuneta revestida de piedra (ambos lados del camino) con revegetación de especies locales como escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>).

**b. Diseño de la obra 3:
Cuadro 3. Ficha técnica obra de bioingeniería.**

Técnicas de ingeniería naturalística empleadas				
Tipos y/o diseño:		Obra de Bioingeniería (Entramado de madera vivo a doble pared) y Cuneta revestida de piedra más esqueje (escobillo o grama).		
Materiales vivos a emplear en la Obra:				
No. De Plantas con raíz/esquejes (estacas) colocadas en la intervención (diseño de la obra):	No. de estacas/metro lineal	No. de plantas con raíz/m2	Posibles especies	
	23,735 plantas	55 plantas	Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), Grama Común (<i>Cynodon dactylon</i>), Pajón (<i>Schizachyrium scoparium</i>), Carrizo (<i>Phragmites australis</i>), Escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>)	
Dimensiones de la intervención por diseño de la obra:	Profundidad de la intervención (m)	Longitud de la intervención (m)	Altura de la intervención (m)	Observaciones
	De 0.5 mt a 2.0 mts	37.0 mts , 37.0 mts, 20.0 mts y 8.0 mts.	0.50 mts a 2.0 mts	
Especies vegetales empleadas	POSTES	Especie	Diámetro de postes (pulgs.) Min.-Max	Total de postes
		Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), roble o encino (<i>Quercus spp.</i>), ciprés común (<i>Cupressus lusitánica</i>), pino blanco (<i>P. ayacahuite</i>), pino triste (<i>P. pseudostrobus</i>).	3" y 4"	4100

b. Diseño de la obra 3:

Cuadro 3. Ficha técnica obra de bioingeniería.

Revegetación:		Estacas: Carrizo (<i>Phragmites australis</i>)	Esquejes 1.5” diámetro	Esquejes (segmentos de 0.50 mts.) de carrizo con posibilidad de rebrote.
		Plantas: Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), grama común (<i>Cynodon dactylon</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>)	Plantas 1.5” diámetro/ Plantas con raíz y 0.05” diámetro/ Plantas con raíz y 0.05” diámetro.	Plantas 0.50 mts/ Plantas con altura de 0.10 mts./ Plantas con longitud de 0.10 mts.
Drenajes:	Superficiales	Número: 2 Cunetas Naturales de Piedra con Revegetación		
		Longitud: 75.0 mts cada una (al lado del camino)		
		Profundidad: 0.10 mts		
	Profundos	Número:		
		Longitud:		
		Profundidad:		
Costo total de la obra:				
Técnicas de ingeniería civil convencionales				
Tipos o diseños de las obras existentes en la zona: (breve descripción de las obras existentes)		Apertura de camino rural, corte de talud sin tratamiento de revegetación. Alcantarilla (transversal) insuficiente/colapsada para el desfogue de agua pluvial.		

c. *Etapas de Implementación de la obra 3:*

- ***Etapas 1. Previo a la ejecución.*** Tiempo estimado: 2 meses antes de la ejecución de la obra. Incluye las siguientes acciones: presentación de proyecto a socios estratégicos, comunidades y demás actores clave; establecimiento de convenios de compromiso y colaboración. Definición de cronograma de actividades. Adquisición y traslado de materiales, recursos (vegetales/ no vegetales), equipos, aportes locales y compras externas para la obra (Anexo 2), todo puesto en el área de intervención o bodegas locales. Contratación de Mano de Obra Calificada, definición la Mano de Obra no Calificada y Asistencia Técnica. Desarrollo de los talleres teórico-prácticos de formación sobre la aplicación de las técnicas de bioingeniería y realización de obras. Estos talleres se llevan a cabo a nivel municipal o local (Capítulo 3).

- ***Etapas 2. Ejecución (construcción) de la obra.*** Tiempo estimado: 1 mes. Una vez estén desarrollados los talleres de formación y se cuente con todos los recursos necesarios, se procede a la ejecución. Iniciando con la Limpieza y Trazado del terreno, para establecer los espacios físicos donde se realizan las intervenciones.

- ***Etapas 3. Construcción de las intervenciones.*** La obra propuesta abarca 4 intervenciones.

- ***Intervención 1: “Entramado de madera vivo a doble pared”.***

La intervención consiste en una estructura con las siguientes dimensiones (a partir del nivel del suelo) 1.50 m. (longitudinal, en el sentido de la vía) x 1.50 m. (transversal) x 1.50 m. (vertical), distribuidas en 14 terrazas, formando un triángulo de 32 m. x 23.0 m. La construcción inicia a nivel del camino (primer terraza), donde previamente se realiza la labor de estabilización y recuperación de terreno (esta actividad consiste en rellenar y compactar suelo hasta alcanzar el nivel de la capa de rodadura, ampliando un ancho aproximado de, 1.45 m.). Posteriormente, se conforma una cuneta (0.4 m. de ancho x 75.0 m. de longitud) revestida de piedra, revegetada con escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*), ésta se encarga de drenar el agua superficial y conducirla hacia al dissipador lateral.

- ***La primer terraza,*** cumple la función de paso peatonal, al piso de este paso se tiende una capa de piedrín triturado de 3/4” de 0.10 m. de espesor (mezclado con arena, tierra y cal); éste paso cuenta con un barandal con dos pasamanos (uno de 0.90 m. y otro a 0.70 m. de altura), construido con troncos de madera de 4” de diámetro y 1.50 m. de altura (enterrados a 0.60 m. de profundidad). El resto de la estructura estará integrada por troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales)

de 4" de diámetro. Esta estructura, esta sujeta entre sí, por medio de pines de hierro corrugado de 3/8" de diámetro, de 30 m. de longitud (cada uno). Los troncos verticales se entierran 2.50 m., dentro la terraza. Los troncos transversales, se entierran 2.50 m. sobre la pendiente del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m. abarcan 2 segmentos de 1.50 m. en cada anclaje (Anexo 1).

- De la segunda a la sexta terraza (lado derecho, hacia abajo), la estructura está formada por troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3" de diámetro y troncos (verticales) de 4" de diámetro; esta estructura, esta unida entre sí, por medio de pines de hierro corrugado de 3/8" de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno). Los troncos verticales se entierran 2.50 m. dentro la terraza. Los troncos transversales, se entierran 2.00 m. sobre la pendiente del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m. abarcan 2 segmentos de 1.50 m. en cada anclaje (Anexo 1).

- De la séptima a la doceava terraza (lado derecho, hacia abajo), la estructura está formada por troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3" de diámetro y troncos (verticales) de 4" de diámetro; sujetos entre sí, por medio de pines de hierro corrugado de 3/8" de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno). Los troncos verticales se entierran 2.00 m., sobre la terraza. Los troncos transversales,

se entierran 2.00 m. sobre la pendiente del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m., abarcan 2 segmentos de 1.50 m. en cada anclaje (Anexo 1).

- De la treceava a la catorceava terraza (lado derecho, hacia abajo), estructura formada por troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3" de diámetro y troncos (verticales) de 4" de diámetro; sujetos entre sí, por medio de pines de hierro corrugado de 3/8" de diámetro, de 0.30 m. (cada uno). Los troncos verticales se entierran 1.50 m., dentro la terraza. Los troncos transversales, se entierran 2.00 m. sobre la pendiente del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m. abarcan 2 segmentos de 1.50 m. en cada anclaje (Anexo 1).

- Cada estructura se rellena a diferentes alturas de la siguiente forma: en la base se colocan costales rellenos de tierra hasta 0.20 m. (primer capa), sobre estos se vierte tierra hasta 1.20 m. (segunda capa), más 0.10 m. de broza (tercer capa) o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, para formar la capa fértil donde se siembran las especies vegetales.



Figura 19. Ejemplo de un armado de “Entramado de madera vivo a doble pared”. El Carrizal, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

Intervención 2: “Entramado de madera vivo a doble pared”. La intervención consiste en la configuración de una estructura con las siguientes dimensiones (a partir del nivel del suelo) 1.00 m. (longitudinal, en el sentido de la vía) x 1.50 m. (transversal) x 1.50 m. (vertical) por segmento, distribuida en 6 terrazas, formando un triángulo de 32 m. x 11.0 m.

La construcción inicia a nivel del camino (primer terraza), donde previamente

se realiza la labor de estabilización y recuperación de terreno (esta actividad consiste en rellenar y compactar suelo hasta alcanzar el nivel de la capa de rodadura, ampliando un ancho aproximado de, 1.45 m.), Posteriormente, se conforma una cuneta (0.4m ancho x 75.0m longitud) revestida de piedra, revegetada con escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*). Ésta se encargará de drenar el agua superficial y conducirla al dissipador lateral.

La primer terraza, cumple la función de paso peatonal, el piso de este paso recibe una capa de piedrín triturado de 3/4” de 0.10 m de espesor (mezclado con arena, tierra y cal); éste paso cuenta con un barandal con dos pasamanos (uno de 0.90 m. y otro a 0.70 m. de altura), construido con troncos de madera de 4” de diámetro y 1.50 m. de altura (enterrados a 0.60 m. de profundidad). El resto de la estructura está integrada por troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de 4” de diámetro; esta estructura, esta sujeta entre sí, por medio de pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 30 m. de longitud (cada uno).

Los troncos verticales se entierran 2.50 m., dentro la terraza. Los troncos transversales, se entierran 2.50 m. sobre la pendiente del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m. abarcan 2 segmentos de 1.50 m. en cada anclaje (Anexo 1).



Figura 20. Ejemplo de un de un “Entramado de madera vivo a doble pared” utilizando bambú. La Palma Sur, La Reforma, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

De la segunda a la quinta terraza (lado izquierdo, hacia abajo), la estructura está formada por troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de 4” de diámetro; esta estructura, esta sujeta entre sí, por medio de pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno).

Los troncos verticales se entierran 2.50 m., dentro la terraza. Los troncos transversales, se entierran 2.00 m. sobre la pendiente

del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m. abarcan 3 segmentos de 1.00 m. en cada anclaje (Anexo 1).

La sexta terraza (lado izquierdo, hacia abajo), está formada por troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de 4” de diámetro; sujetos entre sí, por medio de pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno).

Los troncos verticales se entierran 1.50 m. dentro la terraza. Los troncos transversales, se entierran 2.00 m. sobre la pendiente del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m. abarcan 3 segmentos de 1.00 m. en cada anclaje (Anexo 1).

Cada estructura se rellena a diferentes alturas de la siguiente forma: en la base se colocan costales rellenos de tierra hasta 0.20 m. (primer capa), sobre estos se verterá tierra hasta 1.20 m. (segunda capa), más 0.10 m. de broza (tercer capa) o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, etc., para formar la capa fértil donde se siembran las especies vegetales.

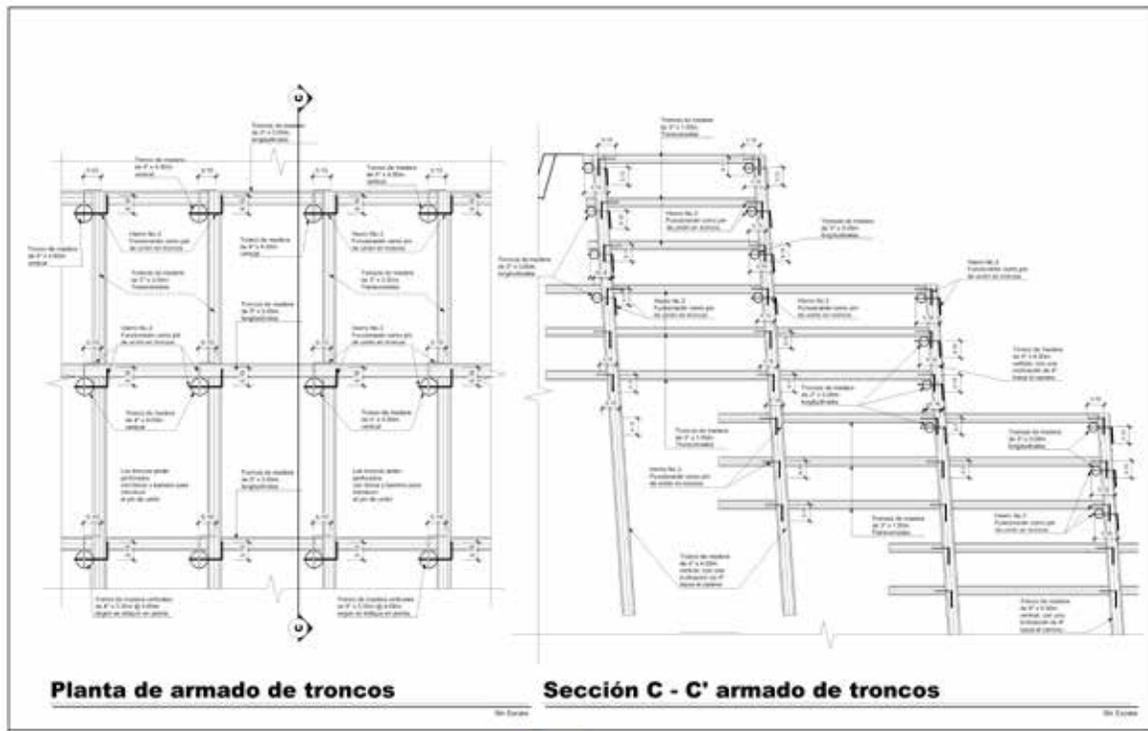


Figura 21. Planta armado troncos. Sección C-C'. Planificación Obra ORCC-03/RD-SOL-08.

Intervención 3: “Emparrillado vivo-disipador” complemento intervención 1. La intervención consiste en una estructura con las siguientes dimensiones (a partir del nivel del suelo): 2.0 m. (longitudinal, en el sentido de la vía) x 1.20 m. (transversal) x 1.0 m. (vertical), distribuida en 20 segmentos, formando una caída moderada del desfogue de agua pluvial. Esta armadura se realiza con troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de 4” de diámetro; unidos entre sí, por pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno), cuya función principal es, anclar cada pieza. Los troncos verticales se entierran como mínimo 3.0 m. de profundidad, (tomar en cuenta la pendiente del terreno, en cada nivel de la estructura). Los troncos transversales, se entierran 0.30 m. sobre la pendiente del terreno.



Figura 22. Ejemplo de armado de un disipador (utilizando bambú). La Palma Sur, La Reforma, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

Cada estructura se rellena hasta la mitad, de la siguiente manera: en la base se colocan costales rellenos de tierra hasta 0.20 m. (primer capa), sobre estos se vierte tierra hasta 0.20 m. (segunda capa), más 0.10 m. de broza (tercer capa) o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, para formar la capa fértil donde se sembrarán las especies vegetales para la revegetación. Alrededor de la estructura, se distribuyen costales rellenos de tierra, para darle mayor consolidación y soporte a la revegetación.

Esta intervención tiene un “Vertedero” (que forma parte del drenaje superficial) que se une con la cuneta revestida (0.4m ancho x 75.0m longitud) de piedra, revegetada con escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*), (Anexo 1).

Intervención 4: “Emparrillado vivo-disipador” complemento intervención 2.

La intervención consiste en la configuración de una estructura con las siguientes dimensiones (a partir del nivel del suelo): 2.0 m. (longitudinal, en el sentido de la vía) x 2.0 m. (transversal) x 1.0 m. (vertical), distribuida en 11 segmentos, formando una caída moderada del desfogue de agua pluvial.

Esta armadura se realiza con troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de 4” de diámetro; unidos entre sí, por pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno), cuya función principal será anclar cada pieza.

Los troncos verticales se entierran como mínimo 3.0 m. de profundidad, (tomar en cuenta la pendiente del terreno, en cada nivel de la estructura).

Los troncos transversales, se entierran 0.50 m. sobre la pendiente del terreno (Anexo 1). Cada estructura se rellena hasta la mitad, de la siguiente manera: en la base se colocan costales rellenos de tierra hasta 0.20 m. (primer capa), sobre estos se vierte tierra hasta 0.20 m. (segunda capa), más 0.10 m de broza (tercer capa) o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, para formar la capa fértil donde se sembrarán las especies vegetales para la revegetación. Alrededor de la estructura, se distribuyen costales rellenos de tierra, para darle mayor consolidación y soporte a la revegetación.

Esta intervención tiene un “vertedero” (que forma parte del drenaje superficial) que se une con la cuneta revestida (0.4m ancho x 75.0m longitud), revegetada con escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*), (Anexo 1).

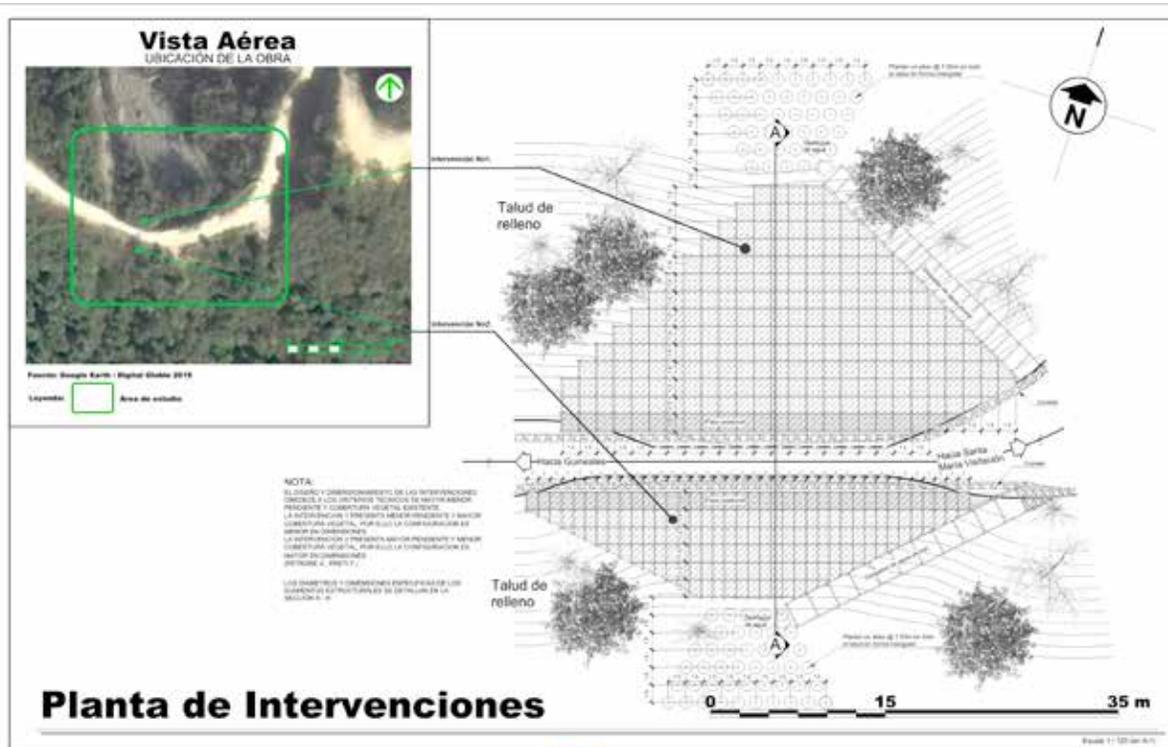


Figura 23. Planta de intervenciones. Planificación Obra ORCC-03/RD-SOL-08.

d. Etapa 4. Revegetación. Una vez concluido el armado de las intervenciones 1, 2, 3 y 4, se procede a realizar la última actividad (revegetación) de ésta fase, la que se estima invertir una semana.

Revegetación intervención 1 y 2: “Entramado de madera vivo a doble pared”. En cada terraza se siembran árboles (con raíz) de aliso (*Alnus jorullensis*) de 0.50 m. de altura; plantando 1 árbol por cada estructura (1.5 m. x 1.50 m. -Intervención 1- y 1.0 m. x 1.50 m. -Intervención 2-).

A nivel del camino y en la base de cada terraza se siembran “Esquejes” (segmentos de 0.50 m) de carrizo (*Phragmites australis*) en forma de “X” a cada 0.20 m. (Anexo 1). En asociación, se siembran (a cada 0.20 m.) plantas (con raíz; de 0.10 m. de altura) de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*). En la base de ambas intervenciones, se siembran 6 filas de árboles (con raíz) de aliso (*Alnus jorullensis*) de 0.50 m. de altura, plantando 1 árbol a cada 1.50 m. en forma triangular (Anexo 1).



