

ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE LITUECHE
SECPLAC

DISEÑO Y SUPERVISIÓN TÉCNICA CONSERVACIONISTA EN LOS
PREDIOS DEMOSTRATIVOS MANQUEHUA
PROYECTO FACILITY 1B

ASESOR

RUBEN MIQUEL WILSON
INGENIERO DE EJECUCIÓN FORESTAL

Litueche, Septiembre de 2002.

INDICE

| CAPITULOS | | PAGINA |
|-------------|--|-----------|
| I | JUSTIFICACIÓN DE LAS OBRAS..... | 2 |
| II | DESCRIPCIÓN DEL SITIO..... | 3 |
| | 2.1 Descripción del terreno..... | 3 |
| | 2.2 Descripción del clima..... | 5 |
| III | DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE LAS OBRAS A REALIZAR..... | 7 |
| | 3.1 Tratamiento al incremento de la infiltración... 7 | |
| | 3.1.1 Zanja de infiltración..... | 7 |
| | 3.1.2 Cálculo de intensidad máxima en una hora. | 8 |
| | 3.1.3 Cálculo de escorrentía superficial..... | 10 |
| | 3.2 Tratamiento de regulación de flujos hídricos... 12 | |
| | 3.2.1 Empalizadas..... | 12 |
| | 3.2.2 Diques de madera..... | 13 |
| | 3.3 Obras lineales de laderas y taludes..... | 14 |
| | 3.3.1 Muretes de piedras..... | 14 |
| | 3.3.2 Fajinas..... | 15 |
| IV | MANTENCIÓN DE LAS OBRAS..... | 16 |
| V | DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS REALIZADAS..... | 17 |
| | 5.1 Forestación..... | 17 |
| VI | CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES..... | 18 |
| VII | BIBLIOGRAFÍA..... | 19 |
| VIII | ANEXOS: Planos de las parcelas demostrativas..... | 20 |

I. JUSTIFICACIÓN DE LAS OBRAS CONSERVACIONISTAS

La ley de Fomento Forestal que modifica el D.L. 701 por un período de 15 años, consagra en su Artículo 1º lo siguiente: Esta ley tiene por objeto regular la actividad forestal en suelos de Aptitud Preferentemente Forestal(A.P.F.) y en suelos degradados e incentivar la forestación, en especial por parte de pequeños propietarios forestales y aquella necesaria para la prevención de la degradación, protección y recuperación de suelos del territorio nacional (Francke, 1999).

La degradación ambiental resulta común en áreas de ladera, debido a la combinación de factores socioeconómicos propios del subdesarrollo con un recurso suelo en franco deterioro. De esta manera los diversos programas de conservación de suelos y aguas, así como también, éste proyecto, entregan a la sociedad beneficios, que se traducen en una amplia gama de bienes y servicios. En este sentido, los beneficios sin valor de mercado resultan relevantes al cuantificar los impactos de los programas de recuperación de suelos.

Estos principalmente corresponden a:

- Protección contra la erosión.
- Control de los flujos hídricos.
- Control de la sedimentación.
- Mantención de la biodiversidad.
- Mejoramiento de la productividad del sitio.
- Incorporación de suelos sin uso económico viable.

II. DESCRIPCIÓN DEL SITIO

El sitio en donde se realizarán las actividades de conservación y forestación de suelos degradados, se encuentra ubicado en el sector de Manquehua, a 4 Km. aproximadamente de Litueche, existiendo fácil acceso a los módulos y cuentan con buena visibilidad para todos los transeúntes que circulan por el sector.

2.1 Descripción del terreno

Los terrenos en donde se realizarán estas obras, corresponden por una parte a la asociación Rosario, serie de suelo RSR-3, que corresponde a la fase suavemente ondulada con pendientes de 5 a 8% y de erosión moderada. Suelo moderadamente profundo y de textura superficial franco arcillo limosa, y también la asociación Espinillo, serie de suelo ESN-4, que corresponde a la fase delgada, de pendientes complejas de 30 a 50% y erosión severa de manto y cárcavas. Se ubica en las vertientes de las quebradas(CIREN, 1996).

