

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAMIENTO DE CAMINOS RURALES APLICANDO EL USO DE MANO
DE OBRA COMUNITARIA, PARA LA OFICINA TÉCNICA DE
PLANIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN MARCOS, SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

LUDWING ERNESTO KROELL BARRIOS
ASESORADO POR EL ING. ALEJANDRO CASTAÑÓN LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de Lòpez
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

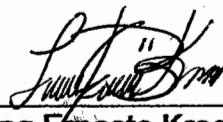
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano
EXAMINADOR	Inga. Dilma Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MEJORAMIENTO DE CAMINOS RURALES APLICANDO EL USO DE MANO DE OBRA COMUNITARIA, PARA LA OFICINA TÉCNICA DE PLANIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN MARCOS, SAN MARCOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 23 de septiembre del 2008.



Ludwig Ernesto Kroell Barrios

Guatemala, Noviembre de 2,008

Ingeniero:
Fernando Amílcar Boiton Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y
Transporte
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniero Boiton:

Por este medio estoy informándole que he revisado el trabajo de graduación titulado: **“MEJORAMIENTO DE CAMINOS RURALES APLICANDO EL USO DE MANO DE OBRA COMUNITARIA PARA LA OFICINA TÉCNICA DE PLANIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN MARCOS, SAN MARCOS”**, elaborado por el estudiante Ludwing Ernesto Kroell Barrios.

El mencionado trabajo de graduación llena los requisitos necesarios para dar mi aprobación, en tal virtud, lo doy aprobado, solicitándole darle el trámite respectivo.

Atentamente



Ing. Alejandro Castañón López
Cól. 7,022.
Asesor



Guatemala,
13 de enero de 2010

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **MEJORAMIENTO DE CAMINOS RURALES APLICANDO EL USO DE MANO DE OBRA COMUNITARIA PARA LA OFICINA TÉCNICA DE PLANIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN MARCOS, SAN MARCOS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Ludwing Ernesto Kroell Barrios, quien contó con la asesoría del Ing. Alejandro Castañón López.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transportes

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Alejandro Castañón López y del Coordinador del Área de Topografía y Transportes, Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez, al trabajo de graduación del estudiante Ludwing Ernesto Kroell Barrios, titulado MEJORAMIENTO DE CAMINOS RURALES APLICANDO EL USO DE MANO DE OBRA COMUNITARIA, PARA LA OFICINA TÉCNICA DE PLANIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN MARCOS, SAN MARCOS, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



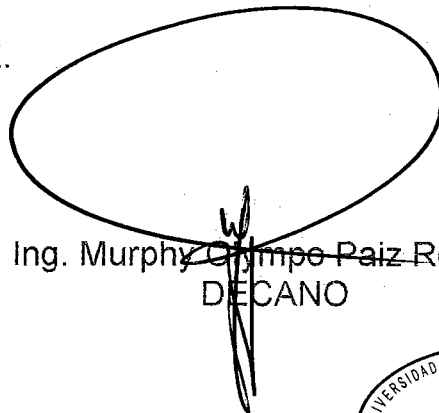
Guatemala, abril de 2010

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **MEJORAMIENTO DE CAMINOS RURALES APLICANDO EL USO DE MANO DE OBRA COMUNITARIA, PARA LA OFICINA TÉCNICA DE PLANIFICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN MARCOS, SAN MARCOS,** presentado por el estudiante universitario **Ludwing Ernesto Kroell Barrios,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, abril de 2010



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por su inmensa misericordia y haberme
iluminado en el entendimiento.

MIS PADRES

Ernesto Kroell López,
Rosario Janeth Barrios.

MIS HERMANOS

Wendy Karina, Ana Luisa,
Kristián Magdiel.

MIS SOBRINOS

Brandon y Wendolyn.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. INVESTIGACIÓN	
1.1 Monografía del lugar.....	1
1.2 Aspectos históricos.....	2
1.3 Ubicación geográfica.....	5
2. DEFINICIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN BASADA EN MANO DE OBRA COMUNITARIA.	
2.1 Actividades típicas.....	9
2.1.1 Limpieza del terreno.....	10
2.1.2 Excavación.....	13
2.1.3 Acarreo.....	16
2.1.4 Cargar, descargar y extender.....	18
2.1.5 Compactación.....	19
2.1.6 Colocación de alcantarillas.....	21
2.2 Métodos de trabajo.....	23

3. MÉTODOS DE PRODUCTIVIDAD (RENDIMIENTO).

3.1 Limpieza del terreno.....	29
3.2 Excavación.....	30
3.3 Acarreo.....	31
3.4 Cargar, descargar y extender.....	33
3.5 Compactación.....	34
3.6 Colocación de alcantarillas.....	35
3.7 Un ejemplo de actividades combinadas.....	36
3.8 Resumen.....	37

4. ASPECTOS BÁSICOS.

4.1 Topografía básica aplicada.....	41
4.2 Alineación horizontal de rectas.....	43
4.3 Alineación transversal.....	45
4.4 Alineación vertical.....	47
4.5 Chequeo de nivel de cunetas.....	51
4.6 Alineación de curva horizontal.....	52
4.7 Perfil longitudinal.....	54
4.8 Pendiente.....	56

5. ESTÁNDARES GENERALES.

5.1 Alineamiento.....	61
5.1.2 Alineamiento horizontal.....	61
5.2.3 Alineamiento longitudinal.....	62
5.2 Corona.....	62

5.3 Drenajes.....	63
5.3.1 Drenajes laterales (cunetas).....	63
5.3.2 Disipadores.....	64
5.4 Secciones transversales.....	65
5.4.1 Sección típica de terrenos planos.....	65
5.4.2 Sección típica para terrenos ondulados.....	67
5.4.3 Sección típica para terrenos montañosos.....	68
5.5 Actividades a desarrollar para el mejoramiento de caminos rurales.....	70
5.5.1 Secuencia lógica de las actividades a desarrollar para el mejoramiento de caminos rurales.....	70
5.6 Pasos para el establecimiento del movimiento de tierra.....	73
5.6.1 Terrenos planos.....	73
5.6.2 Terrenos ondulados.....	76

6. LEVANTAMIENTO FÍSICO.

6.1 Levantamiento físico en el campo.....	79
---	----

7. MÉTODOS DE COSTOS.

7.1 Cálculo de volúmenes y mano de obra.....	83
7.1.1 Actividades de limpieza de derecho de vía.....	83
7.1.2 Actividades de movimiento de tierra.....	90
7.1.3 Actividades de construcción de cunetas y formación de bombeo.....	94
7.1.4 Estructuras menores.....	97

7.1.5 Estructuras mayores.....	103
7.1.6 Actividades de revestimiento.....	104
CONCLUSIONES.....	113
RECOMENDACIONES.....	115
BIBLIOGRAFÍA.....	117
ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1 Ubicación geográfica.....	5
2 Departamento de San Marcos.....	6
3 Municipio de San Marcos.....	7
4 Limpieza de terreno.....	12
5 Excavación.....	14
6 Colocación de alcantarillas.....	22
7 Vista planta de un camino.....	41
8 Vista frontal de un camino.....	42
9 Sección transversal de un camino.....	42
10 Ejemplo grafico de alineación horizontal.....	45
11 Método 3, 4,5.....	47
12 Alineación vertical a través de T.....	48
13 Moviendo rectángulos.....	48
14 Nuevo nivel.....	49
15 Establecer nuevo nivel.....	50
16 Determinación del nivel longitudinal del camino.....	50
17 Chequeo entre niveles de cunetas.....	52
18 Ejemplo grafico alineación de curvas horizontal.....	54
19 Ejemplo grafico de un perfil longitudinal.....	55
20 Pendiente o desnivel entre dos puntos.....	57
21 Sección típica para terrenos planos.....	66
22 Sección típica para terrenos ondulados.....	67
23 Sección típica para terrenos montañosos.....	69
24 Terrenos planos.....	73
25 Terrenos ondulados.....	76
26 Cortes y rellenos.....	92

TABLAS

I	Características de limpieza de vegetación.....	12
II	Características de la excavación de suelos.....	16
III	Características del equipamiento de acarreo.....	17
IV	Herramientas para descargar, cargar y extender.....	19
V	Herramientas y equipamiento para compactación.....	21
VI	Herramientas para colocación de alcantarillas.....	22
VII	Referencia día = jornal.....	25
VIII	Tasa de limpieza del terreno – valores recomendados.....	29
IX	Tasas de excavación – valores recomendados.....	31
X	Tasa de acarreo en carretas – valores recomendados.....	32
XI	Tasa típicas de acarreo para equipamiento cargado manualmente.....	33
XII	Tasas para cargar, descargar y extender – valores recomendados.....	34
XIII	Tasas para la colocación de alcantarillas – valores recomendados.....	36
XIV	Combinaciones típicas de equipos/ mano de obra para revestimiento.....	37
XV	Resumen de valores recomendados.....	37
XVI	Ejemplo de cálculo de pendiente.....	58
XVII	Radio de curvas.....	62
XVIII	Alineamiento longitudinal.....	62
XIX	Revestimiento de caminos.....	63
XX	Espaciamiento de drenajes y su pendiente.....	64
XXI	Espaciamiento de disipadores y su pendiente.....	65
XXII	Cálculo de movimiento de suelo con una pendiente deseada del 12%.....	92

GLOSARIO

Alcantarilla

Es un tubo que permite el paso del agua de un lado a otro por debajo del camino. Estos tubos pueden ser de plástico, concreto, barriles, etc. y pueden tener forma redonda u cuadrada.

Alineación horizontal

Son todas las rectas y curvas que determinan la línea del camino. Por ejemplo: como la miraría un pájaro si estuviera volando sobre el camino.

Badén

Es una estructura simple de mampostería que sirve para hacer cruzar el agua de un lado a otro del camino.

Banco de material

Son áreas de terreno en donde cortamos o explotamos el balastre o material de revestimiento que sirve para cubrir la corona del camino.

Pendiente

Es la inclinación que existe entre dos puntos, expresada en porcentaje.

Bombeo

Es la pendiente transversal que se le da al camino del centro hacia los lados para asegurar la salida del agua de la corona y es lo que comúnmente se conoce como lomo de tortuga.

Corona

Es el área del camino que se reviste con material de banco y es por donde circulan los vehículos.

Corte transversal

Es un corte atravesado que se le hace un objeto por su parte mas angosta. Es como si el camino fuera cortado por una zanja de un lado a otro.

Cortes

Son excavaciones o arranques de material. Estos cortes se pueden realizar en zanjas, barrancos, bancos de materiales, etc.

Cunetas

Son zanjas que construyen a los lados del camino y sirven para captar y hacer salir las aguas que producto de las lluvias caen el camino.

Derecho de vía

Es el ancho total que tiene el camino con todas sus partes. El derecho de vía normalmente se mide cerco a cerco.

Desagüe

Son salidas de agua de las cunetas para llevarla fuera del camino.

Disipador

Es una trampa u obstáculo que se construye dentro de las cunetas o desagües. Esto sirve para detener la velocidad del agua y se puede hacer de piedras o madera.

Mantenimiento de camino

Es el cuidado que se tiene que hacer durante y después del mejoramiento del camino, esto asegura que se mantenga en buen estado de manera permanente. El mantenimiento puede consistir en limpieza de cunetas, alcantarillas, reparación de baches sobre la corona, etc.

Nivel

Es un instrumento sencillo que se usa para comprobar la horizontalidad de una superficie. Los niveles más comunes son una cuerda y de mano.

Perfil longitudinal

Nos representa las subidas, bajadas y partes planas de un camino.

Relleno

Es la colocación de material proveniente de cualquier corte, típicamente se usa rellenos para asegurar niveles apropiados.

Talud interno

Es el corte o chaflán que se hace entre el hombro del camino y la zanja rectangular. Este sirve para que el agua que cae sobre la corona del camino escurra hacia las cunetas.

Terracería

Es resultado de todos los cortes y rellenos que se hacen para dejar la superficie del camino pareja o plana.

Vista de planta

Esta vista es similar a la que un pájaro tendría si estuviera sobrevolando nuestro camino.

Rasante

Es el nivel definido verticalmente para la superficie nivelada del camino.

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
km.	kilómetro
m	metro
cm.	centímetro
m²	metro cuadrado
cm²	centímetro cuadrado
m³	metro cúbico
cm³	centímetro cúbico
1 kilómetro	1000 metros
1 metro	100 centímetro
1 centímetro	0.01 metro
1 metro cúbico	1 metro x 1 metro x 1 metro
1 centímetro cúbico	1 centímetro x 1 centímetro x 1 centímetro

RESUMEN

El presente documento está dirigido a la Oficina Municipal de Planificación, Ingenieros, Técnicos, quienes tienen ingerencia en la construcción de obras y actividades de mantenimiento de caminos rurales basadas en mano de obra.

El documento cuenta con información sobre la cabecera municipal de San Marcos y definiciones técnicas, de las actividades relacionadas con la construcción de caminos rurales, pero pueden ser aplicadas a muchas otras actividades basadas en mano de obra, tal como la provisión de agua, obras de riego, drenaje o conservación de suelos. Se desarrolla un promedio de tiempos de trabajo para cada actividad para el mejoramiento de caminos rurales.

Los diferentes temas que son del interés fundamental para buen desarrollo técnico y administrativo de los proyectos. Se describe ordenadamente todas las acciones, normas técnicas y estándares necesarios para mejorar caminos rurales con el método de mano de obra comunitaria.

OBJETIVOS

- **General:**

Elaborar un documento de referencia técnica para implementar el mejoramiento de caminos rurales con mano de obra comunitaria, que contenga lineamientos básicos para su desarrollo.

- **Específicos:**

1. Determinar cómo realizar los cálculos con instrumentos convencionales los trazos en el campo.
2. Especificar las características principales del camino como ancho de calzada, tipo de superficie de rodadura, topografía, obras de arte, etc.
3. Formar del conocimiento necesario a las comunidades de cada una de las actividades y los tiempos de trabajo que conlleva para involucrarlos.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de la ejecución de caminos rurales con el uso de mano de obra comunitaria, se ha elaborado con el objetivo que sirva como base para los que estén vinculados de manera directa en la ejecución física de proyectos de mejoramiento de caminos rurales.

De acuerdo a la investigación realizada, se detectó varias deficiencias en los trabajos de mantenimiento en los caminos rurales, cada una de las cuales no tienen codificaciones municipales pero tiene una actividad, una descripción, propósito y criterio para la ejecución, junto con mano de obra a utilizar, equipo necesario, materiales, herramienta y el procedimiento a realizar.

También se tiene para determinar el procedimiento a realizar el levantamiento físico de un camino rural y poder enseguida determinar los volúmenes de obra y el costo correspondiente.

1. INVESTIGACIÓN

1.1 Monografía del lugar

Nombre: Municipio de **San Marcos**, departamento de San Marcos.

El clima del municipio de San Marcos es frío, con una temperatura promedio de 12.4°C; oscilando entre una máxima de 19.0°C y una mínima de 5.7°C¹.

Con una precipitación pluvial de 2,138 milímetros, con 118 días de lluvias entre los meses de mayo y noviembre, y una humedad relativa media de 83%².

El idioma oficial del municipio de San Marcos es el español o castellano.

Las vías de acceso: el municipio de San Marcos cuenta con una vía principal, que es la Ruta Nacional 1, asfaltada, que comunica a San Marcos con la ciudad Capital, dicha ruta prosigue hasta la frontera con México enlazando en su trayecto con las carreteras Interamericana CA-1 e Internacional del Pacífico CA-2; así como las rutas nacionales 12-N y 12-S. El municipio tiene también carreteras, caminos y veredas que unen a las comunidades con la cabecera municipal y lugares circunvecinos.

¹Datos obtenidos de la Municipalidad de San Marcos

²Datos obtenidos de la Municipalidad de San Marcos

La población total para el año 2008, se estima un total de 46,540 habitantes; de esta población el 49% (22,805) son hombres y el 51% (23,735) son mujeres, de los cuales el 67% (29,320) está localizada en el área rural y el 33% (17,220) en el área urbana.

La población por origen étnico la mayoría de los habitantes de San Marcos, son de origen Mestizo o Ladino, sumando el 90.76% en el área urbana. En el área rural principalmente existen algunas comunidades de origen Indígena "MAM", las cuales ya no hablan su idioma nativo, constituyendo el 9.24%, de la población total.

La densidad poblacional el municipio de San Marcos presenta una densidad poblacional de 313 habitantes por kilómetro cuadrado.

La tasa de crecimiento poblacional del municipio de San Marcos, es de 2.52% anual, según datos proporcionados por la Dirección Departamental de Salud.

Las personas empadronadas el 39% de la población (14,902) son personas debidamente empadronadas, aptas para ejercer el derecho a voto, de estas 7844 son hombres y 7058 son mujeres.

1.2 Aspectos históricos³

Reseña histórica San Marcos fue fundado el 25 de abril de 1,533, día del arribo de la Colonia Militar, integrada por 50 hombres españoles que enviara el conquistador Pedro de Alvarado, al mando del Capitán Juan de León Cardona, con el propósito de extender los dominios a estos lugares.

³ Historia de Guatemala, Juan Antonio López, Pág. 64-70. Municipalidad de San Marcos, Oficina Municipal de San Marcos, revista Candacuchex Edición 39 Pág. 5-12.

Llegaron al bosque llamado “CANDACUCHEX” que significa “Tierra de frío”, los españoles se apoderaron de él, para vivir apartados de los aborígenes, ya que su desconfianza hacia ellos era fuerte.

En el punto dominante a la vista del pueblo, precisamente por donde hoy es el Cantón Santa Isabel, hicieron alto y dispusieron descansar; tomando las medidas necesarias para su seguridad, durante la primera noche que iban a pasar en estas tierras, levantaron su improvisado campamento militar y encendieron fogatas; pues a pesar de que estaban en plena primavera, para ellos el clima era adverso.

El 25 de septiembre de 1,675, el Oidor de la Real Audiencia Lic. Juan Bautista de Arqueola, distribuye las tierras bajo la idea latifundista, surgiendo San Marcos como barrio de Quetzaltenango, al estilo español.

El Padre Juarros, en su “Historia de Guatemala”, dice que el barrio de San Marcos, aldea de ladinos en la provincia de Quetzaltenango, fue mandado erigir por la Real Audiencia el año de 1,755.

Don José Luís García A., dice sobre la fundación de San Marcos lo siguiente: “Con la construcción de viviendas al estilo español y con la necesidad de encauzar la vida colectiva dentro de normas administrativas”, en el año 1,752 San Marcos representado por cuatro vecinos solicitó la instalación de su Ayuntamiento Municipal; iniciándose con esto la carrera política autónoma del pueblo y la actividad cívica de sus ciudadanos, principiando a figurar el apellido Barrios, para nominar a hombres que dedicaron su vida pública al nacimiento de la entidad de este nuevo pueblo.

Al distribuirse los pueblos del Estado de Guatemala para la Administración de Justicia por el Sistema de Jurados, adoptado en el Código de Livingstón y decretado el 27 de agosto de 1,836; San Marcos, fue adscrito al Circuito del Barrio; y fue elevado a la categoría de Valle por Decreto el 12 de noviembre de 1,825 y como tal, pasó a ser la cabecera del Distrito territorial de su nombre, el 3 de julio de 1,832. El censo fue levantado por el vecino Jesús del Castillo, el que dio por resultado la elección de la primera Municipalidad.

Los personajes que constituyeron la primera Municipalidad de San Marcos en 1,754 fueron: Alcalde Primero, Sebastián de Barrios; Alcalde Segundo, Fernando Rodríguez; Primer Regidor, Pedro Escobar; Mayordomo de Cabildo, Marcos de Rodas. El 16 de Marzo de 1,791, se produjo un terremoto y derrumbó el edificio de la Municipalidad. El 18 de abril de 1,797, el Arzobispo don Juan Félix de Villegas ordenó la construcción del nuevo templo católico; este duró hasta el 6 de agosto de 1,944, pues se desplomó a consecuencia de un nuevo terremoto.

El 30 de septiembre de 1,821, siendo el Alcalde don José Bonifacio Barrios, se reúne el ayuntamiento de San Marcos para jurar la Independencia Nacional, promoviendo una celebración con todo el pueblo. Por falta de medios de comunicación la noticia de la Emancipación Política Nacional llegó a los 15 días.

El 8 de mayo de 1,866, por Decreto Gubernativo se eleva el Distrito a Departamento.

El 16 de agosto de 1,898, asciende a Cabecera Departamental.

El 27 de noviembre de 1,933, el Decreto 477 dispone trazar una nueva población entre San Marcos y San Pedro Sacatepéquez, con el nombre: "LA UNION".

El 9 de febrero de 1,942, se establece un nuevo Municipio, con el nombre de San Marcos La Unión.

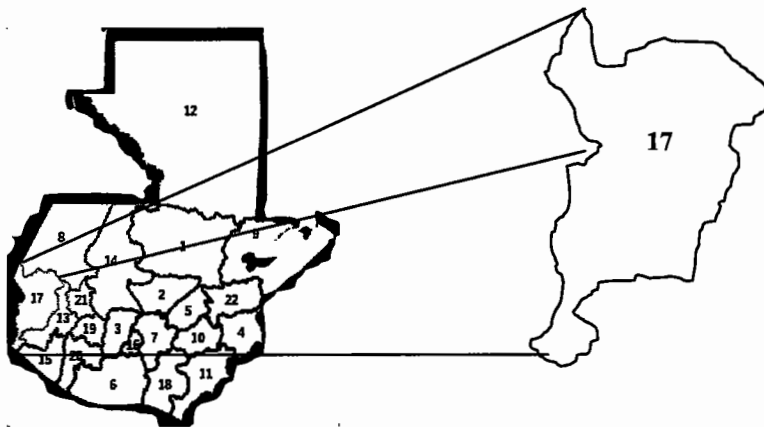
El 20 de julio de 1,945, desaparece del Departamento de San Marcos, el municipio de La Unión, para restablecer los Municipios de SAN MARCOS y SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ.

El 8 de mayo de 1,966, San Marcos celebra con júbilo el primer Centenario de su creación como Departamento.

1.3 Ubicación geográfica

Distancia a la capital a la cabecera departamental de San Marcos se encuentra a una distancia de 250 km.

Figura 1: Ubicación geográfica



1	Alta Verapaz
2	Baja Verapaz
3	Chimaltenango
4	Chiquimula
5	El Progreso
6	Escuintla
7	Guatemala
8	Huehuetenango
9	Izabal
10	Jalapa
11	Jutiapa
12	Petén
13	Quetzaltenango
14	Quiché
15	Retalhuleu
16	Sacatepéquez
17	San Marcos
18	Santa Rosa
19	Sololá
20	Suchitepéquez
21	Totonicapán
22	Zacapa

Fuente: www.zona.com/mapas

Límites territoriales municipales el municipio de San Marcos colinda al Norte con los municipios de Tajumulco (09), San Lorenzo (29); al Sur con los municipios de Esquipulas Palo Gordo (27), Nuevo Progreso (12), San Rafael Pié de la Cuesta (11) y San Cristóbal Cucho (25); al Este con el municipio de San Pedro Sacatepéquez (2); y San Lorenzo (29); y al Oeste con los municipios de San Pablo (19) y Esquipulas Palo Gordo (27).

Figura 2. Departamento de San Marcos

1	San Marcos
2	San Pedro Sacatepéquez
3	San Antonio Sacatepéquez
4	Comitancillo
5	San Miguel Ixtahuacán
6	Concepción Tutuapa
7	Tacaná
8	Sibinal
9	Tajumulco
10	Tejutla
11	San Rafael Pie de La Cuesta
12	Nuevo Progreso
13	El Tumbador
14	El Rodeo
15	Malacatán
16	Catarina
17	Ayutla
18	Ocos
19	San Pablo
20	El Quetzal
21	La Reforma
22	Pajapita
23	Ixchiguan
24	San José Ojetenam
25	San Cristóbal Cucho
26	Sipacapa
27	Esquipulas Palo Gordo
28	Rio Blanco
29	San Lorenzo

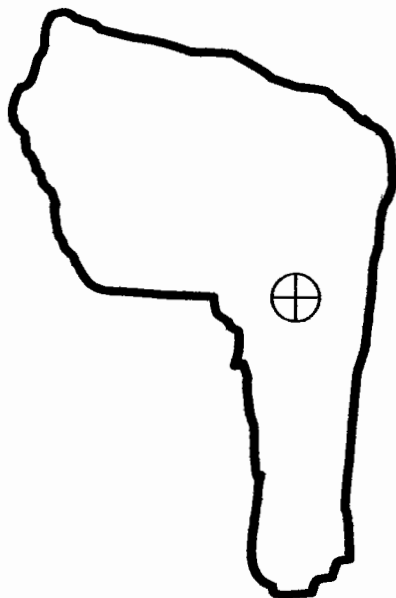


Fuente: www.zona.com/mapas

La extensión territorial del municipio de San Marcos, es de 121 kilómetros cuadrados.