Figura 24. Ejemplo de revegetación. El Carrizal, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

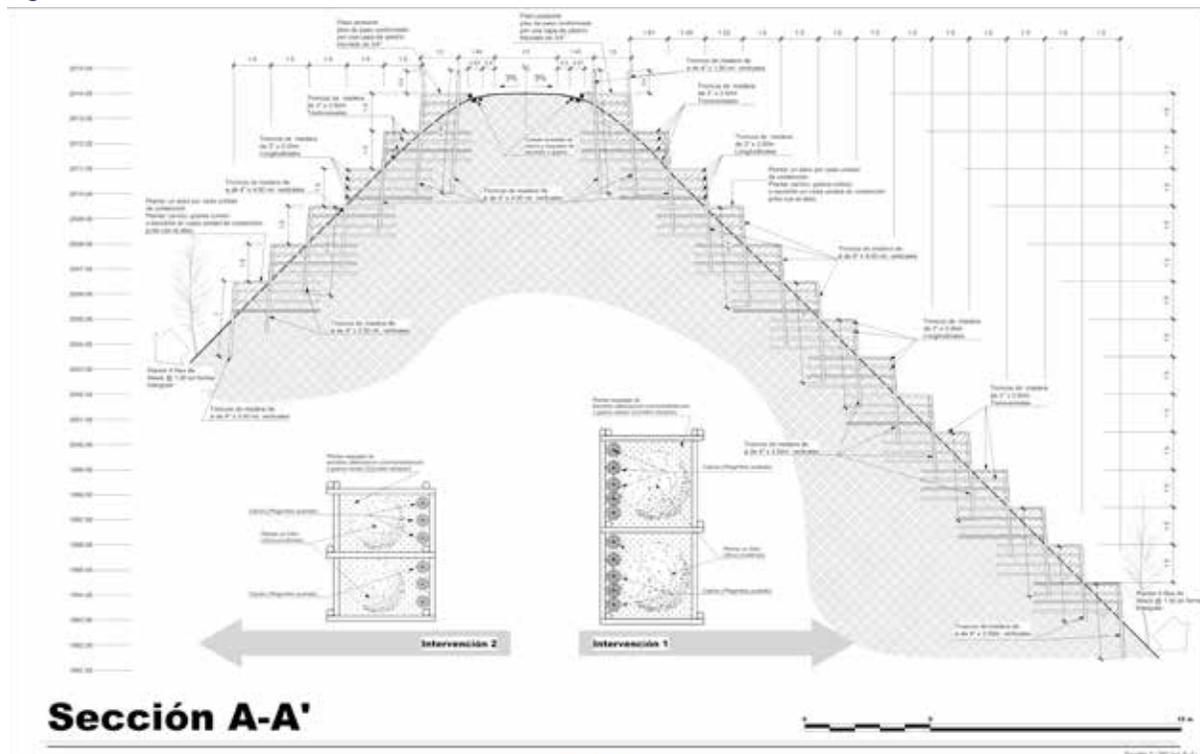
Revegetación Intervención 3 y 4: “Emparrillado vivo-disipador”. En cada estructura se siembran “Esquejes” (segmentos de 0.50 m.) de carrizo (*Phragmites australis*). En asociación

se siembran plantas (con raíz; a cada 0.20 m.; de 0.10 m. de altura) de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*). En el “Vertedero del disipador” y la “Cuneta revestida de piedra” (Anexo 1), se siembran plantas (con raíz; a cada 0.20 m.; de 0.10 m. de altura) de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*).

En las actividades de revegetación para estimular el crecimiento de árboles, plantas y esquejes, la punta de cada una de estas, se recubre de polvo ROTEX-Enraizador.

Una vez realizada la siembra, para evitar el estrés provocado por el trasplante y para generar condiciones de humedad necesarias para el desarrollo y crecimiento, se debe garantizar el abastecimiento de agua de riego equivalente a 3000 litros de agua.

Figura 25. Sección A-A'. Planificación Obra ORCC-03/RD-SOL-08.



Etapa 5. Mantenimiento y monitoreo de estructuras-revegetación. Esta etapa inicia una vez terminada la construcción y siembra de las especies vegetales. Para la consolidación de la obra (durante seis meses), se realizan las siguientes acciones: monitoreo de las estructuras (armados, postes, ensamblajes, cunetas,

bordillos, disipadores, entre otros); riego, fertilización, podas de mantenimiento, control de plagas y enfermedades (Capítulo 4); estas actividades se realizan de la siguiente manera: durante el primer mes, diariamente; del segundo al sexto mes, con un día de por medio.

3.5.4. Obra 4: ORCC-02/RD-SOL-02/RD-SOL-13.

Tramo: CA-01 Occidente/ KM-163-Cruz Bé/Bifurcación Santa María Visitación.

Estación: 6+457.

a. Identificación de la obra tipo



Figura 26. Identificación de la obra 4:

Identificación: Es necesario ampliar el ancho de la calzada por medio de construcción de un muro de contención.

Rehabilitar la calzada en aproximadamente 300 metros. Además de proveer obras de evacuación de agua superficial.



b. Diseño de la obra 4:**Cuadro 4. Ficha técnica obra de bioingeniería.**

FICHA No. 4		ORCC-02 /RD-SOL-02 y RD-SOL-13	
Fecha: 11 marzo 2016	Evaluador: Marco Colindres		
Cuenca:	Río Nahualate		
Sub-cuenca:	Alto Nahualate		
Departamento:	Sololá		
Ubicación:	Ruta: RD-SOL-02 y RD-SOL-13	Tramo: CA-01 Occidente/ KM-163-Cruz Bé/Bifurcación Santa María Visitación	
	Estación: 6+457		
	Latitud: 407499.517856	Longitud: 1637668.12197	
Nombre del Proyecto:			
Financiamiento:			
Figuras Profesionales:			
Proceso de ejecución de la obra:			
Organismo ejecutor:			
Periodo de realización de la obra:			
Información geomorfológica			
Altitud de la zona donde se realiza la obra (m.s.n.m):	2417.72 msnm		
Exposición en cuanto a puntos cardinales:	N-W		
Inclinación de la ladera (Grados sobre el horizonte):	75%		
Aspectos vegetativos de la ladera a proteger:	Erosión hídrica, recuperación, conservación, protección, consolidación, encausamiento pluvial.		
Caracterización y geomorfología de la ladera (tipo de derrumbe):	Desplazamiento por socavamiento escorrentilla pluvial.		

b. Diseño de la obra 4:
Cuadro 4. Ficha técnica obra de bioingeniería.

Probables causas del degradado de la ladera:	Inadecuado manejo en el desfogue de agua pluvial. Suelo con perdida de cobertura vegetal. Alta erosión y degradación del suelo		
Vínculos ambientales:			
Características de la obra a realizar			
Superficie área de erosión de la ladera:	34.00 mts. lineales		
Superficie área de Intervención:	34.00 mts. lineales		
Objetivo de la Intervención:	Generar un mecanismo de sostén, consolidación, estabilización, cobertura y protección (a través de revegetación) contra la erosión superficial. Además, proveer de medios de desfogue de agua pluvial o drenaje superficial.		
Descripción de la Intervención:	Consiste en la planificación para la posterior construcción de una estructura -Bioingeniería-. La estructura consiste en un “Entramado de madera vivo a doble pared”, integrada por terrazas formando una figura de cono, con el fin de estabilizar el talud de relleno. En estas terrazas se combinará revegetación de especies como aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>), carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y grama común (<i>Cynodon dactylon</i>), distribuida en cada segmento de la estructura. En la base de la última terraza, se cultivarán árboles de aliso (<i>Alnus jorullensis</i>) en forma triangular con un distanciamiento de 1.5x1.5 m. entre cada planta, dando lugar a 3 hileras de árboles (Anexo 1). Para proteger la estructura y drenar el agua superficial, se construirá una cuneta revestida de piedra, revegetada con especies locales como escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>).		
Técnicas de ingeniería naturalística empleadas			
Tipos y/o diseño:	Obra de Bioingeniería (Entramado de madera vivo a doble pared y reforestación) y Cuneta revestida de piedra más esqueje (escobillo o grama).		
Materiales vivos a emplear en la Obra:			
No. De Plantas con raíz/esquejes (estacas) colocadas en la intervención (diseño de la obra):	No. de estacas/metro lineal	No. de plantas con raíz/m ²	Posibles especies
	4,576 plantas	36 plantas	Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), Grama Común (<i>Cynodon dactylon</i>), Pajón (<i>Schizachyrium scoparium</i>), Carrizo (<i>Phragmites australis</i>), Escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>)

b. Diseño de la obra 4:

Cuadro 4. Ficha técnica obra de bioingeniería.

Dimensiones de la intervención por diseño de la obra:		Profundidad de la intervención (m)	Longitud de la intervención (m)	Altura de la intervención (m)	Observaciones
		De 0.5 mt a 2.0 mts	10.0 mts , 34.0 mts,	0.50 mts a 2.0 mts	
Especies vegetales empleadas	POSTES	Especie		Diámetro de Postes (pulg.) Min.-Max	Total de Postes
		Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), roble o encino (<i>Quercus spp.</i>), ciprés común (<i>Cupressus lusitánica</i>), pino blanco (<i>P. ayacahuite</i>), pino triste (<i>P. pseudostrobus</i>).		3” y 4”	671
Período de colocación:		Estacas: Carrizo (<i>Phragmites australis</i>)		Esquejes 1.5” diámetro	Esquejes (segmentos de 0.50 mts) de carrizo con posibilidad de rebrote.
		Plantas: Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), Grama común (<i>Cynodon dactylon</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>) Falso tabaco o tabaquillo (<i>Wigandia urens</i>)		Plantas 1.5” diámetro/ Plantas con raíz y 0.05” diámetro/ Plantas con raíz y 0.05” diámetro/ Plantas con raíz y 0.05” diámetro.	Plantas 0.50 mts/ Plantas con altura de 0.10 mts./ Plantas con longitud de 0.10 mts./ Plantas con altura de 0.10 mts
Drenajes:	Superficiales	Número: 1 Cuneta Natural de Piedra con Revegetación			
		Longitud: 34.0 mts			
		Profundidad: 0.10 mts			
	Profundos	Número:			
		Longitud:			
		Profundidad:			
Costo total de la obra:					
Técnicas de ingeniería civil convencionales					
Tipos o diseños de las obras existentes en la zona: (breve descripción de las obras existentes)		Alcantarilla (transversal) insuficiente para el desfogue de agua pluvial. Mantenimiento de camino (inexistente).			

c. Etapas de implementación de la obra 4:

• **Etapa 1. Previo a la ejecución.** Tiempo estimado: 2 meses antes de la ejecución de la obra. Incluye las siguientes acciones: presentación de proyecto a socios estratégicos, comunidades y demás actores clave; establecimiento de convenios de compromiso y colaboración. Definición de cronograma de actividades. Adquisición y traslado de materiales, recursos (vegetales/no vegetales), equipos, aportes locales y compras externas para la obra (Anexo 2), materiales puestos en obra o bodegas locales. Contratación de Mano de Obra Calificada, definida la Mano de Obra no Calificada y Asistencia Técnica. Desarrollo de los talleres teórico-prácticos de formación sobre la aplicación de las técnicas de bioingeniería y realización de obras. Estos talleres se llevan a cabo a nivel municipal o local (Capítulo 3).

• **Etapa 2. Ejecución (construcción de la obra).**

Tiempo estimado: 1 mes. Una vez estén desarrollados los talleres de formación y se cuente con todos los recursos necesarios, se procede a la ejecución. Iniciando con la Limpieza y Trazado del terreno, para establecer los espacios físicos donde se realizan las intervenciones.

• **Etapa 3. Construcción de las intervenciones.**

La obra abarca 1 intervención.

• **Intervención 1:** “Entramado de madera vivo a doble pared”. La intervención consiste en una estructura con las siguientes dimensiones (a partir del nivel del suelo) 1.00 m. (longitudinal, en el sentido de la vía) x 1.50 m. (transversal) x 1.50 m. (vertical) por segmento, distribuida en 8 terrazas, formando un triángulo de 10.0 m. x 12.0 m. La construcción inicia a nivel del camino (primer terraza), por medio de las siguientes acciones: i) estabilización y recuperación del camino, colocando costales rellenos de tierra (apilados) y tierra compactada, hasta alcanzar el nivel de la calzada; y ii) reforzamiento del espacio recuperado, enterrando troncos de madera de 4” de diámetro y 3.00 m. largo (verticales), enterrados a 2.90 m. de profundidad.

• El terreno recuperado sirve para construir un bordillo y cuneta (0.4 m. ancho x 34.0 m. longitud) revestida de piedra, revegetada con escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*).



Figura 27. Ejemplo de un “Entramado de madera vivo a doble pared”. La Fraternidad, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

Las terrazas se construyen con troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) 4” de diámetro; sujetados entre sí, por medio de pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno).

Los troncos verticales se entierran 1.50 m., sobre la terraza, (tomar en cuenta la pendiente del terreno, en cada nivel de la estructura). Los troncos transversales, se entierran 2.00 m. sobre la pendiente del

terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m. abarcan 3 segmentos de 1.00 m. en cada anclaje (Anexo 1).

Cada estructura se rellena de la siguiente manera: en la base se colocan costales rellenos de tierra hasta 0.20 m. (primer capa), sobre estos se vierte tierra hasta 1.20 m. (segunda capa), más 0.10 m de broza (tercer capa) o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, para formar la capa fértil donde se siembran las especies vegetales.

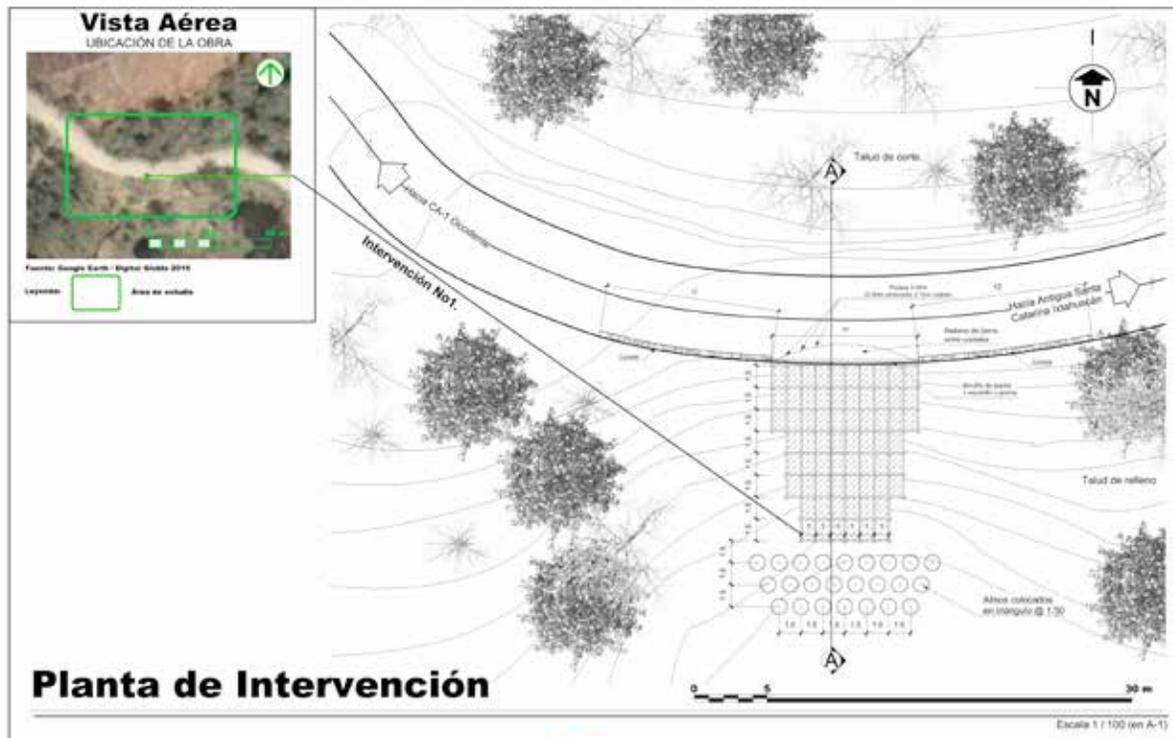


Figura 28. Planta de intervención. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-02 y RD-SOL-13.

Etapas 4. Revegetación. Una vez concluido el armado de la intervención, se procede a realizar la última actividad (Revegetación) de ésta fase, la que se estima invertir una semana.

Revegetación intervención 1: “Entramado de madera vivo a doble pared”. En cada estructura (1.5 m. x 1.50 m.) de las terrazas se siembra 1 árbol (con raíz) de aliso (*Alnus jorullensis*) de 0.50 m. de altura. A la altura del camino y en la base de cada terraza se siembran “Esquejes” (segmentos de 0.50 m.) de carrizo (*Phragmites australis*) en forma de “X” a cada 0.20 m.

En asociación, se siembran plantas (con raíz; de 0.10 m. de altura) de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*), grama común (*Cynodon dactylon*) y falso tabaco o tabaquillo (*Wigandia urens*) colocadas a cada 0.20 m. En la base de la intervención,

se siembran 3 filas de árboles (con raíz) de aliso (*Alnus jorullensis*) de 0.50 m. de altura, plantando 1 árbol a cada 1.50m en forma triangular, (Anexo 1).

En la “cuneta revestida de piedra y bordillo” se siembran plantas (con raíz; de 0.10 m de altura) de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*), colocadas a cada 0.20 m.

En las actividades de revegetación para estimular el crecimiento de árboles, plantas y esquejes, la punta de cada una de estas, se recubre de polvo ROTEX-Enraizador.

Una vez realizada la siembra, para evitar el estrés provocado por el trasplante y para generar condiciones de humedad necesarias para el desarrollo y crecimiento, se debe garantizar el abastecimiento de agua de riego equivalente a 1000 litros de agua.

3.5.5. Obra 5: ORCC-06/RD-SOL-10. Tramo: CA-01 Occidente/ KM-171-Xejuyup, Nahualá. Estación: 16+071.

a. Identificación de la obra tipo

Figura 30. Identificación de la obra 5:



Identificación: Las futuras lluvias seguirán erosionando el suelo poniendo en riesgo la destrucción total de la plataforma de la calzada.

La erosión del terreno ha provocado una cárcava y deslizamiento del talud de corte.

Además de las obras de contención, es necesario rehabilitar la calzada y proveer obras de evacuación de aguas superficiales en un tramo que conduzca hasta la ORCC-07 (preferentemente).



b. Diseño de la obra 5:
Cuadro 5. Ficha técnica obra de bioingeniería.

FICHA No. 5	ORCC-06 /RD-SOL-10	
Fecha: 12 marzo 2016	Evaluador: Marco Colindres	
Cuenca:	Río Nahualate	
Sub-cuenca:	Alto Nahualate	
Departamento:	Sololá	
Ubicación:	Ruta: RD-SOL-10	Tramo: CA-01 Occidente / KM -171- Xejuyup, Nahualá
	Estación: 16+071	
	Latitud: 400608.791605	Longitud: 1632142.55874
Nombre del Proyecto:		
Financiamiento:		
Figuras Profesionales:		
Proceso de ejecución de la obra:		
Organismo ejecutor:		
Periodo de realización de la obra:		
Información geomorfológica		
Altitud de la zona donde se realiza la obra (m.s.n.m):	2694.71 msnm	
Exposición en cuanto a puntos cardinales:	N-W	
Inclinación de la ladera (Grados sobre el horizonte):	40%	
Aspectos vegetativos de la ladera a proteger:	Erosión hídrica, recuperación, conservación, protección, consolidación, encausamiento pluvial.	
Caracterización y geomorfología de la ladera (tipo de derrumbe):	Desplazamiento por socavamiento escorrentilla pluvial	
Probables causas del degrado de la ladera:	Inadecuado manejo en el desfogue de agua pluvial. Suelo con pérdida de cobertura vegetal.	

Vínculos ambientales:			
Características de la obra a realizar			
Superficie área de erosión de la ladera:	106.00 mts. lineales		
Superficie área de Intervención:	106.00 mts. lineales		
Objetivo de la Intervención:	Generar un mecanismo de sostén, consolidación, estabilización, cobertura y protección (a través de revegetación) contra la erosión superficial. Además, proveer de medios de desfogue de agua pluvial o drenaje superficial.		
Descripción de la Intervención:	<p>Consiste en la planificación para la posterior construcción de 2 estructuras -Bioingeniería-. La primera, es un “entramado de madera vivo a doble pared”, que servirá para estabilizar el talud de relleno, desde el fondo (de una cárcava) hasta el nivel del camino (doble plataforma que forma la base). De este nivel de plataforma, hacia arriba se configura una serie de terrazas combinando (en cada segmento de la estructura) revegetación de especies como aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>), carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y grama común (<i>Cynodon dactylon</i>). La segunda, es un “emparrillado vivo” anclado a la última terraza de la intervención anterior, formando una cuadrícula de postes sobre el talud, dentro de ésta se plantará material vegetal como escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>), falso tabaco o tabaquillo (<i>Wigandia urens</i>), carrizo (<i>Phragmites australis</i>) y grama común (<i>Cynodon dactylon</i>). Para proteger la estructura, encausar y regular el caudal del agua pluvial se construirá una cuneta revestida de piedra con revegetación de especies locales como escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>) o grama común (<i>Cynodon dactylon</i>).</p>		
Técnicas de ingeniería naturalística empleadas			
Tipos y/o diseño:	Obra de bioingeniería (Entramado de madera vivo a doble pared, emparrillado vivo y protección de vegetación) y Cuneta revestida de piedra más esqueje (escobillo o grama).		
Materiales vivos a emplear en la Obra:			
No. De Plantas con raíz/esquejes (estacas) colocadas en la intervención (diseño de la obra):	No. de estacas/metro lineal	No. de plantas con raíz/m2	Posibles especies
	9,588 plantas	40 plantas	Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), Grama Común (<i>Cynodon dactylon</i>), Pajón (<i>Schizachyrium scoparium</i>), Carrizo (<i>Phragmites australis</i>), Escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>)

Dimensiones de la intervención por diseño de la obra:		Profundidad de la intervención (m)	Longitud de la intervención (m)	Altura de la intervención (m)	Observaciones
		De 0.5 mt a 2.0 mts	10.0 mts , 34.0 mts,	0.50 mts a 2.0 mts	
Especies vegetales empleadas	POSTES	Especie		Diámetro de postes (pulgs.) Min.-Max	Total de postes
		Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), roble o encino (<i>Quercus spp.</i>), ciprés común (<i>Cupressus lusitánica</i>), pino blanco (<i>P. ayacahuite</i>), pino triste (<i>P. pseudostrobus</i>).		3" y 4"	1,222
Revegetación:		Estacas: Carrizo (<i>Phragmites australis</i>)		Esquejes 1.5" diámetro	Esquejes (segmentos de 0.50 mts) de Carrizo con posibilidad de rebrote.
		Plantas: aliso (<i>Alnus jorullensis</i>), grama común (<i>Cynodon dactylon</i>), escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>) falso tabaco o tabaquillo (<i>Wigandia urens</i>)		Plantas 1.5" diámetro/ Plantas con raíz y 0.05" diámetro/ Plantas con raíz y 0.05" diámetro/ Plantas con raíz y 0.05" diámetro.	Plantas 0.50 mts/ Plantas con altura de 0.10 mts./ Plantas con longitud de 0.10 mts./ Plantas con altura de 0.10 mts
Drenajes:	Superficiales	Número: 1 Cuneta Natural de Piedra con Revegetación			
		Longitud: 106.00 mts			
		Profundidad: 0.10 mts			
	Profundos	Número:			
		Longitud:			
		Profundidad:			
Costos Totales netos de la obra:					
Técnicas de ingeniería civil convencionales					
Tipos o diseños de las obras existentes en la zona: (breve descripción de las obras existentes)		Alcantarilla (transversal) insuficiente para el desfogue de agua pluvial. Boulevard entrada principal de la Antigua Santa Catarina Ixtahuacán.			

c. Etapas de implementación de la obra 5:

- **Etapa 1. Previo a la ejecución.** Tiempo estimado: 2 meses antes de la ejecución de la obra. Incluye las siguientes acciones: presentación de proyecto a socios estratégicos, comunidades y demás actores clave; establecimiento de convenios de compromiso y colaboración. Definición de cronograma de actividades. Adquisición y traslado de materiales, recursos (vegetales/no vegetales), equipos, aportes locales y compras externas para la obra (Anexo 2), materiales puestos en obra o bodegas locales. Contratación de Mano de Obra Calificada, definida la Mano de Obra no Calificada y Asistencia Técnica. Desarrollo de los talleres teórico-prácticos de formación sobre la aplicación de las técnicas de bioingeniería y realización de obras. Estos talleres se llevan a cabo a nivel municipal o local (Capítulo 3).

