

# Guía de elaboración de proyectos de compensación ambiental

---

## Introducción

Para la conservación y restauración de los recursos ecosistémicos a nivel nacional, se han establecido distintas técnicas y medios para la restauración de los sitios que han sido degradados, en su mayoría por actividades antropogénicas. Con el objeto de un mayor nivel de restauración, la implementación de acciones se establece con una línea clara de trabajo que proponga las mejores técnicas y los costos más adecuados para su fin.

En el tema de la compensación ambiental no es la excepción, se elaboran proyectos de conservación y restauración que compensen los servicios ambientales de los ecosistemas que fueron afectados por cambios de uso de suelo en terrenos forestales y/o preferentemente forestales.

Por lo anterior y tomando en cuenta el nuevo esquema de trabajo del programa de compensación ambiental de la CONAFOR, resulta necesaria la elaboración de una guía metodológica o de trabajo para llevar a cabo la elaboración de dichos proyectos, que contenga los criterios mínimos necesarios que ayuden a los elaboradores a incorporar la información necesaria de forma clara, así como ayude en la interpretación y análisis de las características y necesidades del terreno a restaurar para plasmar la mejor propuesta de trabajo. Esto es porque sabemos que los proyectos más exitosos, en su mayoría, fueron los que llevaron a cabo un buen análisis y planteamiento del problema y las posibles soluciones.

Por todo lo antes expuesto, presentamos esta guía de elaboración de proyectos de compensación ambiental como base de consulta para los elaboradores de proyectos de restauración.

## Objetivo

*Establecer una guía de trabajo para la formulación del proyecto ejecutivo, que contemple todos los tópicos establecidos en los términos de referencia, que reditúen en una mejor y más completa propuesta de restauración.*

Esta guía consta de 4 apartados generales cuya información permitirá la elección de datos y criterios para la elaboración de un proyecto de compensación ambiental.

Los datos que se levanten deberán ser acorde a las características del terreno, este documento es sólo una guía y el elaborador deberá usar su criterio para la elección de la mejor información de acuerdo al terreno donde se va a implementar el proyecto, así también será el encargado de llevar a cabo los cálculos y la localización de otra información que no se encuentre en esta guía.

## A. Caracterización del sitio.

### A.1. LOCALIZACIÓN

Primero que nada, se debe delimitar la zona que comprende el proyecto, es decir, elegir el sitio por su condición y sus características, buscando límites claros tales como: límites de propiedad, linderos, barrancos o las mismas condiciones de degradación. A partir de la delimitación se determinará el área y los posibles tratamientos.

Registrar la localización geográfica del polígono de que se tendrá influencia, que podrá trabajarse directamente, además (si se considera conveniente), de la superficie directamente beneficiada, así como la que por su condición, este dentro del polígono y no sea sujeta de actividades de restauración. Deberá indicar en los mapas el área antes mencionada, así

como tendrá en cuenta las reglas de operación aplicables.

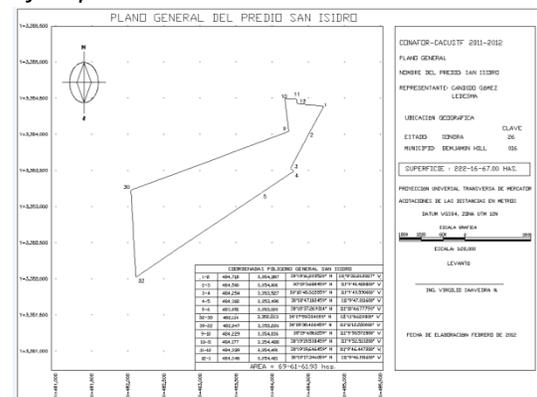
La localización será registrada en coordenadas geográficas a décimas de segundo.

*Latitud – ej.- 45° 10' 20.05" latitud norte*  
*Longitud – ej., 97° 25' 38.23" longitud oeste.*

Toda la información debe estar acorde con lo establecido en los parámetros para la generación de la cartografía (revisar criterios de operación de compensación ambiental)

Deberá incluir en una tabla todas las coordenadas que integren el polígono y el mapa correspondiente.

*Ejemplo:*



Tomar en cuenta que de la generación del polígono se obtendrá el área y el perímetro que servirán para otros cálculos.

### A.2. CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS Y EDAFOLÓGICAS.

Representación cartográfica de la geografía y topografía del sitio a nivel

región, municipio, cuenca o subcuenca, dependiendo de la superficie propuesta. Con esta información se dará a conocer una visión general de la forma de relieve del lugar. Es útil para el análisis de la región a impactar.

En este apartado es necesario expresar la caracterización del relieve, indicando la posición del proyecto en el paisaje y el relieve del predio. Para mejor interpretación, debe agregar plano del polígono en una carta topográfica, señalar la exposición o exposiciones del terreno e inferir que situaciones permitirán obtener mejores resultados en la operación de los proyectos.

Para lo anterior, debe indicar provincia y subprovincia fisiográfica y descripción geomorfológica, como son: paisaje, forma de relieve, micro rasgos importantes, uso de suelo, otros.

Ver, capítulo geofomas de la *gcmypds\** pag. 157.

**Paisaje.** (*grupos únicos naturales, rasgos similares espacialmente asociados*) colina, costa, cuenca, duna, falda de montaña, llanura, meseta, montaña, páramo, pie de monte, sierra montañosa, tierras bajas, valle, etc., (esto aplica para toda la zona donde se ubica el proyecto).

**Forma de terreno.** (*discretos rasgos naturales de la superficie de la tierra, individuales y trazables en escalas similares*). Zona de falla, pantano, llano,

llanura de inundación, banco de arena, deslizamiento, grieta, duna costera, barranco, valle estrecho, colina, terraza, planicie, loma, laguna, depresión, valle, cono volcánico, etc. (aplica para donde está directamente ubicado el proyecto).

**Micro rasgos.** (*discretos rasgos naturales de la superficie de la tierra, típicamente muy pequeños para enlistarlos en estudios comunes*). Arroyo, canal, cara de deslizamiento, corriente intermitente, costa, cueva, duna de arbustos, estanque, grieta, loma, depresión, etc. (rasgos importantes dentro del área donde se hará el proyecto).

### 1. Componente geomórfico



**Uso de suelo.** (*rasgos de la superficie de la tierra marcados por usos antropogénicos*). Área talada, banco de material, corte de vía, estanque o jagüey, labranza, superficie de minería, zanja de drenaje, tiradero, área de pastoreo, etc.

### Morfometría de la superficie:

- Altitud (metros sobre el nivel del mar, msnm).