El municipio está ubicado en el área de la Sierra Madre, en el Altiplano del país, Región VI Sur Occidental; con una **Altitud** de 2,398 metros sobre el nivel del mar, ubicado en la **Latitud** Norte de $14^{\circ} 57' 40''$ y una **Longitud** Este de $91^{\circ} 47' 44''$.

Figura 3: Municipio de San Marcos



Fuente: www.zona.com/mapa

Vertical line of text or artifacts on the left side of the page.

Vertical line of text or artifacts on the right side of the page.

2. DEFINICIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN BASADA EN MANO DE OBRA COMUNITARIA.

2.1 Actividades típicas

Toda actividad típica de una obra de ejecución en caminos rurales puede ser clasificada en actividades que son ejecutadas por un individuo o por una cuadrilla (grupo) de trabajadores si están equipados con las herramientas apropiadas para tareas simples por ejemplo (limpieza terreno, excavación, etc). Sin embargo, para realizar una comparación significativa entre proyectos y programas, en el programa municipal, el orden de los caminos en la lista de evaluación representa su prioridad de estudio y es el orden en que los trabajos serán realizados, han surgido algunas diferencias, las cuales tienen una explicación, que no todos los proyectos solicitados por las comunidades serán factibles económicamente y en ese caso, no existirá justificación económica para la construcción de los mismos.

Los parámetros especificados en el estudio original del Banco Mundial acerca de los métodos basados en mano de obra⁴; y los parámetros propuestos en el manual de planes de trabajo de la OIT⁵ basado en varios proyectos llevados a cabo en proyectos multisectoriales en países de América Latina y francófonos de caminos rurales en mano de obra comunitaria.

⁴ The study of labour and capital substitution in civil Engennering Construction, así como lo resumido en Coukis et al.: Labor-based construction programmes: A Practical guide for planning and management. Banco Mundial. 1983.

⁵ Standardised procedures for the presentation of work plans. OIT. Ginebra. septiembre 1990.

La actividad programada casi siempre patrocinada con otro renglón de trabajo, un buen ejemplo de esto es la operación de tomar material de una cantera para formar un dique en las cercanías. En los grandes proyectos de Perú, esto sería comúnmente descrito como una sola actividad: excavar, cargar, acarrear y descargar. Sin embargo en el resto de América Latina sería determinado como tres tareas discretas, excavación para almacenar, cargando en una carretilla, y acarreándolo al dique para descargarlo. En este documento, se tomara como una sola actividad como lo describe la Dirección General de Caminos de Guatemala.

Las principales actividades para este documento son definidas a partir del subtítulo (2.1.1). Como parte de las definiciones proporcionara una descripción de la variedad de obras en las cuales esta actividad es aplicada; las herramientas utilizadas; la forma en que la actividad es medida y la variedad de parámetros que puede ser usada para subsidiar la actividad aun más.

Las herramientas a utilizar en el proceso de construcción pueden ser definidas de diferente forma en distintas partes del mundo. Para este documento toda la herramienta manual se nombrará como se especifica en la guía de herramienta y equipo para la construcción de caminos basada en mano de obra⁶.

2.1.1 Limpieza del terreno⁷

La primera actividad de ejecución que se realiza después de los estudios preliminares (elaboración de proyecto y levantamiento físico o topográfico), cubre la remoción de todos los obstáculos antes que la excavación comience. En las actividades relacionadas con caminos, esto a menudo esta referido como “limpieza del área del camino” o “limpieza de vegetación”.

⁶ Guide to tools and equipment for labour-based road construction. OIT, Ginebra. 1982.

⁷ Ver figura Pág. 12.

Sin embargo, esta actividad abarca más obstáculos que solo los árboles. Como una definición general, incluye la remoción de rocas, edificaciones, árboles, arbustos, maleza, cultivos y la capa superficial que contenga cualquier materia vegetal que sea inapropiada para rellenar.

La dimensión de la limpieza vegetal puede diferenciarse considerablemente, de áreas semiáridas donde el trabajo de limpieza es insignificante a selvas tropicales lluviosas donde las sierras de cadena y los jaladores de vegetación pueden ser (desafortunadamente) necesarios remover grandes raíces de árboles. Las edificaciones excesivas no son un rasgo común en un proyecto rural, aunque pueden estar presentes en programas de mejoramiento urbano.

Para hacer este documento ha sido necesario hacer una evaluación subjetiva con la información recibida⁸ a efecto de incorporar los renglones de trabajo utilizados en la municipalidad. La limpieza de vegetación ha sido definida como ligera, mediana o densa; a lo que ha sido agregada la eliminación de raíces de árboles (donde un solo tronco excede los 20 cm. de diámetro) considerada en la tabla 1 como desenraizar y remover la capa superficial vegetal⁹.

Para referencia general, pueden usarse definiciones basadas en el tipo de herramienta necesario para la eliminación de vegetación, para identificar la densidad de este (ver Tabla I). Toda la limpieza es medida en metros cuadrados excepto árboles grandes y rocas, los cuales requieren la definición de tareas individuales.

⁸ Informes de memorias laborales, de Municipalidad de San Marcos conforme renglones de trabajo.

⁹ Algunas veces es referida como "limpieza de hierbas", aunque en operaciones de mantenimiento esto generalmente solo significa la eliminación de las raíces de las plantas.

Tabla I. Características de la limpieza de vegetación

Tipo de vegetación	Herramienta apropiada
Vegetación ligera	Machete, rastrillo
Vegetación mediana	Barreta, hacha, sierra
Vegetación densa	Hacha, sierra de cadena, jaladores de vegetación ¹⁰

Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 16.

Figura 4. Limpieza de terreno



Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 55.

¹⁰ Cualquier dispositivo para jalar directamente de la tierra por animales, tractores o tornos de operación manual, utilizando varias ayudas para jalar.

2.1.2 Excavación

Este trabajo consiste en la excavación, remoción, retiro, construcción, conformación, compactación y suministro e incorporación del agua requerida para efectuar estas operaciones; excavación de cunetas, contracunetas y su prolongación; afinamiento, acabado y terminación de todo el trabajo de terracería. El trabajo también incluye el retiro y reemplazo del material inadecuado que se encuentre en áreas inestables; remoción y prevención de derrumbes; excavación de bancos de préstamo aprobados, transportación del material dentro de la distancia de acarreo libre e incorporación del mismo a la obra¹¹.

La excavación se debe sujetar a lo siguiente¹²:

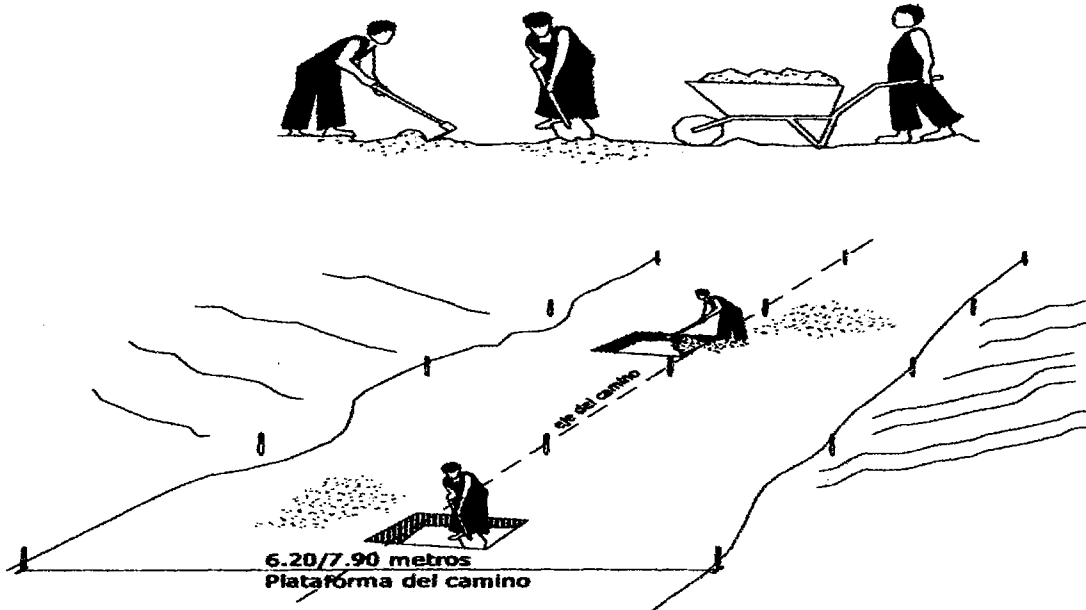
- Límites de la excavación.
- Excavación no clasificada.
- Excavación no clasificada de desperdicio.
- Excavación no clasificada para préstamo.
- Sub-excavación.
- Remoción y prevención de derrumbes.
- Cortes en roca.
- Contracunetas.

Aun la actividad de despedazar una roca, es hablando estrictamente, una excavación.

¹¹ Libro Azul DGC sección 203.02. Pág. 203-2 Excavación y Terraplenes.

¹² Libro Azul DGC sección 203.04 Pág.203-2 Excavación y Terraplenes

Figura 5. Excavación



Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 8.

Esta actividad puede ser usualmente llevada a cabo con un azadón o una pala, pero con materiales resistentes, llega a ser necesario una piocha, un pico o aun una barra pesada¹³.

Para fraccionar rocas puede utilizarse cinceles y martillos, pero para las que son rocas muy duras, la perforación y voladura serán necesarias¹⁴. Para suelos suaves, el trabajador solo requerirá una herramienta tal como un azadón o una pala, pero para suelos resistentes, cada trabajador necesitara estar equipado con dos herramientas, generalmente una piocha para desprender el material y una pala para sacarlo.

¹³ Este artículo se refiere a una barra de por lo menos 11kg y 1.8metros de longitud, con una punta plana y otra afilada, usada como herramienta de impacto.

¹⁴ Fuego y agua pueden ser muy efectivas pero puede ser una operación perjudicial para el medio ambiente debido a que a menudo se encuentran terrenos rocosos en áreas con escasa vegetación y frágil medio ambiente.

El método para eliminar el material excavado requiere estar bien definido en lo que se refiere a como se especifica la actividad. Varios proyectos esperan que el excavador (la persona que excava) cargue el material y lo transporte en una carreta, como parte de la operación. En otros casos se espera que el excavador “tire” el material fuera de los límites del camino, o en el centro de este, para contribuir a la formación del diseño de camino. La observación vista en un par de proyectos confirma que esta operación adicional no parece aumentar significativamente el esfuerzo requerido. De esta manera, los parámetros de la excavación están definidos con la inclusión de la carga o tirada, dado que no se tenga en cuenta una elevación¹⁵ de más de un metro, o una tirada de más de cuatro metros.

El parámetro más importante para la excavación es la resistencia del material (Ver tabla II para su clasificación). Esto puede alterar la productividad esperada en un factor de cuatro o mayor. Los materiales son generalmente descritos como suaves, medianos, duros, muy duros o rocas y estos términos son usados en la comparación de la información de diferentes proyectos. Como con la definición de la limpieza de la obra, la descripción más práctica es la herramienta requerida, pero las descripciones de suelos son términos generalmente aceptados por los especialistas de suelos.

Toda excavación es medida en metros cúbicos de material in situ (en el lugar).

¹⁵ “Elevación” es un parámetro bien descrito en la literatura refiriéndose a la altura a la cual el material debe ser subido para cargarlo o eliminarlo. Labor-based construction programmes.

Tabla II. Características de la excavación de los suelos

Definición de la Actividad	Descripción del suelo		Herramienta apropiada
	Cohesionado	No cohesionado	
Suave	Suave	Muy suelto	Excavado muy fácilmente con un azadón o pala
Mediano	Firme	Suelto	Puede ser excavado con una pala
Duro	Rígido	Compacto	Azadón o piocha
Muy duro	Muy rígido o duro	Denso o muy denso	Una barra es necesaria además de un pico
Roca	Roca	Roca	Un martillo pesado y cinceles se requieren

Fuente: Tasas de Productividad página 8¹⁶

2.1.3 Acarreo

El acarreo es un costo-efectivo cuando se lleva a cabo manualmente solo para distancias¹⁷ de hasta 150metros. Para distancias mayores, llega a ser necesario el uso de maquinaria. Generalmente cargarlo en carretas es el método mas efectivo hasta los 150metros, después de este punto la carreta no es lo más apropiado.

¹⁶ Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OIT, folleto 2 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III.

¹⁷ Se refiere al transporte del material excavado ya sea para deshacerse de el o para cualquier otro uso.

La condición de la ruta de acarreo y de la altura de la cual el material debe ser movido, casi siempre referido como “elevación”. Similarmente, donde las carretas son usadas, donde la utilización de la carreta es necesaria para hacer un trabajo de acarreo más fácil.

El acarreo con equipamiento es generalmente llevado a cabo por una combinación vehículo/remolque para distancias de hasta cinco kilómetros, y con camiones de allí en adelante. Sin embargo, es una pauta grande y necesita ser probada para circunstancias particulares.

La tabla III presenta la distancia de acarreo y capacidad para equipamiento típico usados en proyectos, basados en mano de obra comunitaria. Todo el acarreo es medido en metros cúbicos de material suelto para una distancia específica de acarreo.

Tabla III. Características del equipamiento de acarreo

Equipamiento de acarreo	Distancia de acarreo recomendada	Capacidad
Saco en la espalda	4-50	0.02 m ³
Carreta	25-150	0.08 m ³
Carreta de tracción animal	100-500	0.70 m ³
Vehículo y remolque	250-5000	3-3.5 m ³
Camión de volteo	2000 hacia arriba ¹⁸	5-6 m ³

Fuente: Tasas de Productividad, página 9¹⁹

¹⁸ La distancia a la cual el camión de volteo llega a ser mas económico depende bastante de las condiciones de la obra y la disponibilidad del equipamiento. Estos deben ser analizados cuidadosamente antes de realizar costosas adquisiciones o contratos de alquiler a largo plazo.

¹⁹ Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OIT, folleto 2 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III.

2.1.4 Cargar, descargar y extender

Como se ha notado en las secciones anteriores de los subtítulos del 2.1.1 a 2.1.3, estas actividades son a menudo combinadas con las otras como una sola actividad. La carga es generalmente parte de la actividad de excavación donde no se considera el doble manipuleo del material y las elevaciones son de menos de un metro²⁰. Similarmente a la carga, la descarga y el extender son corrientemente incluidas con la actividad de acarreo cuando el material esta siendo obtenido de una cantera para el revestimiento de un camino con grava. Sin embargo, es importante tener información sobre estas actividades por separado, tal que un proyecto pueda desarrollar sus propias tasas.

Carga se refiere a la carga de una pila de material excavado previamente, y puede ser aplicado para cualquier material a moverse. Sin embargo, se debe recordar que si el material se deja paralizado por un periodo considerable y sujeto a la humedad y secadonse, necesitara nuevamente ser soltado, lo cual constituye una nueva tarea de excavación. Cuando la carga hay que levantarla después de un metro es muy dificultosa por métodos manuales, y los puertos de carga deben ser remodelados para evitar este problema. La carga se mide como material suelto en metros cúbicos-kilómetro.

Descarga es probablemente la actividad tradicional entre aquellos proyectos basados en mano de obra comunitaria dentro de la ingeniería civil. Este hecho no se refiere al uso de las carretas, pero si al vaciado de remolques o camiones no de volteo. Por la gran cantidad de problemas experimentados con pequeños remolques volteables operados hidráulicamente, muchos de los proyectos han encontrado que es preferible desarrollar remolques rígidos conformados especialmente, los cuales pueden ser fácilmente vaciados a mano.

²⁰ Libro Azul de la DGC sección 203.05. Pág. 203-2 Excavación y Terraplenes.

Extender se refiere a toda actividad de convertir suelo o grava suelta descargada en una superficie de camino lisa y nivelada. Esto incluye movimiento de material con palas, azadones, rastrillos y el uso de dispositivos de nivelación tales como la tabla de combadura y cuerdas. El extender puede ser medido en metros cúbicos de material desagregado o en metros cuadrados de material para un grosor específico.

La tabla IV. Lista las herramientas manuales típicas usadas por estas actividades.

Tabla IV. Herramientas para cargar, descargar y extender

Actividad	Herramientas apropiadas para la actividad
Cargar	Pala de mango corto o largo
Descargar	Pala de mango corto o largo
Extender	Pala, azadón, rastrillo, martillo pesado ²¹ , tabla de combadura, cuerdas.

Fuente: Tasas de Productividad, página 10²²

2.1.5 Compactación

Generalmente, la compactación no es recomendable hacerlo por medios manuales para trayectos largos de camino. La mayoría de las investigaciones y ensayos de laboratorio de suelo, como el triaxial han mostrado que no es posible conseguir un impacto suficiente para obtener alguna diferencia significativa en la densidad del material del pavimento. La compactación debe llevarse a cabo mediante equipo remolcado o autopropulsado; o en algunas circunstancias, el trayecto puede ser dejado abierto al tráfico para su compactación²³.

²¹ Para quebrar trozos de material que sean muy grandes.

²² Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OIT, folleto 2 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III.

²³ El boletín ASIST No 3, agosto de 1994, brinda una visión general de las investigaciones sobre alternativas de compactación.

La compactación manual puede ser usada para el relleno en estructuras de drenaje o en operaciones de mantenimiento (tales como llenado de baches) usando apisonadores (mazos) manuales. El camino es mejor compactado con un rodillo vibrador de operación pedestre de 1.25 toneladas o rodos remolcados con un peso muerto de una o dos toneladas. La compactación manual es especificada en metros cúbicos de material compactado y la compactación con equipamiento en metros cuadrados.

La mayoría de los proyectos basados en la mano de obra producen un máximo de 500 a 1000 metros cuadrados de sub-base o revestimiento por día y el equipamiento debería ser basado en este resultado. El equipo pesado usado en la de construcción para compactación tendrá una producción más alta que la mano de obra, por lo que será, una gran medida, subutilizada. Inversamente, el equipamiento de pequeña escala puede demostrar ser muy poco confiable el trabajo de ocho horas cada día, todos los días. No está diseñado para eso. En esta situación un equipo de repuesto debe estar disponible, al menos con capacidad suficiente para mantener los índices de utilización por debajo de las cuatro horas diarias.

La tabla V especifica las herramientas y equipo típicos utilizados para la compactación en los proyectos basados en mano de obra comunitaria.

Tabla V. Herramientas y equipamiento para compactación.

Actividad	Herramientas/Equipamiento	Peso típico de la unidad
Compactación manual	Apisonadora manual	7.5kg
Compactación con equipo	Rodillo vibrador de operación pedestre	1.25 toneladas
Compactación con equipo	Rodillo remolcado con peso muerto	1.0 – 2.0 toneladas ²⁴
Compactación con equipo	Rodillo vibrador remolcado	600kg

Fuente: Tasas de Productividad, página 11²⁵

2.1.6 Colocación de alcantarillas

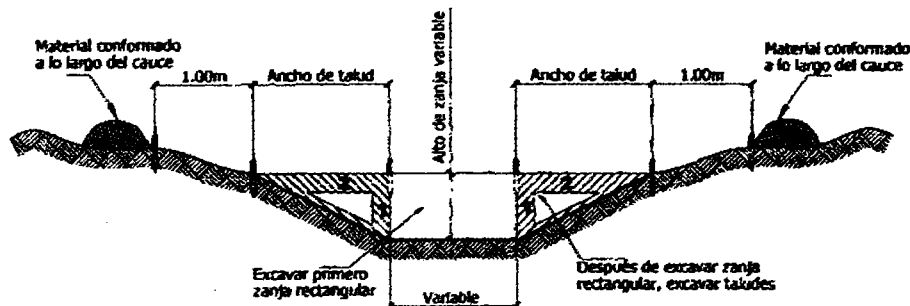
La colocación de alcantarillas es la operación común de drenaje menor que puede ser especificada como una sola actividad. Las actividades mas complejas tales como el levantamiento de muros de retención, proporcionar badenes de concreto, o la instalación de pequeños puentes son mejor divididos en sus partes componentes.

Los tipos de alcantarillado pueden variar dramáticamente de proyecto en proyecto. Para la ejecución se está asumiendo que las tuberías son de concreto prefabricados o las secciones de tubería de hierro galvanizado están listas y disponibles en la obra donde sea necesario colocarla y que la operación de esta obra consiste en la excavación, la colocación de material de fondo o lecho, colocación y relleno de los segmentos de tubería, y la construcción de paredes cabeceras flujo arriba y flujo abajo.

²⁴ Un rodillo de una tonelada no puede producir resultados adecuados para todos los suelos, y puede necesitar compactar capas de 75mm en lugar de 150mm. Un rodillo de dos toneladas es más confiable, pero es muy pesado para su desplazamiento.

²⁵ Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OIT, folleto 2 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III.

Figura 6. Colocación de alcantarillas



Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 65.

El conjunto típico de herramientas para el equipo de colocación de alcantarillas es mostrado en la tabla VI de abajo.

Tabla VI. Herramientas para colocación de alcantarillados.

Herramientas generalmente requeridas para el equipo de colocación de alcantarillas ²⁶
Pico y pala para cada uno, mas 5 barras, 5 carretillas, 5 martillos pesados, 5 apisonadoras manuales, barras de nivelación, y cuerdas.

Fuente: Tasas de Productividad página 11²⁷

²⁶ Todo concreto o mortero puede ser mezclado efectivamente a mano. Sin embargo, donde el concreto de alta calidad es importante, mezcladoras manuales están disponibles.

²⁷ Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OIT, folleto 2 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III.

2.2 Métodos de trabajo

En toda la construcción de caminos rurales basada en mano de obra comunitaria, hay muchas referencias a *trabajo por día (plazo fijo)*, *trabajo por tarea (por tiempo indefinido)* y *trabajo por jornal (Obra determinada)*. Estos son conceptos muy simples, pero desafortunadamente a veces son definidos de diferente manera por diferentes proyectos. Esto puede traer una confusión considerable cuando se compara información de lugares diferentes.

Trabajo por día (Unidad de tiempo) significa simplemente que el trabajador es remunerado con una tasa fija por estar presente en la obra una jornada completa de trabajo, la cual es generalmente de ocho horas de labor. La cantidad de trabajo producido depende enteramente de la habilidad del supervisor para estimular al trabajador y de la propia motivación de este y su sentido de responsabilidad. En muchas circunstancias, esto puede conducir a una productividad muy baja, especialmente con personal permanente que no tiene particular incentivo para trabajar fuerte. Saben que se les pagará (generalmente muy poco) si trabajan o no.

Trabajo por asignación (obra determinada) es un método de definir el trabajo, generalmente preferido por el sector privado. A los empleados se les asigna una cantidad de tareas por una tasa de pago acordada. Las tareas que realizan son medidas; cuanto más producen; más se les paga. Este enfoque puede dar una muy alta productividad, pero también puede resultar en explotación, especialmente cuando la tasa de pago es muy baja. Los empleados eventuales muy pocas veces están en una buena posición para negociar tasas favorables. La situación más peligrosa es cuando los empleados tienen que trabajar por muchas largas horas para conseguir así una tasa salarial de subsistencia.

Trabajo por tarea (tiempo indefinido) se desarrollo en proyectos donde los trabajadores estaban sujetos a regulaciones gubernamentales, lo cual significa que no podían ser remuneradas mas allá del sueldo establecido por el gobierno un día de trabajo. Algún otro incentivo tenía que ser proporcionado. Estableciendo una tarea realista o una cantidad de trabajo a ser contemplada en un día, significa que los trabajadores pueden trabajar tan duro como ellos quieran, y entonces ir a sus hogares y hacer otras tareas. Las tareas son establecidas generalmente para que sean cumplidas en un 70 por ciento de la jornada de trabajo (una jornada de trabajo se asume de 8 horas), pero a menudo son contempladas en el 50 por ciento del día de trabajado (es decir cuatro horas).

Las variaciones de las tareas pueden ser individuales o por grupo, donde es necesario el trabajo para grupos de personas en lugar de individuos. Esto es realizado donde la naturaleza requiere la cooperación de un equipo, por ejemplo en la excavación y carga del material en los camiones o remolques. No hay una diferencia básica en el concepto, y la cantidad de la tarea generalmente es un simple múltiplo de las tareas individuales de grupo.

El error más común es confundir el trabajo por tarea con el trabajo por asignación, mediante el establecimiento de más de una tarea por día. Si un proyecto esta en la situación de poder pagar una tasa variable al trabajador de acuerdo a sus resultados, entonces esto puede ser considerada trabajo por asignación. No hay problemas con el establecimiento de tasas de productividad basadas en la tarea diaria recomendada, entonces pagar por más trabajo sobre una cantidad. Sin embargo, el proyecto debe entonces establecer exactamente la cantidad de trabajo completada, con la aprobación del trabajador. En este caso el procedimiento debe ser claramente reconocido y haber un salario mínimo que debe ser pagado si por alguna razón justificable el resultado del trabajador es bajo (es decir la tarea era demasiado difícil). Nunca debe ser necesario trabajar más de ocho horas en un día para conseguir un salario básico diario.