Los predios donde se realizarán las obras presentan exposición noroeste(parcela N°1) y sureste (parcela N°2). Además en los sectores, existen aportes de escorrentías de aguas más arriba, de esta forma las obras a realizar contendrán aguas y arrastre de material del predio demarcado y de sectores más elevados, los cuales corresponden a zonas de no intervención(protección).

La categoría de erosión de los predios, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Ley 701, corresponde a erosión severa(parcela N°1) y muy severa(parcela N°2), puesto que

presenta una erosión laminar muy acelerada, cárcavas mayores a 1 metro de profundidad, subsuelo visible y material de origen, pedestales y pavimentos de erosión mayores al 60% de la superficie.

Dentro de las propiedades físicas del suelo, cabe destacar que presenta un coeficiente de escorrentía de 0,35 y un tiempo de concentración de la cuenca de 0,2 horas, según el "Estudio de Suelo de la Cuenca Nilahue" y una capacidad de infiltración del suelo en condiciones de saturación de 3 mm/hr, valor asumido para condiciones extremas.

Es necesario destacar que cada cuenca posee un distinto comportamiento del tiempo de concentración, debido a factores del relieve, la vegetación existente y la intensidad de lluvia. Es posible determinarla a través de diversas fórmulas, una de ellas es la fórmula California Highways and Public Works (Nilahue, 2000)

$$TC = (K(L^3/H))^{0,385}$$

donde,

TC: tiempo de concentración de la cuenca (hr)

K: constante igual a 0,95 o 0,87

L: longitud del cauce principal de la cuenca (km)

H: diferencia de elevación entre el comienzo del cauce principal y el punto de salida (m)

Otra fórmula utilizada es la siguiente:

$$tc = 0,000325 * (L^{0,77}/S^{0,385})$$

donde,

tc: tiempo de concentración de la cuenca (hr)

L: largo del cauce principal de la cuenca (m)

S: pendiente del cauce principal de la cuenca (m/m)

La tasa de infiltración de un suelo depende principalmente de su textura. Las cifras comparativas típicas de infiltración son las siguientes.

Tabla N°1: Tasas de infiltración para diferentes texturas.

| Textura del suelo | Tasa de Infiltración (mm/hr) |
|--------------------------|---|
| Arenosa | 50 |
| Franco - Arenosa | 25 |
| Franca | 12 |
| Franco - Arcillosa | 7 |

Fuente: Critchley, W. Y Siegert, K. 1996.

En este estudio, se consideró la capacidad de infiltración del suelo saturado, igual a la mitad de la tasa de infiltración de un suelo con textura franco - arcillosa, que es la textura del lugar en donde se realizarán los trabajos (3 mm/hr).

2.2 Descripción del clima

Las características climáticas de importancia para este proyecto, tienen relación con la precipitación del lugar, la cual fue recolectada de los antecedentes de la estación meteorológica Rosario de los Solís(34°07 S - 71°44 W).

A continuación en la siguiente tabla, se señalan las precipitaciones durante los últimos 22 años.

Tabla N°2: Precipitaciones anuales y máximas diarias durante los últimos 22 años, de la comuna de Litueche.

| Año | Precipitación Anual (mm) | | Año, mes | Precipitación. Máx. (mm/día) |
|------|--------------------------|--|------------|------------------------------|
| 1979 | 572,5 | | 1979,Jul | 97,0 |
| 1980 | 956,2 | | 1980,May | 121,0 |
| 1981 | 624,0 | | 1981,May | 81,0 |
| 1982 | 1208,0 | | 1982, Jul | 107,5 |
| 1983 | 617,5 | | 1983,Jul | 99,5 |
| 1984 | 1.093,0 | | 1984,Jul | 128,0 |
| 1985 | 422,5 | | 1985, May | 50,0 |
| 1986 | 1.065,0 | | 1986,May | 137,0 |
| 1987 | 1.099,5 | | 1987, Jul | 106,0 |
| 1988 | 390,5 | | 1988, Sep | 50,0 |
| 1989 | 383,5 | | 1989, Jul | 75,0 |
| 1990 | 325,0 | | 1990, Jul | 65,5 |
| 1991 | 759,0 | | 1991, May | 75,5 |
| 1992 | 1.057,0 | | 1992, May | 120,0 |
| 1993 | 558,0 | | 1993, May | 59,0 |
| 1994 | 449,0 | | 1994, Abr | 72,5 |
| 1995 | 537,5 | | 1995, Abr | 60,0 |
| 1996 | 544,0 | | 1996, Jul | 52,0 |
| 1997 | 1.244,0 | | 1997, Jun | 104,5 |
| 1998 | 174,0 | | 1998, Sep | 63,0 |
| 1999 | 604,0 | | 1999, Agos | 86,0 |
| 2000 | 870,0 | | 2000, Jun | 106,0 |
| 2001 | 423,5 | | 2001, Jul | 142,5 |