### A.3. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.

Los datos climatológicos son esenciales para la buena planeación e implementación de las obras de restauración, entender el paisaje y su comportamiento a través del clima, permite interpretar las condiciones actuales del entorno y por supuesto, contemplar las mejores prácticas a utilizar.

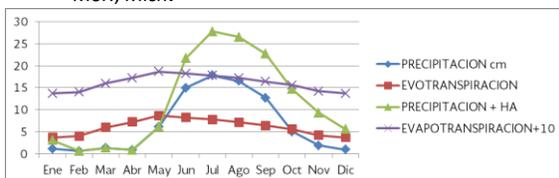
Debemos conocer:

- Temperatura media.
- Precipitación (media mensual y anual en mm y máxima en 24 horas).
- Gráfica de precipitación en contraste con la evapotranspiración.

Realizar el cálculo del clima según el segundo método de thornthwaite o penman y señalar en que zonas de influencia climática se localiza el proyecto. Señalar el inicio y término del periodo húmedo propicio para la reforestación.

- Eventos climáticos extraordinarios, granizos, monzón, tornados, nieve, etc.

Ejemplo de climograma del Ejido Teremendo Jasso, Mor., Mich.



Consultar las zonas de influencia climática.

### A.4. CARACTERÍSTICAS DE LA VEGETACIÓN.

En este apartado se deberá plasmar la caracterización de la composición, estructura y funcionalidad del ecosistema vegetal del lugar, describiendo el tipo actual de la vegetación y de los relictos de vegetación que aún se encuentran (indicar el tipo de vegetación según INEGI y revisar los datos de algún sitio cercano del inventario). Registrar la cubierta vegetal dominante en el sitio, ejemplo: bosque, arbustos, herbáceas, pastizal, cultivo, coníferas, etc.

Describir las principales especies de las comunidades vegetales y los indicadores ecológicos, por indicador, se entenderá aquella que:

- 1) Su riqueza o abundancia está relacionada con la presencia de un gran número de especies de otros taxones conocidos,
- 2) La riqueza de especies y la diversidad del hábitat están relacionados con la presencia de amenazas. (carignan y villard, 2002; caro, et al, 2005; favreau, et al, 2006).

También puede indicar el tipo de especie indicadora, según algunos atributos:

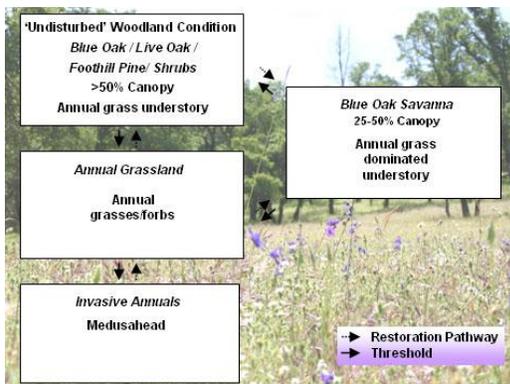
ATRIBUTOS QUE CARACTERIZAN A LAS DIFERENTES ESPECIES SUCEDÁNEAS						
Atributos	Especies sucesdaneas					
	Indicadoras			Paraguas	Banderas	Claves
	Salud	Poblaciones	Biodiversidad			
<b>Atributos básicos</b>						
Representa a otras especies	No necesario	Si	Si	Si	No necesario	Si
Una especie o grupo de especies	Una o grupos	Una	Grupos	Usualmente una	Una	Una
Conocimientos biológicos previos	Necesarios	Necesarios	Necesarios	Necesarios	No necesario	Necesarios
Fácil de estudiar	Si	Si	Si	Si	No	Si
<b>Atributos de historia de vida</b>						
Tamaño corporal	Pequeño	Irrelevante	Irrelevante	Grande	Grande	Irrelevante
Tiempo generacional	Corto	Corto	Irrelevante	Largo	Largo	Irrelevante
Tasa metabólica	Alta	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante	Irrelevante
<b>Atributos ecológicos</b>						
Tamaño de área de acción	Media	Irrelevante	Irrelevante	Grande	Irrelevante	Irrelevante
Nivel trófico particular	Si	Posible	No	Posible	No	No
Poblaciones grandes	Probable	Probable	Irrelevante	Posible	No	Posible
Amplia distribución	Si	Si	Si	Probable	No necesario	No necesario
Especialista de hábitat	Probable	No necesario	Si	No necesario	No necesario	Probable
<b>Sensibilidad</b>						
Sensible a perturbaciones humanas	Si	Si	Si	Si	No necesario	Si
Baja variabilidad en la respuesta	Si	Si	Si	Si	No necesario	Si
Tiempo largo de persistencia	No	Irrelevante	Irrelevante	Si	No necesario	Si

Adaptado de Caro y O'Doherty, 1999, y completado con información obtenida durante la revisión.

Una vez encontrados los parámetros anteriores, para inferir la ruta de la restauración y los posibles umbrales de estado y transición, debemos conocer la composición de la vegetación y tener un sitio de referencia cercano.

Ubicar el polígono actual (con su condición) e identificar a los alrededores un sitio no perturbado o con el menor grado de perturbación posible. Este sitio será elegido como **referencia**.

Ejemplo de modelo de sucesión

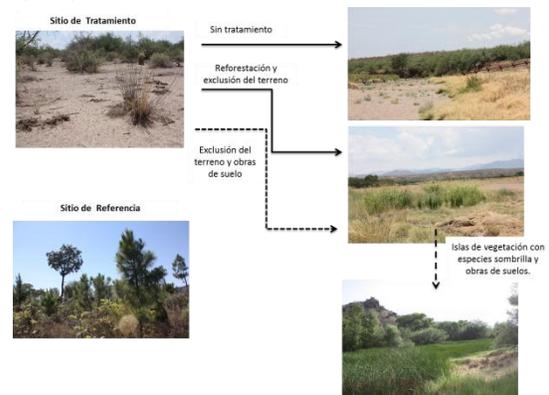


Una vez elegido un sitio de referencia, el primer paso es estimar el mismo o los mismos indicadores en ambos sitios, ejemplo:

Atributo indicador /	Sitio de referencia	Sitio restaura a
<b>Cobertura vegetal herbácea</b>	60 %	20%
<b>Suelo desnudo</b>	20 %	50%
<b>Tipo de especie dominante</b>	Navajita y banderita	Gatuño y zacate burro
<b>Causal de degradación o cambio</b>	N/a	Sobrepastoreo

Establecidos estos indicadores puede inferir en los posibles tratamientos del sitio degradado para acercarlo a la condición del sitio de referencia. Establecer un diagrama de flujo con las posibles rutas de sucesión del terreno.