Tabla VII Referencia día = jornal

	Tarea	Cantidad de horas	Meta
Trabajo por día ²⁸	Independiente	8	70%
Trabajo por Asignación ²⁸	Independiente	8	100%

Tasas de Productividad, página 13²⁸

²⁸ Ver Artículo 25 y 88 del Código de Trabajo de Guatemala donde se da las definiciones de cada uno de estos.

Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OIT, folleto 2 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III.

3. MÉTODOS DE PRODUCTIVIDAD (RENDIMIENTO)

Para poder producir esta información se hicieron las siguientes anotaciones:

- a. Fue circulado en el altiplano²⁹ y boca costa, un cuestionario dirigido a obtener información de proyectos activos que estuviesen basados en mano de obra comunitaria;
- b. A partir de información documental sobre este tema, se llegó a conocer los rendimientos actuales para América Latina y,
- c. Luego se comparó los datos de productividades entre ambas fuentes, determinándose así la mediana como un valor recomendado.
- d. Adicionalmente un número de documentos fue consultado para obtener información de proyectos terminados y proyectos de otras regiones³⁰.

En la selección de tasas de rendimiento fue difícil debido a que los proyectos seleccionados en el formato no usan las mismas definiciones para las actividades, particularmente con respecto a la dificultad de trabajar con diferentes tipos de suelo. Sin embargo, los promedios de las productividades han sido determinadas por los resultados obtenidos en el campo.

²⁹ Formato de municipalidad de San Marcos sobre estadística municipal.

³⁰ Tajgman, D & de Veen, J. Programas de infraestructura intensiva de Empleo: Políticas y Prácticas laborales. OIT, Ginebra, 2000. Ref. No. 140003.

De esta información, se ha calculado el valor de la mediana³¹ para cada actividad. Para dar a este un valor de contexto, se ha incluido la cifra promedio equivalente normal del programa de la Secretaria de Investigación Económica Centroamericana (SIECA). Este programa fue originalmente uno de los más investigados de la región, y da una buena idea de que puede ser conseguido con una supervisión detallada y una fuerza de trabajo bien motivada.

Cálculo de rendimiento por medio de la Mediana³²

$$\frac{N_1+N_2}{\text{No. Datos}}$$

N₁ = Dato uno

N₂ = Dato Dos

Cuando una de las tasas de productividad, es importante apreciar que, no obstante que puedan ser la base para establecer las tareas, la cantidad actualmente lograda es casi siempre menor que la tarea establecida. Esto puede ser combinado por una medición posterior del trabajo. Enfermedades, mal tiempo, y obstáculos inesperados, todo ello contribuye a reducir los resultados.

³¹ El valor de la mediana ha sido usado en lugar del valor promedio, en la medida que el número de datos fue limitado y la mediana elimina los datos extremos y anómalos. El promedio es la suma de un grupo de valores dividido entre su número. La mediana es el valor de los dos números medios de una serie de cantidades.

³² Leer referencia 28. Ver ANEXOS ejemplo de cómo se calcula el valor para los rendimientos.

3.1 Limpieza del terreno

Las cifras de la tabla IX son comparadas las tasas de productividad de la mediana de otros países, con la información original de la SIECA y pruebas de campo, lo cual nos da un valor recomendado promedio para cada actividad. La mediana para la limpieza de vegetación y las hierbas es muy baja al compararse con las cifras originales de la SIECA y con la productividad medida en varias pruebas de campo. En vista de esto y la simplicidad relativa de la actividad, se recomienda cifras un poco más altas que la mediana como punto de partida. La información del desraizado no es suficiente para hacer alguna recomendación. La mayoría de los proyectos parecen confiar en la experiencia del capataz para establecer tareas apropiadas para esta actividad.

Tabla VIII: Tasa de limpieza del terreno – valores recomendados

Mediana y promedio de productividad por tipo de vegetación m ² por día de trabajo					
	Vegetación densa	Vegetación mediana	Vegetación ligera	Limpieza de hierbas	Desenraizar
Mediana de los países	50	125	275	100	1
Pruebas de campo ³³	105	209	311	209	-
SIECA	220	340	480	173	-
Valor recomendado³⁴	100	200	350	175	Según experiencia

Tasas de Productividad página 14 y Tomo III de SIECA³⁵

³³ Información obtenida del muestreo de proyectos de caminos rurales basados en mano de obra en el altiplano y boca costa.

³⁴ Valor recomendado es un promedio obtenido de los tres valores anteriores de la tabla.

3.2 Excavación

En un estudio realizado de productividad para la excavación se dieron resultados de productividad de hasta 9 y 7m² por día respectivamente para suelos clasificados como de suave o mediana facilidad de operación. Sin embargo, esta clase de actividad tiende a ser variante dependiendo el tipo de clima, y si sus trabajadores están acostumbrados a niveles de trabajo alto, lo cual no se acepta en Guatemala.

Las tasas de productividad de Guatemala están (6m²)³⁶ por día y consistentemente casi igual a otros países de América en todas las actividades. Es interesante notar que la información es de un proyecto relativamente nuevo, bajo supervisión y monitoreo cercano. Habiendo dicho eso, los trabajadores están cumpliendo sus tareas en 70 y 80 por ciento de la jornada normal, entonces estos niveles deben ser generalmente aceptados.

Los resultados medianos pueden ser comparados con los resultados de recientes pruebas y las tasas de productividad originales del SIECA. Es notable que la información de varias pruebas para suelos suaves, medianos y duros esté muy dispersa, con cantidades improbablemente altas para suelos muy duros. Esto probablemente refleja una falta de atención a las condiciones de la obra entre los supervisores para determinar rendimiento.

³⁵ Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OTI, folleto 2 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III este es un promedio.

³⁶ Tomado del Tomo III SIECA. Como Referencia para Centro América.

Tabla IX. Tasas de excavación – valores recomendados.

Mediana y promedio de productividad por clasificación de suelos m ² por día de trabajo					
	Suave	Mediano	Duro	Muy duro	Roca
Mediana de los países	5.00	3.50	2.75	2.00	0.75
Pruebas de campo	3.6	3.2	3.45	2.2	0.8
SIECA	5	4.5	3	2	0.9
Valor recomendado	5.0	3.5	3.0	2.0	0.8

Fuente: Tasas de Productividad página 15 y Tomo III de SIECA³⁷

3.3 Acarreo

Las tasas de productividad de la SIECA de algunos proyectos de caminos ya no usan este enfoque como lo consideran inefectivo, confinando en materiales adyacentes para todos sus requerimientos de relleno. Sin embargo, muchos otros proyectos de infraestructura, particularmente proyectos de conservación de suelos, agua y proyectos urbanos, harán mucho mayor uso de esta actividad. Por lo tanto, ha sido decidido mantener las tasas recomendadas en el nivel más alto del rango. Estas cantidades son aceptables, pero requiere que la operación sea bien establecida, particularmente en cuanto a las condiciones de la ruta de acarreo. La información³⁸ ha demostrado que una pobre ruta de acarreo puede reducir a la mitad de productividad.

³⁷ Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OIT, folleto 2 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III.

³⁸ Coukis et al 1983. Obr. Cit.

Tabla X. Tasa de acarreo en carretas – valores recomendados

Mediana y promedio de tasas para acarreo en carreta por distancia de acarreo m ² por día de trabajo						
	0 – 20m	20 – 40m	40 – 60m	60 – 80m	80 – 100m	100 – 150m
Mediana de los países	8.4	7.0	6.7	5.6	5.2	4.2
Pruebas de campo	5.3	4.6	4.6	4.3	4.2	4.1
SIECA	13	9.5	8	6	6	3.9
Valor recomendado	8	6.5	6	5	5.0	4.5

Fuente: Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OIT, folleto 2. Pág. 16 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III.

La productividad del acarreo con equipo depende en gran medida de la eficiencia de los equipos de carga. Sin embargo, la condición de la ruta de acarreo y el tipo de equipo también juegan un importante papel, así también la organización de las áreas de carga y descarga.

Para ayudar al encargado, se ha proporcionado una tabla que da el número de viajes que se puede esperar en un día tanto de un camión de volteo pequeño, así como de la combinación de un carretón. Cantidades no han sido incluidas aquí, dependiendo de la capacidad del camión (generalmente 5m³ del material suelto) o del remolque (generalmente 2m³ de material suelto).

Tabla XI. Tasas típicas de acarreo para equipamiento cargado manualmente

Condición de la ruta de acarreo	Buena					Promedio					Pobre				
	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
Distancia de acarreo (Km.)	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
Viajes por día por camión	22	19	16	11	8	18	15	12	8	6	16	12	10	7	5
Viajes por día combinación vehículo/remolque	20	12	8	6	4	18	11	6	5	4	16	9	4	4	3

Fuente: Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OIT, folleto 2, Pág.18 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III.

3.4 Cargar, descargar y extender

La tasa mediana no se diferencia marcadamente de aquellas establecidas por el programa original SIECA, aunque las pruebas muestren productividades ligeramente mas bajas logradas por la carga y el extendido. Si un remolque de volteo hidráulico o camión son usados, entonces la actividad de descarga manual no es requerida.

Tabla XII. Tasas para cargar, descargar y extender – valores recomendados

Tasa de productividad mediana y promedio m ² por día de trabajo			
	Cargar	descargar	extender ³⁹
Mediana de los países	8.5	10	13.5
Pruebas de campo	6.5	11	12
SIECA	8.5	-	13.5
Valor recomendado	8.5	10	13.5

Fuente: Tasas de Productividad pagina 17 y Tomo III de SIECA⁴⁰.

3.5 Compactación

Resultados satisfactorios sobre compactación no se obtuvieron debido a la dificultad que se encontró sobre los diferentes formas de obstáculos:

- i. Diferentes tipos de suelo (roca, arcilla, limos, o una combinación de estos).
- ii. Tipo de clima.
- iii. Equipo disponible.
- iv. Herramientas.
- v. Consolidación del suelo mediante el tráfico.

³⁹ Las actividades del extendido son frecuentemente especificadas en metros cuadrados, particularmente si la actividad es extender el material excavado en las cunetas laterales para formar la combadura. Si esta medida es preferida, simplemente divida la tasa entre el espesor promedio. De esta manera un espesor promedio típico de 0.15metros de una tasa de extendido de 90m² por día de trabajo.

⁴⁰ Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OIT, folleto 2 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III.

- Como fue descrito en la sección (2.1.5) de este documento, la compactación manual es solo recomendada para relleno u otras operaciones menores. No es efectiva para la consolidación de la plataforma. Adicionalmente, los datos de equipamiento deberían ser combinados si diferentes tipos de equipo son usados. Equipo vibratorio más pesado necesitara menos pasadas. Inversamente, equipo no vibratorio y de peso más bajo puede necesitar más pasadas o capas de material más fina por pasada.
- Datos existentes del rendimiento de tal equipo no es muy confiable, dado que han sido publicados muy pocos ejemplos de pruebas científicas rigurosas⁴¹.

La mayor parte de equipos ligeros han consistido de dispositivos fabricados localmente y por única vez, usados en circunstancias donde las facilidades para las pruebas de suelos no estaban disponibles.

3.6 Colocación de alcantarillas

La obtención de resultados disponibles sobre la colocación de alcantarillas en metros lineales o un control específico para el trabajo de concreto u albañilería no existen en Guatemala o Centro América lo cual nos lleva a no tomarla en cuenta, pero algunas pruebas recientes en otros países han sido llevadas a cabo, mostrando resultados significativas más bajas logradas para el trabajo de concreto y albañilería. Sin embargo, basándose en otra lectura, es recomendable mantenerse cerca de la tasa especificada.

⁴¹ Boletín ASIST No. 3, agosto 1994, brinda una vista de las investigaciones sobre los equipos ligeros de compactación.

Tabla XIII. Tasas para la colocación de alcantarillas – valores recomendados

	Actividad		
	Instalación de alcantarillas m por día de trabajo	Concreto m ² por día de trabajo	Albañilería m ² por día de trabajo
Mediana de los países	0.9	1.13	1.3
Pruebas de campo	0.95	0.6	0.6
Valor recomendado	0.9	1.0	1.0

Fuente: Tasas de Productividad página 19 y Tomo III de SIECA⁴²

3.7. Ejemplo de actividades combinadas

Usando las tasas de productividad, el técnico o capataz puede combinar actividades de una operación y derivar combinaciones de trabajadores y equipo. Este basado en el uso de un Pick-up con un remolque sobre una ruta de acarreo de calidad promedio con trabajadores funcionando bajo el sistema de trabajo por tarea, excavando en material duro.

El ejemplo es sacado del manual técnico del MRP y SIECA, el cual tiene un gran número de tablas útiles para estimaciones de los requerimientos de equipos y mano de obra comunitaria basada en más de veinte años de experiencia.

⁴² Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OTI, folleto 2 y manual de caminos rurales de SIECA, tomo III.

Tabla XIV. Combinaciones típicas de equipos/mano de obra para revestimiento.

Distancia de acarreo	Carga por día	Volumen total	Trabajadores por transporte			
			Km.	Unidad	m ² suelto	Excavar
0 a 2	18	54	18	7	8	4
2 a 4	11	33	11	4	4	2
4 a 6	7	21	7	3	2	2
6 a 8	5	15	5	2	2	1
8 a 10	4	12	4	2	1	1

Fuente: Tasas de Productividad página 19 y tomo III de SIECA

3.8 Resumen

El conjunto de tablas de abajo resume los valores recomendados para las diversas actividades.

Tabla XV. Resumen de valores recomendados

Limpieza del terreno

Productividad promedio por tipo de vegetación m ³ por día de trabajo					
	Vegetación densa	Vegetación mediana	Vegetación ligera	Limpieza de hierbas	Desraizado
Valor recomendado	100	200	350	375	Según experiencia

Excavación

Productividad promedio por clasificación de suelos m ³ por día de trabajo					
	Suave	Mediano	Duro	Muy duro	Roca
Valor recomendado	5.0	3.5	3.0	2.0	0.8

Acarreo en carretilla

Tasas de acarreo en carreta por distancia de acarreo m ³ por día de trabajo						
	0-20m	20-40m	40-60m	60-80m	80-100m	100 - 150m
Valor recomendado	8	6.5	6	5	5.0	4.5

Cargar, descargar y extender

Tasas de productividad promedio m ³ por día de trabajo			
	Cargar	Descargar	Esparcir
Valor recomendado	8.5	10	13.5

Compactación

	Compactación manual	Compactación con equipos
	m ³ por día de trabajo	m ³ por día de trabajo
Valor recomendado	9.00	700

Colocación de alcantarillas

	Instalación de alcantarillas	Concreto	Carpintería
	m ³ por día del trabajador	m ³ por día del trabajador	m ³ por día del trabajador
Valor recomendado	0.9	1.0	1.0

Tasas de acarreo típico para equipos cargando manualmente

Condición de la ruta de acarreo	Buena					Promedio					Pobre				
	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
Distancia de acarreo (Km.)	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
Viajes por día por camión	22	19	16	11	8	18	15	12	8	6	16	12	10	7	5
Viajes por día combinación tractor/remolque	20	12	8	6	4	18	11	6	5	4	16	9	4	4	3

Combinaciones típicas de equipamiento/mano de obra para revestimiento

Distancia de acarreo	Carga por día	Volumen total	Trabajadores por transporte			
			Km.	Unidad	m ² suelto	Excavar
0 a 2	18	54	18	7	8	4
2 a 4	11	33	11	4	4	2
4 a 6	7	21	7	3	2	2
6 a 8	5	15	5	2	2	1
8 a 10	4	12	4	2	1	1

NOTA: todas las tablas del resumen fueron copiadas de Rendimiento de mano de obra y tasas de productividad manual de OIT, folleto 2 y Comparadas con el manual de caminos rurales de SIECA, tomo III. Páginas 20 y 21 de la Organización Internacional del Trabajo OIT.

4. ASPECTOS BÁSICOS⁴³

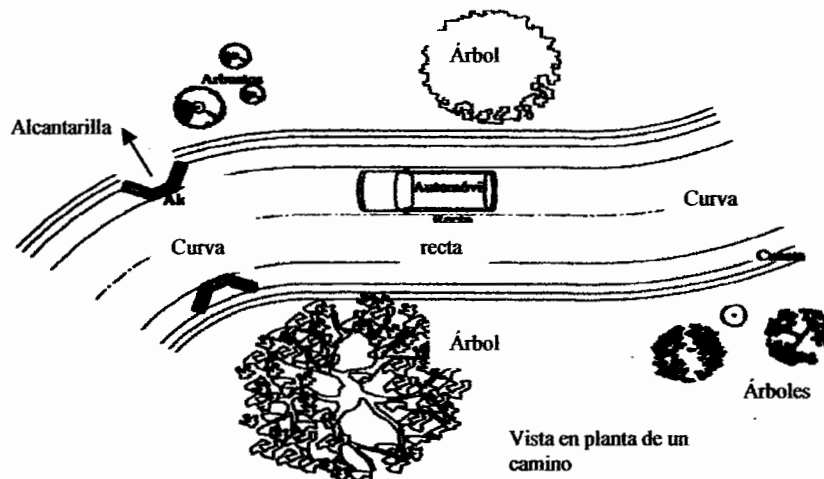
Es una introducción básica a la topografía y a la alineación de un camino. En la construcción de caminos es de fundamental importancia que éste tenga una línea regular y lógica en ambos sentido, longitudinal y transversal. En esta sección se presenta diferentes metodologías para lograr esto.

4.1. Topografía básica aplicada

Vista en planta:

Es como usted miraría en dos dimensiones el paisaje de arriba hacia abajo. Esta vista es similar a la que un pájaro vería si estuviera sobrevolando nuestro camino.

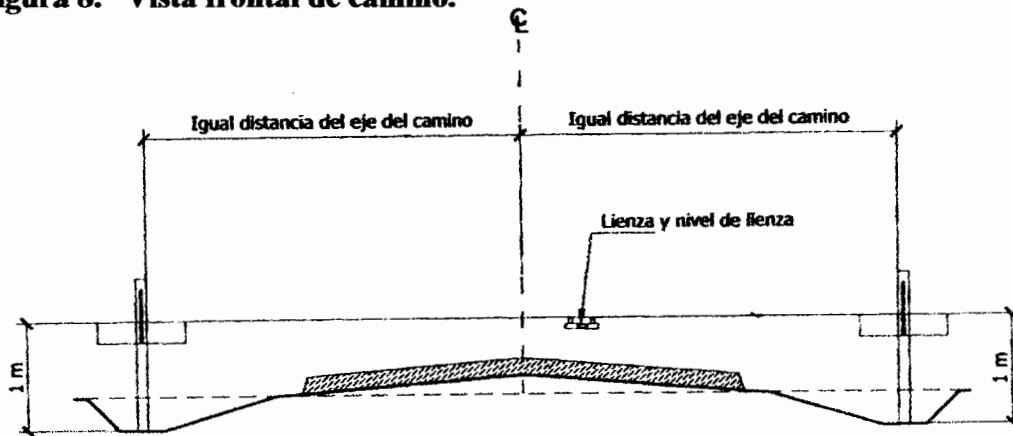
Figura 7. Vista en planta de un camino



Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 10.

⁴³ Ver ejemplo de los pasos a seguir en ANEXOS

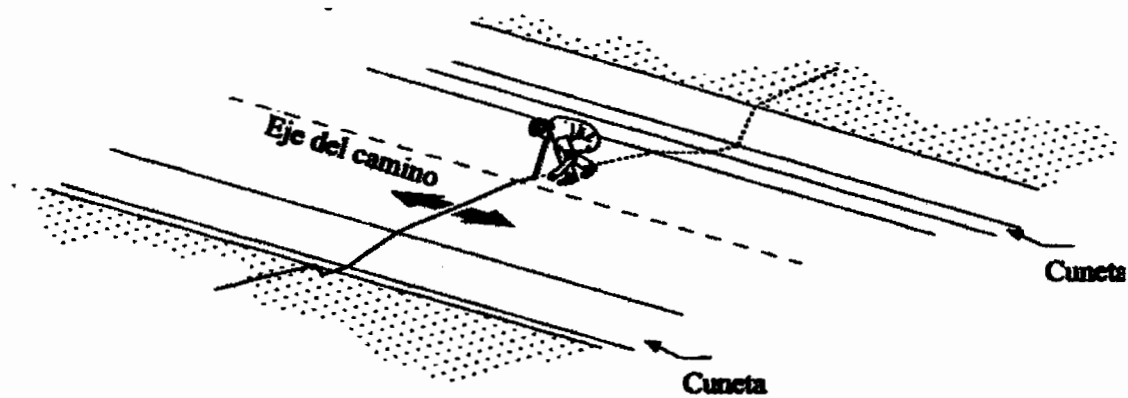
Figura 8. Vista frontal de camino.

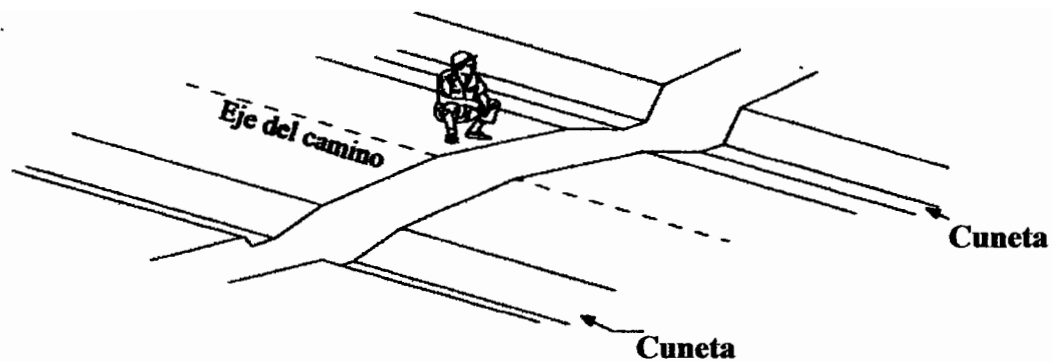


Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 10.

Sección transversal: la representación gráfica transversal y acotada mostrada en los planos, que indica las partes componentes de una carretera. Es una sección transversal como podemos ver en la figura numero 9, atravesado que se le hace a un objeto por su parte más angosta. Es como si el camino fuera cortado por una zanja de un lado a otro.

Figura 9. Sección transversal de un camino.





Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 11.

Alineación horizontal⁴⁴: Se conoce como alineación horizontal a todas las rectas y curvas que determinan la línea o ruta de un camino.

Se diferencia entre alineación horizontal de líneas rectas y alineación horizontal de curvas ya que el procedimiento para realizarla es diferente.

4.3 Alineación horizontal de rectas

1) Primero se decide por donde pasará el camino, tomando muy en cuenta lo siguiente:

- a) Evitar la destrucción de casas y otros tipos de edificios.
- b) Evitar en lo posible afectar propiedades.
- c) Evitar en lo máximo la afectación de árboles.
- d) Evitar el paso por pendientes muy fuertes, pantanos y grandes rocas.
- e) Evitar el paso por laderas muy empinadas.

⁴⁴ Ver figura Pág. 50 de alineación.

2) Luego identificamos el tramo recto más largo que el camino puede tener antes de que se necesite una curva.

3) Entre el punto final y el punto inicial de la línea recta, se determina el eje central del camino en base a la sección típica adecuada. Siempre se asegura que en el ancho elegido alcancen todas las partes del camino.

4) Ubicamos un palo en el eje central al inicio y una al final del tramo a alinear ya con su respectivo ancho definido.