- **Etapa 2. Ejecución (construcción) de la obra.** Tiempo estimado: 1 mes. Una vez estén desarrollados los talleres de formación y se cuente con todos los recursos necesarios, se procede a la ejecución. Iniciando con la Limpieza y Trazado del terreno, para establecer los espacios físicos donde se realizaran las intervenciones.

- **Etapa 3. Construcción de las intervenciones.** La obra propuesta abarca 2 intervenciones.

- **Intervención 1: “Entramado de madera vivo a doble pared”.** La intervención consiste en una estructura con las siguientes dimensiones (a partir del nivel del suelo): 1.00 m. (longitudinal, en el sentido de la vía) x 1.50 m. (transversal) x 1.50 m. (vertical) por segmento, distribuida en 6 terrazas, formando un triángulo de 33.5 m. x 20.0 m. La construcción inicia a nivel del camino (primer terraza -doble-), por medio de las siguientes acciones: estabilización y recuperación del camino, colocando costales rellenos de tierra (apilados) y tierra compactada, hasta alcanzar el nivel de la calzada.

- El terreno recuperado sirve para construir un bordillo y cuneta (0.4 m. de ancho x 106.0 m. de longitud) revestida de piedra, revegetada con escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*).

- La primer terraza -doble-, se construye con troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de 4” de diámetro; unidos entre sí, por medio de pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno). Los troncos verticales se entierran a una profundidad de 6.00 m., tomando en cuenta la pendiente del terreno. Los troncos transversales, se entierran 1.50 m. sobre la pendiente del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m. abarcan 3 segmentos de 1.00 m. en cada anclaje (Anexo 1).



Figura 31. Ejemplo de un armado de “Entramado de madera vivo a doble pared”. La Palma Sur, La Reforma, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

De la segunda a la cuarta terraza, la estructura se construye con troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de 4” de diámetro; unidos entre sí, por medio de pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno). Los troncos verticales se entierran a una profundidad 2.00 m., sobre las terrazas, tomando en cuenta la pendiente del terreno. Los troncos transversales, se entierran 2.00 m. sobre la pendiente del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m. abarcan 3 segmentos de 1.00 m. en cada anclaje (Anexo 1).

La quinta y sexta terraza, se construye con troncos (longitudinales y transversales) de madera de 3” de diámetro y troncos (verticales) de 4” de diámetro; unidos entre sí, por medio pines de hierro corrugado de 3/8” de diámetro, de 0.30 m. de longitud (cada uno). Los troncos verticales se entierran 1.50 m., en las terrazas, tomando en cuenta la pendiente del terreno. Los troncos transversales, se entierran a un profundidad de 2.00 m. sobre la pendiente del terreno. Los troncos longitudinales de 3.0 m. abarcan 3 segmentos de 1.00 m. en cada anclaje.

Cada estructura se rellena de la siguiente manera: formar un base tierra compactada hasta 1.40 m. (primer capa), más 0.10 m de broza (segunda capa) o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, para formar la capa fértil donde se siembran las especies vegetales.

Debido a que, en el área de intervención existe vegetación, se prevé recuperar un espacio de 7.0 m. a ambos lados de ésta, realizando las siguientes acciones: i) rellenar y compactar con suelo, los espacios socavados hasta el nivel de la calzada; y ii) sembrar especies vegetales en el espacio recuperado. (Anexo 1).

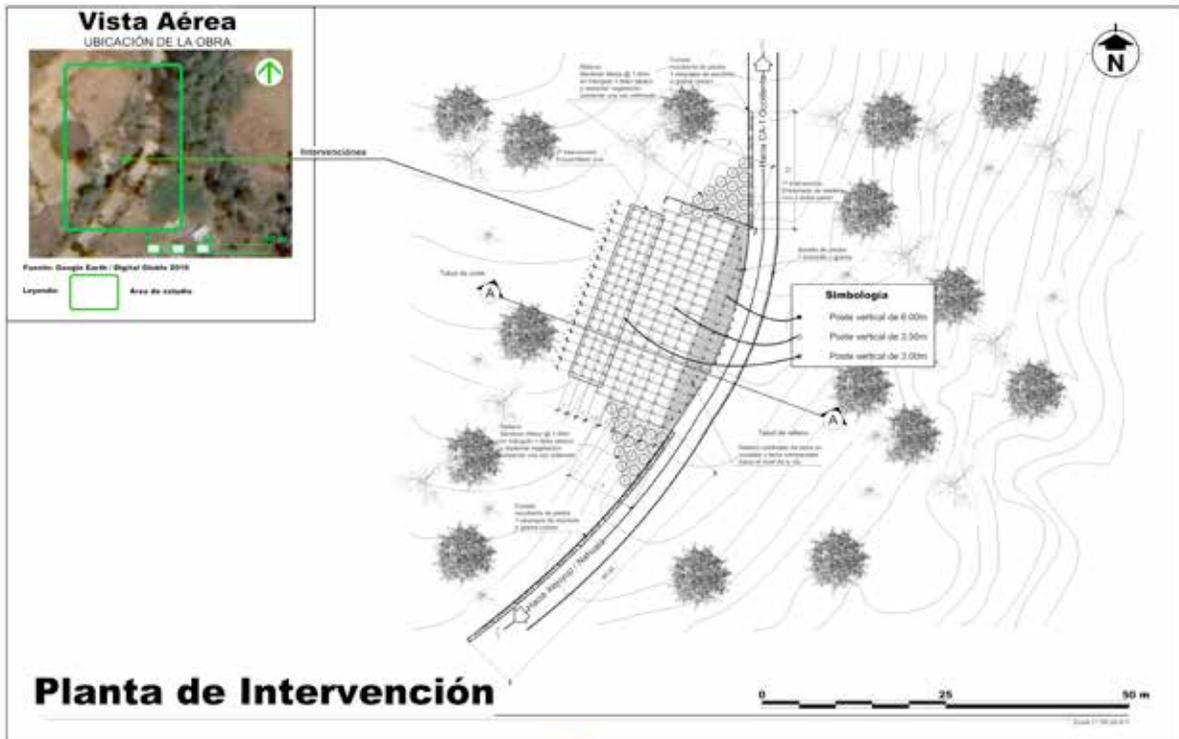


Figura 32. Planta de intervención. Planificación Obra ORCC-06/RD-SOL-10.



Figura 33. Ejemplo de un armado de “Emparrillado vivo”. El Carrizal, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

Intervención 2: “Emparrillado vivo”.

Consiste en una estructura reticular con las siguientes dimensiones (a partir del nivel del suelo): 1.00 m. (longitudinal, en el sentido de la vía) x 1.00 m. (transversal) x 1.40 m. (vertical; enterrado) y 0.10 m. (vertical; sobre el nivel del suelo); esta obra, se adosará (mediante un anclaje) a la obra de la intervención 1, apoyada directamente sobre el talud de corte. Cada segmento reticular, se rellena con una capa de 0.10 m de broza o material orgánico, abono vegetal, estiércoles, entre otros, para obtener un sustrato donde se siembran las especies vegetales para la revegetación. En la parte superior del “Emparrillado vivo”, se construye una contra-cuneta revestida de piedra combinada con revegetación de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*).

Etapa 4. Revegetación. Una vez concluido el armado de las intervenciones 1 y 2, se procede a realizar la última actividad (revegetación) de ésta fase, la que se estima invertir una semana.

Revegetación intervención 1: “Entramado de madera vivo a doble pared”. En cada estructura (de 1.0 m. x 1.50 m.) de las terrazas) se siembra 1 árbol (con raíz) de aliso (*Alnus jorullensis*) de 0.50 m. de altura. A la altura del camino y en la base de cada terraza se siembran “Esquejes” (segmentos de 0.50 m) de carrizo (*Phragmites australis*) en forma de "X" a cada 0.20 m. En asociación, se siembran (a cada 0.20 m.) plantas (con raíz) de 0.10 m de altura de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*), grama común (*Cynodon dactylon*) y falso tabaco o tabaquillo (*Wigandia urens*). Recuperación y reforestación; a los costados

de la intervención se siembran árboles (con raíz) de aliso (*Alnus jorullensis*) de 0.50 m. de altura, plantando 1 árbol a cada 1.50 m. en forma triangular (Anexo 1).

Junto a la “Cuneta revestida de piedra y bordillo” se siembran (a cada 0.20 m.) plantas (con raíz) de 0.10 m de altura de escobillo (*Malvastrum coromandelianum*) y grama común (*Cynodon dactylon*).

En las actividades de revegetación para estimular el crecimiento de árboles, plantas y esquejes, la punta de cada una de estas, se recubre de polvo ROTEX-Enraizador.

Una vez realizada la siembra, para evitar el estrés provocado por el trasplante y para generar condiciones de humedad necesarias para el desarrollo y crecimiento, se debe garantizar el abastecimiento de agua de riego equivalente a 1000 litros de agua.



Figura 34. Ejemplo de revegetación. La Palma Sur, La Reforma, San Marcos. Fotografía por: Marvin Rabanales y Ana Reyna.

4. Capítulo 3. Actividades de coordinación, compromisos y formación, para la implementación de las obras.

Los aspectos organizativos, formativos (talleres), de coordinación y los compromisos de las partes involucradas en la implementación de las obras, se deben establecer por fases o etapas.

4.1. Acciones estratégicas:

4.1.1. Coordinación y apoyo.

Involucramiento de población local, gobiernos locales, instituciones y demás socios estratégicos en la identificación y priorización de obras; y en la identificación de recursos, aportes técnicos y logísticos.

4.1.2. Cabildeo e incidencia. A nivel local, municipal, departamental, nacional e institucional, para el establecimiento de compromisos y responsabilidades, de aporte mano de obra no calificada por las comunidades, recursos locales, administración de bodegas temporales y cuidado de recursos externos.

4.1.3. En contraparte, los compromisos de aporte de recursos externos, mano de obra calificada, asistencia técnica y monitoreo por los socios institucionales a cargo de la implementación de las obras. Además de los compromisos de mantenimiento y sostenibilidad de las obras.

4.1.4. Formación. Elaboración de un ciclo de talleres teórico-prácticos por medio de un “Plan de Capacitación o Talleres de Formación” sobre la aplicación de las técnicas de bioingeniería, asegurando la destreza técnica de quienes intervendrán en la ejecución de las obras. Y la sostenibilidad por medio del mantenimiento, no solo de las estructuras, sino también de la revegetación.

4.2. Socios estratégicos:

- 4.2.1. Organizaciones comunitarias,
- 4.2.2. Municipalidades,
- 4.2.3. Organizaciones No Gubernamentales (ONGs),
- 4.2.4. Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN),
- 4.2.5. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA),
- 4.2.6. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN),
- 4.2.7. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV),
- 4.2.8. Consejo nacional de Áreas Protegidas (CONAP),
- 4.2.9. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH),
- 4.2.10. Instituto Nacional de Bosques (INAB),
- 4.2.11. Ministerio de Economía (MINECO),
- 4.2.12. Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SESAN).

4.3. Etapas de desarrollo:

- 4.3.1 ANTES de la implementación de las obras. Se refiere a todas aquellas actividades previas, encaminadas a facilitar, fortalecer y garantizar la adecuada ejecución de las obras. Contrastando las acciones estratégicas, con una adecuación del tiempo y definición de implicados o participantes.

Cuadro 6. Actividades a desarrollar ANTES de la implementación de las obras.

Acción Estratégica	ACTIVIDADES	CANTIDAD/ PERÍODO DE REALIZACIÓN	MES/ AÑO	PARTICIPANTES
COORDINACIÓN Y APOYO	Reunión: definición estratégica para implementación obras a Nivel municipal, departamental, nacional/Inter-institucional.	(3) Reuniones / 1 día	MES / AÑO	Representante de la UGP / Representante de la DMP y autoridad municipal/Responsable de AT de obras/Socios Estratégicos.
	Costo estimado por actividad: Estimar un costo por reunión (refacciones, material de oficina, material para reproducción). No. de participantes: 15 por reunión. *Costo por reunión/Aporte del proyecto.			Recursos necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.
	Presentación de las obras (diseño, planificación, recursos, materiales y presupuesto) a nivel local.	(1)	MES / AÑO	Representante UGP / Representante DMP/Responsable AT Obras/Representantes organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as
	Costo estimado por actividad: Estimar un costo por actividad (refacciones, material de oficina, material para reproducción). No. de participantes: 15 por reunión. *Costo por reunión/Aporte del proyecto.			Recursos necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.
	Compra de materiales y traslado a bodegas locales.	60 días	Mes/Año	Responsable de AT de obras/ Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. * Aporte del proyecto.			Recursos necesarios: Anexo 2.
	Obtención de recursos (materiales locales) y traslado a bodegas locales.	60 días	Mes/Año	Responsable de AT de obras/ Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. * Aporte del proyecto.			Recursos necesarios: Anexo 2.
	Establecimiento de bodegas locales. Resguardo de recursos (materiales), de equipo. A nivel local.	60 días, 30 días ejecución obras y 180 días seguimiento	Mes/Año	Responsable de AT de obras/ Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo Estimado Actividad y No. Participantes: Estimar un costo por actividad (mensual)/2 personas responsables *Aporte a nivel local.			Recursos Necesarios: espacio físico**, resguardado (llaves, control de entrada personas, registro materiales-recursos).

Cuadro 6. Actividades a desarrollar ANTES de la implementación de las obras.

CABILDEO E INCIDENCIA	Definición de aportes y apoyo. Firma de convenios de compromiso. A nivel municipal, departamental, nacional/Inter-institucional.	(3) Reuniones /1 día	MES / AÑO	Representante de la UGP / Representante de la DMP y autoridad municipal/Responsable de AT de obras/Socios Estratégicos.
	Costo estimado por actividad: Estimar un costo por reunión (refacciones, material de oficina, material para reproducción). No. de participantes: 15 por reunión *Costo por reunión/ Aporte del proyecto.			Recursos Necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.
	Establecimiento de responsabilidades, aporte de recursos y MOnC, administración y mantenimiento de obras/ Firma convenios de compromiso de apoyo. Comunidad-Proyecto-Municipalidad. A nivel local.	(1) Reunión / 1 día	Mes/Año	Representante de la UGP / Representante de la DMP/ Responsable de AT de obras/ Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo estimado por actividad: Estimar un costo por actividad (refacciones, material de oficina, material para reproducción). No. de participantes: 50 *Costo por reunión/Aporte del proyecto.			Recursos Necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.

Cuadro 6. Actividades a desarrollar ANTES de la implementación de las obras.

Formación	Taller (1) teórico-práctico. A nivel municipal.	(1) Reunión/1 día	Mes / año	Representante de la DMP y autoridad municipal /Responsable de AT de obras/Socios Estratégicos.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. *Costo por taller/Aporte del proyecto.		Recursos necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.	
	Taller (2) teórico-práctico. A nivel municipal.	(1) Reunión/1 día	Mes/Año	Representante de la DMP y autoridad municipal/Responsable de AT de obras/Socios Estratégicos.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. *Costo por Taller/Aporte del proyecto.		Recursos necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.	
	Taller (3) teórico-práctico. A nivel municipal.	(1) Reunión/1 día	Mes/Año	Representante DMP/Municipalidad/ Responsable AT Obras/Socios Estratégicos.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. *Costo por Taller/Aporte del proyecto.		Recursos necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.	
	Taller (1) teórico-práctico. A Nivel Local.	(1) Reunión/1 día	Mes/Año	Responsable de AT de obras/ Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. *Costo por Taller/Aporte del proyecto.		Recursos necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.	
	Taller (2) teórico-práctico. A Nivel Local.	(1) Reunión/1 día	Mes/Año	Responsable de AT de obras/ Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo Estimado Actividad y No. Participantes: Ver detalle "Presupuestos y Materiales- Sección ANEXOS. *Costo por Taller Aportación Proyecto.		Recursos necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.	
	Taller (3) teórico-práctico. A Nivel Local.	(1) Reunión/1 día	Mes/Año	Responsable AT Obras/ Representantes organizaciones comunitarias/ beneficiarios-as comunitarios-as
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. *Costo por Taller/Aporte del proyecto.		Recursos necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.	
	Nota: La realización de las actividades anteriormente descritas, se llevan a cabo (en algunos casos) de manera simultánea, por ejemplo: Compra materiales y traslado, obtención de recursos (materiales locales) y talleres de formación.			
UPG: Unidad Gestión Proyecto		AT Obras: Asistencia Técnica Obras		
DMP: Dirección Municipal de Planificación		MOnC: Mano de Obra no Calificada		

4.3.2. DURANTE la implementación de las obras. Se refiere a todas aquellas actividades realizadas durante el desarrollo de las obras, encaminadas a facilitar, fortalecer y garantizar la adecuada

ejecución de las mismas. Contrastando las acciones estratégicas, con una adecuación del tiempo y definición de implicados o participantes.

Cuadro 7. Actividades a desarrollar DURANTE la implementación de las obras.

ACCIÓN ESTRATÉGICA	ACTIVIDADES	CANTIDAD/ PERÍODO DE REALIZACIÓN	MES/AÑO	PARTICIPANTES
COORDINACIÓN Y APOYO	Logística (parte transporte) movilización de materiales-recursos, equipo, de bodega local a la obra y viceversa. Aporte a nivel local.	30 días	Mes/Año	Responsable de AT de obras/Responsable de MOC/Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Estimar un costo viaje/por día. 2 personas. *Parte correspondiente/Aporte a nivel local.		Recursos Necesarios: Vehículo doble tracción.	
	Establecimiento de fuente de abastecimiento -agua para riego-siembra (revegetación) de obras y seguimiento. Aporte a nivel local.	Diariamente a partir de la siembra/ Seguimiento (más 180 días) hasta lograr establecer la siembra.	Mes/Año	Responsable de AT de obras/Responsable de MOC/Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Estimar un costo / extracción diaria. 2 personas. *Aporte nivel local.		Recursos necesarios: Fuente de abastecimiento -agua para riego-.	
	Aportación logística (parte del transporte) movilización materiales-recursos, equipo, de bodega local a la obra y viceversa. Aportación Nivel Municipal.	30 días	Mes/Año	Responsable de AT de obras/Responsable de MOC/Representante de la DMP y autoridad municipal.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Estimar un costo viaje/por día. 2 personas. *Parte correspondiente/Aporte nivel municipal.		Recursos necesarios: vehículo doble tracción.	
	Logística (transporte) movilización del recurso hídrico -agua para riego-(siembra /revegetación y seguimiento de obras); de la fuente a la obra. Aporte nivel municipal.	Diariamente a partir de la siembra/ Seguimiento (más 3 meses) hasta lograr establecer la siembra	Mes/Año	Responsable de AT de obras/Responsable de MOC/Representante de la DMP y autoridad Municipal.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Estimar un costo viaje/por día. 2 personas. *Parte correspondiente/Aporte nivel municipal.		Recursos Necesarios: Vehículo doble tracción.	

Cuadro 7. Actividades a desarrollar DURANTE la implementación de las obras.