Ejemplo de ruta de restauración.

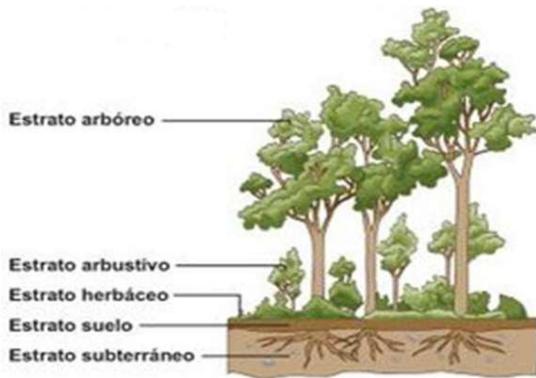


La mayoría de las comunidades vegetales están constituidas por una estructura espacial, que generalmente, en el caso de los bosques, está representada por una estructura horizontal y vertical.

Tomar en cuenta que la estructura horizontal da a conocer la posición de las copas de las especies que componen el bosque al observarlas desde el centro es decir como una proyección vertical o vista de planta.

La estructura vertical indica la manera en que se distribuyen las especies en área inventariada.

Ejemplo de la estructura de la vegetación.



Por lo anterior, deberá levantar la información de la estructura horizontal y vertical de la vegetación y calcular el índice de Simpson, de la siguiente manera:

**Considerar sitios circulares con superficies de 500 m<sup>2</sup> (radio = 12.61 m).**

Esta metodología establece que dentro del sitio circular, deberá contar cuantos individuos existen y de que especies (puede ser nombre común).

En gabinete deberá realizar los cálculos necesarios.

El índice de Simpson representa la probabilidad de que 2 individuos seleccionados aleatoriamente en una comunidad correspondan a la misma especie.

$$D = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

$P_i$  = abundancia proporcional de la especie; representa la probabilidad de que un individuo de la especie  $i$  esté presente en la muestra, siendo entonces la sumatoria de  $p_i$  igual a 1.

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

$N_i$  = número de ejemplares por especie  $i$   
 $N$  = número total de individuos para todas las  $s$  especies en la comunidad

Ejemplo:

Especie	Abund	P (pi)	P <sup>2</sup>
<b>Pinus engelmannii</b>	20	0.45	0.206611
<b>Pinus cooperi</b>	15	0.341	0.11621901
<b>Quercus</b>	6	0.136	0.01859504
<b>Juniperus</b>	3	0.068	0.00464876
<b>Total</b>	N=44	1.000	D = 0.346

Cuando; el índice se resulte más cercano al 1, es menos diverso y; si el resultado está más alejado del uno, se considera más diverso. En este caso, indica mayor diversidad.

Si tomamos el dato de  $p_i$  de cada especie y lo transformamos en porcentaje, podemos conocer cuánto de cada especie está distribuido en el terreno y con base en ese porcentaje hacer la propuesta de restauración.

Especie	p (Pi)	%
<b>Pinus engelmannii</b>	0.455	45.5
<b>Pinus cooperi</b>	0.341	34.1
<b>Cooperi</b>	0.136	13.6
<b>Juniperus</b>	0.068	6.8
<b>Total</b>	1.000	100

Para realizar esta caracterización, deberá realizar los levantamientos necesarios por cada cambio significativo de comunidad vegetal del polígono elegido.

Indicar en un mapa las diferencias encontradas.

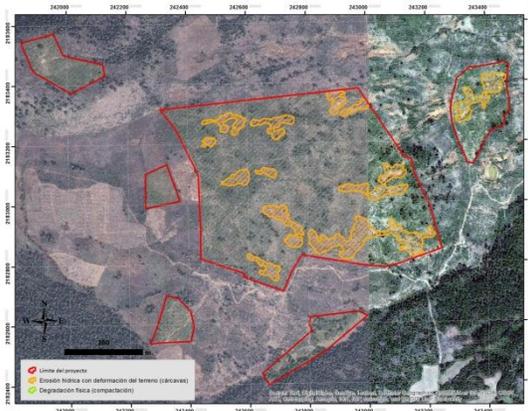
### A.5. CARACTERÍSTICAS DE DEGRADACIÓN Y/O AFECTACIÓN.

Previo recorrido del terreno, se determinarán los límites internos de la degradación, en base a indicadores como, suelo desnudo, pérdida de la vegetación, entre otros. Cada fracción deberá ser caracterizada a detalle.

Obteniendo las subdivisiones del polígono del proyecto, cada sub-área deberá indicar:

- Tipo de degradación
- Grado o intensidad de la degradación.
- Suelo desnudo (%).
- Factor causal.
- Otros signos de erosión (canalillos, cárcavas, dunas, etc.).

Ejemplo de estimación de áreas de degradación dentro del o los sitios seleccionadas (sub áreas).



Para los signos de erosión, en el caso de cárcavas deberá contemplar al menos los siguientes datos:

Cárcava	Lat (°)	Long (°)	Ancho (m)	Prof. (m)	Largo (m)
---------	---------	----------	-----------	-----------	-----------

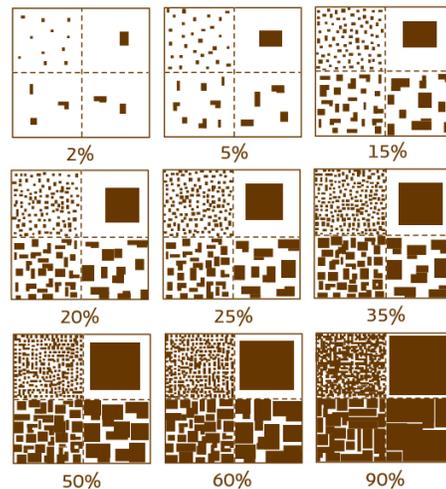
1					
...					

Cuando las cárcavas midan más de 20 m, deberá incluir la información de segmentos intermedios, los necesarios para determinar los volúmenes de obra.

Para la estimación visual de suelo desnudo, puede ayudarse de los siguientes cuadros.

#### EJEMPLOS DE PORCENTAJE DE AREA CUBIERTA

La siguiente gráfica puede ser usada para estimar proporciones o cantidades de distintos elementos de datos. **NOTA:** dentro de todos los cuadros dados, existe la misma área cubierta, sólo varía el tamaño de los objetos.



Para una mejor estimación puede utilizar la línea canfield o de intercepción de puntos.

Para ambos casos, deberá muestrear al menos 5 sitios dentro de una misma área o sub-área para que sea representativo del lugar.