En la figura es posible apreciar que la máxima precipitación, ocurrió en el año 1997, en el cual precipitaron 1.244 mm y la mínima precipitación corresponde al año 1998 con una precipitación de 174 mm. El promedio de las precipitaciones anuales corresponde a 712 mm.

III. DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE LAS OBRAS A REALIZAR

Los tratamientos de control que incrementan la infiltración, como las zanjas de infiltración, se realizarán sobre la base de un diseño de precipitación local del área en estudio (antecedentes recolectados de la estación Rosario de los Solís).

El resto de las obras lineales de laderas, taludes y regulación de cauces; empalizadas, diques, muretes de piedra, fajinas, lo que guarda relación con las dimensiones y cantidades, se realizarán de acuerdo a las especificaciones técnicas de la tabla de costos 2002 (Corporación Nacional Forestal), fijada el 31 de julio de 2001.

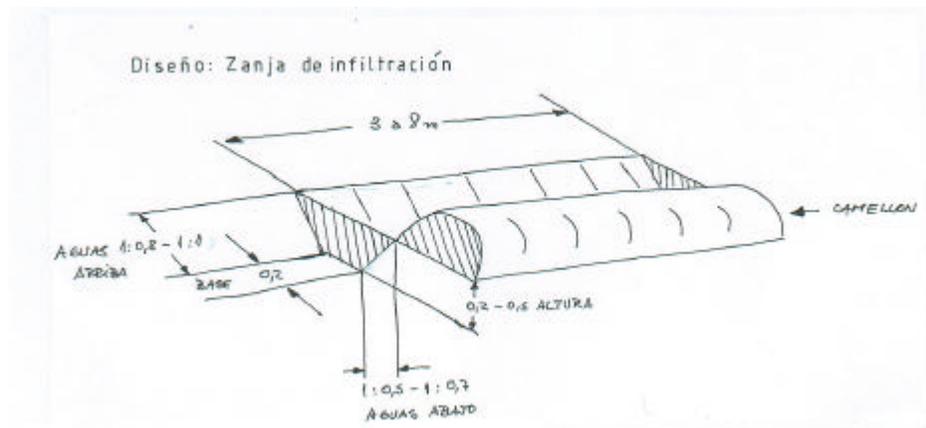
La ubicación espacial de las obras (ver plano), estará en estrecha relación con los sectores degradados de las parcelas en cuestión, los cuales presentan inestabilidad en las laderas, lo que aumenta el impacto lateral del flujo directo de los cursos de agua.

3.1 Tratamiento al incremento de la infiltración

3.1.1 Zanja de infiltración

Obras de recuperación de suelos, que comprende un conjunto de zanjas a tresbolillo, construidas en forma manual, situadas en la parte superior o media de una ladera, para capturar y almacenar la escorrentía procedente de las cotas superiores. Serán construidas en curvas de nivel. Presentan una sección transversal, con un ancho en la base de 0,2 metros, una altura de 0,3 metros, una pendiente de talud

de 9,5° y un largo de 5 metros. Aguas abajo de la zanja se construirá un camellón.