Cabildeo e incidencia	Administración (materiales-recurso, equipo) para implementación obras. Bodegas locales. Aporte nivel local.	30 días	Mes/Año	Responsable de AT de obras/Responsable de MOC/Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Estimar un costo Jornal/día. 2 personas. *Aporte nivel local.		Recursos necesarios: 2 personas (resguardo bodega).	
	Aporte Mano de Obra no Calificada para implementación de las obras. *Aporte nivel local.	30 días	Mes/Año	Responsable de AT de obras/Responsable de MOC/Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. *Aporte nivel local.		Recursos necesarios: Anexo 2.	
	Aporte Mano de Obra Calificada para implementación de las obras. *Aporte nivel municipal.	30 días	Mes/Año	Responsable de AT de obras/Responsable de MOC/Representante de la DMP y autoridad municipal.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. *Aporte nivel municipal.		Recursos necesarios: Anexo 2.	
Formación	Taller (4) teórico-práctico. A nivel local.	(1) Reunión /1 día	Mes/Año	Responsable de AT de obras/Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. *Costo por taller/Aporte del proyecto.		Recursos necesarios: cámara fotográfica, material demostrativo, equipo básico de seguridad, herramienta menor.	
	Taller (5) teórico-práctico. A nivel local.	(1) Reunión /1 día	Mes/Año	Responsable de AT de obras/Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo Estimado Actividad y No. Participantes: Ver detalle Presupuestos y Materiales- Sección ANEXOS.*Costo por Taller Aportación Proyecto.		Recursos Necesarios: Cámara fotográfica, material demostrativo, equipo básico de seguridad, herramienta menor.	
UPG: Unidad Gestión Proyecto		AT Obras: Asistencia Técnica Obras		
DMP: Dirección Municipal de Planificación		MOnC: Mano de Obra no Calificada		
		MOC: Mano de Obra Calificada		

4.3.3. DESPUÉS de la implementación de las obras. Se refiere a todas aquellas actividades realizadas posteriormente al desarrollo de las obras, encaminadas a facilitar, fortalecer y garantizar el

adecuado mantenimiento y monitoreo de las obras. Contrastando las acciones estratégicas, con una adecuación del tiempo y definición de implicados o participantes.

Cuadro 8. Actividades a desarrollar DESPUÉS de la implementación de las obras.

ACCIÓN ESTRATÉGICA	ACTIVIDADES	CANTIDAD / PERÍODO DE REALIZACIÓN	MES / AÑO	PARTICIPANTES
Coordinación y apoyo	Establecimiento de fuente de abastecimiento de recurso hídrico - agua riego- para revegetación de obras, mantenimiento y monitoreo. Aporte nivel local.	1er. Mes (Diario)/ 2º. - 6º. Mes (Día por medio)	Mes/Año	Responsable de AT de obras/Responsable de MOC/Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Estimar un costo/extracción diaria. 2 personas. *Aporte Nivel Local.		Recursos necesarios: Fuente abastecimiento -agua para riego-.	
	Aporte logística (transporte) movilización del recurso hídrico-agua para riego- para revegetación obras; de la fuente a la obra; mantenimiento y monitoreo. Aporte a nivel municipal.	1er. Mes (Diario)/ 2º. - 6º. Mes (Día por medio)	Mes/Año	Responsable de AT de obras/ Responsable de MOC/ Representante de la DMP y autoridad municipal.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Estimar un costo viaje/por día. 2 personas. *Parte correspondiente/Aporte nivel municipal.		Recursos necesarios: Vehículo doble tracción.	
Cabildeo e Incidencia	Aporte de Mano de Obra no Calificada para mantenimiento y monitoreo de las obras. Aporte nivel local.	1er. Mes (Diario)/ 2º. - 6º. Mes (Día por medio)	Mes/Año	Responsable de AT de obras/Responsable de MOC/Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. *Aporte Nivel Local.		Recursos Necesarios: Anexo 2.	
	Aporte Mano de Obra Calificada para mantenimiento-monitoreo de las obras. Aporte nivel municipal.	1er. Mes (Diario)/ 2º. - 6º. Mes (Día por medio)	Mes/Año	Responsable de AT de obras/ Responsable de MOC/ Representante de la DMP y autoridad municipal.
	Costo estimado por actividad y No. de participantes: Anexo 2. *Aporte nivel municipal.		Recursos necesarios: Anexo 2.	
UPG: Unidad Gestión Proyecto		AT Obras: Asistencia Técnica Obras		
DMP: Dirección Municipal de Planificación		MOnC: Mano de Obra no Calificada		
		MOC: Mano de Obra Calificada		

4.4. Consideraciones en la firma de compromisos.

Para la celebración de compromisos y firma de convenios, tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

4.4.1. Establecer por escrito los compromisos de las contrapartes en la ejecución de las obras (local, municipal y del proyecto).

4.4.2. Establecer responsables o enlaces directos de cada contraparte, que representarán a cada una en las diferentes etapas en la implementación de las obras.

4.4.3. Definir claramente la anuencia y participación de las contrapartes locales y municipales en todas las etapas del proceso de las obras.

4.4.4. Detallar los aportes locales, municipales y del proyecto, relacionadas con recursos, materiales, mano de obra, logística, espacios para bodegas locales, transporte, fuentes de abastecimiento de recurso hídrico -agua para riego-.

4.4.5. Establecer plazos (tiempos) de obtención de recursos y materiales (locales y externos), definición de puntos de acopio y bodegas locales.

4.4.6. Establecer cronograma de actividades a realizar ANTES-DURANTE-DESPUÉS de la implementación de las obras, definiendo detalladamente responsables en cada actividad.

4.4.7. Definir la estrategia de MANTENIMIENTO y MONITOREO de las obras, una vez ejecutadas, asegurando la sostenibilidad de las mismas, tomando en cuenta las acciones descritas en el Capítulos 2 y 3 (como mínimo), dejando abierta la posibilidad de ampliarlas según sea el caso.

4.5. Formación: Establece la temática, distribución de tiempos, recursos y participantes.

Cuadro 9. Temática talleres de formación.

NO. TALLER	CONTENIDO	METODOLOGÍA	TIEMPO	PARTICIPANTES
TALLER 1	<ol style="list-style-type: none"> Análisis del contexto en materia del impacto del cambio climático a nivel: local, municipal, departamental, regional, nacional y de Cuenca. Análisis de las condiciones de riesgo: Amenaza, vulnerabilidad, capacidades. Gestión Integral del Riesgo: mapas de riesgo, acciones de preparación y mitigación. Obras de Mitigación: técnicas de bioingeniería o ingeniería naturalística. 	Participativa, inductiva-deductiva.	<p><u>Medio Día</u> (8:00 am -1:00 pm)</p> <p>Incluye 2 recesos de 15 minutos</p>	Responsable de AT de obras/ Responsable de MOC/ Representante de la DMP y autoridad municipal. / Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Recursos necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, Laptop, extensiones eléctricas.			
TALLER 2	<ol style="list-style-type: none"> ¿Qué es la Ingeniería Naturalística?. Orígenes, aplicación. Tipología de Intervenciones. Características, ventajas y desventajas de la aplicación de Bioingeniería. La Ingeniería Naturalística en la práctica. 	Participativa, inductiva-deductiva.	<p><u>Medio Día</u> (8:00 am -1:00 pm)</p> <p>Incluye 2 recesos de 15 minutos</p>	Responsable de AT de obras/ Responsable de MOC/ Representante de la DMP y autoridad municipal municipal/ Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Recursos necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, Marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.			
TALLER 3	<ol style="list-style-type: none"> Experiencias de Ingeniería Naturalística-Bioingeniería en otros países. Experiencias de Ingeniería Naturalística-Bioingeniería en Guatemala. Diseños y planificaciones de obras de mitigación aplicando Ingeniería Naturalística-Bioingeniería. 	Participativa, inductiva-deductiva.	<p><u>Medio Día</u> (8:00 am -1:00 pm)</p> <p>Incluye 2 recesos de 15 minutos</p>	Responsable de AT de obras/ Responsable de MOC/ Representante de la DMP y autoridad municipal. / Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Recursos necesarios: presentaciones digitales, material de apoyo, papelógrafos, marcadores, masking tape, cañonera, laptop, extensiones eléctricas.			
TALLER 4	<ol style="list-style-type: none"> Demostración práctica de armado obra, aplicando técnicas de Ingeniería Naturalística. 	Participativa	<p><u>1 Día</u> (8:00 am -5:00 pm)</p>	Responsable de AT de obras/ Responsable de MOC/ Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Recursos necesarios: cámara fotográfica, material demostrativo, equipo básico de seguridad, herramienta menor.			
TALLER 5	<ol style="list-style-type: none"> Demostración práctica de revegetación de obra, aplicando técnicas de Ingeniería Naturalística. 	Participativa	<p><u>1 Día</u> (8:00 am -5:00 pm)</p>	Responsable de AT de obras/ Responsable de MOC/ Representantes de organizaciones comunitarias/ Beneficiarios-as comunitarios-as.
	Recursos Necesarios: Cámara fotográfica, material demostrativo, equipo básico de seguridad, herramienta menor.			
AT Obras: Asistencia Técnica Obras		DMP: Dirección Municipal de Planificación		
MOC: Mano de Obra Calificada		MOnC: Mano de Obra no Calificada		

**La asignación de un espacio físico para el desarrollo de los talleres se definirá entre los principales actores (OG/ONG).

Capítulo 4. Plan de manejo de especies vegetales, mantenimiento de estructuras y protocolo de imprevistos (posibles) que pueden presentarse durante la implementación de las obras. Recomendaciones finales.

5.1. Introducción:

El presente plan, tiene por finalidad presentar los conceptos que guían el mantenimiento y proporcionar normas de ejecución de las principales actividades, a fin de servir de base para la ejecución del mantenimiento de la vía, mismas que se pueden implementar en cualquier otra intervención diferente a las que forman parte de una carretera.

Una vez construida o mejorada una carretera (patrimonio nacional), se debe asegurar su durabilidad con un permanente y adecuado mantenimiento, que permita una circulación vehicular cómoda y segura.

5.2. Definiciones de Mantenimiento

El mantenimiento de las obras; es el conjunto de actividades que se realiza para conservar en buen estado las condiciones físicas, consolidar y preservar el capital invertido en la rehabilitación y el mejoramiento, incluyendo las obras complementarias y conexas.

5.3. Objetivos del Mantenimiento

Entre los objetivos del mantenimiento y monitoreo de las obras, está la preservación de las inversiones efectuadas en las labores de construcción o rehabilitación, asegurando la sostenibilidad, de modo cómodo y seguro; reduciendo los costos de operación y mantenimiento de los recursos vegetales e inertes, así como a la población usuaria de la vía.

5.4. Tipos de Mantenimiento

Las actividades de monitoreo y mantenimiento, se clasifican (de acuerdo a la frecuencia de aplicación) en dos tipos: Mantenimiento Rutinario y Mantenimiento Periódico.

5.5. Mantenimiento Rutinario

Se realiza con carácter preventivo, de modo permanente y tiene por finalidad preservar los elementos originales de

la obra, conservando las condiciones que tenía después de la construcción o rehabilitación; incluye labores de limpieza de la obra (de bioingeniería), limpieza de las obras de drenaje, corte de la vegetación y reparaciones menores de los defectos puntuales de las obras, se incluye también el cuidado y vigilancia de la vía en los sitios donde están ubicadas las obras.

5.6. Mantenimiento Periódico

Se realiza en períodos de 3 a 6 meses, un año máximo, con la finalidad de recuperar las condiciones físicas de las obras deterioradas por el uso, efectos de clima, amenazas naturales (deslizamientos, sismos) y también provocadas por factores

exógenos; evitar que se agraven los defectos, preservar las características superficiales de las obras y corregir defectos mayores puntuales.

5.7. Actividades Específicas del Mantenimiento Rutinario

5.7.1. Plan de Manejo de Especies Vegetales.

En el plan, se plantean las actividades básicas en el manejo, mantenimiento y monitoreo de las especies vegetales utilizadas en la revegetación (de las obras, a realizar en los primeros 6 meses), después de la siembra inicial; estas acciones pueden extenderse más allá de este tiempo sugerido.

Cuadro 10. Plan de manejo de especies utilizadas en la revegetación de obras.

ESPECIE	ACTIVIDAD	TIEMPO / PERÍODO
Falso Tabaco o Tabaquillo (<i>Wigandia urens</i>)	Fertilización al suelo: colocar materia orgánica (broza y estiércoles) en dosis de 1.5 a 2.5 lb. por planta, alrededor de la misma, enterrado a una profundidad de 10 cm. y a una distancia de 20 cm. de la planta. Aplicar suficiente agua, después de la fertilización.	A cada 6 meses
	Podas vegetativas y de saneamiento: por ser plantas muy ramificadas es conveniente realizar cortes de despunte y aclareo, eliminando hojas y segmentos plagados, enfermos, muertos o dañados (mantener una verificación permanente).	1 vez al mes
	Poda de conducción: mantener una altura de 1.5 m., forma de seto. De la poda realizada obtener esquejes o plantas jóvenes, para propagar en el área de intervención.	1 año
Carrizo (<i>Phragmites australis</i>)	Riego: realizar durante el primer mes de siembra (diariamente), a razón de 500 ml. por planta. A partir del 2° al 6° mes, día de por medio, a razón de 1000 ml. por planta.	6 meses a partir de la siembra
	Resiembra: de ser necesario, realizar resiembra, en áreas de pérdida de cobertura.	Cuando sea necesario
ESPECIE	ACTIVIDAD	TIEMPO / PERÍODO
Escobillo (<i>Malvastrum coromandelianum</i>)	Fertilización al suelo: fertilización química, 20-20-0 o 15-15-15; aplicar al voleo o enterrar en surcos al costado de la planta, con una profundidad de 10 cm., o fertilización con materia orgánica (broza, estiércoles) en dosis de 1.5 a 2.5 lb. por planta. Aplicar suficiente agua, después de la fertilización.	A cada 3 meses
	Conducción y crecimiento: estimular el crecimiento de las gramíneas a través de cortes o chapeos. En el caso de la grama común, cuando alcance una altura de 25 cm., debe chapearse. En el caso del Escobillo, cuando las macollas alcancen una altura de 50 cm., deben podarse despuntado y deshijando, para mantener la aireación y facilitar la absorción de luz solar y agua.	A cada 2 meses
Grama Común (<i>Cynodon dactylon</i>)	Riego: en el primer mes de siembra diariamente, a razón de 250ml por planta. A partir del 2° al 6° mes, día de por medio, a razón de 500 ml por planta.	6 meses a partir de la siembra
	Resiembra: de ser necesario realizar resiembra, en áreas en áreas de pérdida de cobertura.	Cuando sea necesario

ESPECIE	ACTIVIDAD	TIEMPO / PERÍODO
Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>)	Fertilización al suelo: aplicar materia orgánica (broza y estiércoles) en dosis de 2.5 a 3.5 lb. por árbol, alrededor del mismo, enterrado a una profundidad de 10 cm. y una distancia de 20 cm. del tronco. Se puede aplicar fertilización química (20-20-0, 15-15-15) distribuyéndolo al voleo, o enterrado en surcos alrededor de la planta, con una profundidad de 10 cm. y una distancia de 20 cm. Aplicar suficiente agua, después de la fertilización.	A cada 6 meses
	Podas vegetativas y de saneamiento: retirar ramas y hojas secas o enfermas para darle paso a nuevos retoños. Además, de esta forma se eliminan segmentos que puedan servir de hospederos para plagas o enfermedades.	1 vez al mes
	Conducción y crecimiento: se espera que alcancen una altura de 2mts.	1 a 3 años
	Riego: durante el primer mes de siembra (diariamente), a razón de 1000 ml. por planta. A partir del 2º al 6º mes, día de por medio, a razón de 2000 ml. por planta.	6 meses a partir de la siembra
	Resiembra: de ser necesario realizar resiembra de esta especie, en áreas donde se haya perdido la cobertura.	Cuando sea necesario

Observaciones generales: manejo de suelo; verificar el mantenimiento de buen drenaje y humedad suficiente. Para el control de plagas; empleo de insecticidas de contacto, de bajo impacto (utilizarlos solo si es necesario). Evitar que las larvas se muevan del suelo al follaje de las plantas, utilizando barreras mecánicas (ceniza alrededor de la planta) formando un cinturón. Las aspersiones contra los adultos deben hacerse en forma de brisa fina en el haz y envés de las hojas, tomando en cuenta las recomendaciones de aplicación del producto (cantidad y periodicidad). Una sustitución orgánica para tratamientos curativos de plagas en las primeras etapas de la infestación, es la aplicación de chile y ajo (macerado, triturado) diluido en agua, a razón de 4 litros de concentrado en una bomba de mochila de 16 litros, aplicado directamente sobre la planta, 2 veces por semana.

5.8. Indicadores de mantenimiento rutinario

El monitoreo y mantenimiento rutinario se debe de hacer con los comunitarios (COCODE, COLRED, o Comités, entre otros). Se deben de realizar a través de convenios, los resultados del monitoreo y mantenimiento se controlan mediante indicadores.

Los convenios se basan en lo siguiente: las comunidades deben asumir la plena responsabilidad de mantener operativos los elementos físicos donde se ubiquen las obras, en una situación igual o mejor que las condiciones mínimas establecidas (previamente), mediante medidas referenciales o estándares que determinan el estado físico y operativo de cada uno de los principales elementos de la obra y el espacio que ocupa dentro de la vía.

Los indicadores de mantenimiento rutinario, son medidas referenciales de las buenas características físicas y operativas que debe presentar el tramo de las obras

y de las vías como consecuencia del mantenimiento adecuado (son aceptables si cumplen con los estándares mínimos establecidos objetivamente).

Los indicadores de monitoreo y mantenimiento se definen para cada actividad, con sus niveles de tolerancia de acuerdo a las circunstancias propias del entorno de las obras y las vías, las condiciones socio-ambientales y la operación vial.

5.9. Actividades específicas del mantenimiento periódico:

5.9.1. Plan de mantenimiento de estructuras.

A continuación, se plantean las actividades básicas de mantenimiento y monitoreo de las obras realizadas: Durante los primeros 6 meses o un año máximo, después de la construcción; estas acciones pueden aplicar más allá de este tiempo sugerido.

Cuadro 11. Plan de mantenimiento de estructuras.

ESTRUCTURA: Troncos (terrazas, configuraciones)/pinos de hierro (ensamblajes)			
TIEMPO / PERÍODO	LISTA DE REVISIÓN	ACCIONES	RECURSOS NECESARIOS
Diariamente durante el 1er. mes. A partir del 2° al 6° mes, día por medio	Verificación de la obra en terreno (configuración).	Comparar la obra planificada y la obra ejecutada en el área.	Planos de la obra y equipo de medición.
	Verificar que los troncos se encuentren enterrados con la dimensión correcta.	Rehabilitación de estructura: asegurar los troncos, enterrándolos nuevamente o rellenando hasta el nivel requerido.	Tierra para relleno, herramienta menor (pala, azadón, entre otros).
	Verificar que los troncos se encuentren completos, sin daños, quebraduras o pudriciones.	Rehabilitación de estructura: Rehabilitación de estructura: cambiar los troncos dañados o estropeados, por troncos en buen estado sin perder la configuración inicial.	Troncos de repuesto, cinta métrica, pines de hierro de 3/8".
	Verificar que los pines de hierro de 3/8", no estén corroídos, dañados o fuera de la sujeción inicial.	Rehabilitación de estructura: cambiar o sujetar nuevamente (los pines de hierro) en el lugar correcto.	Pines de hierro de 3/8", mazos.
ESTRUCTURA: Rellenos y compactados, costales rellenos, coberturas			
TIEMPO / PERÍODO	LISTA DE REVISIÓN	ACCIONES	RECURSOS NECESARIOS
Diariamente durante el 1er. Mes. A partir del 2° al 6° Mes, día por medio.	Verificar los niveles de relleno y compactación.	Rehabilitación de estructura: reponer material (relleno y compactar el suelo necesario).	Material de relleno, herramienta menor y apisonadores.
	Verificar que los costales rellenos de tierra, se encuentren situados en el lugar correcto.	Rehabilitación de estructura: Rehabilitación de estructura: cambiar costales rotos o dañados. Rellenar costales abiertos.	Costales, material de relleno, herramienta menor.
	Verificar la permanencia de los materiales utilizados para cobertura ("sarán"), que no se encuentre dañado o se halla perdido.	Rehabilitación de estructura: en lugares donde exista daño o pérdida, sustituir por un nuevo manto de cobertura.	Sarán, cinta métrica y tijeras.
ESTRUCTURA: Bordillos, cuentas de piedra y revegetación			
TIEMPO / PERÍODO	LISTA DE REVISIÓN	ACCIONES	RECURSOS NECESARIOS
Diariamente durante el 1er. mes. A partir del 2° al 6° mes, alternar día por medio.	Verificación de bordillos y cunetas revestidas de piedra. Daño o pérdida de revegetación y configuración.	Rehabilitación de estructura: en lugares donde exista pérdida o daño (piedra o material vegetal) se debe reemplazar piezas de piedra o esquejes.	Piedra, especies vegetales, herramienta menor (pala, azadón, mazo, entre otros).

*Se recomienda realizar planos finales de la obra construida (en caso hayan ocurrido cambios significativos respecto a la planificación inicial).