Todas las sub-áreas y cárcavas u otros relevantes, deberán plasmarse en un mapa dentro del proyecto.

Al terminar de plasmar la información del apartado a de esta guía, deberás ser capaz de responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué obras me permite realizar las condiciones encontradas del tipo de suelo y profundidad?
- ¿Los eventos extraordinarios pueden causarme gran impacto en el proyecto, en caso de que se presenten?
- ¿Conozco el mejor tiempo para establecer mi reforestación o revegetación?
- ¿Según la precipitación, tendrás en cuenta una cantidad máxima o mínima de reforestación?
- ¿De acuerdo a la vegetación, habrá que realizar ajustes en las densidades de plantación?
- ¿Conoces las plantas indicadoras del sitio?
- ¿Cuál es la especie indicadora del cambio por efecto de la degradación?
- ¿Sabes cuál es el potencial de recuperación de la vegetación?

- ¿Cuál es el principal componente a restaurar?
  - Funcionabilidad hídrica (Almacenamiento de humedad, infiltración, constantes de humedad, que han alterado la funcionabilidad del ecosistema y/o no permiten lograr una restauración a condiciones originales).
  - Estabilidad del Suelo (resistencia a la erosión, almacenamiento de humedad, disponibilidad de nutrimentos, generación de materia orgánica)
  - Integridad biótica (funcionalidad del ecosistema, índice de Simpson de acuerdo al sistema de referencia, especies invasoras, producción de biomasa, generación de nuevo hábitat)
- Con las condiciones anteriores ¿puedo llegar a tener condiciones iguales a las del sitio de referencia?

## B. Propuesta técnica

Todas las propuestas deben ser acordes a las condiciones del terreno, es decir, tener relación con los datos de la forma del terreno y el clima, por lo que los apartados anteriores deberán ser llenados antes de iniciar la propuesta técnica.

Para la elaboración de la propuesta técnica, primero se contemplará la protección del terreno y para la elaboración de las obras de suelos (segunda parte), un buen parte aguas, es la división establecida en base a la degradación (sub-áreas, unidades fisiográficas, rodales, zonas de cobertura, zonas de degradación), después continuaremos con el apartado para reforestación tomando en cuenta la información de vegetación, así como el mantenimiento que, dependerá de la propuesta de actividades de los apartados anteriores. Finalmente el monitoreo y el apartado de asesoría serán parte de la propuesta técnica de cada proyecto.

### B.1. PROTECCIÓN.

Después de haber levantado el polígono del terreno a restaurar, estableciendo los límites claros, podrá definir: superficie total y perímetro del área.

Con el perímetro determinará si el polígono requiere la protección a través del cercado y/o brechas cortafuego.

Este apartado como su nombre lo indica, tiene el objeto de proteger el terreno de acciones antropogénicas que entorpezcan o afecten los trabajos de conservación y restauración, como pastoreo, fuegos provocados, vandalismo, entre otros.

Este tipo de protección refuerza las acciones de conservación y restauración, permitiendo una recuperación del mismo sistema (ej. Vegetación) y favorece en una significativa disminución del tiempo de recuperación de los terrenos deteriorados.

Aquí el técnico, a partir del perímetro calculado, deberá eliminar las partes que no requieran protección, para poder calcular la necesidad real de cercado o brecha. Deben excluirse: condiciones de difícil acceso o imposibiliten el mismo para el ganado como: barrancos, ríos caudalosos y otras condiciones.

Indicar en un mapa, la superficie del terreno con el perímetro resaltado, o la línea de protección que será requerida dentro del proyecto, diferenciar brechas de cercado. Indicar la cantidad calculada.

En base a lo anterior para el caso del cercado, las características mínimas de protección serán:

- 4 hilos de alambre.
- Postes cada 4 metros (madera o metal).
- 2 separadores entre postes.

De cualquier forma todas las características específicas deben de quedar plasmadas en el proyecto.

Para brechas cortafuego:

- ♣ Excavación de la brecha cortafuego hasta el suelo mineral.
- ♣ Realización de obras de encauzamiento de escurrimientos y control de la erosión del suelo.
- ♣ Ancho de 4 metros. Dependiendo de las condiciones del terreno, se sugiere 3 m para áridos y semiáridos.

Si las condiciones del terreno, requieren otras características de protección, deberá justificar adecuadamente en el proyecto.

## **B.2. OBRAS PARA LA REHABILITACIÓN, RESTAURACIÓN O MEJORAMIENTO DE SUELOS.**

En este apartado se incluyen todas aquellas acciones o prácticas encaminadas a mejorar las condiciones del suelo del sitio seleccionado y por ende que beneficie otras condiciones, como son la vegetación y la funcionalidad hídrica del terreno (escurrimiento superficial, infiltración, almacenamiento y disponibilidad de agua), detengan o reviertan procesos erosivos, entre otros. Las obras pueden beneficiar en uno o varios de los anteriores.

Las acciones que pueden ser tomadas en cuenta para la ejecución de los proyectos de la CONAFOR, son todas las previstas en el manual de obras y prácticas que utiliza la CONAFOR para la protección, restauración y conservación de suelos forestales. Sin embargo, no excluye ninguna propuesta que sea sustentada adecuadamente.

En este apartado, se hará mención de algunas de las obras para ejemplificar el análisis y los criterios que se requieren del terreno para elegir la mejor propuesta.

Entonces, tomando en cuenta el terreno a restaurar, debemos hacer la siguiente pregunta: ¿Es necesario realizar obras de suelos? Los criterios generales que deben cubrirse para saber si es necesaria la acción de obras de suelos es la siguiente:

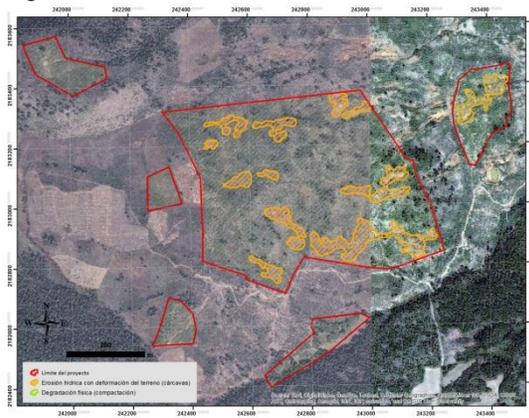
- ¿Presentan un grado de degradación evidente?
- ¿Hay evidencia de pérdida de suelo?
- ¿Los procesos biogeoquímicos e hídricos se encuentran en desequilibrio debido a la degradación del suelo?
- ¿Hay evidencia de láminas de escurrimiento, canalillos y/ o cárcavas?