3.1.2 Cálculo de intensidad máxima en una hora

Es muy importante calcular la intensidad de la lluvia, para diseñar éstas obras. Por lo tanto, la intensidad máxima en una hora, se calculó aplicando la ecuación de Grunsky (Tokugawa, K. y Vargas, R. 1996):

$$I = (P/24) * \overline{0(24/t)} \quad (1)$$

donde,

I: intensidad promedio de precipitación (mm/hr)

P: precipitación en 24 horas (mm)

t: tiempo de concentración (hrs)

El tiempo de concentración utilizado, fue el obtenido por el Estudio del Estero Nilahue, que equivale a 0,2 horas, es decir a 12 minutos.

La precipitación diaria utilizada corresponde a 128 mm (Ver tabla de precipitaciones), la cual corresponde para un período de retorno de 8 años, con una probabilidad de excedencia del 13%.

El período de retorno, será de 8 años, es decir una probabilidad de excedencia de 13%, debido a que, en éste tiempo es posible lograr una cobertura vegetal permanente en el sector, lograda a través de la forestación, la cual logrará una copa suficiente, que protegerá el suelo ante cualquier evento superior a 128 mm/hr ocurrido en éste período.

Fórmula de Cálculo de probabilidad de excedencia (Gumbel).

$$P_r(X \geq x) = (1/T_r) = m/N * 100$$

Donde,

$P_r(X \geq x)$: probabilidad de que en un evento futuro precipite X (mm/hr) mayores o iguales a x (128 mm/hr). (%)

x: precipitación observada (mm/hr)

T_r : período de retorno

m: número decreciente de observación

N: cantidad total de observaciones

Por lo tanto la intensidad de lluvia, según la fórmula (1) corresponde a 58,4 mm/hr.

3.1.3 Cálculo de escorrentía superficial

El escurrimiento superficial, para un período de retorno de 8 años, fue calculado de acuerdo a la Fórmula Racional, que es la siguiente:

$$Q_{\text{máx}} = (1/360) * C * I * A * t * 1,10$$

donde,

$Q_{\text{máx}}$: escorrentía máxima (m³/seg)

C : coeficiente de escorrentía

I : intensidad de la lluvia (mm/hr)

A : área de captación (ha)

t : tiempo de concentración(seg)

El coeficiente de escorrentía ocupado, fue el obtenido por el Estudio del Estero Nilahue, que corresponde a 0,35, la intensidad de la lluvia para un período de retorno de 8 años equivale 58,4 mm/hr, el área de captación equivale a 1,7 hectáreas, el tiempo de concentración en horas es de 0,2 horas, es decir, de 720 segundos, y el valor 1,10 o 10% corresponde a un factor de seguridad, normalmente ocupado en estos cálculos hidráulicos.

Por lo tanto, el escurrimiento superficial en 1,7 hectáreas, con una lluvia de 58,4 mm/hr, durante 12 minutos, equivale a 76,45 metros cúbicos.

El volumen de agua capaz de almacenar estas zanjas se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$V = (1/2) * h * (2 * b + 2 * h * \text{tga}) * L$$

donde,

V : volumen de almacenamiento (m³)

h : altura de la zanja (m)

b : base de la zanja (m)

α : ángulo del talud (grados), igual a 9,5°

L : largo de zanja (m)

Por lo tanto, la cantidad de agua que puede almacenar, de acuerdo a las dimensiones de la zanja, corresponde a 0,3753 m³.

El volumen de agua capaz de infiltrar esta zanja, se determinó, utilizando la siguiente fórmula:

$$V = 0,001 * f * A_{\text{perc}} * t$$

donde,

V : volumen infiltrado (m³)

f : capacidad de infiltración del suelo saturado (mm/hr)

A_{perc} : área de percolación (m²)

t : tiempo de concentración (hr)

El área de percolación, fue calculada utilizando la siguiente fórmula:

$$A_{\text{perc}} = 2h(L + b)$$

donde,

h: altura de la zanja (m)

L: largo de la zanja (m)

b: ancho de la base de la zanja (m)

El volumen infiltrado corresponde a $0,001872 \text{ m}^3$.

Por lo tanto, la zanja puede soportar una cantidad de agua igual a (V. Almacenado + V. Infiltrado) = $0,377172 \text{ m}^3$.

Como escurren $76,45 \text{ m}^3$ de agua en 1,7 hectáreas, es necesario construir 202,69 zanjas de infiltración (aprox. 200) de las dimensiones mencionadas, para poder captar toda el agua de esa superficie.