5.10. Protocolo de imprevistos (posibles) que pueden presentarse durante la implementación de del proyecto.

A continuación se enumeran algunos imprevistos que pueden presentarse durante la implementación del proyecto. A cada imprevisto, le corresponde una sugerencia que puede ayudar a optimizar el tiempo y recursos en el proceso.

Cuadro 12. Posibles imprevistos-acciones sugeridas.

POSIBLE IMPREVISTO	ACCIÓN SUGERIDA
Dificultad en la obtención de recursos (troncos de una misma especie) para estructuras.	Utilizar las especies combinadas (con base al material vegetal identificado en terreno). De acuerdo a las posibilidades de adquisición.
Dificultad en cubrir la demanda de árboles de Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>) para reforestar.	Agotar la posibilidad de obtención de esta especie, de no ser así, puede realizarse una combinación de especies, empleando otras como carrizo (<i>Phragmites australis</i>).
Dificultad de obtener todos los materiales y recursos en 60 días.	Priorizar los siguientes recursos: troncos, pines de hierro corrugado 3/8" de diámetro y otros materiales externos (comprados). Las especies vegetales (revegetación), pueden adquirirse en forma escalonada, a partir de las primeras gestiones (60 días antes del inicio de ejecución) más 25 días de ejecución (armado de estructuras).
Ausencia de personal para resguardo de materiales, equipo y otros recursos, en bodegas locales.	Contar con personal de emergencia. Realizar una distribución de turnos para facilitar esta labor. Preferentemente que sea aporte local.
Bodega local (costo/aporte).	Se prevé que sea aporte local. Establecer por escrito desde el momento que se acepta la implementación del proyecto.
Traslado (transporte) de materiales y otros recursos de la bodega local a la obra y viceversa.	Contar con un vehículo (extra) en caso de emergencia, para el traslado de materiales y otros recursos. Se sugiere que este transporte sea un aporte compartido, local y municipal.
Traslado (transporte) del agua para riego -recurso hídrico- (costo/aporte).	Se sugiere que este recurso sea aporte municipal. Establecer la fuente de abastecimiento -agua para riego-, lo más cercano posible a la obra (para disminuir los costos de traslado).
Continuidad de abastecimiento del agua para riego -recurso hídrico-.	Se prevé que sea aporte local. Establecer una fuente alterna de abastecimiento, para asegurar la continuidad de riego.
Abastecimiento de materiales (y otros recursos) para rehabilitación de obras.	Para la rehabilitación de alguna obra. Establecer una fuente (cercana) materiales (de reposición): piedra, tierra, troncos, material de revegetación, entre otros. (Anexo 2).
Dificultad en el mantenimiento y monitoreo de obras (seguimiento).	Debe establecerse por escrito, desde el inicio de la implementación del proyecto, entre las contrapartes participantes (local, municipal, entre otras). No se considera como un costo de construcción, estos compromisos se deben negociar entre las contrapartes.
Costos de "Talleres de Formación".	Se sugiere que sea aporte del proyecto (Anexo 2).

5.11. Atención de emergencias

Las obras de propuestas y los espacios que ocupa dentro de las carreteras deben cuidarse permanentemente, controlando que los usuarios de las vías, vecinos de las comunidades o personas ajenas, no le causen daño, invadan por medio de pastoreo o corten los árboles que forman parte de las obras y del Derecho de Vía. Entre las actividades del mantenimiento rutinario, se incluye la observación e inspección continua. También se deberá controlar el peso de los vehículos, a fin de evitar el daño prematuro de las obras. Toda sospecha, anomalía, daño o riesgo se deberá reportar a las autoridades comunitarias y municipales o instancia responsable (COVIAL o DGC).

La carretera y las obras podrían ser bloqueadas por fenómenos naturales como lluvias extraordinarias que generan deslizamientos e inundaciones, o desprendimientos producidos durante períodos de sequía, por sismos, por accidentes o por actos de vandalismo provocados. Los responsables del mantenimiento vial y de las obras, deben informar a la entidad comunitaria o municipal de la ocurrencia e intervenir en la ejecución de las reparaciones urgentes a fin de restablecer el servicio. La limpieza de derrumbes se atiende como una actividad del mantenimiento rutinario y está bajo la responsabilidad de la Unidad de Conservación Vial -COVIAL- u otra instancia del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda.

5.12. Recomendaciones finales:

5.12.1. Implementar el presente plan de manera que, permita a los organismos y comunidades beneficiarias, planificar de manera sistemática, las actividades para la conservación de las obras y vías; establecer prioridades de acuerdo a la importancia y los recursos disponibles.

5.12.2. Involucrar a las organizaciones, autoridades locales, líderes comunitarios entre otros actores clave, para impulsar las acciones de preparación, mitigación y respuesta de las poblaciones.

5.12.3. Promover la pertinencia y apropiación comunitaria por medio del aporte de mano de obra, la unificación de esfuerzos, la cooperación y solidaridad. Además, generar capacidades organizativas (las autoridades locales pueden liderar la ejecución de este tipo de obras).

5.12.4. Establecer e implementar un plan formación (talleres; previo a la construcción de las obras (Capítulo 3), sobre las técnicas de bioingeniería y otras actividades complementarias, para asegurar la capacidad técnica en la ejecución y posterior mantenimiento de las obras.

5.12.5. Establecer acuerdos de coordinación y compromiso (Capítulo 3), entre las comunidades, gobierno local y entidad financiadora (aplica para todas las etapas de la ejecución, monitoreo y mantenimiento) para garantizar la sostenibilidad de las obras.

5.12.6. Realizar las gestiones necesarias para la obtención de materiales locales (bancos de material: piedra y suelo) y constituirlos como aporte local de contraparte.

5.12.7. Al finalizar las obras, realizar un proceso de evaluación de implementación del proyecto, llenar vacíos e intercambiar experiencias con otros actores, principalmente para enfrentar los efectos del Cambio Climático.

5.12.8. Consensuar con los propietarios (de los terrenos donde se construirán las obras), con autoridades comunitarias, autoridades municipales y departamentales. Se deberá coordinar acciones con la DGC

del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (ente Rector de la Red Vial Nacional, responsable de este tipo de infraestructura que autoriza toda iniciativa que se pretenda desarrollar dentro del Derecho de Vía). Por lo tanto, es necesario gestionar la autorización para la implementación del proyecto.

5.12.9. Para el caso de la construcción de obras dentro de la red vial nacional, coordinar acciones con COVIAL ya que es la instancia que planifica, administra y ejecuta el mantenimiento de esta infraestructura. Las dudas que no sean resueltas por COVIAL, se deben plantear a la DGC.

5.12.10. Aunque éste tipo de obras se considera como una Medida de Control Ambiental, se debe coordinar, asesorar y gestionar ante el MARN la determinación del correspondiente “Instrumento Ambiental”.

Bibliografía

- ACF-España. 2012. Obras de Mitigación con Aplicación de Técnicas de ingeniería Naturalística en la Protección de Bordas del Río Coyolate Nueva Concepción-Escuintla, Guatemala. 24 p.
- Cabrera L., Melinton. & Teos M., Edelberto. 2002. Especificaciones Técnicas para la Construcción de Caminos Rurales en Guatemala. Caminos Ambientalmente Compatibles. Documento electrónico. Guatemala, Guatemala. Mayo, 2016. <http://www.caminos.civ.gob.gt/files/Desc-ManualDGA-Nov2002.pdf>.
- Centeno P., Francisco. 1985. Ingeniería Biotécnica y Bioingeniería. Nuevas Tendencias de la Geotecnia para las Obras de Tierra, la Estabilización de Taludes y el Control de la Erosión. XVII Seminario Venezolano de Geotecnia del Estado del Arte a la Práctica. Documento electrónico. Caracas, Venezuela. Mayo, 2016. http://www.centeno-rodriguez.com/files/Trabajo_de_FCP_SVDG_XVII_Seminario_Nov_2002.pdf.
- Chow, Ven Te. 1997. Hidráulica de Canales Abiertos. Traducción: Saldarriaga, Juan. Editora: Suárez, Martha. McGraw-Hill. 667 pgs.
- ECHO/DIP/BUD/2007-03007. V PLAN DE ACCIÓN DIPECHO CAPÍTULO ECUADOR. Proyecto “Reducción de riesgos por desastres en el sur de Manabí”. CRIC-TERRANUEVA, Ecuador, 2009. <http://dipecholac.net/docs/files/273-capitalizacion-de-la-experiencia-de-ingenieria-naturalistica-en-jipijapa-manabi-ecuador.pdf>.
- Fifield, Jerald S. 2007. Manual de Campo de Sedimentos y Control de Erosión: mejores prácticas profesionales para contratistas e inspectores/Jerald S. Fifield. -3ra ed. p. cm. Catálogo de Publicaciones.
- Heike Vibrans. (2006). Malezas de México, *Malvastrum coromandelianum* (L.) Garcke. 29 de abril, 2015. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/malvaceae/malvastrum-oromandelianum/fichas/ficha.htm>. (heike@colpos.mx).
- MARN/ADAPTATION FUND/PNUD, (2016). Caracterización biofísica de la cuenca del Río Nahualate y las 19 subcuencas de interés para el Proyecto PPRCC. Producto 3. Guatemala.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA. 2006. Estudio semidetallado de los suelos del Departamento de Sololá, Guatemala. 1054 p.
- Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. 1974. Estudio Morfométrico de la Cuenca del Río Nahualate. Guatemala. 16 p.
- Petrone, A. & Preti, F. Identificación de prácticas innovadoras para la mitigación del riesgo a nivel regional latinoamericano con enfoque de ingeniería naturalística. http://www.idiger.gov.co/documents/10180/57170/PRACTICAS+INNOVADORAS_VIDEO+CONFERENCIA.pdf/fa97da9f-e4f7-4b8f-bda7-978291eb0316.
- Petrone, A. & Preti, F. 2005. Ingeniería Naturalística en Centroamérica. Istituto Agronomico per L'Oltremare- Manuali tecnici per la Cooperazione allo Sviluppo. Florencia Italia. 7 vols.
- Petrone, A. & Arcudi, G. 2006. Realización de Obras de Mitigación con Enfoque de Ingeniería Naturalística en el Cerro Musún, Río Blanco, Nicaragua. 47.
- Schiechtel H.M. 1985. Vegetative and soil treatment measures. FAO watershed management field manual, FAO Conservation Guide 13/1.
- TROCAIRE/CRS/PSSM/DG-ECHO. 2015. Obras Demostrativas de Mitigación con Aplicación de Técnicas de Ingeniería Naturalística-Bioingeniería en Intervenciones de Estabilización y Protección sobre Laderas susceptibles a Deslizamientos. San Marcos, Guatemala. 70 p.

ANEXOS



Anexo 1. Planificación de las obras.

Anexo 2. Ejemplo de actividades y materiales previstos para las obras.

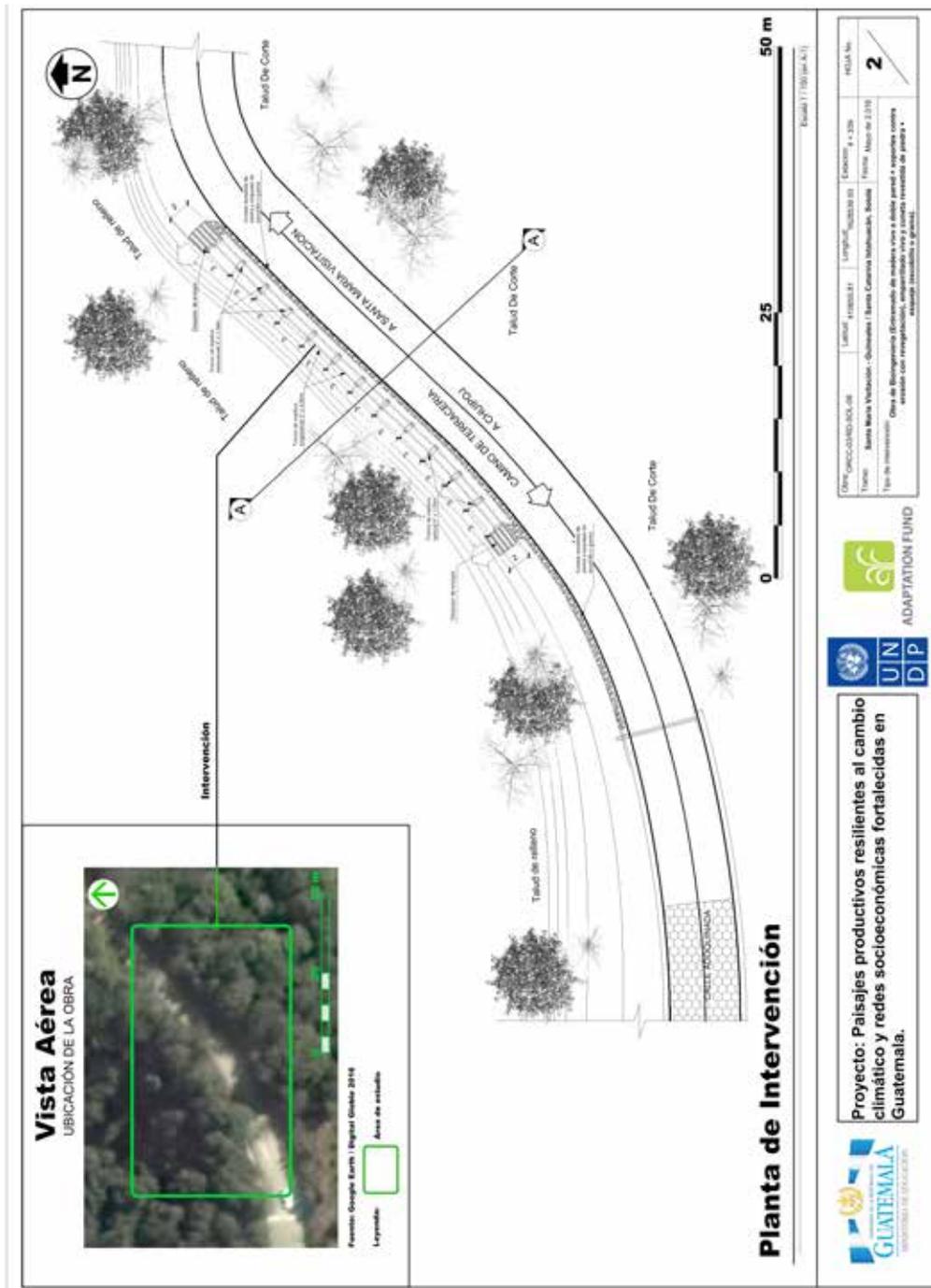


Figura 2 A. PLANTA DE INTERVENCIÓN. Planificación Obra ORCC-01/RD-SOL-08. Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán).

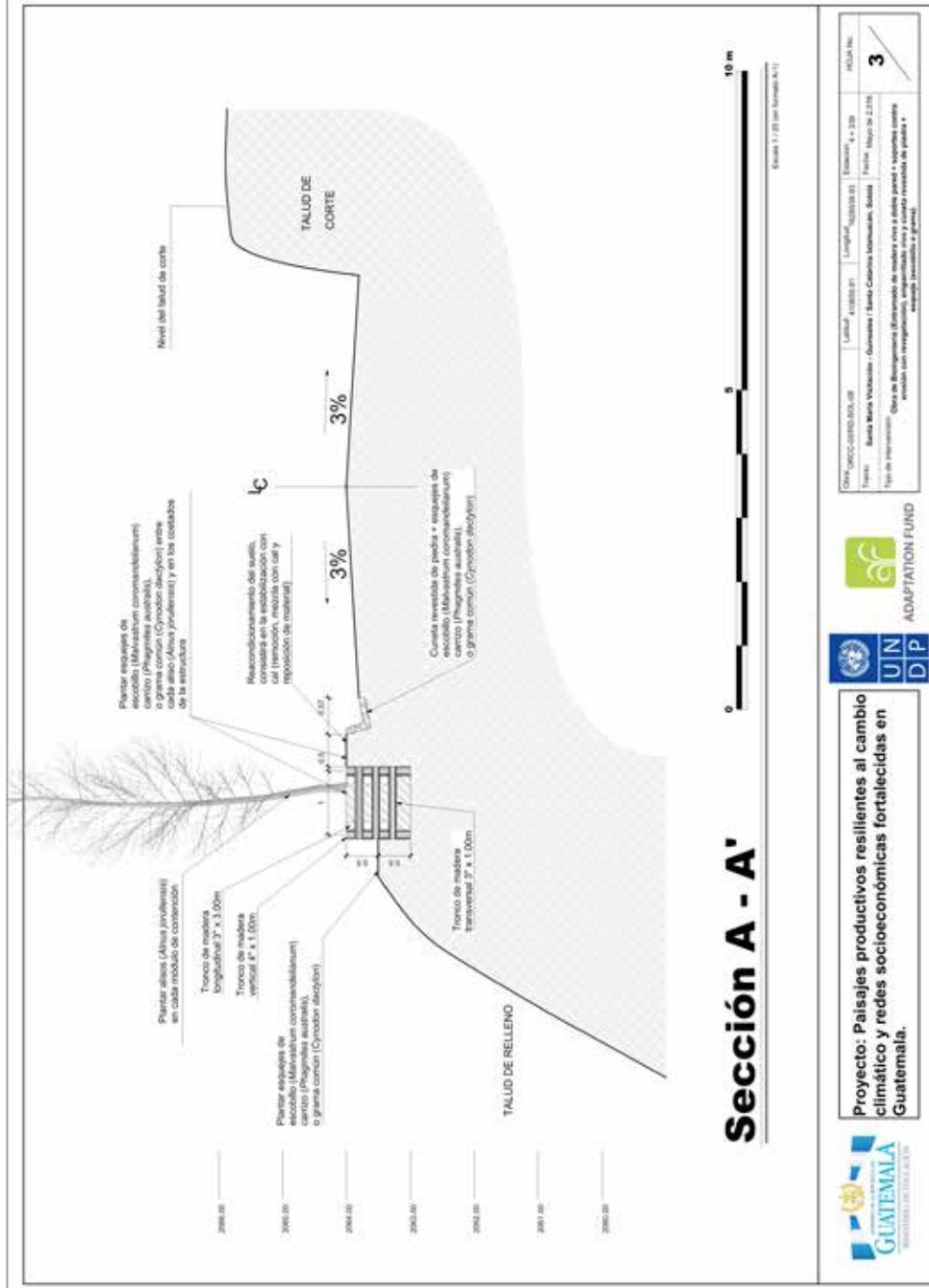


Figura 3 A. SECCIÓN A-A': Planificación Obra ORCC-01/RD-SOL-08. Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán.

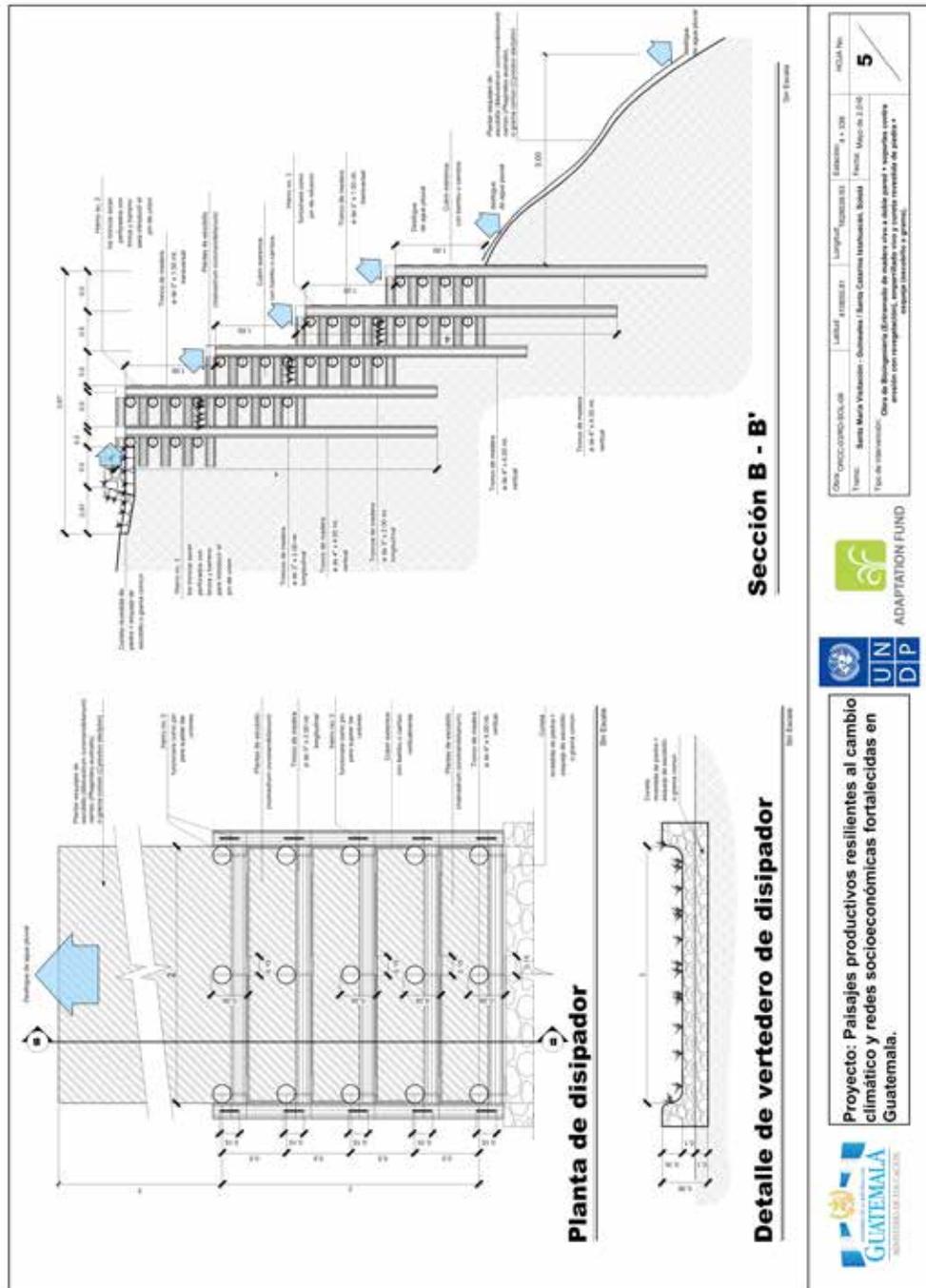


Figura 5 A. DETALLE DISPADOR. SECCIÓN B-B'. Planificación Obra ORCC-01/RD-SOL-08. Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán.

b. Obra 2: ORCC-02/RD-SOL-08. Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán. Estación: 6+366.