Si la respuesta es positiva a uno o varios de los planteamientos anteriores, serán necesarias acciones de rehabilitación, restauración o

mejoramiento de suelos. Cabe mencionar que, no en todos los sitios dentro del polígono deba existir por fuerza obras como estas, ya que el tipo de afectación puede ser de otro tipo.

Determinando que requieren hacerse obras, debe revisar las características del sitio para hacer la mejor elección.

Ejemplo de división del terreno por sub áreas según la degradación.



De cada unidad fisiográfica (como la que se diferenció por tipo de degradación), observar las características más relevantes para la elección de las obras, por ejemplo: pendiente, textura y profundidad del terreno y grado de erosión del suelo.

Tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para la elección de las obras, según las siguientes características:

Profundidad < 40 cm	Profundidad > 40 cm	Profundidad 10 cm	No hay suelo
Zanjas Bordos Terrazas Barreras perpendiculares a la pendiente con otro tipo de material (piedras, costales, material vegetal).	Bordos Barreras perpendiculares a la pendiente con otro tipo de material (piedras, costales, material vegetal).	Terrazas individuales Barreras perpendiculares a la pendiente con otro tipo de material (piedras, costales, material vegetal).	Barreras perpendiculares pendiente con otro tipo material (piedras, costa material vegetal).

Textura	
Alto porcentaje de Arcilla	Alto porcentaje de Arena
Las zanjas o bordos deberán ser manuales, considerando un incremento de rendimiento, dependiendo del % de arcilla. No es posible usar maquinaria en suelos muy arcillosos. Las otras actividades según la pendiente, se pueden realizar.	No se debe planear acciones de excavación. No es posible usar maquinaria en suelos muy arenosos. Las otras actividades según la pendiente, se pueden realizar. Tomar en cuenta que, debido a que las arenas infiltran rápidamente el agua, las obras y las plantas elegidas deben ser adecuadas al sitio.

Pendiente		
0 - 20 %	20 - 40%	>40%
Todos los tipos de obras, siempre y cuando existan condiciones de profundidad y textura así como material para elaborar las obras.	Existe maquinaria especializada que puede realizar obras hasta el 25% de pendiente. Pendientes más pronunciadas las actividades son con mano de obra.	No se recomienda la elaboración de zanjas, ni actividades que requieran mucha remoción de suelo. Se recomiendan obras como barreras y terrazas individuales.

Para mejor elección, puede consultar el cuadro No. 10 del Manual de Protección, Conservación y Restauración de Suelos, en la página 99 sobre el propósito y las limitantes para la construcción de diferentes obras, y Capítulo No. 6, Pag. 93.

Determinado el tipo de obra, calcular la cantidad necesaria por unidad de superficie. Esto se puede estimar, en base a la principal función de la obra, a partir del cálculo de escurrimientos o pérdida de suelo.

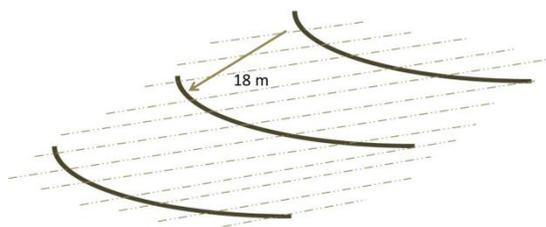
### **Pérdida de suelo.**

Si el principal objetivo (por proyecto o unidad fisiográfica), es la retención y mejoramiento de suelos, deberá realizar el cálculo y estimar la pérdida del suelo por erosión de cada sub-área. Ver *Manual de obras y prácticas*, página 32.

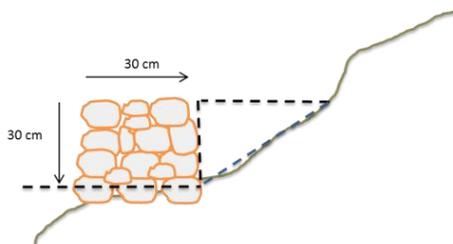
Calculada la cantidad de suelo perdido y elegida la obra, se realizan cálculos

para saber la capacidad de dicha obra de retención de sedimentos y a partir de ese resultado se pueden estimar los distanciamientos entre obras. Ver anexo 1 del manual, página 267.

Con lo anterior, podemos diseñar la obra por área de terreno.



Generalmente se realizan bordos en curvas a nivel o en zonas con niveles de degradación más fuertes las barreras de piedra acomodada son una elección común.



### **Escorrentamiento superficial.**

Si, el principal objetivo será la retención, captación, manejo e infiltración de agua de lluvia, debemos estimar el escurrimiento superficial de cada sub-área. Ver página 55 del manual de obras y prácticas.

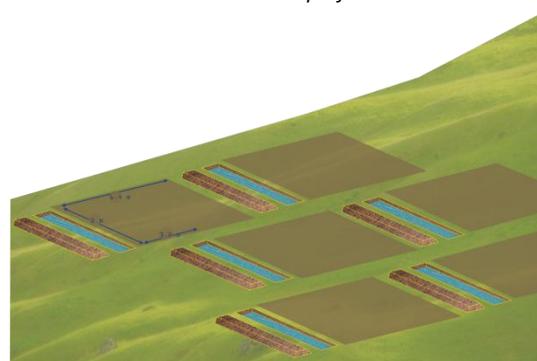
Calculada la cantidad de escurrimiento superficial, basados en la precipitación

y otras características del terreno y, habiendo elegido la obra de esa área, puede estimar su capacidad de captación y obtener los distanciamientos entre obras, ver Anexo 1 del manual en la página 273.

Como ya se observó anteriormente, obteniendo los distanciamientos entre obras, se puede obtener la cantidad de necesaria por unidad de superficie (densidad).

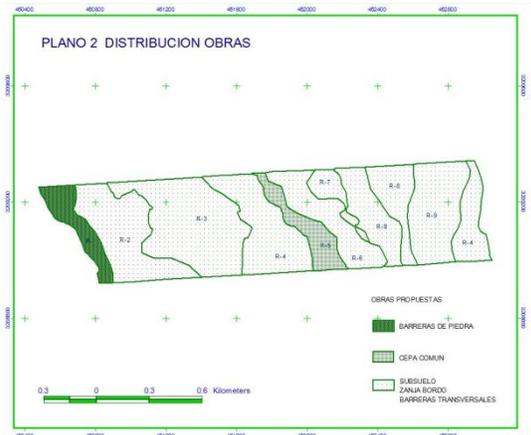
Cada sub-área con un tipo de obra distinto debe ubicarse en un mapa que refleje esta información dentro del documento.