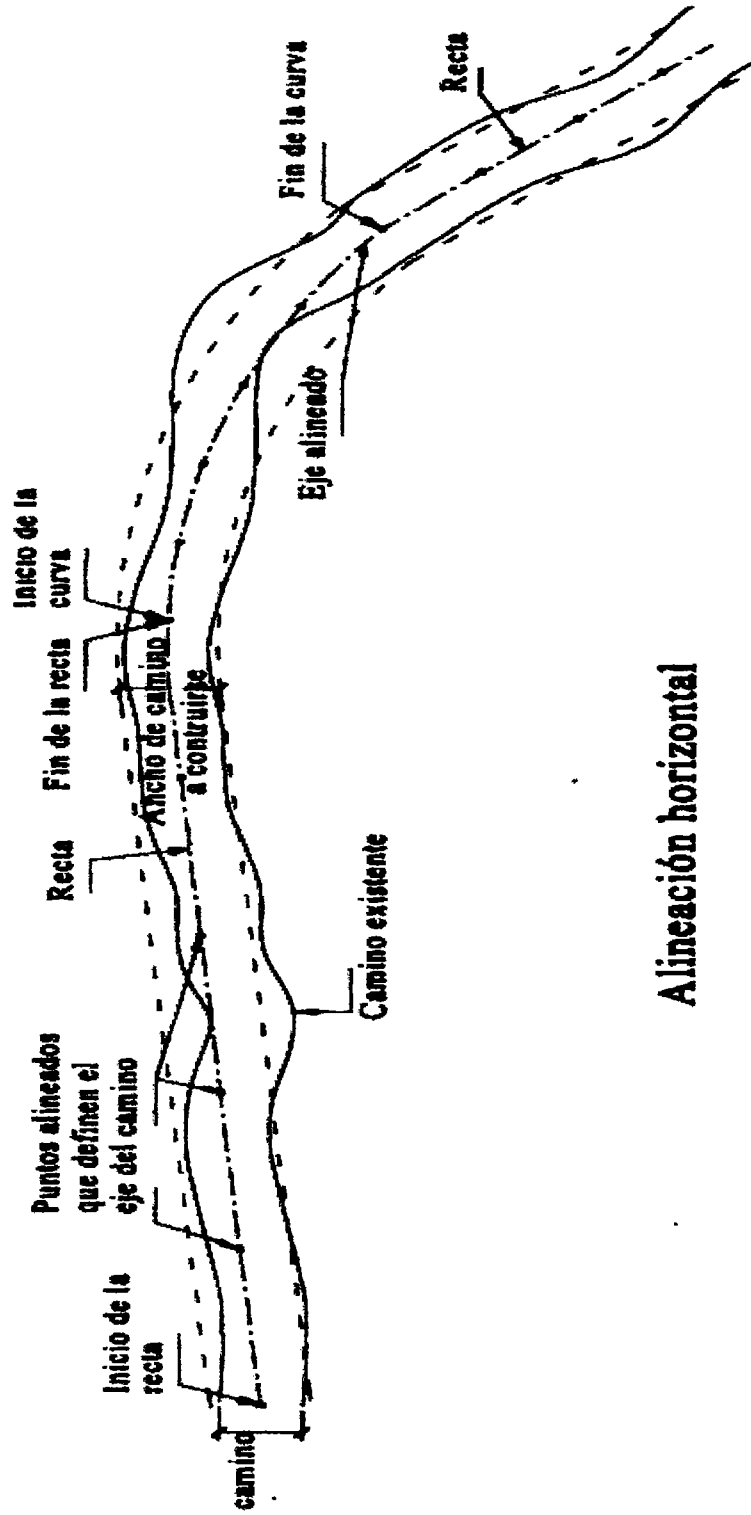
5) A partir del inicio escogido colocamos un palo a cada 10 metros, asegurándonos que todas estén verticales.

6) Posteriormente nos colocamos detrás de un palo que está ubicada en el primer punto y enfocamos sobre el último punto. Después comenzamos a alinear el resto de las balizas hasta asegurar que todos queden en una sola línea. Los palos se alinean simplemente dirigiendo el hombre atrás de cada palo hasta que se mire que todas están en una sola línea recta y que estén completamente verticales, se procede a colocar estacas para definir nuestro eje central. Así logramos un tramo bien recto de nuestro camino.

Herramientas utilizadas para el alineamiento horizontal.

- 1) Estacas
- 2) Balizas (señales)
- 3) Cintas métricas.

Figura 10. Ejemplo gráfico de alineación horizontal.



Alineación horizontal

Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 12.

4.3 Alineación transversal

Después de tener alineado horizontalmente nuestro tramo de camino, procedemos a alinear de una manera cruzada a la que llamaremos alineación transversal, lo que nos permitirá controlar que la sección transversal esto a escuadra con nuestro eje central.

Pasos para realizar un alineamiento transversal:

1) Tomamos como punto de referencia la estaca ya colocada definiendo el eje central (estaca # 1), después medimos 4 metros sobre el eje central y colocamos otra estaca (#2). Se hace esto ya que hasta este momento es el único punto seguro que se tiene, ya que el eje central esta definido.

2) Después a partir de la estaca # 1 medimos 3 metros en el ancho del camino o sección transversal y ubicamos una estaca en este punto (# 3).

3) Entre la estaca # 2 y la estaca # 3 se mide, y esta distancia tiene que ser 5 metros exactos. Si la distancia no es 5 metros, se mueve la estaca transversal (# 3) hasta que hayan 5 metros y de nuevo controlamos que todavía hayan 3 metros entre la estaca # 1 y la estaca # 3. Cuando la medida es correcta decimos que estamos alineando de buena forma. A este método se le conoce como método 3:4:5.

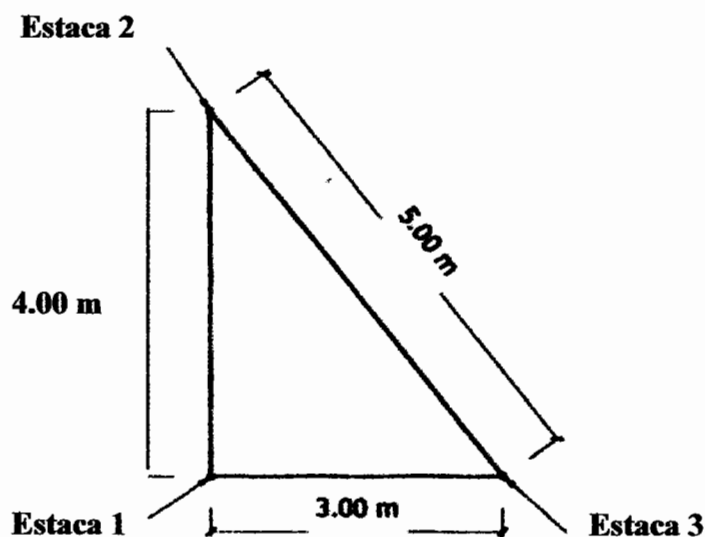
Herramientas usadas para el alineamiento transversal:

- 1) barras
- 2) mazos
- 3) lienza (hilo de albañil)
- 4) cinta métrica de 20 metros

Materiales:

1) estacas

Figura 11. Método 3:4:5



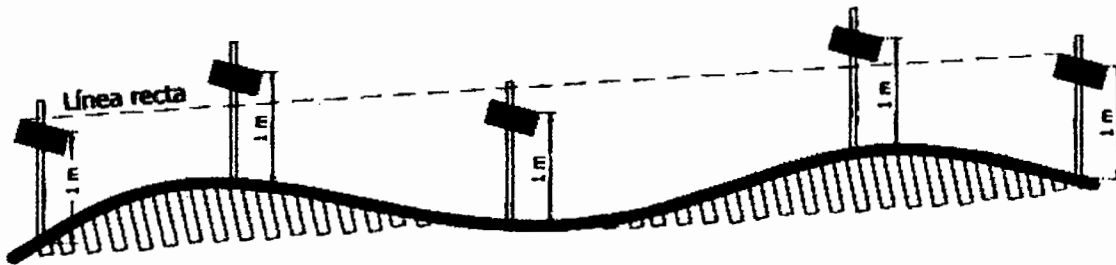
Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 13.

4.4 Alineación vertical

La alineación vertical define el nivel o rasante del camino. El método alineación vertical a través de T ilustrado figura 12, primero define el nivel del camino y luego las cunetas de los lados.

- Primero, coloque las herramientas “T” a lo largo del eje central del camino en distancias de 100 metros o menos si existen cambios de rectas a curvas. Los rectángulos de las herramientas deben ser instalados a 1 metro de distancia por encima del nivel del suelo.

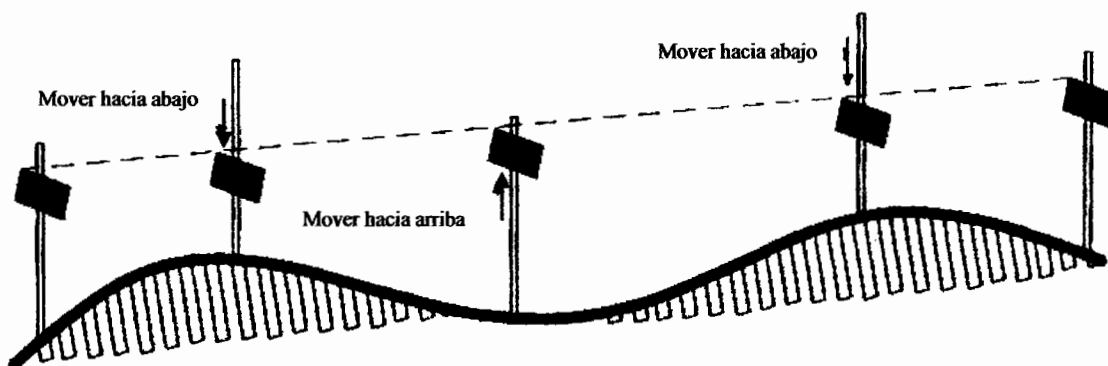
Figura 12. Alineación vertical a través de T.



Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 14.

- Ahora observe a través de los rectángulos de las herramientas.
- Una persona deberá mover los rectángulos arriba o abajo hasta que queden alineados al metro inicial de la línea guía o de observación en la línea de centro (esto antes de formar el bombeo).

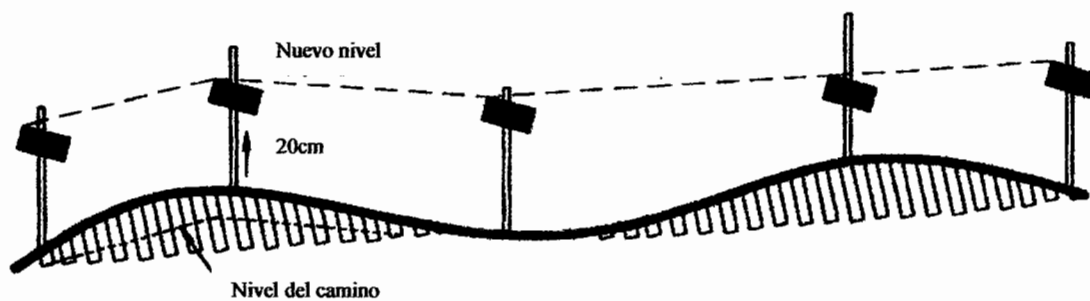
Figura 13. Moviendo rectángulos.



Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 14.

- Si existe mucha excavación o relleno, se pueden mover los rectángulos arriba o abajo para definir una curva más suave.

Figura 14. Nuevo nivel.

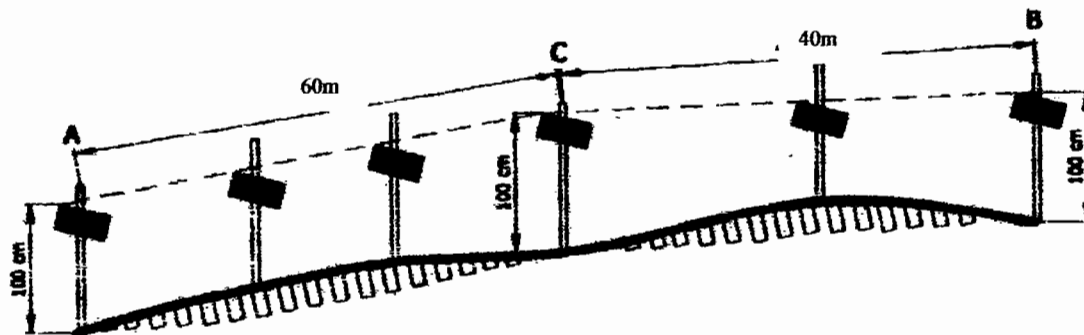


Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 14.

Recuerde, que hay que asegurarse que la primera tabla rectangular esté ubicada correctamente ya que el nivel se establecerá conforme a ella.

Alternativamente, para establecer un nuevo nivel encima de la colina, fija la tabla rectangular (C) a menos de 100 metros de A.

Figura 15. Establecer nuevo nivel.

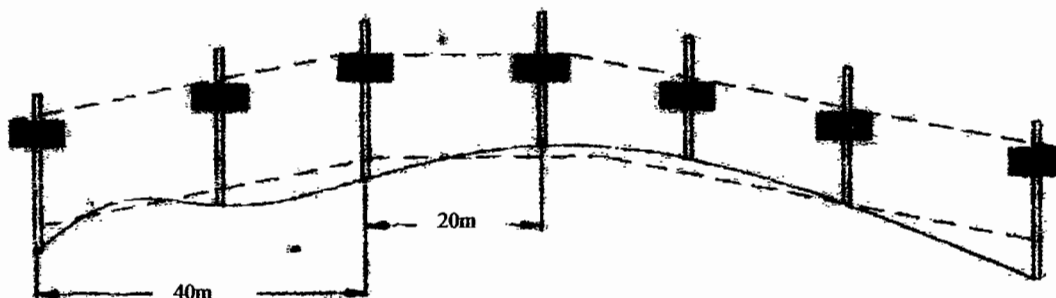


Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 15.

Algunas veces necesitará establecer líneas de observación a intervalos de menos de 100 metros.

Así se forman las curvas verticales evitando curvas cerradas o pendientes fuertes.

Figura 16. Determinación del nivel longitudinal del camino.



Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 15.

Se utiliza la herramienta “T” para la determinación del nivel longitudinal del camino (rasante), el cual se logra por medio de las secciones transversales guías. Las secciones se establecen a cada 10 m en línea recta y a cada 5 m en curvas.

4.5 Chequeo de nivel de cunetas

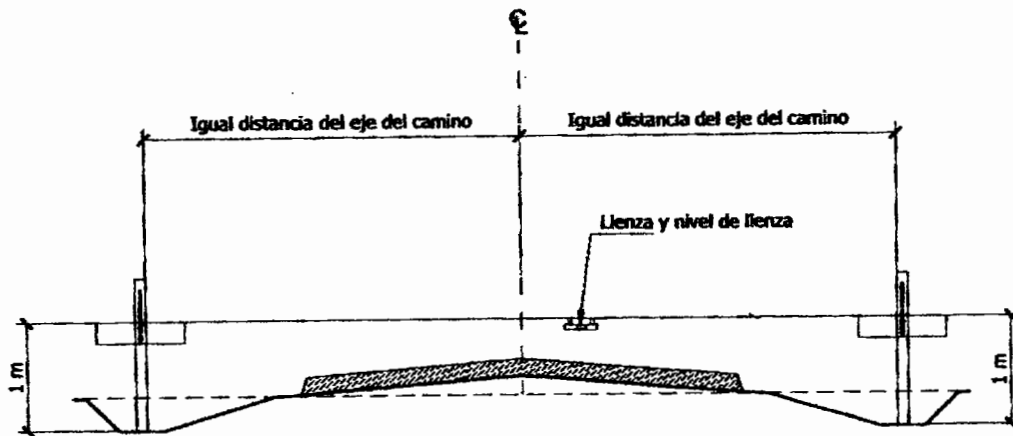
La herramienta “T”, también se usa para chequear longitudinalmente el nivel de las cunetas y para chequear el nivel entre cunetas.

Método del chequeo del nivel entre cunetas:

Primero, coloque las herramientas “T” al centro de la zanja rectangular (ambos lados), éstas deberán tener igual distancia del eje del camino y a ángulos rectos. Use el método 3-4-5 (punto 4.3 de este manual) para el establecimiento de los ángulos rectos.

Luego coloque uno de los rectángulos de la herramienta “T” a un metro de altura y transfiera el nivel del rectángulo al otro usando una lienza (hilo de albañil) y el nivel de la lienza. El nivel entre cunetas deberá ser igual, de lo contrario se tendrá que rectificar hasta los niveles adecuados.

Figura 17. Chequeo de niveles entre cunetas.



Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 16.

4.6 Alineación de curva horizontal

Una curva horizontal es necesaria si se quiere cambiar la dirección del camino. La curva une dos líneas rectas.

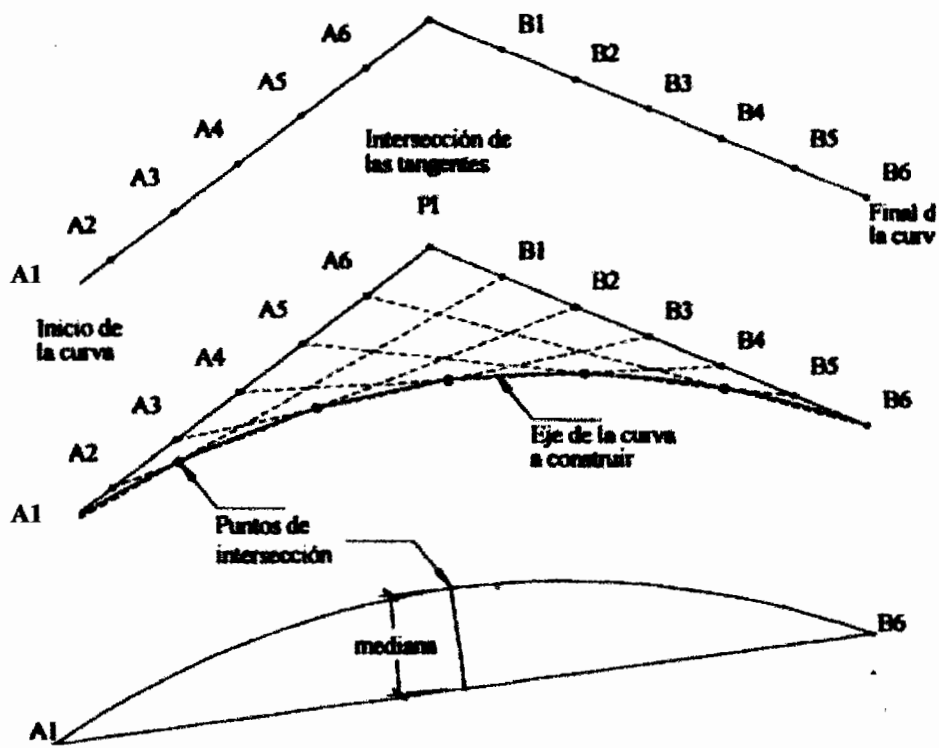
Pasos para trazar una curva horizontal:

- 1) Primero se determinan las dos líneas rectas que se quieren unir con la curva. Las líneas rectas se determinan usando el método de alineación horizontal de rectas ver pagina 43 de este manual.
- 2) Se prolongan las dos líneas rectas hasta que se intercepten y se coloca una estaca en el punto de intersección (PI).

- 3) Se define donde se quiere comenzar la curva (punto de inicio de la curva) y se coloca una estaca en este punto (el punto A-1).
- 4) Luego se mide la distancia del punto de inicio de la curva (A-1) hasta el punto de intersección (PI).
- 5) La distancia medida de (A-1) al punto de intersección (PI), se traslada hacia la segunda línea recta partiendo del punto de intersección (PI), definiendo así el final de la curva (B-6) y colocamos una estaca en este punto.
- 6) Se divide las dos líneas en 6 partes iguales y se coloca una estaca en cada punto.
- 7) Usando lienza se juntan las estacas A1 con B1, A2 con B2, A3 con B3, y así sucesivamente hasta llegar a A6 con B6, como se ilustra en el dibujo.
- 8) Los puntos referenciales, del eje central de la curva serán ubicados donde las lienzas se cruzan, como se ilustra en el dibujo. Se coloca una estaca en cada punto de intersección para definir el eje central de la curva.
- 9) Una vez replanteada la curva se procede a unir A1 con B6 y se anota la medida conociéndose esta como cuerda de la curva y designándose con la letra “c”.
- 10) Se determina el centro de la cuerda y se coloca una estaca.
- 11) Unir el centro determinado en la cuerda con el punto central de la curva replanteada, y anotar esta medida, la cual se llamará mediana y se designará con la letra “m”.
- 12) Una vez obtenido los datos de “c” y “m” se calcula el radio de curva con la siguiente formula:

$$R = 0.125x[(cxc)/m] + 0.5xm$$

Figura 18. Ejemplo gráfico alineación de curva horizontal.

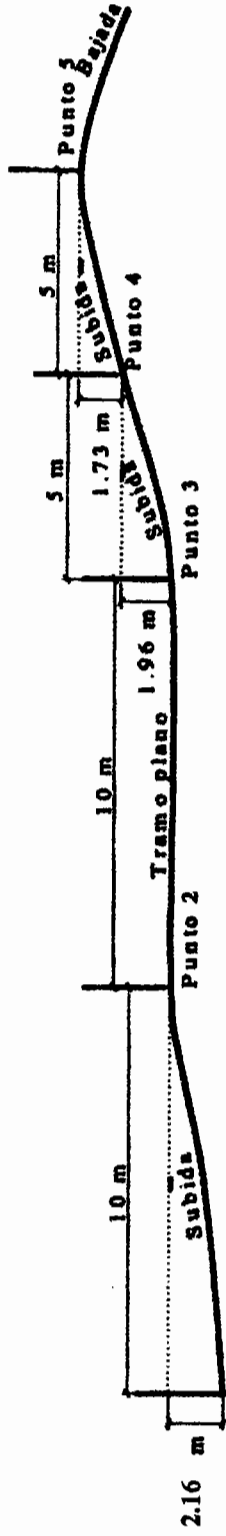


Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 17.

4.7 Perfil longitudinal

El perfil longitudinal representa las subidas, bajadas y partes planas de un camino.

Figura 19. Ejemplo gráfico de un perfil longitudinal.



Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 18.

Para levantar un perfil longitudinal se hace lo siguiente:

- 1) Primero ubicamos el punto inicial del tramo de camino que queremos levantar.
- 2) Posteriormente colocamos una estaca en este punto en la dirección del eje central.
- 3) Medimos con cinta 10 metros hacia la dirección deseada, procurando que la cinta siempre esté a nivel y no sobre la superficie del terreno y asegurando que esté bien tensa.
- 4) En el punto inicial colocamos una baliza⁴⁵.
- 5) En el segundo punto a los 10 metros colocamos una estaca en el eje central y fijamos la lienza en la estaca a nivel del terreno. Después corremos la lienza hasta la baliza en el punto inicial y colocamos un nivel en la lienza.

⁴⁵ Señal fija o flotante que se coloca, en posición vertical y visible, punto notable para visualizarse.

6) Empezamos a mover la lienza sobre la baliza ya sea hacia arriba o hacia abajo según lo mande el nivel hasta lograr que la gota se mantenga estable entre las dos rayas que están pintadas en el nivel.

7) Luego en la baliza medimos con una cinta el desnivel o la diferencia de altura que existe entre la lienza y el terreno y anotamos el dato.

8) Este proceso se va a ir repitiendo hasta llegar al punto deseado.

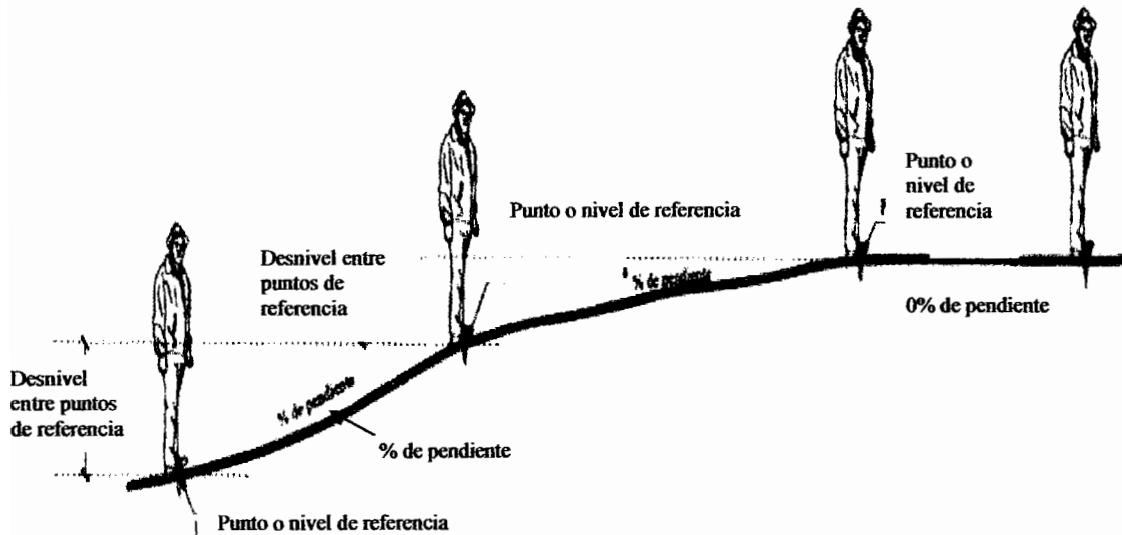
Herramientas materiales a utilizar.

- 1) Estacas
- 2) Nivel de lienza
- 3) Baliza
- 4) Lienza
- 5) Cinta métrica
- 6) Barra

4.8 Pendiente

Es la inclinación que existe entre dos puntos, su resultado viene expresado en porcentaje.

Figura 20. Pendiente o desnivel entre dos puntos.



Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 19.

Para determinar el porcentaje de pendiente se levanta un perfil longitudinal y se calcula la pendiente aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Pendiente} = (\text{desnivel}/\text{distancia}) \times 100$$

Se expresa el resultado en porcentaje (%).