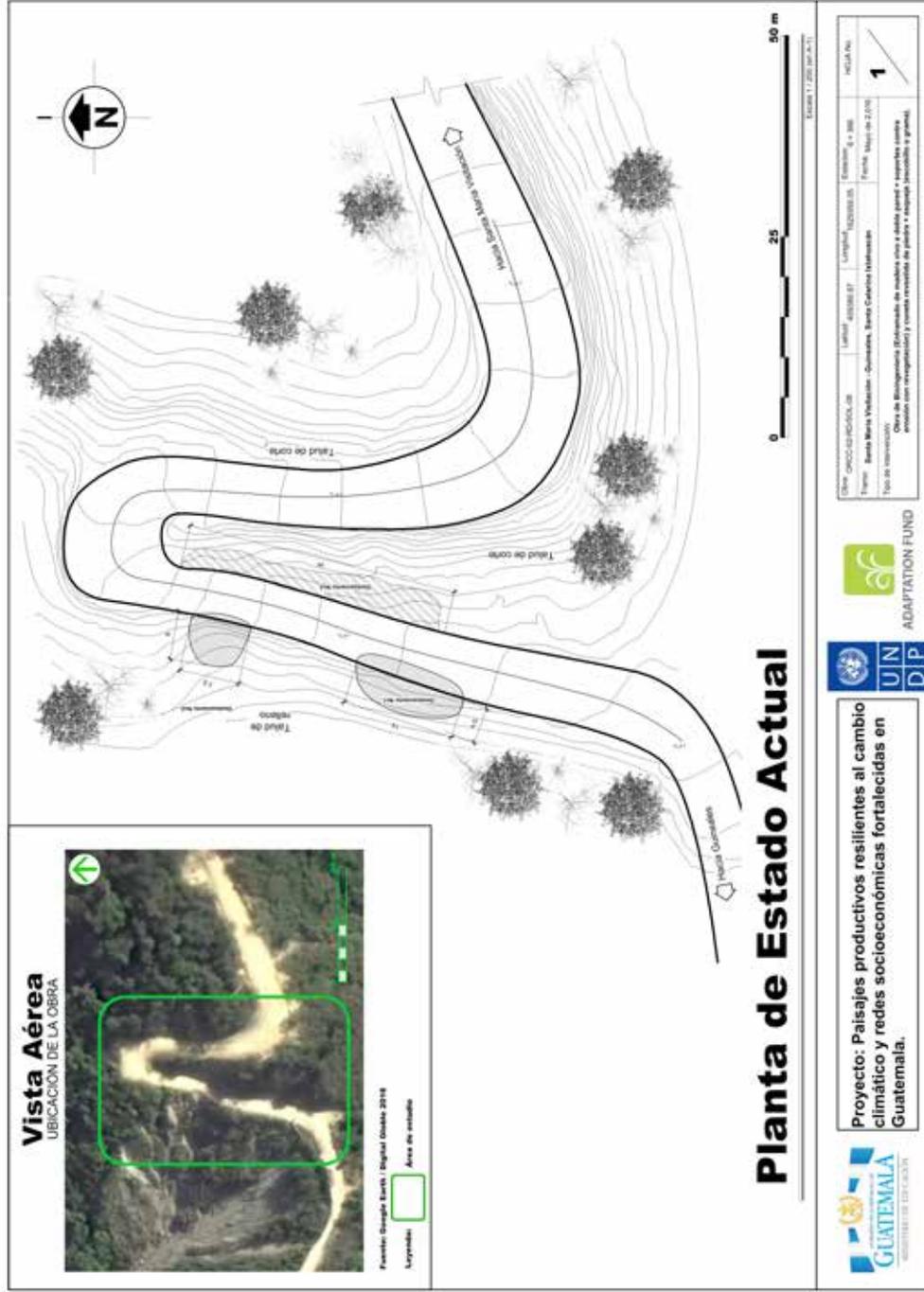


Figura 6 A. PLANTA ESTADO ACTUAL. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08. Tramo: (Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán)

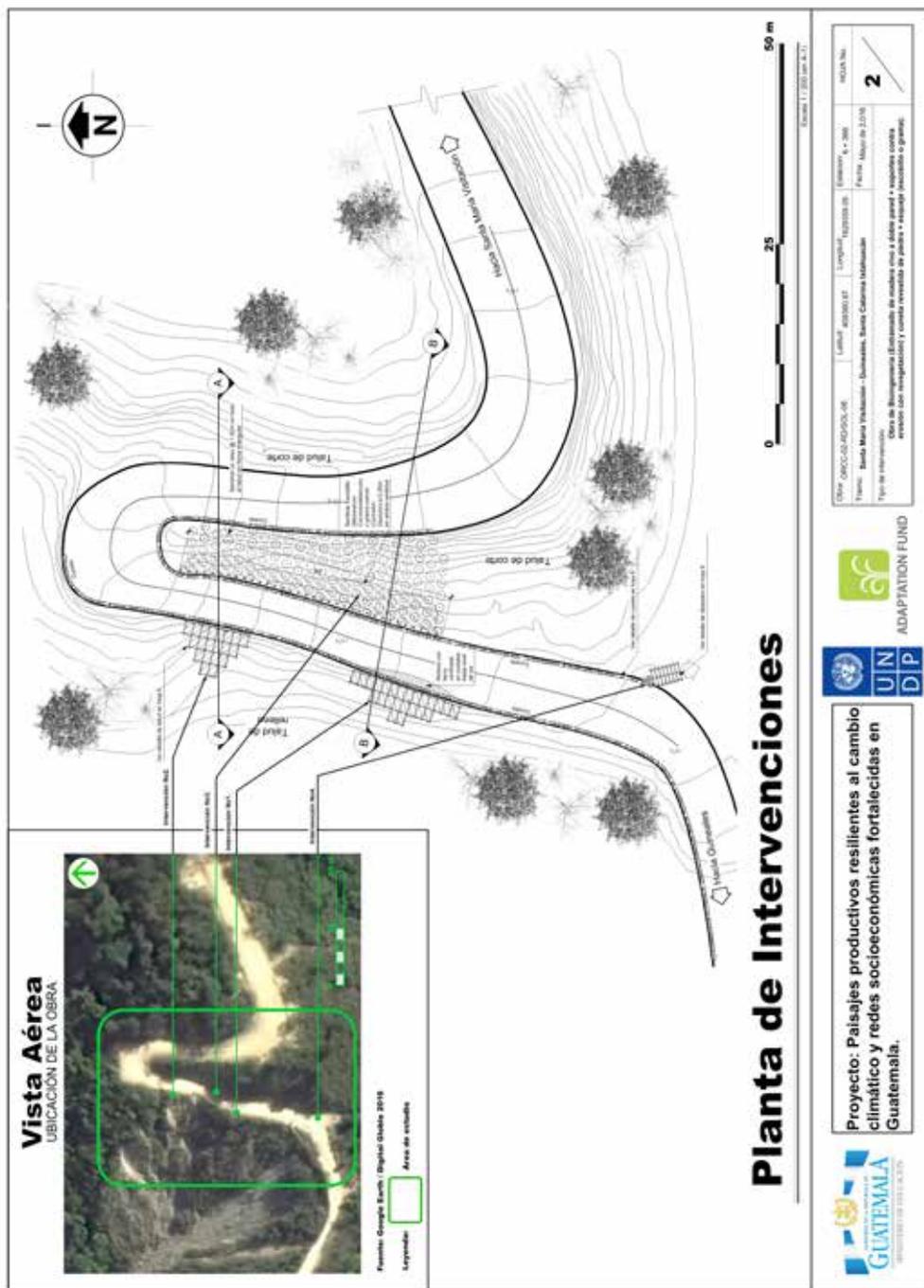


Figura 7 A. PLANTA DE INTERVENCIÓN. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08. Tramo: (Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán)

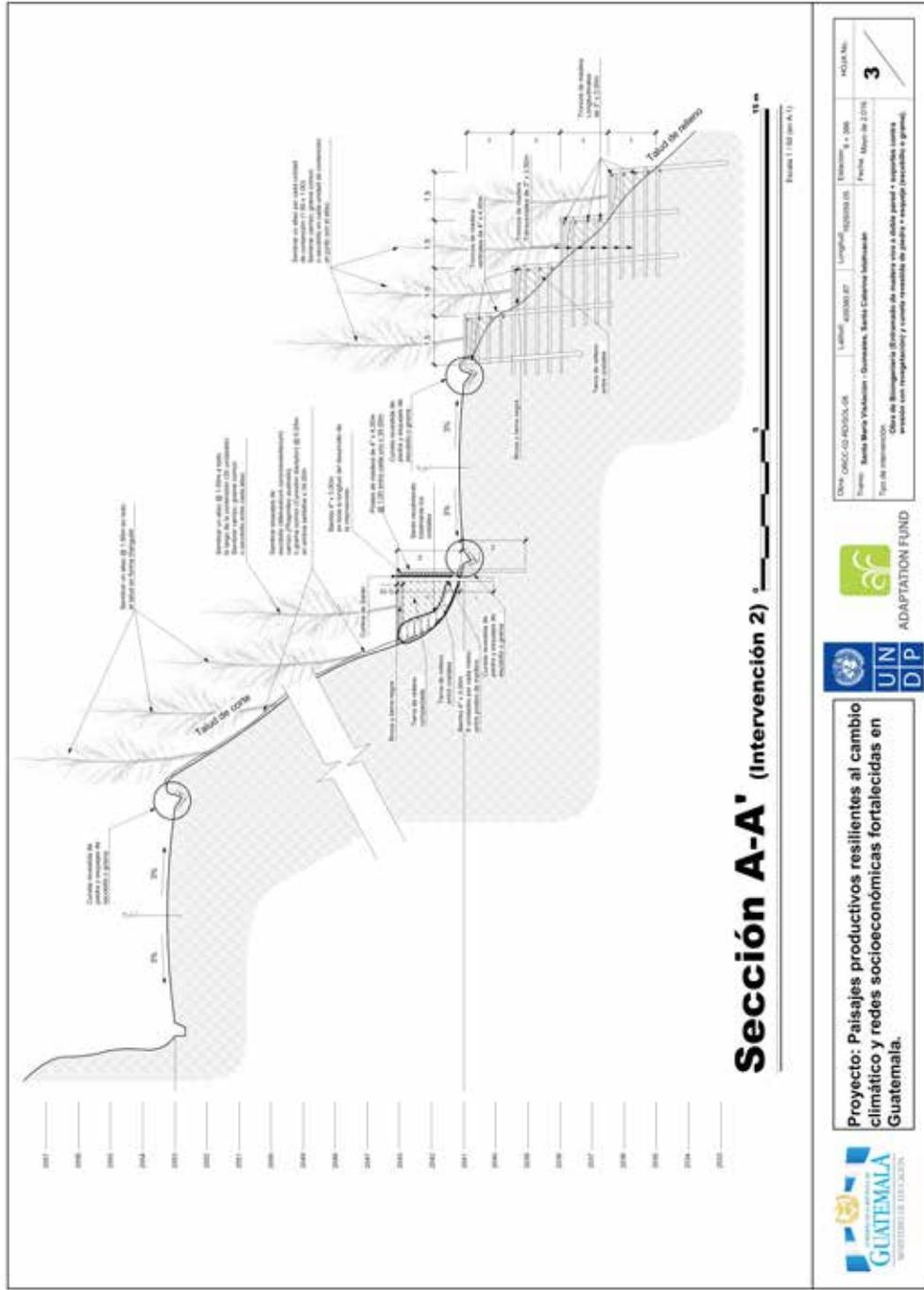


Figura 8 A. SECCIÓN A-A' Intervención 2. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08. Tramo: (Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán)

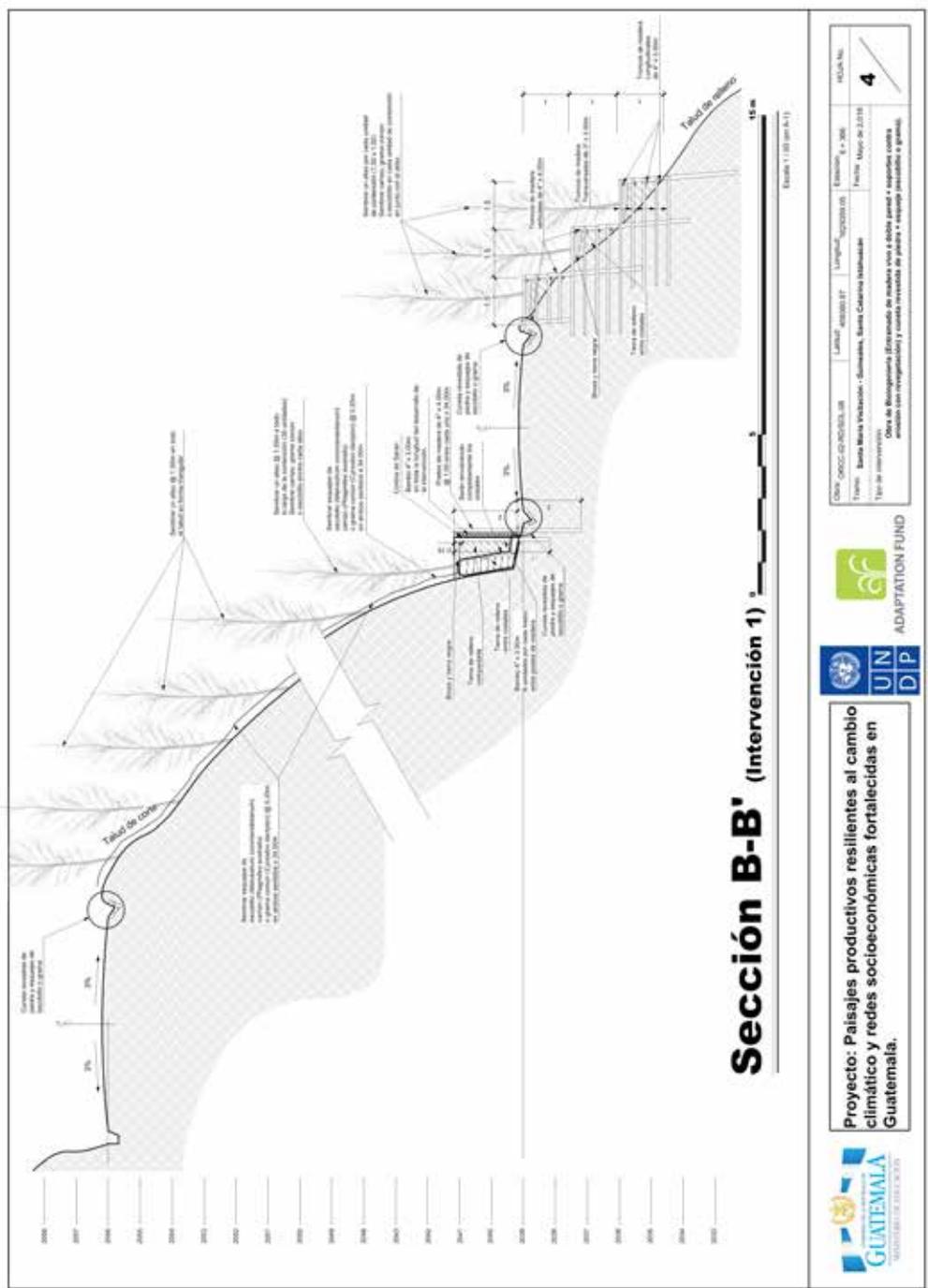


Figura 9 A. SECCIÓN B-B' Intervención 1. Planificación Obra ORCC-02/IRD-SOL-08. Tramo: (Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán)

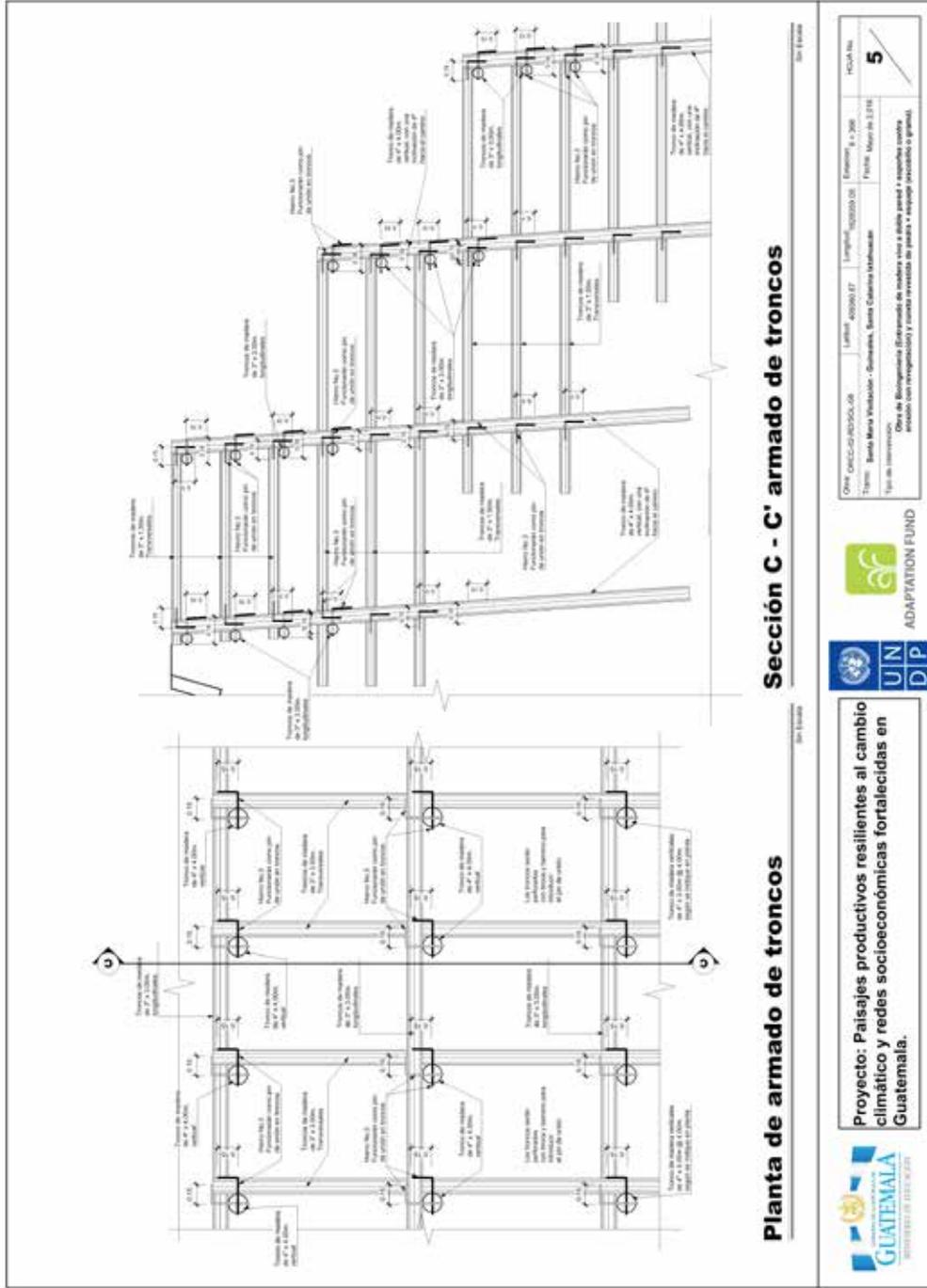


Figura 10 A. PLANTA DE ARMADO. SECCIÓN C-C': Planificación - Obra ORCC-02/RD-SOL-08. Tramo: (Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán)