*Ejemplo de distribución de la obra en el terreno (densidad) de acuerdo a los cálculos de espaciamento, basados en el escurrimiento superficial.*



Cada sub-área con un tipo de obra distinto debe ubicarse en un mapa que refleje esta información dentro del documento.

Ejemplo de distribución de obras en el terreno.



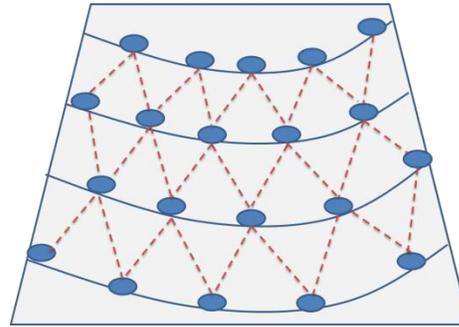
Habiendo estimado el tipo de obra en cada unidad fisiográfica y su densidad, de acuerdo al objetivo, cada tipo de obra, deberá desglosar sus características generales (específicas para el proyecto, tales como sus dimensiones y datos precisos de cálculo), las actividades necesarias para llevarla a cabo, los rendimientos de cada actividad, los materiales necesarios y los costos que implique.

*Ejemplo:*

*En el área de degradación ligera, serán realizadas terrazas individuales, que consisten en la excavación de un círculo de 1.5 m de diámetro con profundidad aguas debajo de al menos 10 cm. Se realizará un bordo con el producto de la excavación aguas abajo con forma de media luna.*

*Debido a que la pendiente del terreno es abrupta (>30%) se establecerá una densidad de 600 plantas por hectárea, que de acuerdo a la pendiente implica un distanciamiento entre líneas de 4.18 m y sobre líneas de 4 m, el diseño*

se establecerá a tres bolillo, como lo indica el siguiente diagrama.



Para determinar los costos en base a lo anterior, debe conocer además, la siguiente información:

1. Costo de jornal.
2. Horarios de trabajo.
3. Rendimientos de jornal para cada actividad, ejemplo, excavación, recolección (según el tipo de material), marcaje de curvas, etc.
4. Costos de materiales, como, cal, azadón, pala, guantes, etc.
5. Costos de horas máquina, transporte, etc.
6. Costos de topógrafo u otro equipo especializado necesario.

A excepción de la mano de obra, se requiere que revise si los conceptos requieren aplicar la depreciación y determinar los rendimientos por unidad de medida para facilitar los cálculos adecuadamente.

Para esta actividad, se recomienda consultar la "metodología para el cálculo de los costos de referencia para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento, por

concepto de compensación ambiental por cambio de uso del suelo en terrenos forestales” publicada en el diario oficial de la federación.

Teniendo los datos mencionados podrá elaborar cuadros de desglose de costos que respalden los montos por obra. Por ejemplo:

**Obra: zanja bordo (500 m / ha)**

Actividad	Udm	Rendimiento (udm/jornal)	Costo (\$)
Marcado de curvas a nivel	Ha	8	18.75
Limpieza del terreno y marcaje de la zanja	M	2000	37.50
Excavación de la zanja	M	17.5	4,285.71
Limpieza de zanja y conformación de bordo	M	39.7	1,889.16
Otros insumos (equipo por brigada, depreciado anualmente) de transporte jornaleros, material de marcaje.	Ha	1	1,404.48
		Total:	7,635.60

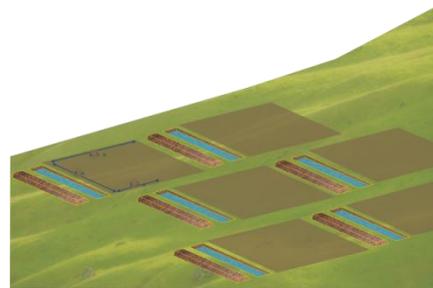
\*costo del jornal \$150.00

De acuerdo al cuadro anterior el costo por pieza es de \$ 15.27. Es decir que cada metro de zanja bordo manual cuesta 15.27 pesos.

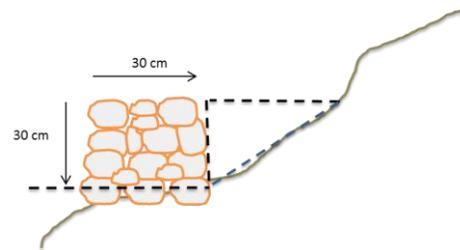
Se sugiere desglosar en un archivo excel a parte los cálculos realizados para depreciación y equipos, así como una cotización que avale los costos de los mismos, en especial cuando los costos son más altos.

El desglose de otros insumos y los rendimientos, se extrajo de la metodología antes mencionada. Para todos los casos, recordar que, incluir las características de la obra permitirá la correcta evaluación de las mismas por parte de los supervisores (medidas, forma, cantidad, etc.) En campo y gabinete.

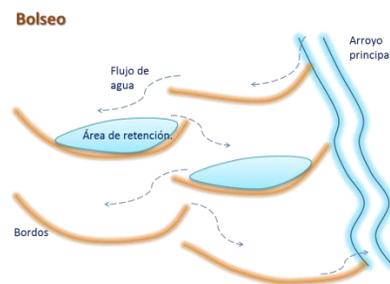
Distanciamientos:

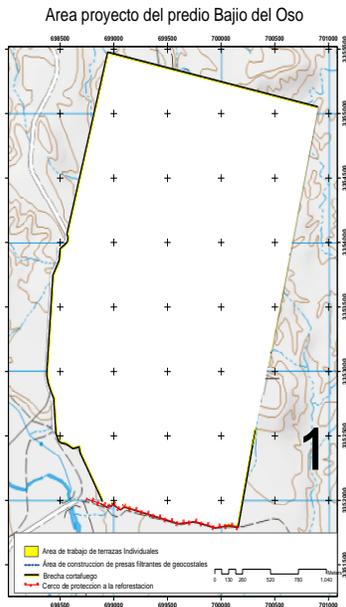


Dimensiones:



Funcionamiento y objetivos:





Ejemplo de plano con obras en Sonora.

Las acciones deben expresarse lo mejor posible para sustentar una propuesta de trabajo.

Aun cuando se tiene un anexo y un manual de costos se deben revisar con sumo cuidado y ajustarlos a la realidad para que realmente sean suficientes para lograr la restauración y evitar fracasos durante la ejecución de los proyectos.