1) Para levantar los datos de la pendiente que queremos conocer, medimos la distancia y el desnivel entre los puntos y elaboramos una tabla de anotación.

Tabla XVI. Ejemplo de cálculo de pendiente:

El cálculo es elaborado en base al ejemplo gráfico de perfil longitudinal de la página 50.

Punto	Distancia (m)	Desnivel (m)	Pendiente (%)
1-2	10	2.16	22
2-3	10	0	0
3-4	5	1.96	39
4-5	5	1.73	35
Suma total	30	5.85	19.5

Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 19.

2) En la tabla anotamos la distancia y el desnivel obtenido entre los puntos del levantamiento del perfil longitudinal de la pendiente que queremos conocer.

3) Una vez obtenidas las distancias y los desniveles se procede a calcular la pendiente por cada punto usando la fórmula:

$$\text{Pendiente} = (\text{desnivel} / \text{distancia}) \times 100$$

Ejemplo:

$$\text{Pendiente entre el punto 1 y 2 } (2.16\text{m} / 10\text{m}) \times 100 = 22\%$$

El resultado nos da que la pendiente entre el punto 1 y 2 es igual al 22 %

4) Para obtener la pendiente promedio en todo el tramo de camino, se suman los desniveles y se suman las distancias. Luego se procede a calcular la pendiente con la misma fórmula y con los datos obtenidos de la sumatorias totales:

$$\text{Pendiente (desnivel / distancia) x 100}$$

Ejemplo:

$$\text{Pendiente promedio} = (5.85 \text{ m} / 30 \text{ m}) \times 100 = 19.5 \%$$

El resultado nos da que la pendiente promedio es igual a 19.5%.

5. ESTÁNDARES GENERALES

En este capítulo se definen los estándares o normas de construcción, que son las que servirán de marco de referencia para el Programa de Oficina Municipal Planificación de San Marcos y para la Región VI. Los estándares han sido elaborados en base a criterios técnicos apropiados para caminos rurales en Guatemala con un promedio de volumen de tráfico. Los caminos construidos por OMP de San Marcos siempre tienen que cumplir con los estándares descritos en este capítulo para asegurar una buena calidad técnica del camino, una larga vida útil y un mantenimiento económico.

5.1 Alineamiento

5.1.1 Alineamiento horizontal

- Alinear el camino siguiendo la forma natural del terreno lo mas que sea posible.
- Balancear transversalmente los cortes y rellenos para no provocar mucho daño al entorno ambiental.

Tabla XVII. Radios de curvas

Tipo de terreno	Radio mínimo
Terrenos planos	15 metros
Terrenos montañosos	10 metros
Curvas cerradas ⁴⁶	8 metros

Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 21.

5.1.2 Alineamiento longitudinal

Tabla XVIII. Alineamiento longitudinal

Pendientes	Terrenos planos	Terrenos montañosos
Mínimos deseables	2%	2%
Máximo deseable	10%	12%
Máximo absoluto		15% ⁴⁷

Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 22.

5.2 Corona

Se conoce como corona al área del camino que se reviste con material selecto o balastro y es por donde circulan los usuarios del camino. El revestimiento tiene que hacerse con grava ya que es la que garantiza el soporte y la distribución del peso del tráfico.

⁴⁶ Solo se usará en terrenos montañosos y su pendiente longitudinal tiene que ser de 0 %.

⁴⁷ En secciones máximas de 100 m.

Se recomienda hacer ensayos de materiales para determinar si son apropiados para el revestimiento o si se tiene que diseñar algún tipo de mezcla para usarse.

Cuando la corona es construida en terrenos montañosos se tiene que hacer con pendiente uniforme que va de hombro a hombro, la pendiente transversal de la corona deberá ser de 3% a 5%. Cuando el camino se construye de manera normal con bombeo, la pendiente transversal tiene que ser de 6% a 10%. Teóricamente se recomiendan las siguientes proporciones para revestir caminos.

Tabla XIX. Revestimiento de Caminos

Materiales	Porcentaje	Tamaño
Piedra	50%	60mm máximo
Arcilla	10%	
Arena	40%	

Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 22.

Capa de grava compactada 15 cm. mínimo.

5.3. Drenajes

En caminos fríos o templados como los nuestros, el drenaje es lo más importante. Por esto se determinan algunas normas para el diseño de estas obras.

5.3.1. Drenajes laterales (cunetas)

- El ancho de la base del drenaje como mínimo deberá ser igual al ancho de la base de la cuneta (40 centímetros).

- El ángulo de desviación del drenaje con respecto al eje del camino, deberá ser de 30 grados y no mayor de 60 grados.
- La pendiente del drenaje deberá ser igual o mayor que la pendiente de la cuneta.

Tabla XX. Espaciamiento de drenajes y su pendiente.

Pendiente	Espaciamiento entre drenajes
Menor de 4%	Cada 30 a 50 metros
Entre 4% y 12%	Cada 20 metros
Mayor de 12%	Según sea necesario

Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 23.

5.3.2. Disipadores

Cuando las pendientes longitudinales son empinadas, el agua puede alcanzar cierta velocidad. Por tanto, si no se toman medidas al respecto, es seguro que ocurrirán arrastres y erosión en las cunetas.

La manera más sencilla de resolver este problema consiste en reducir el volumen de agua disponiendo de drenajes transversales, dispuestos en intervalos cortos (cada 50 o 100 metros), dependiendo de la naturaleza del suelo. Cuando esto no es posible, se debe estudiar la posibilidad de revestir el canal con un material más duro, por ejemplo con piedras ligadas con mortero. Como alternativa se recurre a los “disipadores”, estos retienen los sedimentos arrastrados por la corriente de agua, lográndose una serie de tramos de baja velocidad, interrumpidos por pequeñas cataratas.

Tabla XXI. Espaciamiento de disipadores y su pendiente

Pendiente	Espaciamiento entre disipadores
Menor de 4%	Cada 20 metros
Entre 4% y 7%	Cada 10 metros
Entre 8% y 12%	Cada 5 metros
Mayor de 13%	Cada 3 metros

Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 23

5.4 Secciones transversales

Se han determinado tres tipos de secciones transversales típicas por el tipo de topografía existente en la región VI.

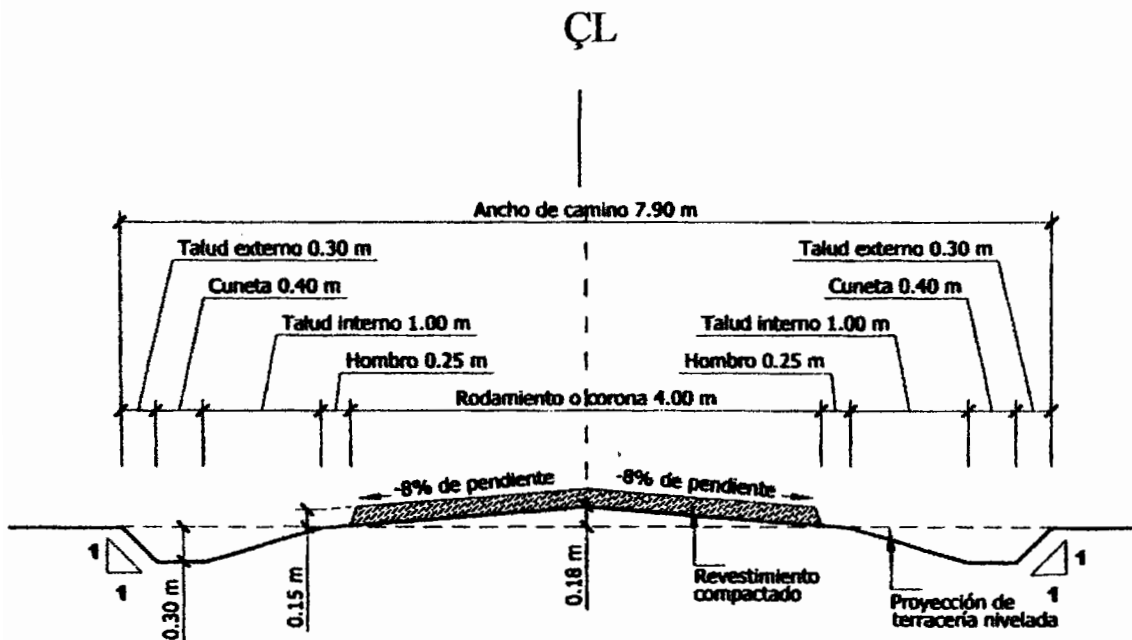
5.4.1. Sección típica de terrenos planos

Derecho de vía:	10.00metros
Ancho del camino:	7.90metros incluyendo talud externo de las cunetas
Ancho de rodamiento o corona:	4.00metros
Ancho de hombro del camino:	0.25metros
Ancho de talud interno:	1.00metros
Ancho de cuneta:	0.40metros
Ancho de talud externo:	0.30metros
Profundidad de cuneta:	0.30metros

Espesor de revestimiento compactado: 0.15 metros

Porcentaje de bombeo o
pendiente transversal: 8%

Figura 21. Sección típica para terrenos planos.

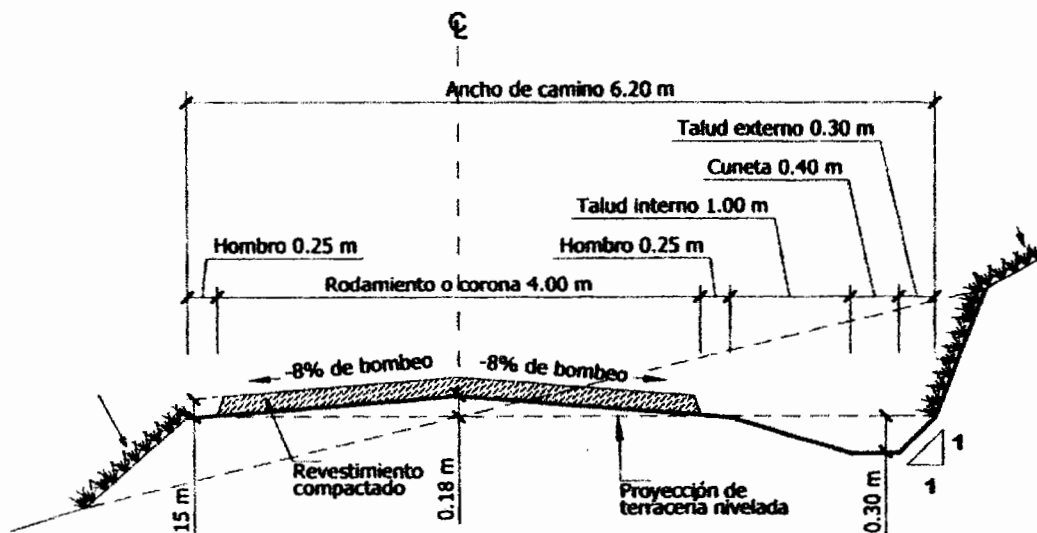


Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 24.

5.4.2. Sección típica para terrenos ondulados

Derecho de vía:	10.00 metros
Ancho del camino: del camino hasta el talud externo de las cunetas.	6.20 metros incluyendo desde el hombro 1
Ancho de rodamiento o corona:	4.00 metros
Ancho de hombro del camino:	0.25 metros
Ancho de talud interno:	1.00 metros
Ancho de cuneta	0.40 metros
Ancho de talud externo:	0.30 metros
Profundidad de cuneta:	0.30 metros
Espesor de revestimiento compactado:	0.15 metros
Porcentaje de bombeo o pendiente transversal	8%

Figura 22. Sección típica para terrenos ondulados.

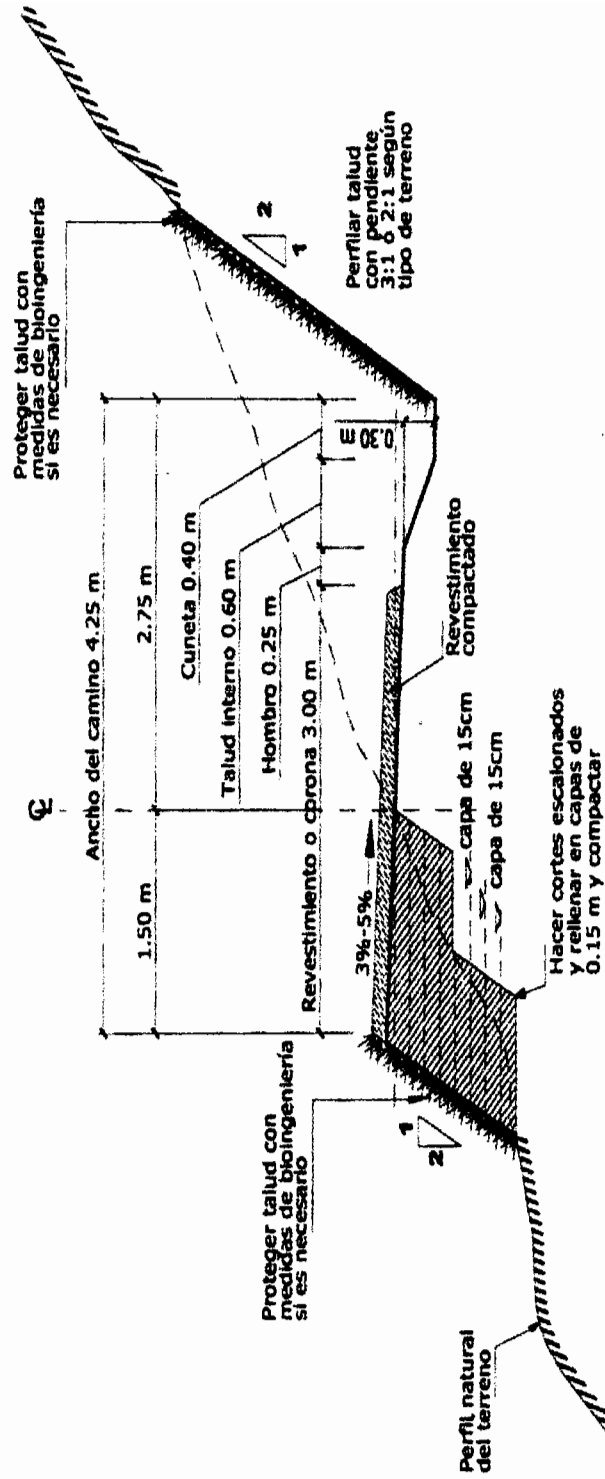


Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 25.

5.4.3. Sección típica para terrenos montañosos

Derecho de vía:	10.00 metros
Ancho del camino	4.25 metros incluyendo desde el hombro del camino hasta la cuneta.
Ancho de rodamiento o corona:	3.00 metros
Ancho de hombro del camino:	0.25 metros
Ancho de talud interno:	0.60 metros
Ancho de cuneta	0.40 metros
Ancho de talud externo:	0.30 metros
Profundidad de cuneta:	0.30 metros
Espesor de revestimiento compactado:	0.15 metros
Porcentaje de bombeo o pendiente transversal	3-5%

Figura 23. Sección típica para terrenos montañosos.



Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 26.

5.5. Actividades a desarrollar para el mejoramiento de caminos rurales

La metodología de mano de obra comunitaria requiere una buena planificación y la correcta secuencia en la ejecución del trabajo. En este capítulo se presentan las diferentes actividades a desarrollar en la construcción de caminos rurales con mano de obra comunitaria. Las actividades están presentadas en la secuencia lógica y en la construcción es de suma importancia respetar este orden. No se puede proceder a ejecutar una actividad hasta que la anterior ha sido bien hecha.

5.5.1. Secuencia lógica de las actividades a desarrollar para el mejoramiento de caminos rurales.

Enseguida se presenta la secuencia lógica de las actividades a desarrollar para el mejoramiento de caminos rurales.

C.1 Estudios preliminares

Estas son actividades que están relacionadas a los levantamientos físicos y la elaboración de propuestas de proyectos de caminos.

Se presenta estas actividades en el Manual para Construcción de Estructuras, Organización y Control del Mejoramiento de Caminos Rurales con el uso de mano de obra comunitaria.

C.2 Limpieza del derecho de vía.

C.2.1 Colocación de cercas nuevas de alambre de púas.

C.2.2 Retiro y colocación de cercas de alambre de púas.

C.2.3 Excavación de cauces para drenaje.

C.2.4 Corte, destronque y retiro de maleza.

C.2.5 Remoción de rocas.

C.2.6 Remoción de capa vegetal.

C.3 Movimiento de tierra.

C.3.1 Colocación de estacas para establecimiento del movimiento de tierra.

C.3.2 Construcción de secciones transversales guías.

C.3.3 Cortes y rellenos para nivelar terracería.

C.3.3.1 Cortes longitudinales para aliviar pendientes.

C.4 Construcción de cunetas y formación de bombeo.

C.4.1 Excavación de zanja rectangular para cunetas.

C.4.2 Formación de bombeo.

C.5 Estructuras menores.

C.5.1 Construcción de muros con piedra bola mampuesta.

C.5.2 Construcción de muros de mampostería.

C.5.3 Construcción de muros con gaviones.

C.5.4 Cimentado de muros de piedra bola.

C.5.5 Construcción de bordillos de mampostería para formar cunetas en mantos rocosos.

C.6 Estructuras mayores.

C.6.1 Construcción de vados.

C.6.1.1 Construcción de vados reforzados.

C.6.1.2 Construcción de vados con tubos de mampostería.

C.6.1.3 Construcción de vados con tubos PVC ribolic o ADS.

R.1 Preliminares.

R. 1.1 Análisis de banco.

R. 1.2 Limpieza del área de explotación del banco.

R. 1.3 Descapote de banco.

R.2 Trabajos en banco.

R.2.1 Corte de material.

R.2.2 Acopio de material.

R.2.3 Acarreo y descargue de material con carretilla hasta el vehículo de transporte.

R.2.4 Cargue de vehículo de transporte.

R.2.5 Restauración de bancos.

R3 Revestimiento.

R.3.1 Reconformación del bombeo.

R.3 .2 Descargue de vehículo de transporte.

R.3.3 Acarreo y descargue de material con carretilla.

R.3.4 Distribución del material de revestimiento.

R.3.5 Acarreo y riego de agua para compactar el revestimiento.

R.3.6 Compactación del revestimiento.

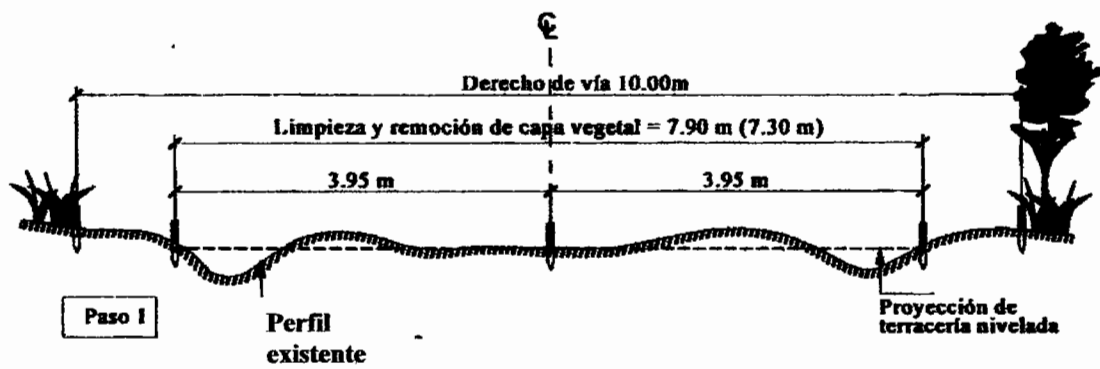
R.3.7 Reconformación del revestimiento.

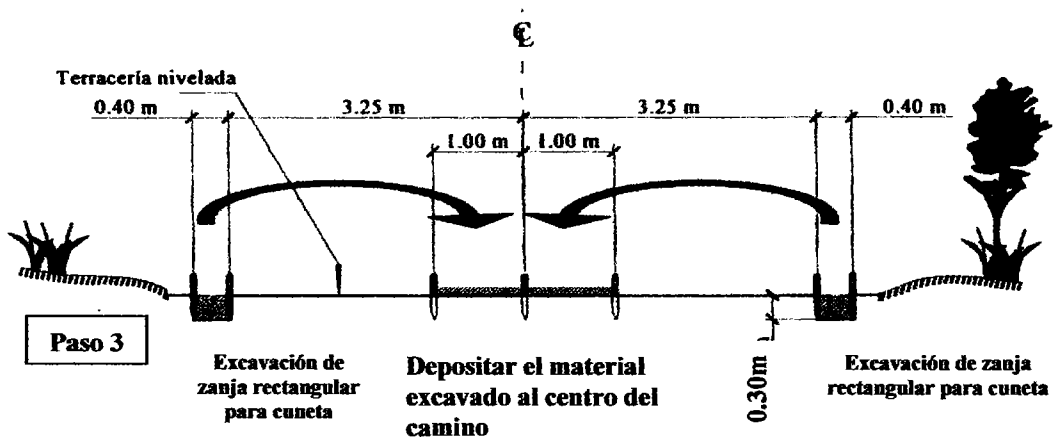
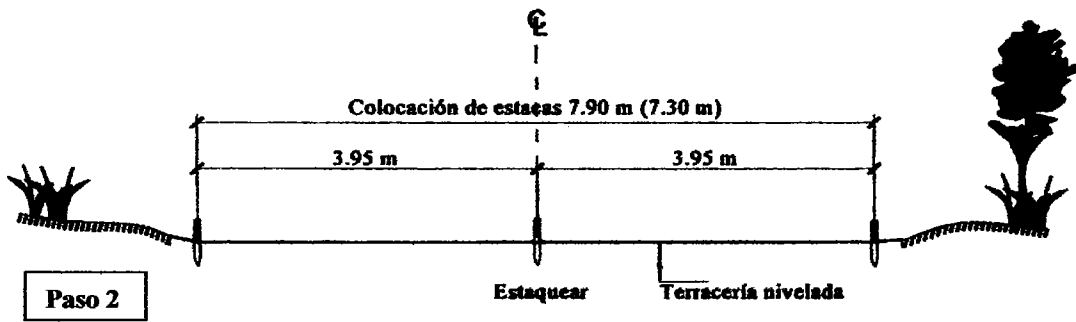
NOTA: Algunas actividades pueden omitirse de no ser necesarias en la obra.

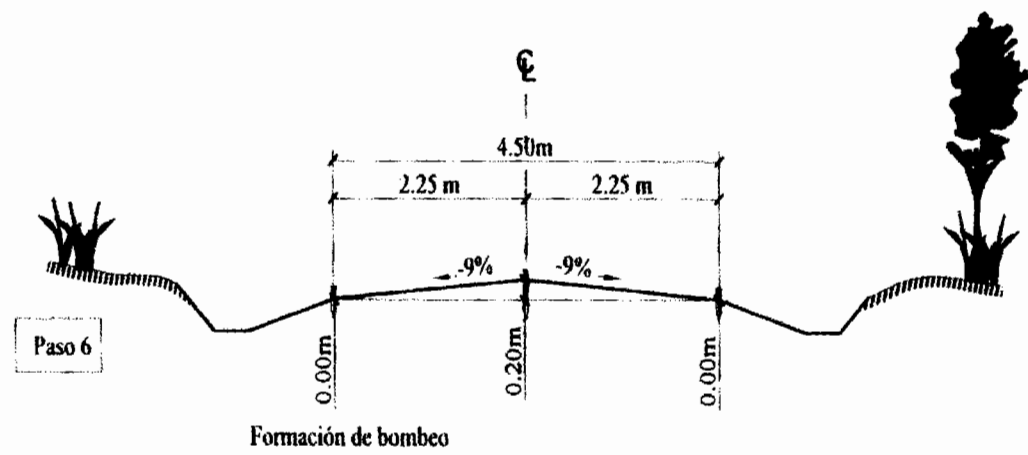
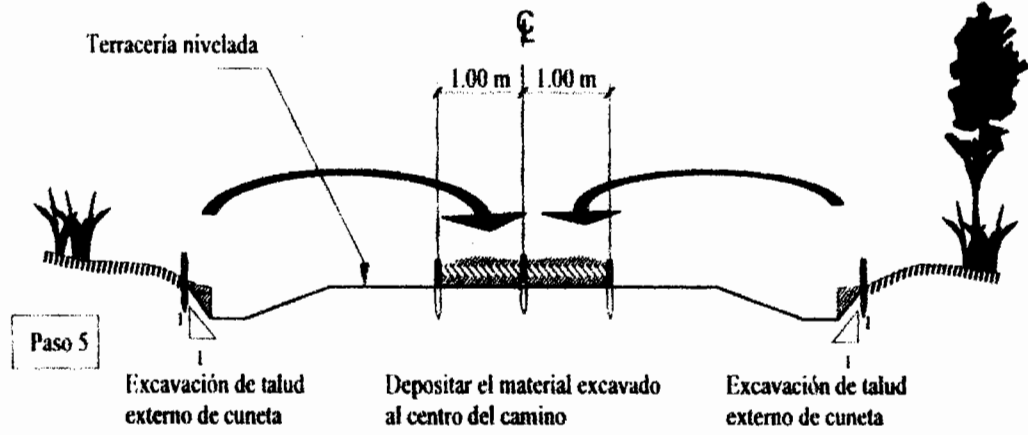
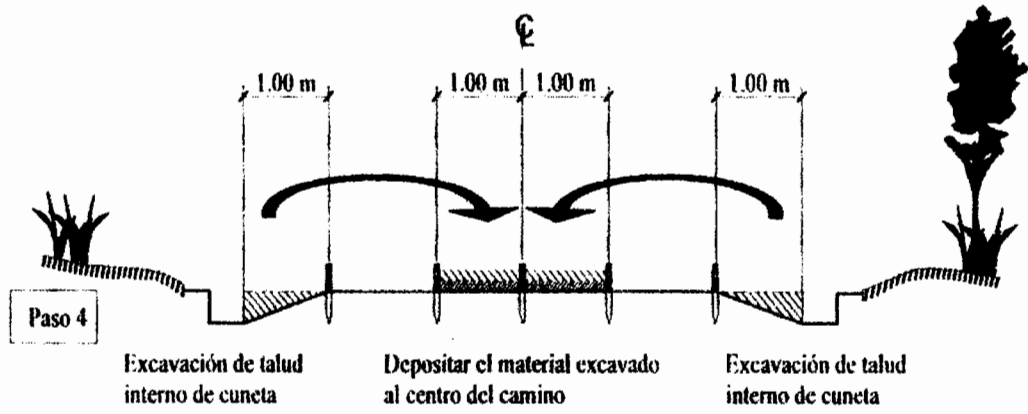
5.6. Pasos para el establecimiento del movimiento de tierra

5.6.1. Terrenos planos

Figura 24. Terrenos planos.