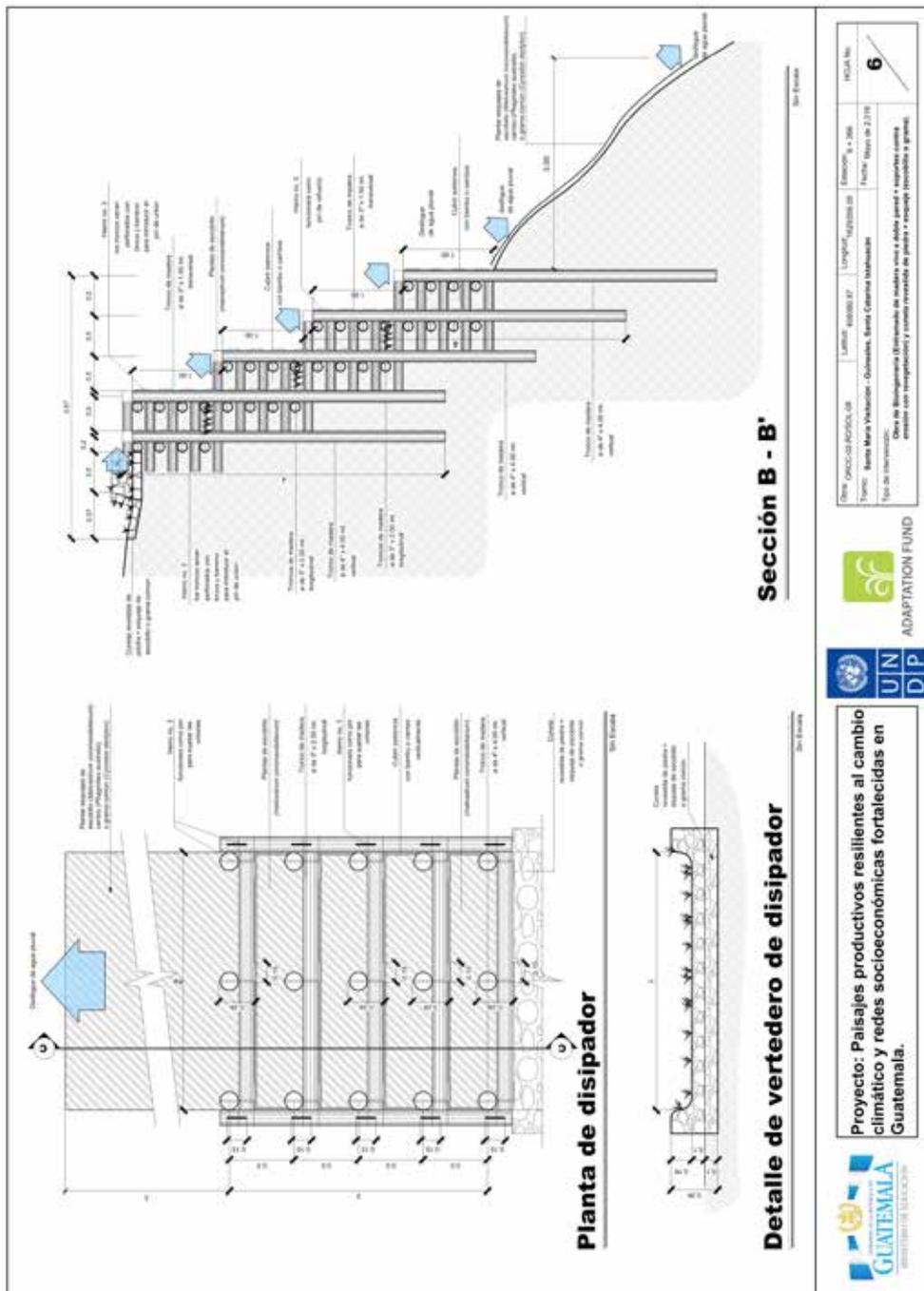


Figura 11 A. DETALLE DISIPADOR. SECCIÓN B-B'. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-08. Tramo: (Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán)

c. Obra 3: ORCC-03/RD-SOL-08. Tramo: Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán. Estación: 6+493.

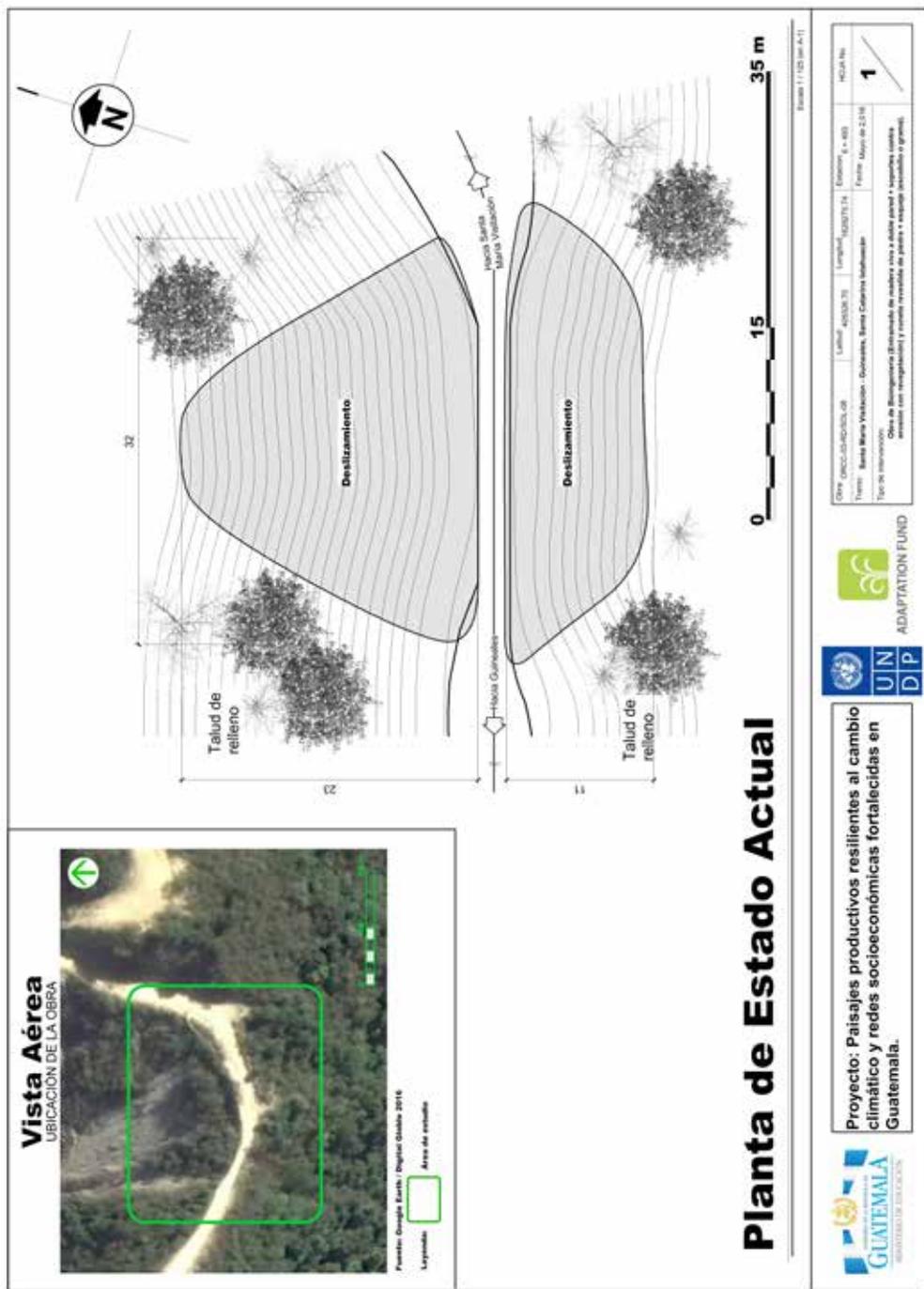


Figura 13 A. PLANTA ESTADO ACTUAL. Planificación Obra ORCC-03/RD-SOL-08. Tramo: (Santa María Visitación-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán)

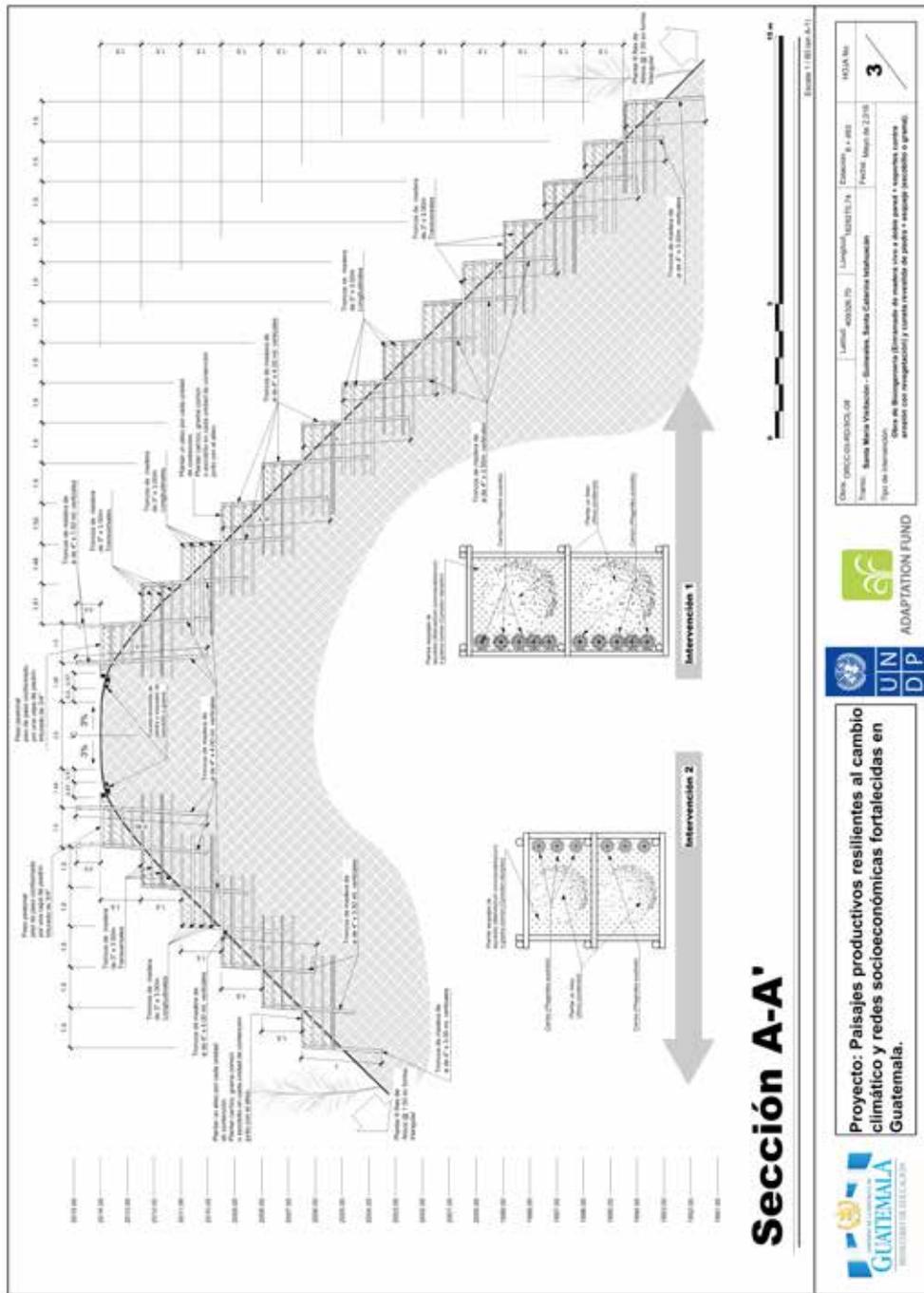


Figura 15 A. SECCIÓN A-A'. Planificación Obra ORCC-03/RD-SOL-08. Tramo: (Santa María Visitation-Guineales, Sta. Catarina Ixtahuacán)

d. Obra 4: ORCC-02/RD-SOL-02 y RD-SOL-13. Tramo: CA-01 Occidente/KM-163-Cruz Bé/Bifurcación Santa María Visitación. Estación: 6+457.

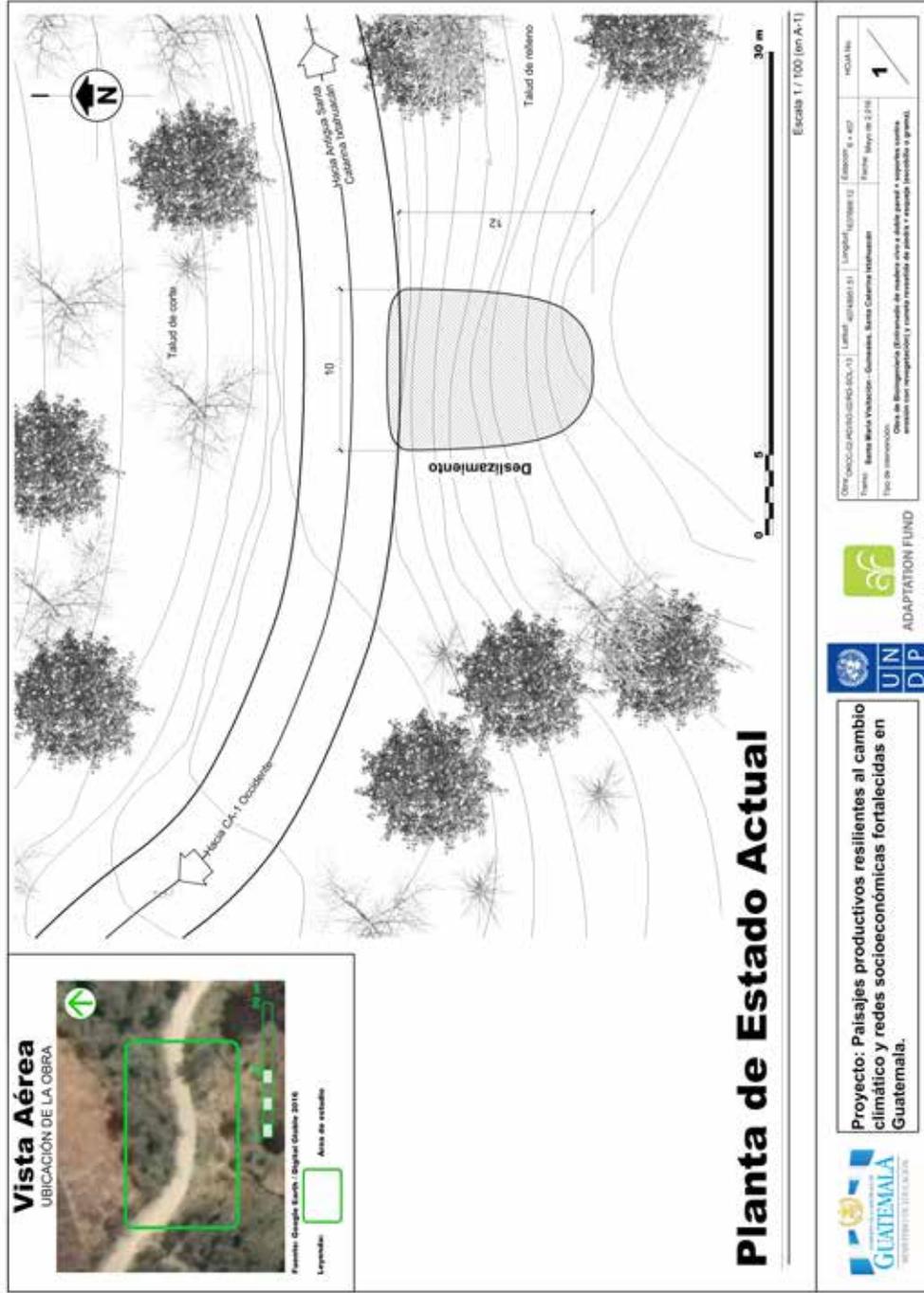


Figura 18 A. PLANTA ESTADO ACTUAL. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-02 y RD-SOL-13. Tramo: (CA-01 Occidente/ KM-163-Cruz Bé/ Bifurcación Santa María Visitación)

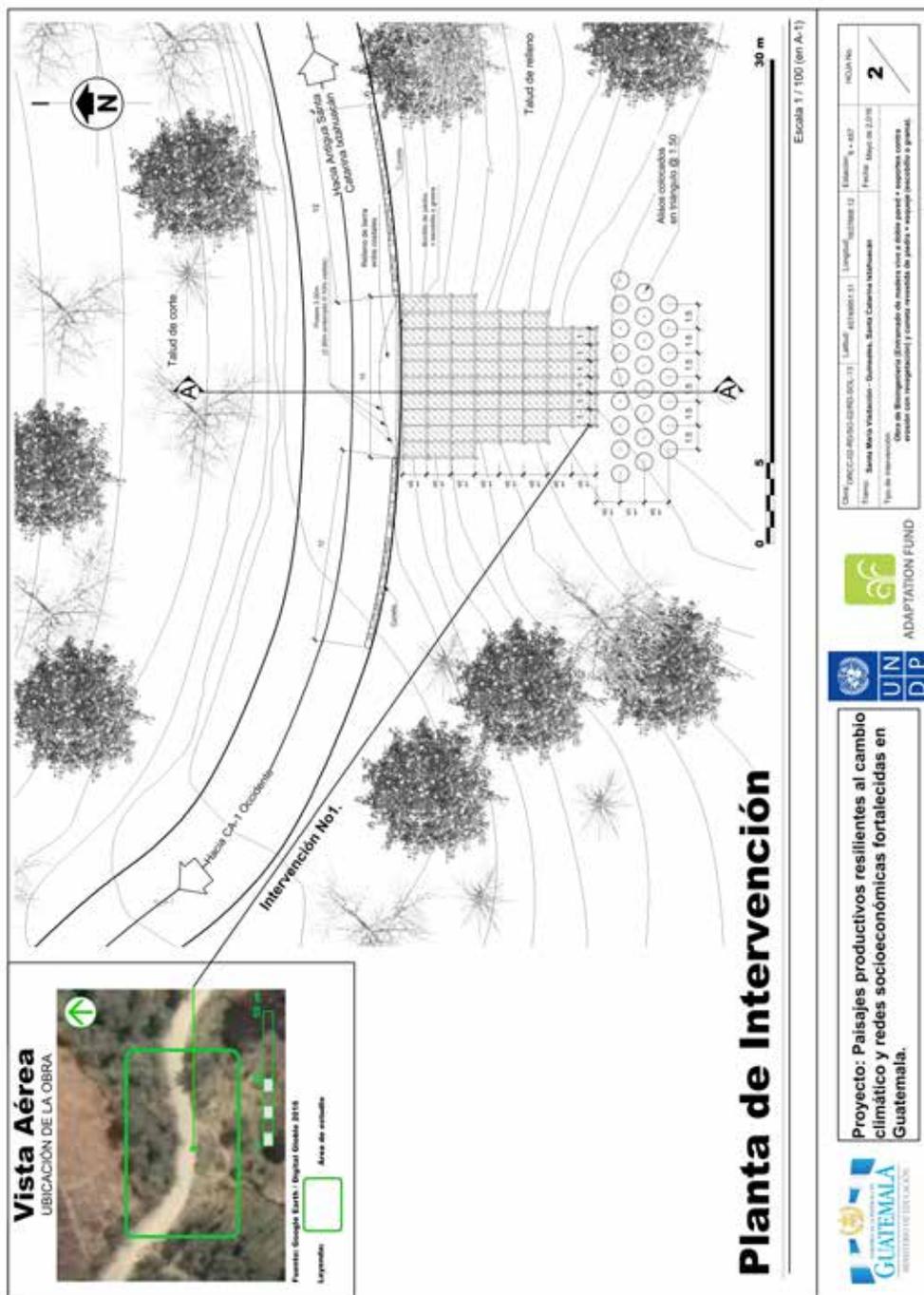
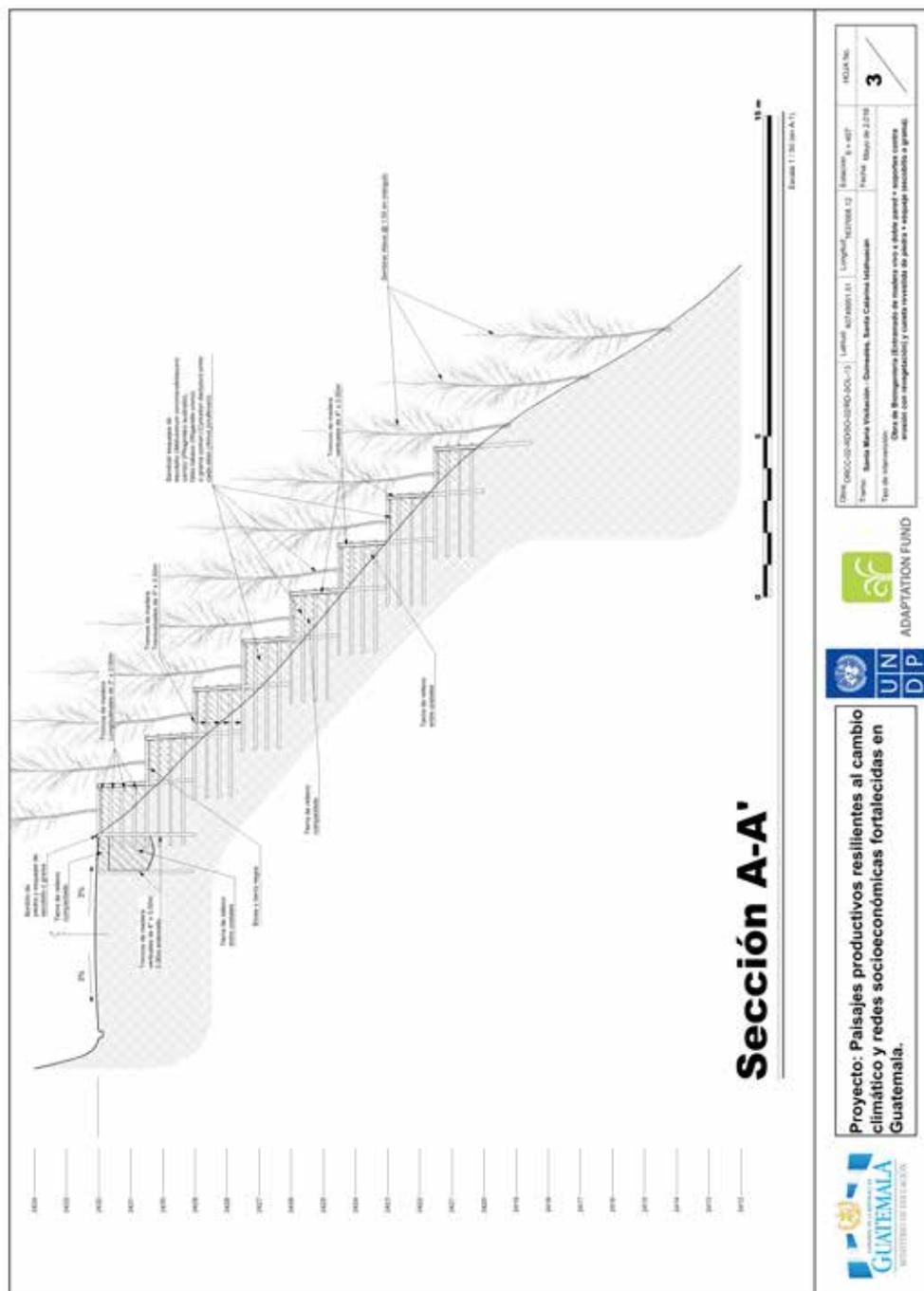