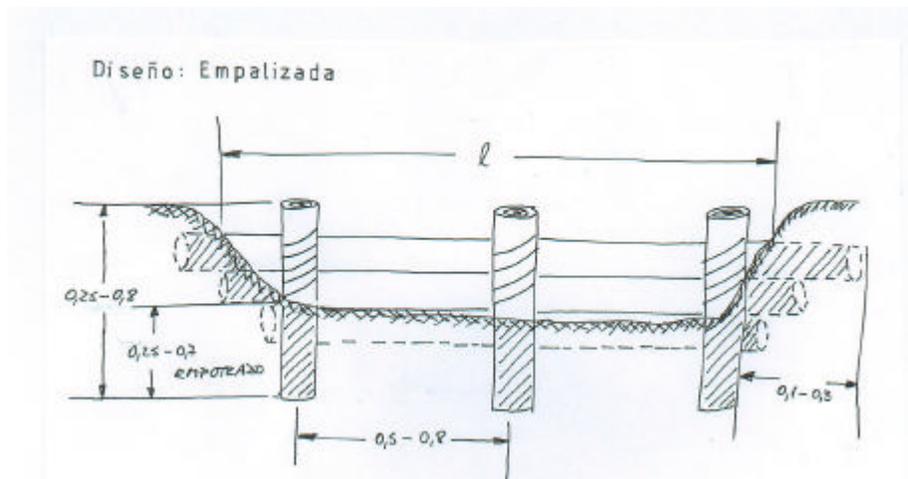
La distribución espacial de las zanjas de infiltración en el terreno, se efectuarán por hileras cada 2 surcos de plantación, trazados en las curvas a nivel, y entre las hileras, siempre y cuando sea posible a tresbolillo, con un distanciamiento mínimo entre hileras de 7m, y en la hilera de zanjas una separación o tabique que puede oscilar de 2m a 4m, dependiendo del terreno.

3.2 Tratamiento de regulación de flujos hídricos en cauces

3.2.1 Empalizadas:

Obras de regulación de flujos hídricos y contención de sedimentos en taludes y laderas inestables. Serán construidas con una altura de 0,35 metros y tendrán un largo variable de

3 a 10 metros. Para su construcción se utilizarán postes verticales impregnados de pino y horizontales de madera de eucalipto proveniente del sector. Para disminuir las filtraciones, en la parte posterior de la estructura, se cubrirá con malla de sombra (raschel) de 65% de cobertura.

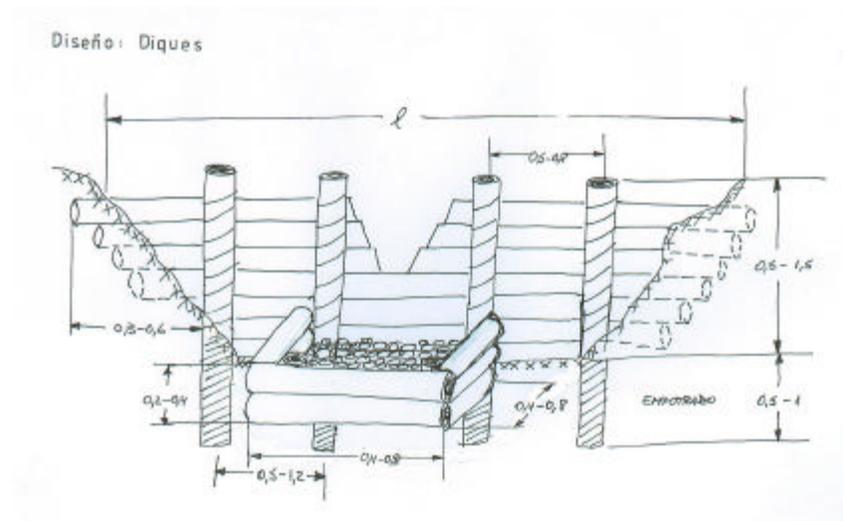


3.2.2 Diques de madera:

Tratamiento para control de cárcavas y de cursos de aguas secundarios, generalmente temporales, tales como arroyos, esteros y quebradas, que actúan por resistencia mecánica.