### B.3. REFORESTACIÓN.

En este apartado debe contemplar todo lo relacionado con el mejoramiento, manejo o restauración de la vegetación en el terreno seleccionado. Entre las acciones relacionadas a este tema, se encuentran:

- Reforestación
- Revegetación
- Producción de planta

- Transporte de planta
- Otros

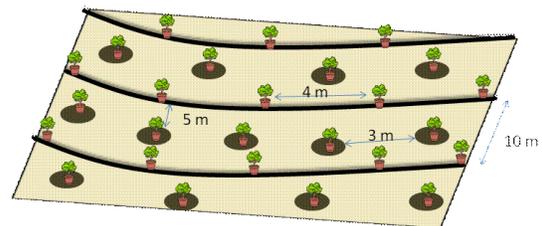
Retomando el primer mapa dividido en unidades fisiográficas, al igual que las obras de suelos, deberá analizar por cada sub-área si es necesaria el mejoramiento, manejo o restauración de la vegetación, a partir de la información obtenida en el apartado A.4 de las características de la vegetación.

Cada sub-área dependiendo de la degradación nos puede indicar:

1. Tipo de especies necesarias
2. Densidades de plantación
3. Diagrama de la reforestación

Tomando en cuenta las obras elegidas para cada sub-área podrá establecer más fácilmente el diseño de la plantación (marco real, a tres bolillo, lineal, etc.).

Ejemplo de diseño y distanciamiento de obras para la reforestación y/o revegetación:



Teniendo en cuenta el diseño de la plantación, es más fácil calcular la densidad, siempre y cuando tome en cuenta la cantidad de vegetación existente y la cantidad de agua disponible para la planta, ya sea por

lluvia, captación en obras o riegos de auxilio posibles, que ayuden a la planta a sobrellevar las condiciones del sitio.

El tipo de especies puede elegirse de la información proporcionada por el sitio de referencia. Las proporciones deben considerarse preferentemente de los resultados del índice de Simpson estimadas en el apartado a.4, en donde cada especie tendrá un porcentaje de aparición y por lo tanto la estimación total de cada planta en el proyecto.

La distribución espacial de las especies que se reforestarán también debe obedecer a la distribución de las especies en el ecosistema de referencia.

<b>Especie</b>	<b>%</b>	<b>No. plantas</b>
<i>Pinus Engelmannii</i>	45.5	284
<i>Pinus Cooperi</i>	34.1	213
<i>Quercus</i>	13.6	85
<i>Juniperus</i>	6.8	43
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>625</b>

La especie debe cumplir una o varias de las siguientes condiciones:

- Ser nativa del sitio o al menos de la región.
- Soportar las condiciones actuales del lugar (precipitación, temperatura, incidencia de los rayos del sol, pendiente, profundidad del terreno, etc.)
- Ser de fácil reproducción (semilla, tallo o estaca), o

encontrarse disponible para compra o transplante.

- Que su propagación no inhiba a otras especies nativas, a menos que las especies actuales sean invasoras.
- Sea especie clave, paraguas y/o bandera (que propicien la sucesión vegetal).

Evitar:

- Elegir una especie que no sea propia del sitio, aunque las condiciones del lugar sean idóneas para esa especie. La introducción de otras especies puede generar un desequilibrio en el sistema, a menos que el sistema de por sí, este muy degradado.
- Comprar planta en malas condiciones o en malas condiciones de producción.
- Introducir una planta exótica a la región.

Puede elegir una sola especie cuando la vegetación lo indique (ver sitio de referencia) y lo justifique dentro del proyecto. Puede incluir especies arbóreas, herbáceas y arbustivas, a excepción de pastos.

Igualmente que el apartado de obras, incluirá los cálculos de rendimiento de cada actividad necesaria por obra, los insumos, rendimientos y costos para llevar a cabo la reforestación.

Ejemplo:

Se realiza la apertura de cepa con pala espada o talacho, previa distribución de planta según densidad de plantación.

La plantación en el terreno es realizada, compactando para cubrir bien el cepellón y evitar las bolsas de aire.

Ejemplo de una de las actividades dentro de reforestación:

#### Reforestación con pala plantadora 625 / Ha

Actividad	udm	Rendimiento (udm/Jornal)	Costo (\$)
Apertura de cepa	pieza	200	468.75
Distribución de planta de contenedor	pieza	500	187.5
Plantación	pieza	150	625
		Total	1,281.25

De acuerdo a lo anterior el costo unitario sería de 2.05 con un jornal de \$150.00.

Indicar a través de un mapa, de cada sub-área el diseño de plantación, las especies a incorporar y sus densidades.

Todos los proyectos deberán indicar forzosamente la superficie que se reforestará, que siempre debe estar indicada en hectáreas.

#### B.4. MANTENIMIENTO.

Dependiendo de la elección de obras de suelos y reforestación, deberá considerar actividades de mantenimiento para que, las obras persistan en sus características, capacidad y condiciones los primeros 2 años del proyecto, de esta manera se lograrán las metas de porcentajes de sobrevivencia y calidad de obras para el finiquito del proyecto.

Dentro de las actividades de mantenimiento, las más comunes son:

- Replantación
- Recomposición de obras u obras nuevas (p.e. ripeo entre bordos)
- Fertilización
- Riegos de auxilio
- 

Todas las obras de mantenimiento deberán contener las actividades necesarias para llevarlas a cabo así como sus rendimientos y costos tal y como se ha venido considerando en la formulación de la propuesta. Todas las actividades de mantenimiento deben ser cuantificables.

Ejemplo:

Para la obra de terrazas individuales, se considera que 50 de las 625 terrazas por hectárea puedan ser rehabilitadas o reconstruidas, por lo que se considera:

*Limpia, excavación y conformación de bordo para la elaboración de terrazas individuales.*

Terrazas Individuales 50/Ha

Actividad	udm	Rendimiento (udm/Jornal)	Costo (\$)
Limpia, excavación y conformación de terraza individual.	pzas	32	4.68
		Total =	234.37

Como el ejemplo anterior, deberá desglosar todas las acciones propuestas, junto con las demás información necesaria que aporte los

elementos necesarios para su aprobación.

### **B.5. MONITOREO.**

El monitoreo consiste en realizar una evaluación periódica de los recursos del sitio y su evolución, así como de la funcionalidad de la obra, por lo tanto, deberá al menos elegir un sitio dentro del proyecto que permita evaluar factores como:

- ♣ Incremento de la cubierta del suelo.
- ♣ Capacidad de almacenamiento de las obras.
- ♣ Retención de sedimentos.
- ♣ Infiltración de agua.
- ♣ Incremento en la aparición y persistencia de especies indicadoras.
- ♣ Retorno de fauna.

En el levantamiento de datos pudo observarse los diferentes tratamientos para el proyecto, por unidades fisiográficas, de esta manera puede definir un sitio que sea representativo para realizar la evaluación periódicamente, pueden ser más de un sitio y/o al azar.