Figura 19 A. PLANTA DE INTERVENCIÓN. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-02 y RD-SOL-13. Tramo: (CA-01 Occidente / KM-163-Cruz Be/Bifurcación Santa María Visitación)



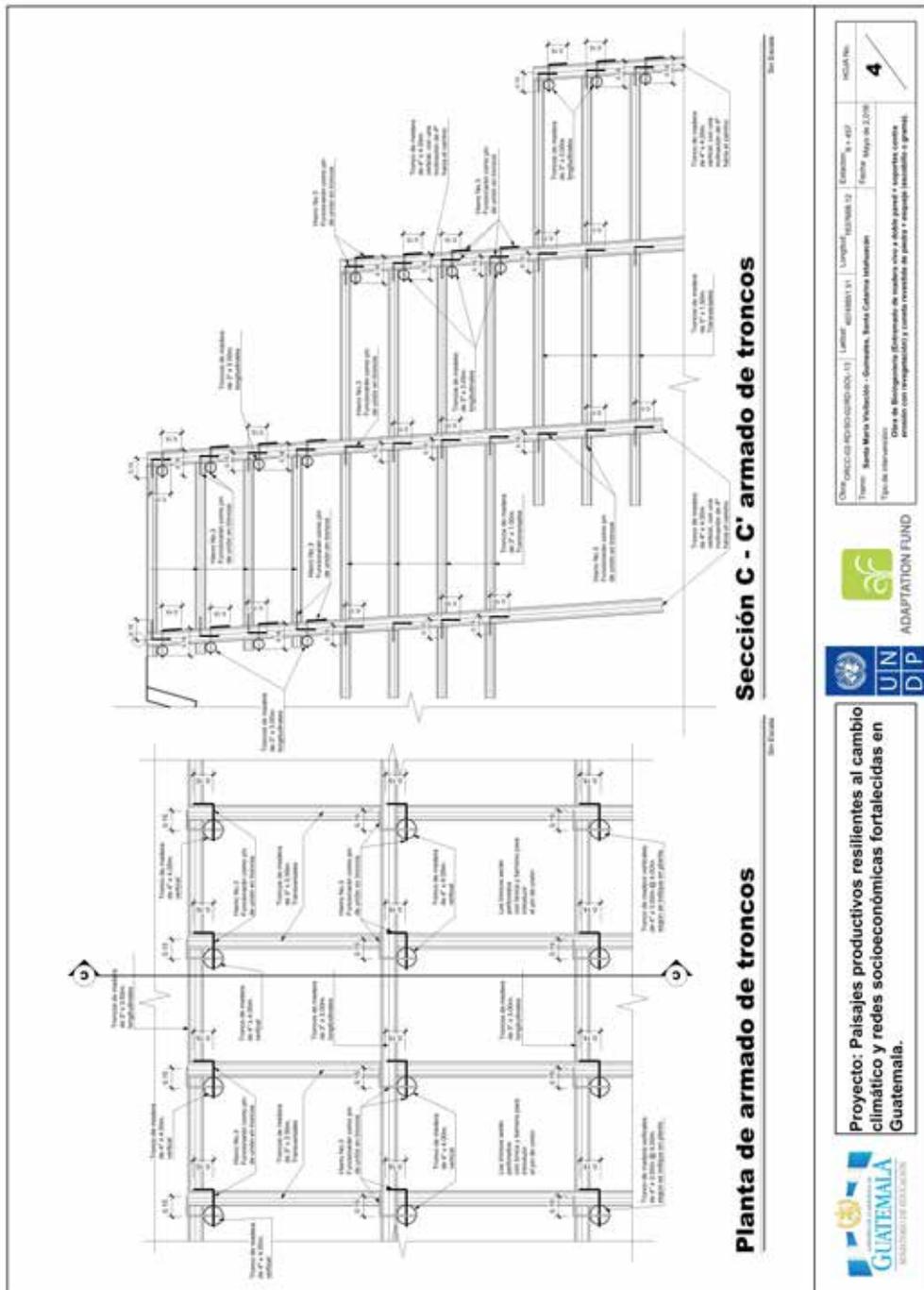


Figura 21 A. PLANTA DE ARMADO. SECCIÓN C-C'. Planificación Obra ORCC-02/RD-SOL-02 y RD-SOL-13. Tramo: (CA-01 Occidente/ KM-163-Cruz Bé/Bifurcación Santa María Visitación)

e. Obra 5: ORCC-06/RD-SOL-10. Tramo: CA-01 Occidente/KM-171-Xejuyup, Nahuatá. Estación: 16+071.

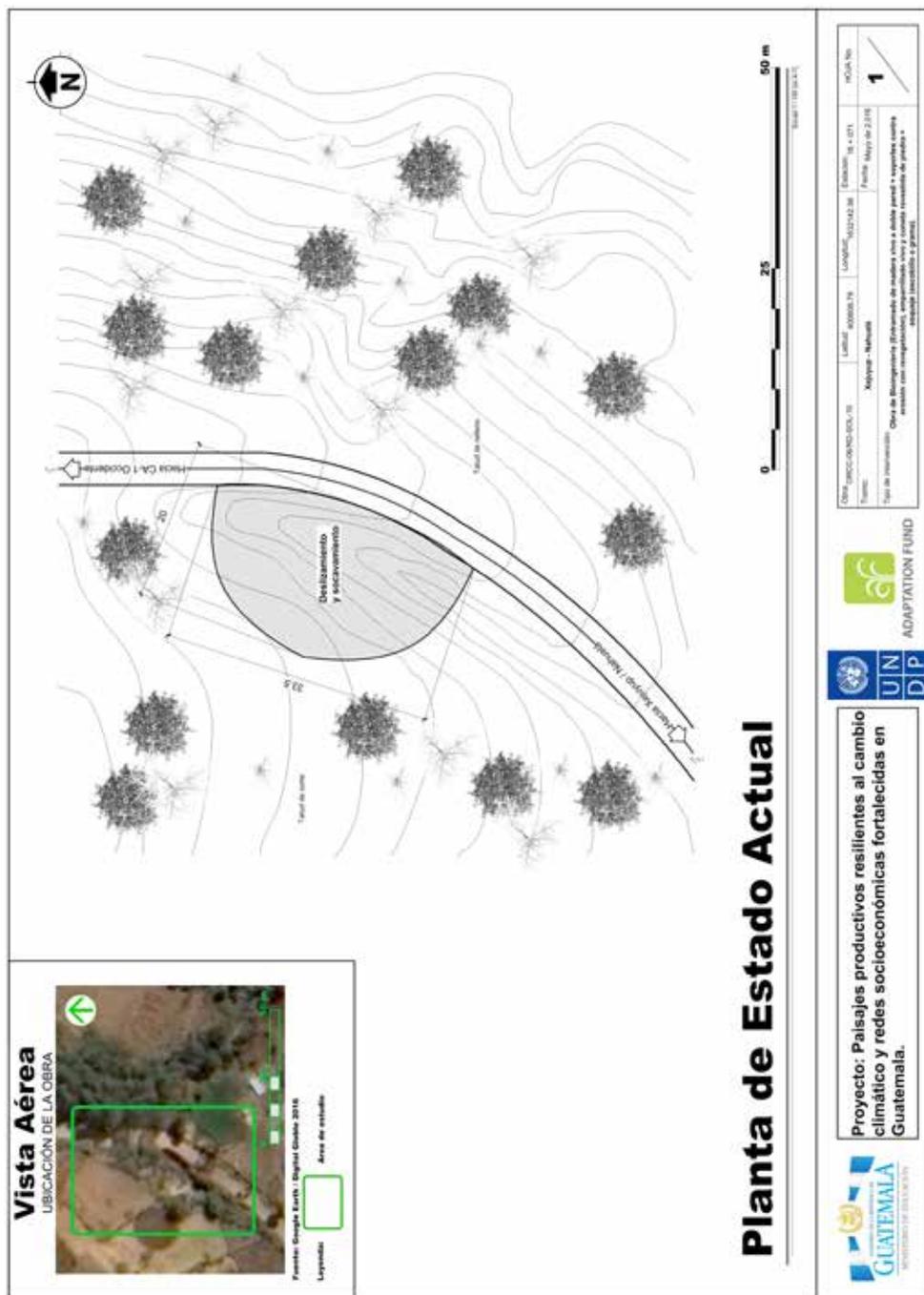


Figura 22 A. PLANTA ESTADO ACTUAL. Planificación Obra ORCC-06/RD-SOL-10. Tramo: (CA-01 Occidente/ KM-171-Xejuyup, Nahuatá)

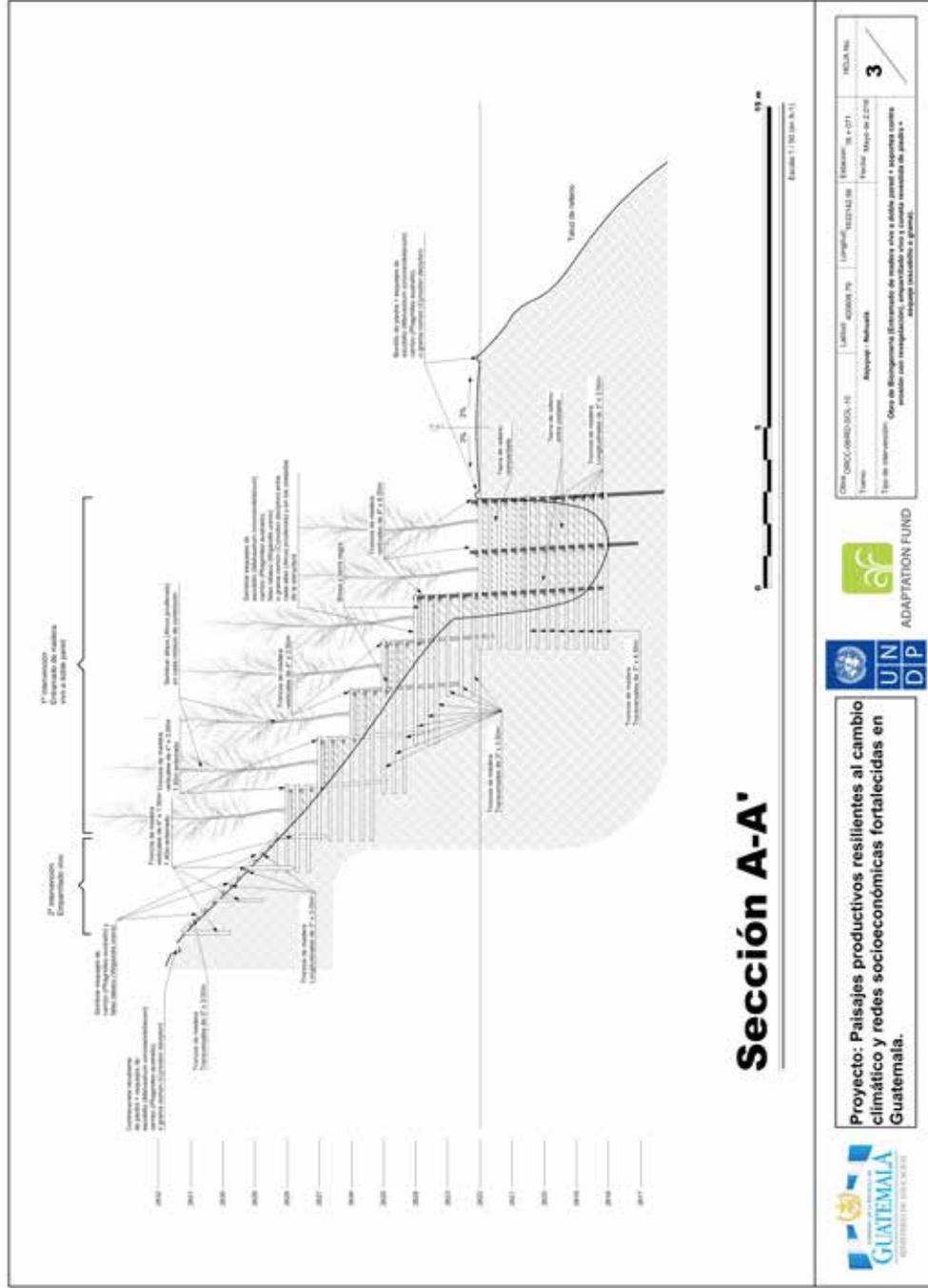


Figura 24 A. SECCIÓN A-A': Planificación Obra ORCC-06/IRD-SOL-10. Tramo: (CA-01 Occidente/ KM-171-Xejuyup, Nahuatá)

ANEXO 2. Cuadro 1 A. Ejemplo de actividades y materiales previstos para obras.

Tramo:

		1 / 5				
MATERIALES Y PRESUPUESTO DESGLOSADO						
Proyecto:						
RUTA:		TRAMO:				
Estación:		Altitud:				
Latitud:		Longitud:				
Tipo de Intervención:						
OBRA BIOINGENIERIA						
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Sub Total	TOTAL
1.00	Preliminares					
	Limpieza y trazado	15.00	Jornales			
2.00	MATERIALES: ESTRUCTURA INTERVENCIÓN 1 (EMPARRILLADO VIVO/DISIPADOR)					
	Estructura Intervención 1	4.00	Mts			
	Postes Verticales; (4.00 mts. x 4 Pulg./ 0.10 mts. diámetro) enterrado 1.50 mts)	16.00	unidades			
	Postes Transversales; (1.00 mts. x 3 Pulg./0.075 mts. diámetro)	64.00	unidades			
	Postes Longitudinales; (2.00 mts. x 4 Pulg./0.10 mts. diámetro)	32.00	unidades			
	Costales; (Capacidad de 1 Quintal)	50.00	unidades			
	Hierro: 3/8" original (Cortes de 0.30 mts.)	13.00	varillas			
3.00	MATERIALES: ESTRUCTURA INTERVENCIÓN 2 (ENTRAMADO DE MADERA VIVO A DOBLE PARED)					
	Estructura Intervención 2	40.00	Mts			
	Postes Verticales; (1.00 mts. x 4 Pulg./ 0.10 mts. diámetro) enterrado 0.50 mts)	28.00	unidades			
	Postes Transversales; (1.00 mts. x 3 Pulg./0.075 mts. diámetro)	42.00	unidades			
	Postes Longitudinales; (3.00 mts. x 3 Pulg./0.075 mts. diámetro)	78.00	unidades			
	Pines de Hierro: 3/8" original (Cortes de 0.25 mts.)	14.00	varillas			

4.00 Materiales: Estructura Intervención 3 (Emparrillado Vivo/ Disipador)					
	Estructura Intervención 3	4.00	Mts		
	Postes Verticales; (4.00 mts. x 4 Pulg./ 0.10 mts. diámetro) enterrado 1.50 mts)	16.00	unidades		
	Postes Transversales; (1.00 mts. x 3 Pulg./0.075 mts. diámetro)	64.00	unidades		
	Postes Longitudinales; (2.00 mts. x 4 Pulg./0.10 mts. diámetro)	32.00	unidades		
	Costales ; (Capacidad de 1 Quintal)	50.00	unidades		
	Hierro: 3/8" original (Cortes de 0.30 mts.)	13.00	varillas		
5.00 Materiales Revegetación					
	<u>Intervención 1</u>				
	Plantas de Escobillo (Malvastrum coromandelianum)	40.00	unidades		
	Plantas de Grama Común (Cynodon dactylon)	40.00	unidades		
	Carrizo (Phragmites australis)	240.00	unidades		
	Abono (materia orgánica, broza, etc.)	8.00	quintales		
	Enraizador ROTEX (400 g)	2.00	unidades		
	Tierra (sustrato relleno estructuras). Presentación de 1 quintal.	8.00	quintales		
	<u>Intervención 2</u>				
	Arboles de Aliso (Alnus jorullensis)	28.00	unidades		
	Plantas de Escobillo (Malvastrum coromandelianum)	520.00	unidades		
	Plantas de Grama Común (Cynodon dactylon)	800.00	unidades		
	Abono (materia orgánica, broza, etc.)	120.00	quintales		
	Enraizador ROTEX (400 g)	15.00	unidades		
	Tierra (sustrato relleno estructuras). Presentación de 1 quintal.	6.00	m3		
	<u>Intervención 3</u>				
	Plantas de Escobillo (Malvastrum coromandelianum)	40.00	unidades		
	Plantas de Grama Común (Cynodon dactylon)	40.00	unidades		
	Carrizo (Phragmites australis)	240.00	unidades		
	Abono (materia orgánica, broza, etc.)	8.00	quintales		
	Enraizador ROTEX (400 g)	2.00	unidades		
	Tierra (sustrato relleno estructuras). Presentación de 1 quintal.	8.00	quintales		

6.00 Equipo						
	Extensión eléctrica, polarizada de 75 Mts.	1.00	unidad			
	Planta Eléctrica	1.00	unidad			
	Deposito de agua para riego 1,000 lt. (cubierta metálica)	1.00	unidad			
	Adaptador de 2" a 1" rosca, para deposito de agua	1.00	unidad			
	Poliducto (sustitución manguera de riego)	50.00	metros			
	Herramienta menor	1.00	global			
	Equipo de seguridad	1.00	global			
	Barreno Industrial (Marca: Bosh / 2200 RPM)	1.00	unidad			
	Broca de 3/8" * 12" (Marca: Bosh)	6.00	unidades			
	Hilo de pescar (para albañil)	2.00	rollos			
	Cinta métrica de 50.00 Mts.	1.00	unidad			
	Cinta métrica de 5.00 Mts.	1.00	unidad			
	Mazo de 3 kilogramos (Almagana)	2.00	unidades			
	Martillo de 2 kilogramos de golpe	2.00	unidades			
7.00 Armado Estructuras (Intervenciones 1,2 y 3)						
	Mano de obra no calificada	60.00	jornales			
	Imprevistos	1.00	global			
OBRA CIVIL (CUNETA NATURAL CON REVEGETACIÓN)						
8.00 Revegetación Cuneta						
	Plantas de Escobillo (Malvastrum coromandelianum)	387.00	unidades			
	Enraizador ROTEX (400 g)	5.00	unidades			
9.00 Conducción pluvial						
	Cuneta	77.40	mts			
	Piedra para cuneta	16.00	m3			
10.00 Mano de Obra Construcción Cuneta						
	Construcción Cuneta	77.40	mts			
	Mano de Obra	30.00	Jornales			
Costo Directo OBRA						

11.00 Costos Talleres Formación (Teórico-Práctico)						
	Nivel Municipal (3)/ 15 personas cada taller /Q.100. por persona	3.00	talleres			
	Nivel Local (5)/ 50 personas cada taller /Q.100. por persona	5.00	talleres			
Costo Directo TALLERES FORMACIÓN						
12.00 MANTENIMIENTO Y MONITOREO DE ESTRUCTURAS						
	<u>Monitoreo (+6 meses después de la construcción obras):</u> Rehabilitación de estructuras -postes, ensamblajes-. Mantenimiento y/o rehabilitación de cunetas, disipadores, bordillos. Resiembra vegetación (no pegada y/o perdida), podas de mantenimiento, riego, fertilización, control de plagas y/o enfermedades al material de revegetación utilizado en las obras.					
	Mano de Obra no Calificada	105.00	jornales			
	Mano de Obra Calificada	105.00	jornales			
	Asistencia Técnica	14.00	jornales			
	<u>Mantenimiento ESTRUCTURAS</u>					
	Fondo destinado a la compra y/o adquisición de materiales, recursos para mantenimiento de Estructuras de las Obras (postes, disipadores, ensamblajes, rellenos, cunetas, bordillos, revegetación -árboles, vegetación de cobertura-).	1.00	global			
Costo Directo MANTENIMIENTO Y MONITOREO DE ESTRUCTURAS						



ADAPTATION FUND



*Al servicio
de las personas
y las naciones*