Se construirán diques utilizando postes de madera, dispuestos en sentido vertical (postes impregnados) y horizontal. Los postes verticales serán enterrados 0,5 metros y a una distancia horizontal de 0,8 metros. Los postes horizontales serán empotrados 0,3 metros. Para disminuir filtraciones, la estructura será cubierta en su parte

posterior con malla de polietileno "tipo malla sombra" (65% de cobertura mínima.). Para evacuar la descarga se construirá un vertedero de sección trapezoidal de 1/6 de la longitud del dique, se construirá además un dissipador de energía de un área aproximada de 1 mt².

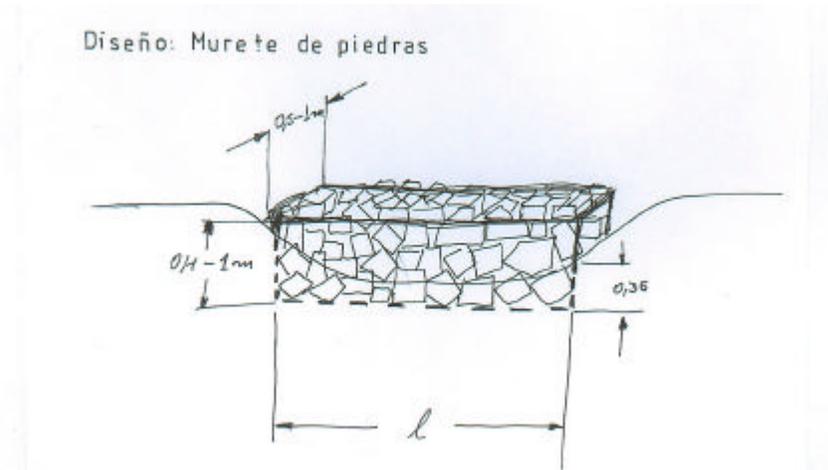


3.3 Obras lineales de laderas y taludes

3.3.1 Muretes de piedras:

Obra de control de taludes, de regulación de flujos hídricos y de retención de sedimentos en cursos de agua secundarios y temporales, tales como arroyos y quebradas menores y en laderas con erosión lineal de canalículos, zanjas y cárcavas. Esta estructura se sustenta por su propio peso y actúa por resistencia mecánica. Las piedras deben enterrarse 0,35 m como mínimo y sobreponerse imbricadas para formar el murete. El ancho fluctúa entre 0,5 a 1m, la altura efectiva entre 0,4 a 1m y la pendiente de talud y murete

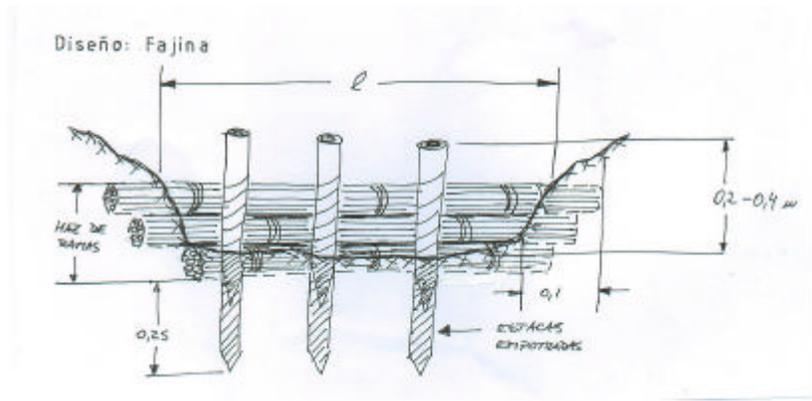
debe ser de 1:0,3. También, esta obra puede servir como fuente acumuladora de agua para una plantación, al construirse en forma de medialuna, rellenarse con tierra en su parte posterior y presentar una sección trapezoidal con pendientes de 1:0,3.