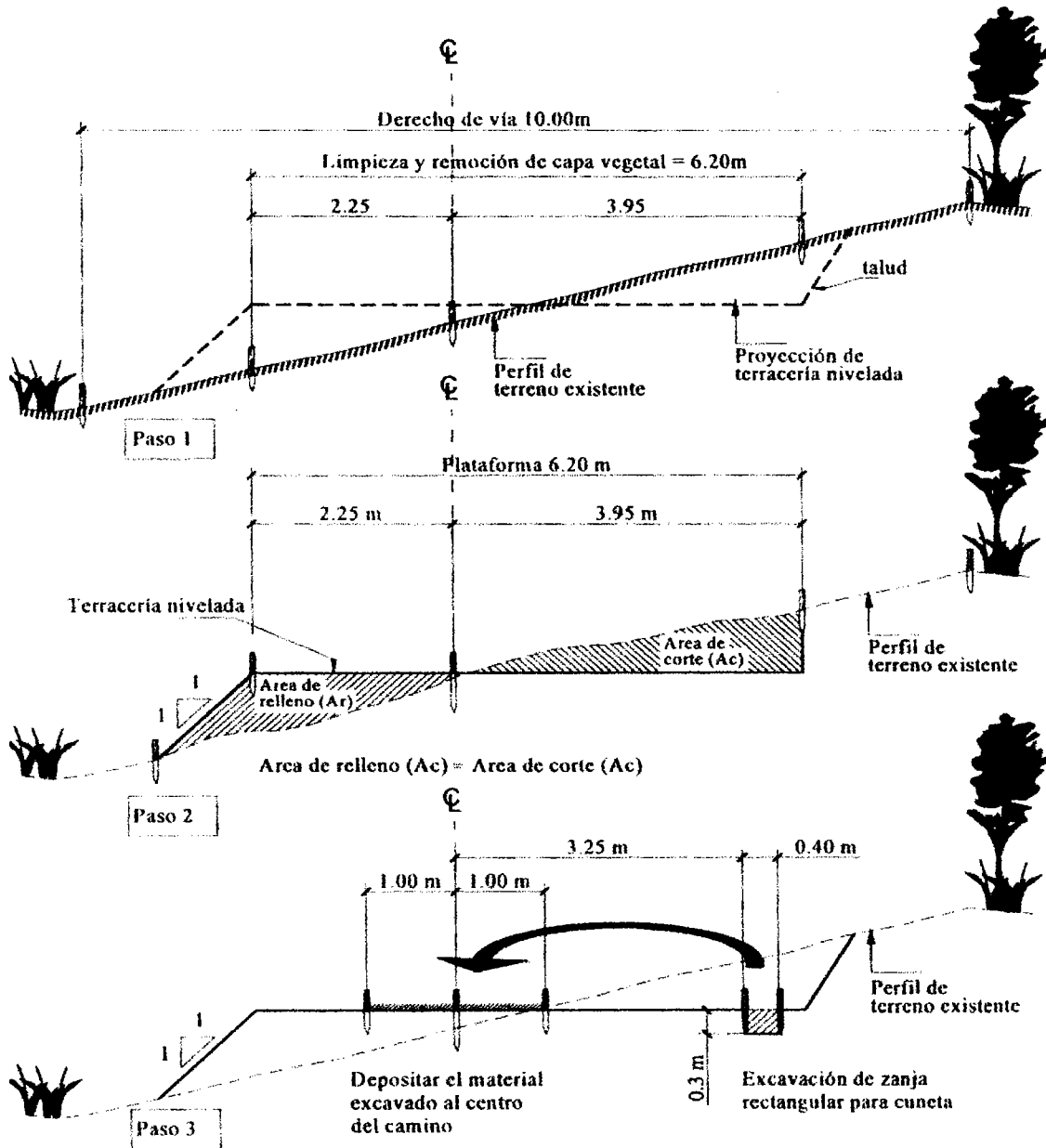


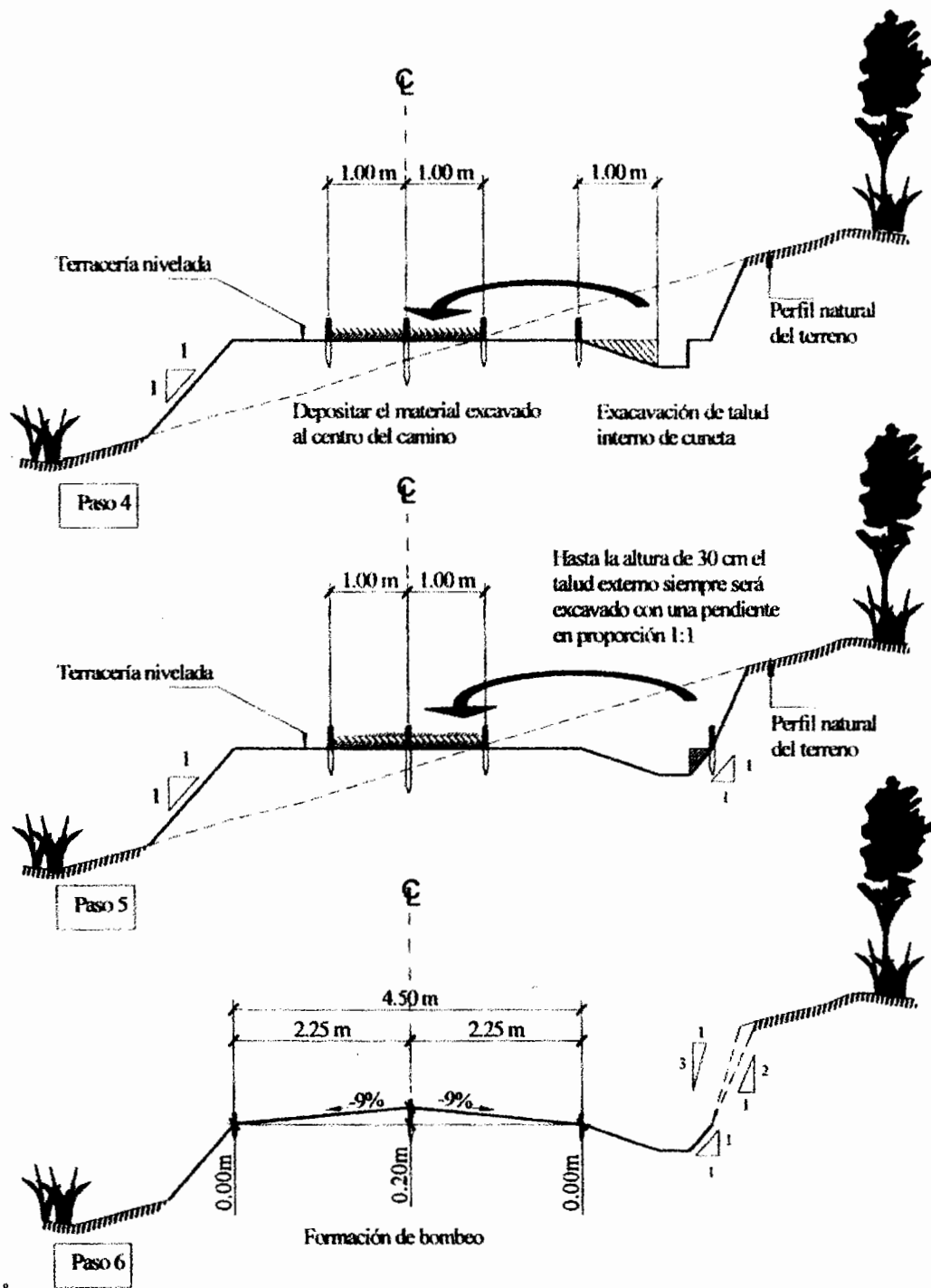


Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 29 y 30.

5.6.2. Terrenos ondulados

Figura 25. Terrenos ondulados.





Fuente: Manual del Mejoramiento de Caminos Rurales MOI.doc. Pág. 31 y 32

6. LEVANTAMIENTO FÍSICO

6.1 Levantamiento físico en el campo

El primer paso del técnico municipal debe ser leer detalladamente el documento de propuesta de caminos, con el objetivo de conocer la base del presupuesto original y las consideraciones tomadas por el asesor técnico al momento de realizar el estudio. El técnico municipal siempre tiene que usar este documento como base del levantamiento físico que él realiza.

Para hacer un levantamiento físico en el campo, el técnico municipal primero tiene que programar los días en los cuales lo va a ejecutar; comunicarse al área o Alcaldía Municipal respectiva y solicitar que el técnico designado para atender al programa lo acompañe. También tiene que invitar a las juntas comunales de las comunidades beneficiarias o en su defecto al comité del camino si ya está formado, para que también lo acompañen en un recorrido preliminar.

En el recorrido preliminar el técnico municipal tiene que tomar notas de la información general que le brindarán los acompañantes y conocedores del camino, tales como:

- Donde está determinado el inicio del camino.
- Cuáles son los sitios problemáticos que tiene el camino.

- Donde se presenten problemas grandes de drenaje.
- Cuáles son los caudales o crecidas máximas de ríos, quebradas o cauces de drenaje.
- Ubicación de bancos de material ya explotados y de posibles bancos a explotar.
- Ubicación de posibles bancos de arena y piedra.
- Proposiciones y consideraciones que los pobladores tengan en relación al mejoramiento del camino.
- Características generales del camino.
- Donde está determinado el final del camino.

El levantamiento físico detallado lo realiza el ingeniero con cuatro acompañantes que conozcan muy bien el camino, preferiblemente los candidatos a capataces. Estos acompañantes tienen que llevar una barra pequeña y machetes, para poder dejar estacas o referencias en árboles o postes de cercas.

El técnico tiene que ir provisto de una cinta métrica pequeña (5 a 7 m) y una cinta métrica grande (20 a 30 m), de marcadores topográficos, de nivel Abney si se posee y si no, de lienza, nivel y baliza y de los formatos necesarios para el levantamiento físico.

Los formatos son los siguientes:

- Libreta de ubicación de obras en el camino.
- Cálculo de volúmenes de obra.

Ya iniciado el trabajo de levantamiento del camino, es indispensable marcar el kilómetro 0+000 o inicio del camino con una referencia permanente y amarrada a algún objeto que sea inamovible.

El levantamiento físico tiene que ir con las referencias entregadas por el supervisor y la información suministrada en los planos y/o programas o archivos computarizados del diseño geométrico, colocará las estacas de construcción. Los volúmenes de cada obra tienen que ser calculados detalladamente por kilómetro y sumados. Después se hace un consolidado de la sumatoria de cada kilómetro.

Paralelamente se tiene que ir llenando el formato de ubicación de obras por cada kilómetro (Ver ejemplo en anexo. En él se dibujarán con su simbología respectiva las cunetas a uno o ambos lados según la sección típica. Se ubicarán los drenajes laterales y se anotarán sus estacionamientos, el lado donde vayan y su longitud. Se dibujarán en su respectivo estacionamiento todas las estructuras necesarias propuestas y anota si van sobre ríos o quebradas. Se tiene que anotar también ancho de la sección típica propuesta a trabajar. Por igual se tienen que chequear todas las pendientes existentes entre los estacionamientos correspondientes y anotar cada cambio de pendiente.

En el bosquejo del camino, se tiene que hacer la sumatoria por kilómetro de las cunetas a construir incluyendo ambos lados, la sumatoria de rectas y curvas y la sumatoria de las longitudes de los drenajes laterales. También se suma la longitud total de pendientes por rango en cunetas en ambos lados para facilitar el cálculo del número de disipadores en cunetas.

7. MÉTODOS DE COSTOS

Los métodos a desarrollar en el siguiente capítulo es la cantidad de hombres por día que serán necesarios para el desarrollo de las diferentes obras del proyecto, el volumen de las obras a realizar del proyecto.

7.1 Cálculo de volúmenes y mano de obra⁴⁸

Ya finalizado el levantamiento físico del camino, se procede a calcular la mano de obra. Esta actividad debe ser realizada en la oficina.

Enseguida se procede al cálculo detallado de mano de obra por cada actividad.

7.1.1 Actividades de limpieza del derecho de vía

C.2.1 Colocación de cercas nuevas de alambre de púas.

En el recorrido general se identifican los puntos donde sea necesario colocar cercas nuevas y se referencian según los estacionamientos en el resumen del camino.

Esta actividad se ejecuta en conjunto con la junta comunal, el comité del camino y los capataces comunales. La municipalidad provee el alambre de púas y las grapas, si no sale como propuesta de la contraparte del 5%. Normalmente las comunidades serán responsables de la colocación de las cercas y de proveer los postes a usar ya que estas actividades les sirven para complementar la contraparte del 5%.

⁴⁸ Ver Anexos para formatos de costos y también en anexos pág.139, 140,141.

La municipalidad adicionalmente se compromete a aportar las herramientas en caso necesario y la dirección técnica.

Los postes se recomiendan igual a los de uso común, preferiblemente de 6 pulgadas de diámetro y 2 metros de alto aproximadamente. En caso que la comunidad esté de acuerdo, se deben usar prendones o cercas vivas. El alambre se debe colocar en 4 hiladas por cerca, separadas entre si 30 centímetros.

La mano de obra solamente se calcula si no sale como propuesta de contraparte del 5%.

Esta actividad se calcula de manera directa midiendo la longitud total de cercas a colocar.

La unidad de medida es el metro lineal (ml).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad HD}^{49} = \frac{\text{Cantidad de cercas a colocar}}{\text{Tasa de rendimiento}}$$

Para determinar el costo de esta actividad se debe considerar el alambre de púas, las grapas y el transporte del lugar donde se compra hasta el proyecto; en caso que no sean aportados por la comunidad. Este gasto se tiene que reflejar en los gastos de materiales y transporte.

⁴⁹ HD = Hombres por día.

C.2.2 Retiro y colocación de cercas de alambre de púas

En el recorrido general se identifican los puntos donde sea necesario retirar y colocar cercas y se referencian según los estacionamientos en el resumen del camino.

Esta actividad normalmente se realiza en conjunto con la junta comunal, el comité del camino y los capataces comunales. En la medida posible se colocarán los mismos postes y las mismas hiladas de alambre que la cerca tenga al momento de su remoción. Esta actividad normalmente se realiza como aporte de las comunidades para complementar la contraparte del 5%. La municipalidad solamente provee las herramientas en caso necesario y la dirección técnica.

La mano de obra solamente se calcula si no sale como propuesta de contraparte del 5%. Esta actividad se calcula de manera directa midiendo la longitud total de cerca de remover.

La unidad de medida es el metro lineal (ml).

La forma de calcular la cantidad de mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{cantidad de cercas a remover}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

C.2.3 Excavación de cauces para drenajes

Cuando existan sitios en donde las aguas de invierno sean colectadas por una vaguada y desemboquen en el camino, se deberán analizar las posibilidades para conducir las lateralmente y por fuera del camino hacia un drenaje natural existente.

La sección del cauce se determinará de acuerdo al volumen de agua que se tiene que conducir. Su longitud depende de la ubicación del punto de desagüe. Las paredes del cauce deben perfilarse con una pendiente 1:2 y tiene que considerarse obras de protección (zampeados, muros secos) y control de erosión (disipadores de energía o siembra de grama).

Para la realización de esta actividad se deben colocar puntos de referencia fijos, con sus respectivos estacionamientos y reflejarlos en el resumen del camino. Se debe comunicar al comité del camino o junta comunal para que legalicen con el o los dueños de propiedad el permiso necesario.

La actividad incluye la colocación de estacas para marcar el área de trabajo y la conformación del material excavado a lo largo del cauce.

Para calcular el volumen de obra a realizar, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen de corte} = \frac{\text{base mayor} + \text{base menor}}{2} \times \text{profundidad} \times \text{longitud}$$

La unidad de medida es el metro cúbico (m^3).

La forma de calcular la cantidad de mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{volumen de corte}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

C.2.4 Corte, destronque y retiro de maleza

Se define la sección típica dependiendo del tipo de terreno (7.90/6.20 m), se ubica el eje central del camino y se mide a ambos lados para delimitar el ancho de la plataforma (3.95/3.10 m). Se estima la cantidad de maleza y arbustos que se debe cortar y retirar dentro del área delimitada. Por igual debe considerarse la tala de árboles que sean obstáculo para el mejoramiento del camino. Antes de cortar árboles se debe informar al comité del camino, quien se encargará de hacer una evaluación y autorizarlo. Al derribarse árboles, también se deben remover troncos y raíces.

Esta actividad normalmente se realiza como aporte de las comunidades para complementar la contraparte del 5%. La municipalidad solamente provee las herramientas en caso necesario y la dirección técnica. En el formato de cálculo de volúmenes de obra se deben referenciar por estacionamientos las secciones de camino donde es necesario realizar esta actividad. En el formato de cálculo también se deben reflejar las dimensiones del área a limpiar.

La mano de obra solamente se calcula si no sale como propuesta de contraparte del 5%.

El cálculo del volumen de obra a realizar, se hace de la manera siguiente:

área de corte y retiro de maleza = largo del tramo x ancho promedio a limpiar la unidad de medida es el metro cuadrado (m²).

La forma de calcular necesaria es:

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{área de corte de maleza}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

En caso de haber derribo de árboles, destronque y desenraicé, se debe estimar esta actividad por separado en hombres días.

C.2.5 Remoción de rocas

Se realiza una inspección visual a todo el camino, estimando al tanteo y por la experiencia la cantidad de hombres días para remover las rocas que afloran a la superficie del camino.

Como es imposible determinar la cantidad de rocas ocultas en el sub suelo, sin realizar sondeos, se recomienda incrementar en un 30 % la cantidad de hombres días estimados inicialmente. Se anotarán los estacionamientos de las secciones del camino donde se removerán rocas en el formato de cálculo de volúmenes de obra.

La unidad de medida es HD, ya que es muy difícil establecer una tasa de rendimiento específica.

C.2.6 Remoción de capa vegetal

Se define la sección dependiendo del tipo de terreno (7.90/6.20 m). Se ubica el eje central del camino y se mide a ambos lados para delimitar el ancho de la plataforma (3.95/3.10 m). Se estima la cantidad de capa vegetal que se debe remover dentro del área delimitada.

Si el área no resulta uniforme, se toma un ancho promedio por tramo y se multiplica por la longitud del mismo, obteniendo así el área de capa vegetal a remover. En el formato de cálculo de volúmenes de obra se deben referenciar por estacionamientos las secciones de camino donde es necesario realizar esta actividad y también se deben reflejar las dimensiones del área a limpiar.

El cálculo del volumen de obra a realizar se hace de la manera siguiente:

área de remoción de capa vegetal = ancho promedio del tramo x largo del tramo

La unidad de medida es el metro cuadrado (m²)

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{área de remoción de capa vegetal}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

7.1.2 Actividades de movimiento de tierra

C.3.1 Colocación de estacas para establecimiento del movimiento de tierra

Esta actividad consiste en estimar la cantidad de estacas necesarias para marcar el ancho de la sección transversal adecuada al tramo de camino (7.90/6.20 m).

Para determinar la cantidad de estacas necesarias se determina la longitud total del camino, considerando que la sección debe ser replanteada a cada 10 metros en rectas y a cada 5 metros en curvas y que son necesarias para cada sección 3 estacas. En el resumen del camino se tiene que reflejar la longitud total de rectas y curvas por cada kilómetro.

La cantidad de estacas para el movimiento de tierra, se calculan de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} \text{En rectas} &= \frac{\text{longitud total de rectas}}{10 \text{ metros}} \times 3 \text{ estacas} + 3 \\ \text{En curvas} &= \frac{\text{longitud total de curvas}}{5 \text{ metros}} \times 3 \text{ estacas} \end{aligned}$$

Los resultados de cada operación se suman y se obtiene la cantidad total de estacas a utilizar, teniendo que sumarse 3 estacas más por la sección inicial o del estacionamiento 0+000 como es indicado en la primera fórmula.

La medida es por unidad (unidad)

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{cantidad de estacas a colocar}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

C.3.2 Construcción de secciones transversales guías

La actividad consiste en determinar la cantidad de secciones transversales guías en el camino para estimar los volúmenes de cortes y de rellenos necesarios para nivelar la terracería. Esta actividad se realiza en todo el tramo de camino a mejorar.

Las secciones transversales guías van espaciadas a cada 10 metros en rectas y a cada 5 metros en curvas. La cantidad de secciones guías a establecer, se estiman de acuerdo a la longitud total del camino, teniéndose que sumar una sección guía más por la sección inicial o del estacionamiento 0+000.

Su forma de cálculo, es de la manera siguiente:

$$\text{Cantidad secciones guías} = \frac{\text{longitud total de rectas} + 1}{10 \text{ metros}}$$

$$\text{Cantidad secciones guías} = \frac{\text{longitud total de rectas}}{5 \text{ metros}}$$

La medida es por unidad (unidad)

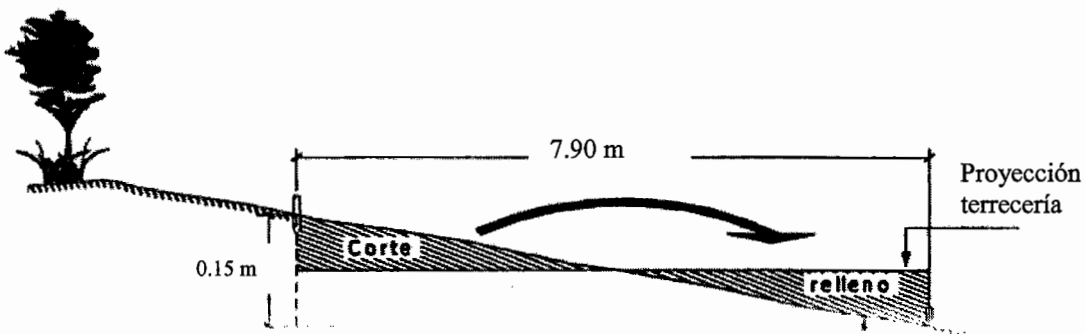
La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{cantidad de secciones guías}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

C.3.3 Cortes y rellenos para nivelar terracería

El movimiento de tierra siempre tiene que ser compensado entre cortes y rellenos, procurando que el volumen de corte (V_c) sea igual al volumen de relleno (V_r). La actividad de cortes y rellenos se determina en base a los niveles definidos por las secciones transversales guías, pero para el cálculo del presupuesto se toma el ancho de la plataforma del camino (7.90/6.20 m) y se estima la altura aproximada de corte y se aplicará la fórmula de cálculo del área del triángulo.

Figura 26. Cortes y rellenos.



Fuente: Guía y levantamiento físico, Pág. 11

$$Ac = \frac{\text{desnivel} / 2 \times \text{ancho de sección} / 2}{2} = \frac{0.15\text{m} / 2 \times 7.9\text{m} / 2}{2} = 0.15 \text{ m}^2$$

$V_c = A_c \times \text{longitud entre secciones típicas}$

$A_c = \text{área de corte}$

$V_c = \text{volumen de corte}$

La unidad de medida para esta actividad es el metro cúbico (m^3). La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{volumen de corte}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

C.3.3.1 Cortes longitudinales para aliviar pendientes

La actividad de cortes sobre línea con el objetivo de aliviar o bajar pendientes en un camino, se realiza solamente donde las pendientes existentes excedan el 12% establecido en los estándares como pendiente máxima deseable.