El levantamiento de datos del sitio de referencia (preferentemente relicto) será nuestra línea base y se tomarán datos del sitio a restaurar que permitan evaluar si hay un progreso importante de sucesión o mejoramiento.

Las metodologías para el levantamiento de datos se sugieren a partir de línea CANFIELD o intercepción de puntos, por ser las más práctica y sencilla.

Se deberá establecer:

1. Una baliza o mojenera indicando el punto, se tomara la ubicación en coordenadas geográficas con ayuda de un gps y se tomarán cuatro fotos, una en cada dirección de los puntos cardinales.
2. Levantamiento de datos de vegetación. A través de la línea candfield, deberá tirar una cinta de 100 m (o 100 pasos) anotando el rumbo y deberá enlistar lo encontrado a cada metro (paso), lo más completo posible, tipo de vegetación indicando la especie encontrada, indicando suelo desnudo o rocas, etc.
3. Se establecerá una varilla para monitorear los cambios en la profundidad del suelo y la erosión, midiendo con un vernier la altura de la varilla cada 6 meses.

Estos 3 puntos son los mínimos necesarios a establecer para monitoreo, además podrá agregar todos los demás necesarios para conocer la evolución del sitio de manera integral.

Se sugiere seguir las mismas metodologías empleadas en el

levantamiento de datos del sitio de referencia.

Indicar las actividades de monitoreo como parte de la asesoría del técnico (número de visitas, costos, etc.)

### **B.6. ASESORÍA.**

La ejecución de los proyectos depende en gran medida del seguimiento que se le dé a los mismos, es por eso que la asesoría técnica especializada en compensación ambiental es de gran importancia para que los proyectos sean exitosos, los técnicos además son encargados de sugerir modificaciones o mejoras a los mismos en cuanto se adviertan posibles problemas.

La asesoría técnica consiste en el conjunto de actividades necesarias para llevar a cabo las actividades necesarias dentro de los proyectos de compensación ambiental, tales como: capacitación, asesoría, gestión, evaluación, monitoreo, entre otras.

En este apartado deberá desglosar todas las actividades que un técnico deberá realizar para que se lleven a cabo las obras, desde la elaboración del proyecto (si es que corresponde), el seguimiento y arranque de las obras, la producción de planta, el establecimiento de la reforestación, seguimiento al mantenimiento, supervisión de producción de planta y el monitoreo, etc.

Derivado de lo anterior podrá estimar el número de visitas y su tipo (caracterización, levantamiento de datos, instrucción o capacitación, etc.) Para poder estimar los costos necesarios.

*Ejemplo de desglose por tipo de actividad dentro de la Asesoría*

Tipo de visita (levantamiento de datos, cuantificación de obra, diseño de obra, capacitación, etc).	Capacitación
No. de visitas.	5
Distancia (viaje redondo) al predio (km).	100
Rendimiento del vehículo (km/l).	8
Monto de combustible.	\$13.50
Monto de viáticos.	\$400
Monto de honorarios profesionales.	\$500
Monto total.	5343.75
Observaciones	Las visitas serán con objeto de capacitación para elaboración de zanja bordo manual en curvas a nivel en una superficie de 100 Ha para 5 brigadas.

Como podrá observar en el cuadro anterior, es necesario conocer los kilómetros de recorrido al predio, el rendimiento del vehículo utilizado, los costos de gasolina y alimentación, así como hospedaje cuando se requiera. En cada visita se incluyen los honorarios de un técnico especializado, difieren cuando se trata de un asistente técnico.



## D. Presupuesto

En el apartado de presupuesto, deberá desglosar los costos de las obras en el orden de aparición del apartado anterior.

Además de incluir todas las demás acciones, equipos, o consideraciones necesarias para englobar adecuadamente el presupuesto.

En el cuadro de presupuesto deberá incluir por categoría el grupo de actividades y su costo, unitario, unidad de medida, la cantidad necesaria por unidad de medida y el costo total. Ejemplo:

<b>Actividad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad requerida</b>	<b>Costo total.</b>
<b>Grupo de obras de conservación y restauración de suelos.</b>				
Presas de piedra acomodada	\$	M3		\$
Acordonamiento de material muerto	\$	M		\$
Bordos en curvas a nivel	\$	Ha		\$
<b>Compra de planta</b>				
Adquisición de planta para reforestación	\$	Plantas		\$
<b>Grupo de obras para la reforestación</b>				
Transporte de planta	\$	Ha		\$
Terrazas individuales	\$	Piezas		\$
Plantación	\$	Ha		\$
Fertilización.	\$	Plantas		\$
<b>Grupo de obras de mantenimiento</b>				
Plantación	\$	Ha		\$
Bordos en curvas a nivel (mantenimiento)	\$	Ha		\$
<b>Grupo de acciones de monitoreo</b>				
Levantamiento de datos por punto de muestreo	\$	Muestreo		\$
Preparación de datos	\$	Muestreo		\$
<b>Asesoría</b>				
Reportes semestrales	\$	Documento		\$
Capacitación para elaboración de obras	\$	Visita		\$
Visita de seguimiento	\$	Visita		\$
Elaboración de finiquitos	\$	Visita		\$
<b>Total</b>				

**Este documento es una Guía y no excluye a los elaboradores de incorporar toda la información necesaria para comprender un proyecto de Compensación Ambiental, los datos que aquí se proporcionan y ejemplifican, son los mínimos necesarios para una propuesta. Cabe recordar que cada proyecto dependiendo del sitio es único y como tal deberá ser considerado.**

**Algunos cuadros y mapas fueron obtenidos de documentos elaborados dentro de proyectos de Compensación Ambiental y son ejemplificaciones de la información requerida.**

**Autores:**

**Ing. Flor Alejandra Rodríguez Esparza  
Jefe de Departamento de Mejoramiento de Suelos y Asistencia Técnica**

**Ing. Jacinto Samuel García Carreón  
Subgerente de Protección Manejo y Mejoramiento de Suelos**

**GERENCIA DE SUELOS**

**CONAFOR**

## **Bibliografía**

- Diario Oficial de la Federación, 31 de julio de 2014, Acuerdo mediante el cual se expiden los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación.
- Bolaños J.N., et al. 2013. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de Obras y Prácticas. Cuarta Edición. CONAFOR.
- Schoeneberger, P.J., Wysocki, D. A., Benham, E.C., and Broderson W.D., (editors), 2002. Fiel Book for describing and sampling soils, version 2.0, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE., Traducción en español, Impresa por CONAFOR, 2013.