3.3.2 Obras Lineales (Fajinas):

Obra de regulación de flujos hídricos y de retención de sedimentos en taludes y en laderas inestables. Presenta una altura entre 0,20 a 0,40 m y un largo variable. En su construcción se utilizan estacas o rodrigones, como postes verticales, enterrados a 0,25 m como mínimo, y Fajinas (haz de ramas) para las líneas horizontales. Las Fajinas se alambran cada 0,5 a 1,0 m en la horizontal, según la flexibilidad del material. Las Fajinas se entierran a más de 0,1 m y se cubren en su parte posterior con malla tipo sombra (mínimo 65% de

cobertura. La distancia entre líneas dependerá del estado de degradación e inclinación del terreno.



IV. MANTENCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras requieren de una mantención regular, para asegurar un adecuado funcionamiento. Por lo tanto, el ideal sería que el propietario del predio realizara una mantención anual de las obras, no obstante, es posible realizarla cada 2 años, sin presentar mayores problemas en su funcionalidad, de manera de bajar los costos de esta actividad.

V. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS REALIZADAS

5.1 Forestación:

En la parcela N°1, se establecieron rangos de pendientes debidamente demarcados, sobre el 50% se considero como zona de protección, luego cerro abajo entre los 30 a 50%, se forestó con la especie Quillay a una densidad de 667 arb/ha(3x5), y entre los 10 a 30% se utilizó el método silvopastoral, forestando con Acacia saligna a una densidad de 400 arb/ha(5x5), también se forestó entre surcos con la especie Algarrobo y atriplex como planta forrajera para el secano.

La preparación del suelo se realizó con arado de vertedera tirado con caballo, donde se hicieron 2 pasadas por surco debidamente marcados con estacas a nivel. Se realizó un roce moderado por las líneas de plantación en las zonas mas altas sobre los 30% de pendiente con un ancho de 1 m por la línea dado la abundancia de trevo.

En la parcela N°2, actualmente se están efectuando los trabajos de roce y forestación por líneas separadas c/5m en las curvas a nivel, este sector posee exposición sur, en la parte menos húmeda entre los 10 a 50% de pendiente, se forestó con la especie Quillay a una densidad de 667 arb/ha, luego en el sector más húmedo, se forestó con la especie Robinia a la misma densidad.

VI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

| Actividades / semana | Agosto | | | | Septiembre | | | |
|------------------------|--------|----|----|----|------------|----|----|----|
| | 1º | 2º | 3º | 4º | 1º | 2º | 3º | 4º |
| Cercado del predio | x | X | | | | | | |
| Marcación de curvas | | | X | | | | | |
| Surcos con animal | | | | X | | | | |
| Zanjas de infiltración | | | | | X | X | | |
| Empalizadas | | | | | X | X | | |
| Fajinas (haz de ramas) | | | | | | | X | X |
| Muros de piedras | | | | | | | X | X |
| Roce | | | X | X | X | X | | |
| Forestación | | X | X | X | X | X | X | |
| Fertilización | | | | | | | X | X |
| Supervisión | X | X | x | X | x | X | X | X |

Rubén Miquel Wilson

Ingeniero de Ejecución Forestal

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Estudio Básico de Manejo, Restauración de Suelos y Control de Erosión. Cuenca Nilahue. VI región. 2000. Universidad de Concepción - Corporación Nacional Forestal.
- Tokugawa, K. Y Vargas, R. 1996. Informe Final de Control de Erosión.
- Morales, J. y Uzon, V. 1995. Recuperación de Suelos en Sistemas Productivos Campesinos de Chile Central. Experiencias prácticas para extencionistas. DEFOR.
- Francke, S. *et al.* 1998. Manual de Control de Erosión. Conaf - Jica.
- Francke, S. *et al.* 1999. Recuperación de Suelos Degradados en el Marco de la Nueva Ley de Fomento Forestal. Conaf.
- Solís, R. 1979-2001. Antecedentes climáticos, estación meteorológica de Litueche.
- Ciren, 1996. Estudio Agrológico de la VI región.
- Critchley, W. Y Siegert, K. 1996. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia, Tomo I: Bases Técnicas y Experiencias en Africa y Asia. Oficina Regional de la FAO para América latina y El Caribe.

VIII. ANEXOS

PLANOS DE LAS PARCELAS DEMOSTRATIVAS