Para definir esta actividad es necesario hacer un chequeo topográfico básico, para poder conocer la pendiente existente. Para esta actividad se debe usar el nivel de lienza o nivel Abney.

Tabla XXII. Cálculo de movimiento de suelo con una pendiente deseada de 12%.

Estacionamiento	Elevación original	Elevación propuesta	Diferencia de elevación	Elevación promedio	Longitud entre secciones	Ancho de la sección	Volumen de relleno m ³	Volumen de corte m ³
1+750 (1)	159.67	159.67	0.00					
				0.515	10	6.20	0	31.93
1+760 (2)	161.90	160.87	1.03					
				0.880	10	6.20	0	54.56
1+770 (3)	162.80	162.07	0.73					

Fuente: Guía y levantamiento físico OIT. Pág. 12.

7.1.3 Actividades de construcción de cunetas y formación de bombeo

C.4.1 Excavación de zanja rectangular para cunetas

Se determina la sección típica del camino, para saber donde es necesario construir cunetas con el objetivo de conducir ordenadamente las aguas hacia salidas laterales o hacia los puntos más bajos del camino.

En el resumen del camino se tiene que reflejar si hay cuneta a uno o a ambos lados del camino y se deben referenciar por estacionamientos. En el formato también se tiene que hacer la suma de la longitud total por kilómetro de cunetas de ambos lados.

La forma de calcular el volumen de excavación, es la siguiente:

Para un lado:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de excavación} &= \text{Ancho (0.40 m)} \times \text{Profundidad (0.30 m)} \times \text{Longitud} \\ &= 0.12 \quad \text{m}^2 \quad \times \quad \text{Longitud} \end{aligned}$$

Para dos lados:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de excavación} &= \text{Ancho (0.40 m)} \times \text{Profundidad (0.30 m)} \times \text{Longitud} \times 2 \\ &= 0.24 \quad \text{m}^2 \quad \times \quad \text{Longitud} \end{aligned}$$

Se hace la sumatoria de los resultados obtenidos y se tiene el volumen total de excavación.

La unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen de excavación}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

C.4.2 Formación de bombeo

Esta actividad consiste en incorporar al camino todo el volumen de material producto de las excavaciones que se realizan en zanjas rectangulares para cunetas, en taludes internos y en taludes externos si es necesario.

Se tienen que colocar 3 estacas por sección para formar el bombeo, una en el eje del camino y dos para delimitar su ancho que es 2.25 metros a cada lado del eje. La estaca en el centro se marca con el nivel máximo del bombeo que es 18 centímetros, mientras las dos laterales se marcan con el nivel constante La terracería (0.00). Esta operación se repite a todo lo largo del camino.

Su forma de cálculo es la siguiente:

$$\text{Volumen de bombeo} = \frac{b \times h}{2}$$

Donde: b base

h altura

L longitud total del camino

$$\begin{aligned} \text{Volumen de bombeo} &= \frac{4.5 \text{ m} \times 0.18 \text{ m}}{2} \times L \\ &= 0.405 \text{ m}^2 \times 0.1 \end{aligned}$$

Cuando en alguna sección del camino se presente la necesidad de hacer peralte en vez de bombeo, se debe hacer el cálculo de manera puntual y en el resumen se anotan los estacionamientos de referencia. El resultado se suma al volumen de bombeo normal.

Su unidad de medida es el metro cúbico (m³)

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen de bombeo}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

7.1.4 Estructuras menores

Cuando se hace el recorrido del camino, se tiene que hacer un análisis pormenorizado de cada punto donde se considere necesaria una estructura de drenaje normal o de alivio, siempre recordando respetar las normas de espaciamiento entre las salidas del agua, que se definen en el manual de mano de obra intensiva. Para determinar qué tipo de estructura de drenaje es necesario, se tienen que considerar los niveles existentes y el volumen de agua que cruza el camino.

En última instancia siempre es el asesor técnico el que aprueba el tipo de estructura a construir. Una vez definida la estructura, hay que identificar con mucho cuidado la dirección natural del flujo de agua y en la planificación siempre tratar de respetar este para asegurar una salida sin obstáculo. Basado en la desviación o esviaje que tenga la estructura en relación al eje del camino se determina su longitud exacta.

Cuando el camino es cruzado por escorrentías de invierno debe analizarse el volumen de agua, las crecidas máximas y el ancho del cauce existente. Esta información tiene que ser certificada con miembros de las comunidades que conozcan bien el comportamiento del cruce de dicha agua.

Cada estructura se debe reflejar en el sketch general del camino, anotándole su estacionamiento, ángulo aproximado de desviación o esviaje y las dimensiones.

La unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen de construcción por tipo de estructura}}{\text{tasa de rendimiento por tipo de estructura}}$$

Para la estimación de los costos de materiales y transporte se usan los formatos predeterminados. Estos formatos son número 2 y número 13 a 30.

C.5.3.1 Construcción de muros con piedra bola mampuesta

Los muros de mampostería son estructuras que a veces se usan para proteger los caminos contra la erosión o se usan como muros de retención. Se construyen por ejemplo en las riveras de ríos o quebradas, en taludes de cauces o para soportar rellenos en laderas.

Su forma tiene que ser trapezoidal, ya que son muros que se mantienen estables por su propio peso. Sus dimensiones se determinan en el sitio donde se considere necesario su construcción. Se tienen que referenciar los estacionamientos en el formato general del camino, anotando también sus dimensiones.

Su forma de cálculo es la siguiente:

$$\text{Volumen de piedra bola} = \frac{\text{base mayor} + \text{base menor}}{2} \times \text{altura} \times \text{longitud}$$

La unidad de medida es el metro cúbico (m³)

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen de trabajo}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

Para la estimación de los costos de materiales y transporte se usan los formatos predeterminados.

C.5.3.2 Construcción de muros de mampostería

Los muros de mampostería son estructuras muy comunes por su costo adecuado. Se construyen para proteger los caminos contra la erosión o se usan como muros de retención. Se construyen por ejemplo en las riveras de ríos o quebradas, en taludes de cauces o para soportar rellenos en laderas.

Su forma tiene que ser trapezoidal. Sus dimensiones se determinan en el sitio donde se considere necesario la construcción. Se tienen que referenciar los estacionamientos en el sketch general del camino, anotando también sus dimensiones.

Su construcción tiene que ser aprobada por el asesor técnico.

Su forma de cálculo es la siguiente:

$$\text{Volumen de mampostería} = \frac{\text{base mayor} + \text{base menor}}{2} \times \text{altura} \times \text{longitud}$$

Su unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen de mampostería}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

C.5.3.3 Construcción de muros con gaviones

Por ser de altos costos el uso de muros con gaviones son poco comunes en los caminos que la municipalidad utiliza en la mejora. Se construyen generalmente para proteger taludes de caminos en riveras de ríos o quebradas, en taludes de cauces, para soportar rellenos, como disipadores de energía o para proteger cabezales de puentes.

Sus dimensiones son estimadas en el sitio donde se determine su construcción por estacionamiento, lo cual tiene que ser reflejada en el formato del camino junto con sus dimensiones.

Estas obras tienen que ser aprobadas por el asesor técnico.

Su forma de cálculo es la siguiente:

Volumen de piedra bola para relleno = longitud total del muro x ancho x altura

Su unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen de obra}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

C.5.4 Cimentado de piedra bola

Si los terrenos donde está asentado el camino presentan fragilidad a la erosión según la evaluación del ensayo de suelo o pendientes fuertes se puede considerar la construcción de cimiento como obra de protección. Los cimientos por ejemplo se pueden usar en cunetas, taludes y en entradas y salidas de vados.

Este tipo de obra se considera de manera puntual y su forma y dimensiones se determinan en el sitio. El diseño tiene que ser aprobado por el asesor técnico. Se tiene que referenciar el cimentado por estacionamientos iniciales y finales en el resumen general del camino.

Su forma de cálculo es la siguiente:

Volumen de mampostería de piedra bola = largo x ancho x espesor

La unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen de obra}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

Para la estimación de los costos de materiales y transporte se usan los formatos predeterminados. Estos formatos son número 2, 3 y 4, ver anexo.

C.5.5 Construcción de bordillos de mampostería para formar cunetas en mantos rocosos

Cuando afloran mantos rocosos sobre la plataforma del camino y sea imposible hacer las excavaciones para cunetas, se tiene que considerar la construcción de bordillos de mampostería de piedra bola.

Estos lugares deben ser referenciados por estacionamiento en el resumen general del camino.

La forma de cálculo del volumen de mampostería, es la siguiente:

$$\text{Volumen de mampostería} = \text{ancho} \times \text{altura} \times \text{longitud}$$

La unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen de mampostería}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

Para la estimación de los costos de materiales y transporte se usan los formatos predeterminados. Estos formatos son número 2, 3 y 4.

7.1.5 Estructuras mayores

C.6.1 Construcción de vados

C.6.1.1 Construcción de vados reforzados

C.6.1.2 Construcción de vados con tubos de mampostería

C.6.1.3 Construcción de vados con tubos PVC Rib-loc ò ADS

Estos tipos de estructuras generalmente se recomiendan para cruces de quebradas o ríos con caudal de agua considerable y permanente. Son estructuras con cierto grado de complejidad y solamente se construirán cuando un vado normal no resuelva el problema. Se tiene que hacer un diseño específico de la obra que será avalado por el asesor técnico.

El formato del camino se tiene que anotar referencias como, nombre del río o quebrada, el ancho del cauce existente, la altura del cauce, incluyendo las crecidas máximas y los estacionamientos de inicio y final de la estructura. Esta información tiene que ser certificada con miembros de las comunidades que conozcan el camino.

Para la estimación de los costos de materiales y transporte se usan los formatos predeterminados, estos formatos son 2, 3 y 4. Ver anexos.

7.1.6 Actividades de revestimiento

R.1.1 Análisis de banco

Este es un estudio de cómo se encuentra el banco a explotar.

R.1.2. Limpieza del área de explotación del banco

Para la limpieza del área de explotación de un banco, se tiene que tomar en cuenta las siguientes actividades, las cuales se determinan de acuerdo al tipo de vegetación que existe. Estas actividades pueden ser; derribo de árboles, de arbustos; destronque, desenraicé y corte de maleza.

La unidad de medida es el metro cuadrado (m²).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{área de limpieza del banco}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

En caso de haber derribo de árboles, destronque y desenraicé, se debe estimar esta actividad por separado en hombres días.

R.1.3 Descapote de banco

Esta actividad consiste en el retiro de la capa vegetal que exista en toda el área a explotar, la cual tiene que colocarse de manera ordenada cerca del área de explotación, para luego ser utilizada en la restauración del banco.

La unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{área de descapote} \times \text{espesor de la capa a remover}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

R.2 Trabajos en banco

R.2.1 Corte de material

Los volúmenes considerados a ejecutar de esta actividad, se estiman en base a la cantidad de material necesaria para el revestimiento, lo que será calculado en la siguiente manera:

Volumen de revestimiento = ancho de corona x espesor de la capa x longitud a revestir.

Su unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen de revestimiento}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

R.2.2 Acopio de material

Esta actividad consiste en formar ordenadamente el material explotado en el banco, para facilitar el cargue de los vehículos de transporte. Dicho acopio será ubicado en el mismo sitio del corte y la actividad no incluye transporte. Esta actividad solamente se debe realizar en casos que sea necesario, por lo tanto se tiene que evaluar la cantidad en cada caso y justificarlo en el formato de cálculo de volúmenes de obra.

Si no hay casos especiales se considera que es necesario un máximo del 10% del volumen de corte.

Su unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcularla mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen necesario de acopio}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

R.2.3 Acarreo y descargue de material con carretillas hasta vehículo

Esta actividad consiste en el traslado con carretillas de material acopiado al vehículo que lo transportará hacia el camino. Solamente se realizará esta actividad cuando no haya acceso del vehículo hasta donde el material está acopiado.

Su unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen necesario para traslado}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

R.2.4 Cargue de vehículo de transporte

Esta actividad consiste en el cargue del material acopiado al vehículo que lo transportará hacia el camino. El volumen de cargue tiene que ser igual al volumen del material cortado.

Su unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad de HD} = \frac{\text{volumen de carga}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

R.2.5 Restauración de bancos

Esta actividad tiene que ser considerada para todos los bancos que se exploten.

Su volumen de trabajo se considera de acuerdo al área que se ha explotado y a las consideraciones que el ingeniero haga de manera particular para cada banco, cuidando que las medidas recomendadas armonicen con el entorno ambiental de la zona.

Su unidad de medida es el metro cuadrado (m²).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{volumen de trabajo}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

R.3 Revestimiento

R.3.1 Reconformación del bombeo

Antes de comenzar la actividad de revestimiento se tiene que considerar si es necesario re-conformar el bombeo, para evitar pérdida de material cuando se reviste y lograr una buena formación de la corona.

Para esta actividad se estima aproximadamente que son necesarios 30 hombres días por cada kilómetro.

La unidad de medida es hombres días (HD).

R.3.2 Descargue de vehículo de transporte

El volumen de descargue es igual al volumen de cargue menos la cantidad que se acarreo y transporte en carretas.

Su unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{volumen de descargue}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

R.3.3 Acarreo y descargue de material con carreta

El volumen de acarreo y descargue con carretas lo estima el ingeniero en base a la distancia que es posible transportar el material para revestimiento con este medio.

Su unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{volumen de acarreo}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

R.3.4 Distribución de material de revestimiento

El volumen de distribución es igual al volumen de corte.

Su unidad de medida es el metro cúbico (m³).

La forma de calcular la mano de obra necesaria es:

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{volumen de distribución}}{\text{tasa de rendimiento}}$$

R.3.5 Acarreo y riego de agua para compactar el revestimiento

Esta actividad se tiene estimada en base a la experiencia y se ha determinado que son necesarios 5 galones de agua por metro cuadrado, para el riego del camino en un ancho completo de 4 metros.

$$\text{Cantidad de viajes} = \frac{\text{área de riego} \times 5 \text{ galones por metro cuadrado}}{500 \text{ galones por viaje}}$$

Nota: en la forma de cálculo de cantidad de viajes, se estima que las cisternas que el programa posee tienen una capacidad de 500 galones; en caso de variar esta capacidad se tiene que aplicar la capacidad real.

La unidad de medida es número de viajes (viajes),

En este caso la mano de obra se estima a 1.25 viaje por hombre día.

$$\text{Cantidad HD} = \frac{\text{cantidad de viajes}}{1.25 \text{ viaje por HD}}$$

R.3.6 Compactación del revestimiento

La compactación del revestimiento es una actividad que tiene que realizarse en toda el área revestida del camino.

Como consideración general, se determina que el proyecto tiene que rentar a tiempo completo un vehículo de volteo para todas las actividades, donde es necesario utilizarlo y además el programa posee sus propios rodos compactadores. El gasto de equipo se calcula por separado en el formato número 2 (ver anexo), (resumen de gastos por rubro en el proyecto).

La mano de obra considerada solamente incluye un ayudante para reconformación, compactación de hombros y apoyo al equipo de compactación, si se considera necesario, determinándose un máximo de 15 HD por kilómetro de camino a mejorar.

CONCLUSIONES

- 1. Se presentó una síntesis de los lineamientos para caminos rurales y sus tasas productividades preponderantes, los cuales permitirá a la Oficina Municipal de Planificación manejar mejor el proyecto con mano de obra no calificada.**
- 2. Este documento es un estudio dirigido tanto a profesionales, tales como ingenieros y técnicos, para la construcción de caminos terciarios, así como conocimientos básicos de los conceptos y la aplicación de tecnologías convencionales basadas en mano de obra.**
- 3. Se describen cada una de las actividades y operaciones a realizar, el método para determinarlas, su fórmula de cálculo. También se define el diseño de las estructuras y el uso de formato del camino para representar de manera gráfica la ubicación de las obras a realizar.**

RECOMENDACIONES

1. Para la obtención de este documento es necesario tener conocimiento básico en los conceptos de los componentes de una carretera, para obtener mejores resultados.
2. La Oficina Municipal de Planificación (OMP), debe invitar cuando se realiza este tipo de proyectos a la comunidad entera o al COCODE, para hacer el mutuo acuerdo para determinar con cuanto personal no calificado aportara la comunidad para hacer la estimación de tiempo que se ejecutara el camino.
3. Los capataces deben tener conocimientos de cuánto es el aproximado de la tasa de productividad, hombre-día para determinar la tarea diaria a cada persona y hacer ver el avance físico de la obra, para alcanzar niveles altos.
4. La Oficina Municipal de Planificación (OMP), debe velar que el mejoramiento de los caminos rurales, que tenga una buena planificación y pueda asegurar el cumplimiento de su presupuesto, al igual que la calidad técnica de la obra propuesta.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hamper, J. & Mason, D. et al, Desings and specifications for a Standard trailer and hitch for labour- based Works. Technical Brief No. 1. Tercera edición (revisada) OIT/ASIST Nairobi, Kenia.1997. Ref. No 02334.
2. Libro Azul de la Dirección General de Caminos 1992.
3. Oficina Internacional del Trabajo, (OIT). Tasas de productividad para la construcción de mano de obra. Lima, diciembre 2003.
4. Programa de la Secretaria de Investigación Económica Centroamericana (SIECA), Tomo III Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, Consultor Ing. Jorge Coronado.
5. Programa PAST, Manual para el mejoramiento de caminos rurales con el uso de mano de obra comunitaria (MOI) Versión 5. Enero del 2005.
6. Taylor, GA. Manual for estimating labour intensive Works in Lesotho. Ministry of Works, Lesotho. 1987. Ref. No. 28124.

ANEXOS

1

Resumen de gastos por rubro en el proyecto

Camino _____ Municipio _____

Longitud _____ Fecha de elaboración ____ / ____ / ____

1. Mano de obra

tipo	Cantidad de HD	Costo por día Q	Costo total en Q
Obreros			
Capataces oficiales			
Capataces especializado			
Total			

2. Materiales

Materiales	
Transporte de materiales	
COSTO TOTAL	

El desglose de costos de materiales se refleja en un formato de resumen de materiales del proyecto. Ver tercera hoja.

3. Equipos

Tipo de Equipo	Costo de renta de mes	Combustible y lubricantes	Pago por operador	Total de gastos por mes	Cantidad de meses	Costo total en Q.
Tractor agrícola						
Rodó compactador						
Rodillo vibratorio						
Plancha vibratoria						
Total						

4. Acarreo de materiales

Material a acarrear	Unidad de medida	Cantidad total en proyecto	Costo por m ³	Numero de viajes	Costo por viaje	Costo total en Q.
Material de revestimiento						
total						

5. Herramientas

Tipo de herramienta		Costo por persona	Cantidad de personas	Costo total en Q.
Herramienta de personal de campo	I			
Herramientas colectiva de campo	II			
Herramientas de madera	III			
Reposición de herramientas	IV			
Mantenimiento y reparación	V			
Total	↑			

20% de la suma de I+II+III

5% de la suma de I+II+III

6. Administración

Cantidad de meses	Costo por mes	Costo total en Q.

7. Imprevistos

Total de costo aprobado $(1+2+3+4+5+6)*10\%$	
--	--

8. Costo total en Q.

TOTAL $(1+2+3+4+5+6+7)$	
-------------------------	--

RESUMEN DE MATERIALES EN EL PROYECTO

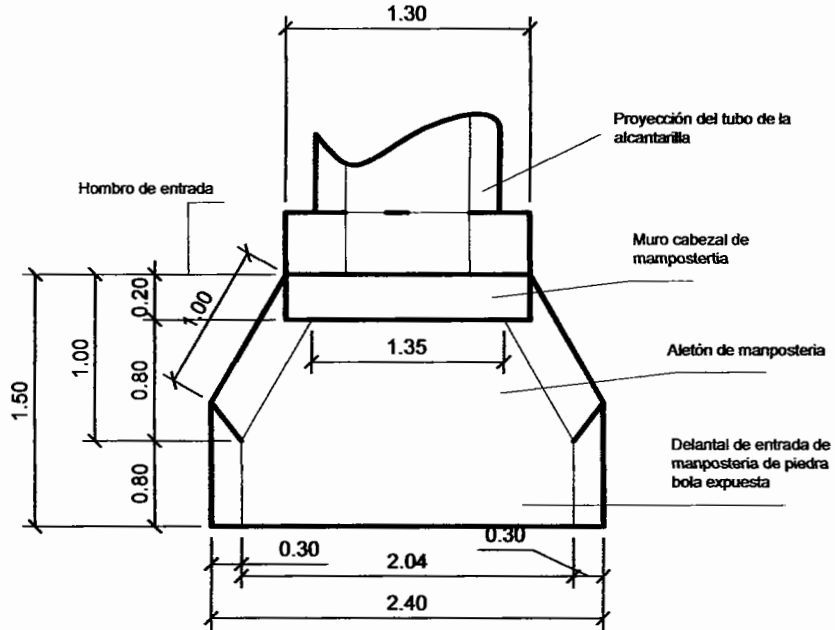
Camino _____ Municipio _____

Longitud _____ Fecha de elaboración ____ / ____ / ____

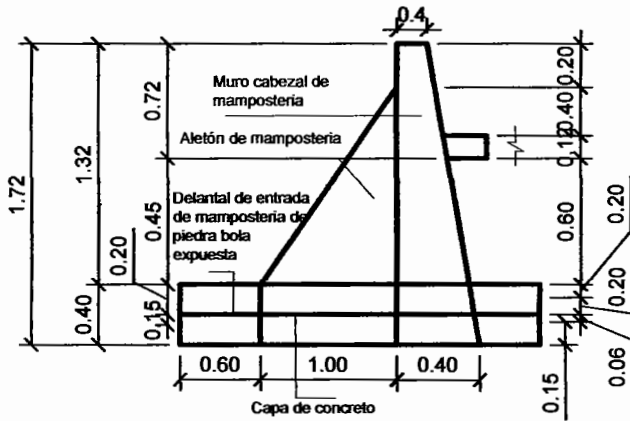
Tipo de materiales	Unidad de medida	Estimado			Real		
		Cantidad	Costo unitario	Costo total	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Cemento	Bolsa						
Arena	M ³						
Piedra bola	M ³						
Agua	Barril						
Cuartones de 2"x2"x14'	Pieza						
Tabla de 1"x10"x14'	Pieza						
Tabla de 1"x8"x14'	Pieza						
Regla de 1"x3"x8'	Pieza						
Clavos galvanizados	Libra						
Alambre de amarre	Libra						
Hierro de 3/8" std.	Quintal						
Piedra triturada de 3/4"	M ³						
Moldes de losetas	Unidad						
Total							

Observaciones _____

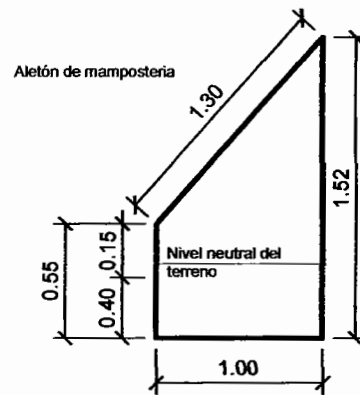
Dibujo y dimensiones de una alcantarilla esviada



CABEZAL DE ENTRADA



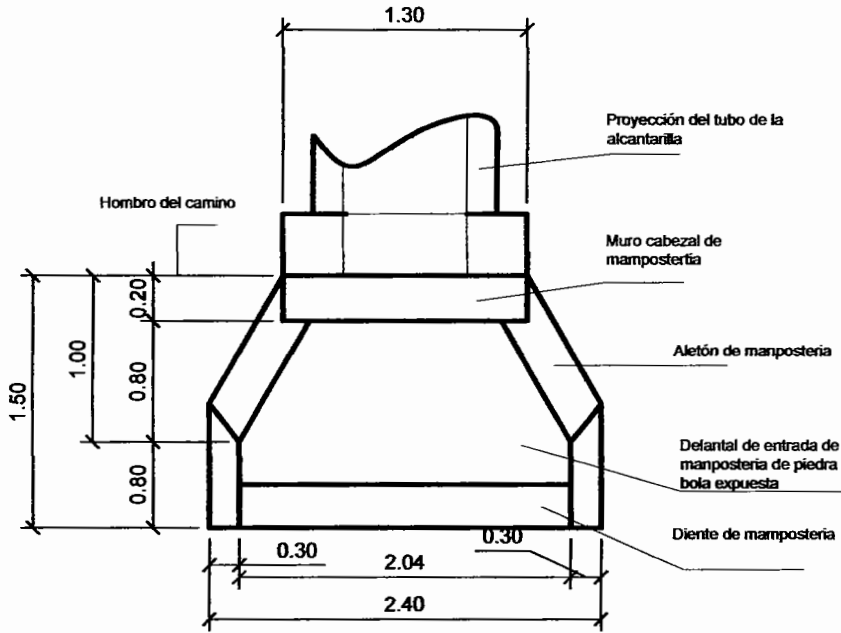
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CABEZAL DE ENTRADA



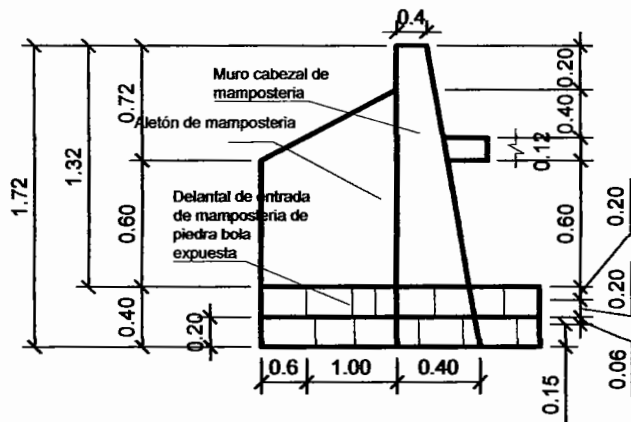
ALETÓN

Cálculo de delantal	Cálculo de muro de cabezal	Cálculo de aletones
$A = 0.60 \cdot 2.04 = 1.224\text{m}^2$ $A = \frac{(2.04+1.35)}{2} \cdot 0.80 = 1.35\text{m}^2$ $At = 1.22 + 1.36 = 2.58\text{m}^2$	$V_t = \frac{(0.20+0.40)}{2} \cdot 1.50 \cdot 1.72 = 0.774\text{m}^3$ $V_{\text{tubo}} = \frac{(0.20+0.40)}{2} \cdot 0.60 \cdot 0.60 = 0.108\text{m}^3$ $V_t - V_{\text{tubo}} = 0.774\text{m}^3 - 0.108\text{m}^3 = 0.666\text{m}^3$	$A = 0.55 \cdot 1.00 = 0.55\text{m}^2$ $A = \frac{(1.00 \cdot 0.97)}{2} = 0.485\text{m}^2$ $At = 0.55 + 0.485 = 1.035\text{m}^2$
Volumen de concreto = $2.58 \cdot 0.05 = 0.129\text{m}^3$ Volumen de mampostería = $2.58 \cdot 0.20 = 0.516\text{m}^3$	Volumen de concreto = $0.40 \cdot 1.50 \cdot 0.05 = 0.03\text{m}^3$ Volumen de mampostería = 0.650m^3 Volumen de mortero = $(0.20 \cdot 0.20) \cdot 1.50 \cdot 0.05\text{m}^3$	Volumen de concreto = $0.20 \cdot 1.00 \cdot 0.06 = 0.02\text{m}^3$ Volumen de mampostería = $1.035 \cdot 0.20 = 0.414\text{m}^3$ Volumen de mortero = $(1.39 + 0.15) \cdot 0.20 \cdot 0.002 = 0.0012\text{m}^3$

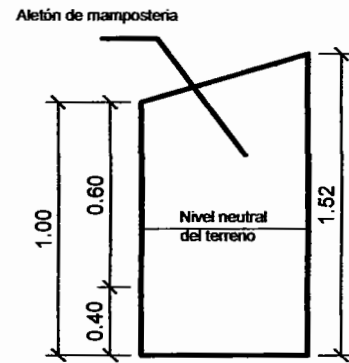
Dibujo y dimensiones de una alcantarilla esviada



CABEZAL DE SALIDA



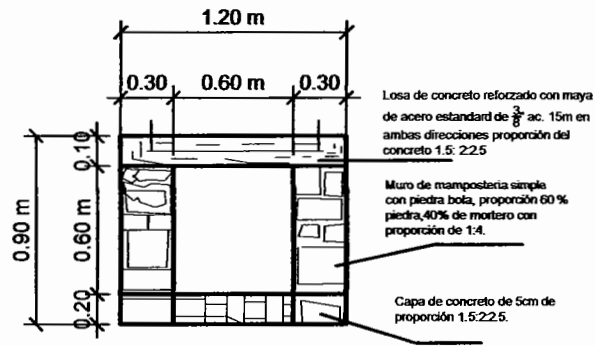
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CABEZAL DE SALIDA



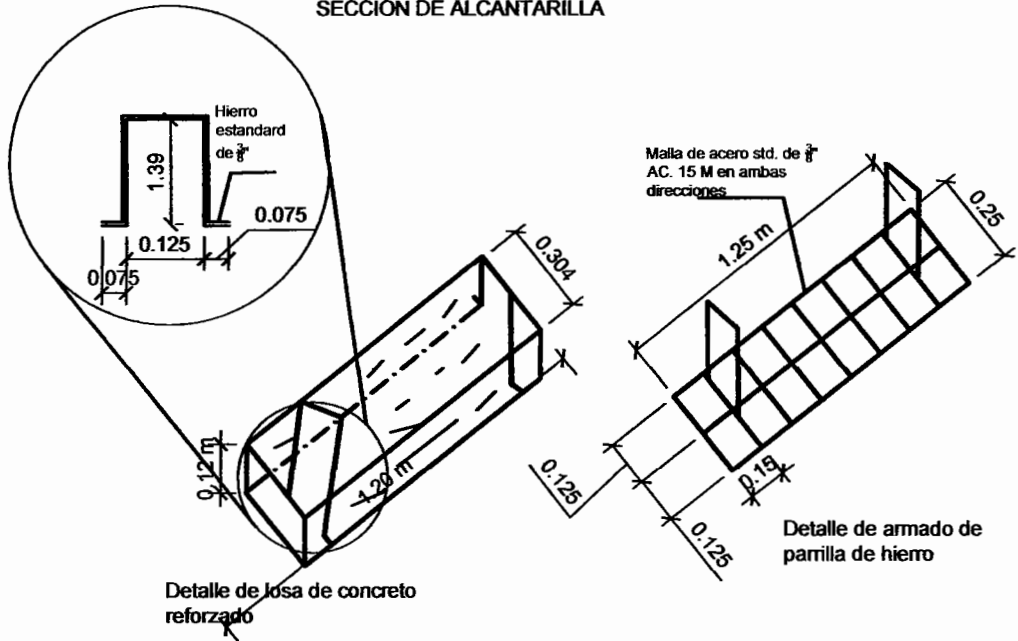
ALETÓN

Cálculo de delantal	Cálculo de muro de cabezal	Cálculo de aletones
$A = 0.60 \cdot 2.04 = 1.224\text{m}^2$ $A = \frac{(2.04+1.35)}{2} \cdot 0.80 = 1.35\text{m}^2$ $At = 1.22+1.36 = 2.58\text{m}^2$	$V_t = \frac{(0.20+0.40)}{2} \cdot 1.50 \cdot 1.72 = 0.774\text{m}^3$ $V_{\text{tubo}} = \frac{(0.20+0.40)}{2} \cdot 0.60 \cdot 0.60 = 0.108\text{m}^3$ $V_t - V_{\text{tubo}} = 0.774\text{m}^3 - 0.108\text{m}^3 = 0.666\text{m}^3$	$A = 0.55 \cdot 1.00 = 0.55\text{m}^2$ $A = \frac{(1.00 \cdot 0.97)}{2} = 0.485\text{m}^2$ $At = 0.55 + 0.485 = 1.035\text{m}^2$
Volumen de concreto = $2.58 \cdot 0.05 = 0.129\text{m}^3$ Volumen de mampostería = $2.58 \cdot 0.20 = 0.516\text{m}^3$	Volumen de concreto = $0.40 \cdot 1.50 \cdot 0.05 = 0.03\text{m}^3$ Volumen de mampostería = 0.650m^3 Volumen de mortero = $(0.20 \cdot 0.20) \cdot 1.50 \cdot 0.05\text{m}^3$	Volumen de concreto = $0.20 \cdot 1.00 \cdot 0.06 = 0.02\text{m}^3$ Volumen de mampostería = $1.035 \cdot 0.20 = 0.414\text{m}^3$ Volumen de mortero = $(1.39+0.15) \cdot 0.20 \cdot 0.002 = 0.0012\text{m}^3$

Dibujo y dimensiones de una alcantarilla esviada



SECCIÓN DE ALCANTARILLA



Longitud del tubo de alcantarilla esviada = _____ m

Cálculo del tubo	Cálculo de losa
Volumen de concreto = _____ * 1.20 * 0.06 = _____ m ³	Cantidad de losas = _____ / 30 = _____ unidades
Volumen de mamp. en la base = _____ * 1.20 * 0.20 = _____ m ³	Volumen de concreto = 1.20 * 0.30 * 0.12 = 0.0432 m ³
Volumen de mamp. en muros = _____ * 0.30 * 0.60 * 2 = _____ m ³	Volumen total de concreto = 0.0432 * _____ = _____ m ³
	Acero 3/8" =
	Longitudinal = 1.15 * 3 = 3.45m
	Transversal = 8 * 0.25 = 2.00
	Gancho = 0.825 / 2 = 1.65 m
	Acero 3/8" = 7.1 ml = 1.183 var. * _____ = _____ Quintales

Consolidado de materiales de muros de mampostería

camino _____ fecha de elaboración _____ / ____ / ____

municipio _____ longitud total de muros _____ m

estacionamientos _____ volumen de mampostería _____ m³

_____ volumen de mortero _____ m³

_____ volumen de concreto _____ m³

1. Resumen de materiales

material	unidad de medida	estimado			real		
		cantidad	costo unitario	costo total	cantidad	costo unitario	costo total
cemento	bolsa						
arena	m ³						
piedra bola	m ³						
piedra triturada de 3/4"	m ³						
Agua	barril						
clavos	libras						
grava de rio para filtro	m ³						
total							

Gasto total en _____ muros de mampostería Q.

observaciones _____

Cálculo y evaluación de materiales de muros de mampostería

camino _____ fecha de elaboración _____ / ____ / ____

municipio _____

estacionamientos _____

longitud total de muros _____ m

volumen de mampostería _____ m³

volumen de mortero _____ m³

volumen de concreto _____ m³

nota

1. Cantidad de materiales en mampostería

		volumen total de mampostería			m ³		
		estimado			real		
material	unidad de medida	cantidad	costo unitario	costo total	cantidad	costo unitario	costo total
ceemento	bolsa	3.10					
arena	m ³	0.40					
pedra bola	m ³	0.65					
Agua para mezcla	baril	0.32					
para lavado de piedra	baril	0.65					
grava de río	m ³						
sub total							

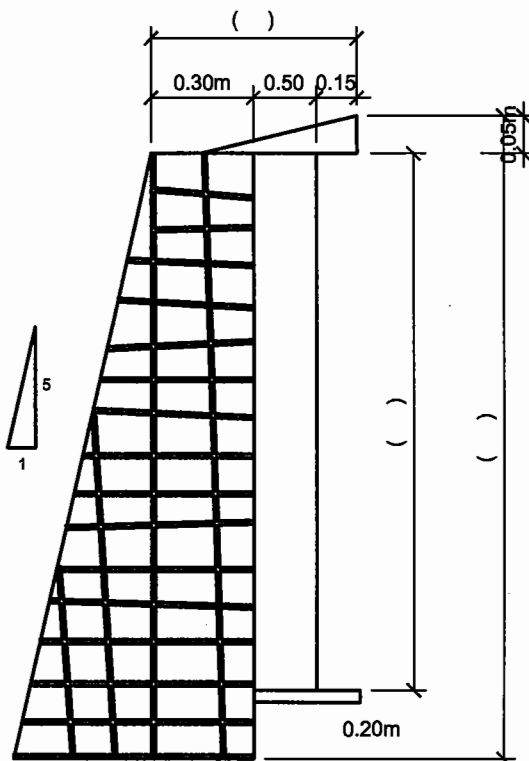
2. Cantidad de materiales en mortero para acabados

		volumen total de mortero			m ³		
		estimado			real		
material	unidad de medida	cantidad	costo unitario	costo total	cantidad	costo unitario	costo total
ceemento	bolsa	7.50					
arena	m ³	1.00					
Agua	baril	0.78					
sub-total							

3. Cantidad de materiales de concreto

		volumen total de concreto			m ³		
		estimado			real		
material	unidad de medida	cantidad	costo unitario	costo total	cantidad	costo unitario	costo total
ceemento	bolsa	9.50					
arena	m ³	0.40					
pedra triturada de 3/4"	m ³	0.45					
Agua para mezcla	baril	0.97					
sub-total							

Dibujo y dimensiones de una alcantarilla esviada



Muro de mampostería

Cálculo del área del muro

$$\text{Área} = \frac{(0.50\text{m} + (\text{altura} \cdot 0.20)) + 0.50\text{m}}{2} \cdot \text{altura}$$

$$\text{Área} = \frac{(0.50\text{m} + (\quad \cdot 0.20)) + 0.50\text{m}}{2} \cdot \quad = \quad$$

Cálculo de mampostería = (área del muro * longitud del muro)

Cálculo de mampostería = \quad * \quad m²

Cálculo de volumen de concreto en la base = $(0.50 + (\text{altura} \cdot 0.20)) \cdot \text{longitud del muro}$

Cálculo de volumen de concreto en la base = \quad = m²

Cálculo de volumen de concreto en la corona = $\frac{((0.50 + 0.15) + \text{ancho del filtro}) \cdot 0.05}{2}$

2

Ejemplo de cálculo de porcentajes de rendimiento por medio de la mediana.

Datos de excavación de Pruebas de Campo para terreno suave, 2.6, 4.0, 3.0, 4.5, 3.2, 5.

Primer paso es ordenar los datos de forma ascendente: 2.6, 3.0, 3.2, 4.0, 4.5, 5.

Determinar el valor central se eliminan los extremos y solo se seleccionan los dos del medio.

2.6	
3.0	
3.2	} $Me = \frac{3.2 + 4.0}{2} = 3.6$
4.0	
4.5	
5.0	

Ver tabla IX, pág. 28 el resultado como se conforma la tabla.

Ejemplo: Pasos de la actividad de construcción.

Las actividades de construcción y su espaciamiento y organización son uniformes en todo el programa, lo que permite la capacitación, planificación y supervisión eficaz.

En las páginas siguientes, los diferentes pasos del trabajo con sus actividades ilustradas y descritos en detalle, y su propósito es mostrar como un programa de construcción de caminos con mano de obra comunitaria en gran escala puede ser fácilmente planificado y controlado.

1. Alineamiento

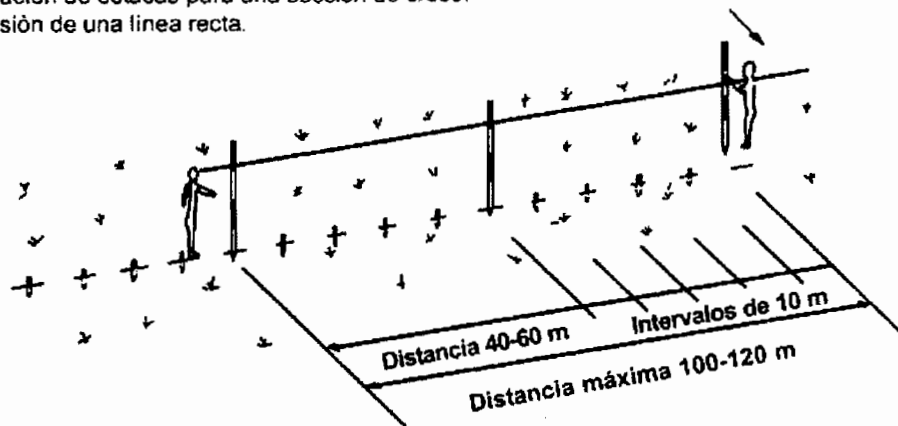
La primera actividad comienza con el trazo del camino. Esto puede hacerse con métodos simples. Un alineamiento cuidadoso es importante para producir un camino de alta calidad y, al mismo tiempo, hallar un trazo para el cual debe gastarse tan pocos recursos como fuese posible.

Figura A. Colocación

Colocación de las líneas rectas.

Estacas rectas, que deben ser pintadas en un color brillante para mejor visibilidad, son puestas en una línea a una distancia fijada. Las barras de alineación deben ser colocadas siempre en forma vertical.

Ejemplo: Colocación de estacas para una sección de cruce.
Extensión de una línea recta.

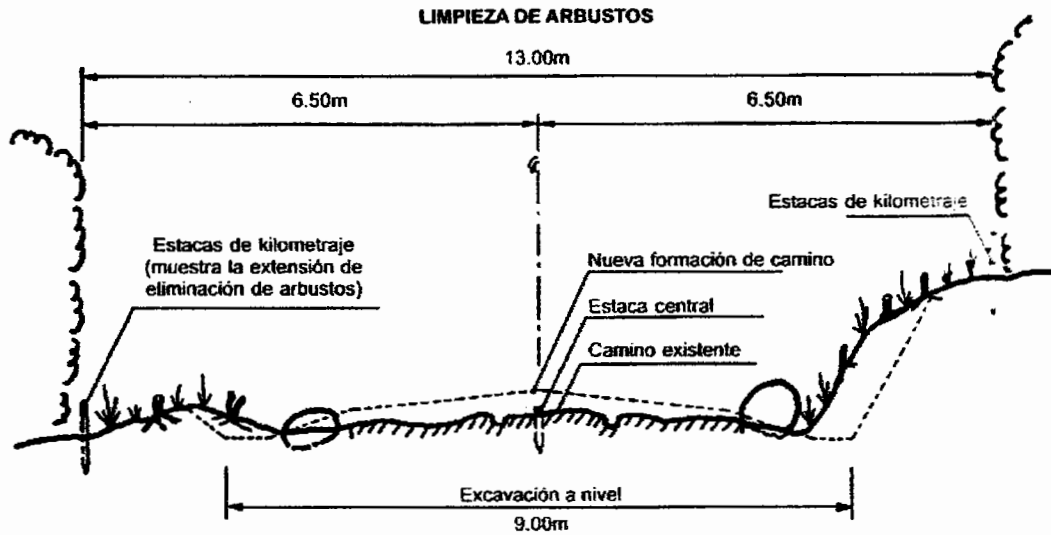


Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra Pág., 90

2. Limpieza de arbustos

Esta actividad es generalmente llevada a cabo sobre el ancho del camino, mas uno o dos metros a cada lado. La limpieza de arbustos consiste en cortar y remover todos los arbustos y matas dentro del área y depositarlos fuera del área despejada

Figura B. Limpieza de arbustos.



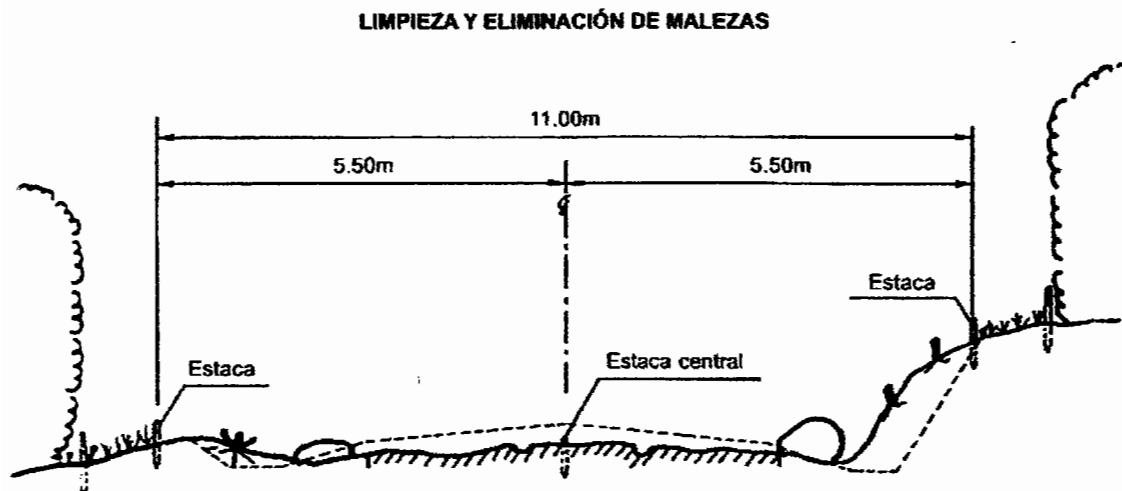
Eliminación de hierbas:
Fuera de la franja de 13.00m de ancho de limpieza de arbustos, preferiblemente en el lado más bajo del camino

Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra pág., 90

3. Limpieza de hierbas y maleza

Esta actividad incluye el levantamiento de toda hierba, las raíces de la hierba y otra vegetación que queda después de la limpieza de arbustos (excepto arboles), en el área donde tendrán lugar los trabajos. Toda la capa superficial del suelo también es removida de la parte limpia, dado que esto debilitara el camino si se incluye en su construcción.

Figura C. Limpieza y eliminación de malezas.

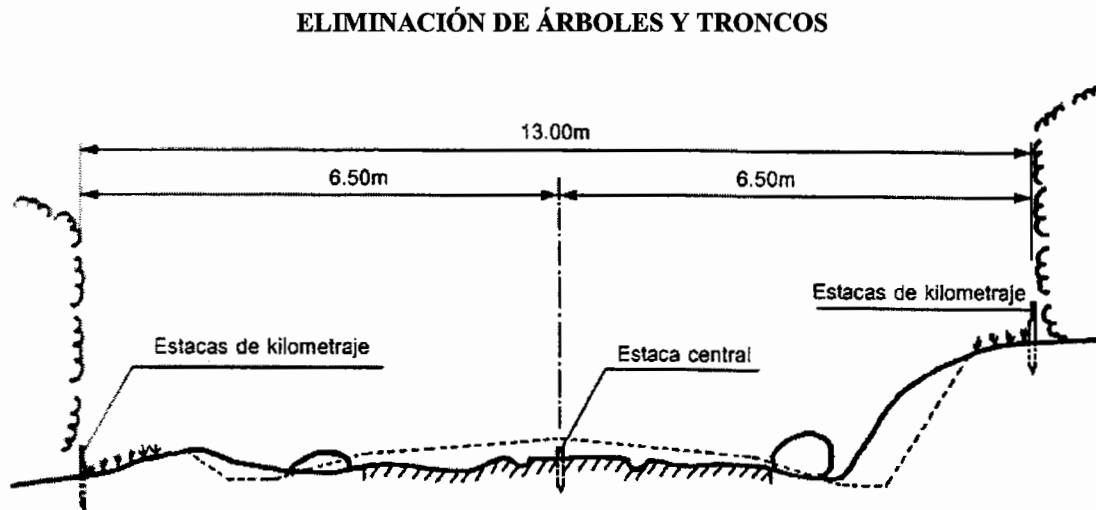


Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra pág., 91

4. Eliminación de árboles y troncos

Esta actividad incluye el corte de árboles dentro del área previamente limpiada de arbustos. Los troncos deben ser también desraizados y todo el material fuera del área despejada.

Figura D. Eliminación de troncos.

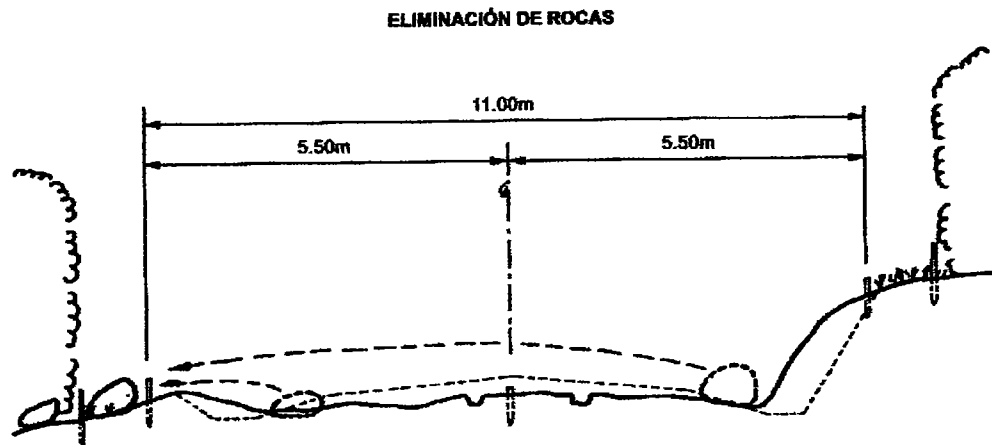


Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra pág., 91

5. Eliminación de rocas

En algunos caminos se encuentran piedras grandes y rocas. Varios métodos pueden usarse para tratar con estas; modificar la alineación, remover las piedras del camino, enterrar las piedras, quebrar las piedras usando herramientas de mano o quebrarlas usando explosivos.

Figura E. Eliminación de rocas.



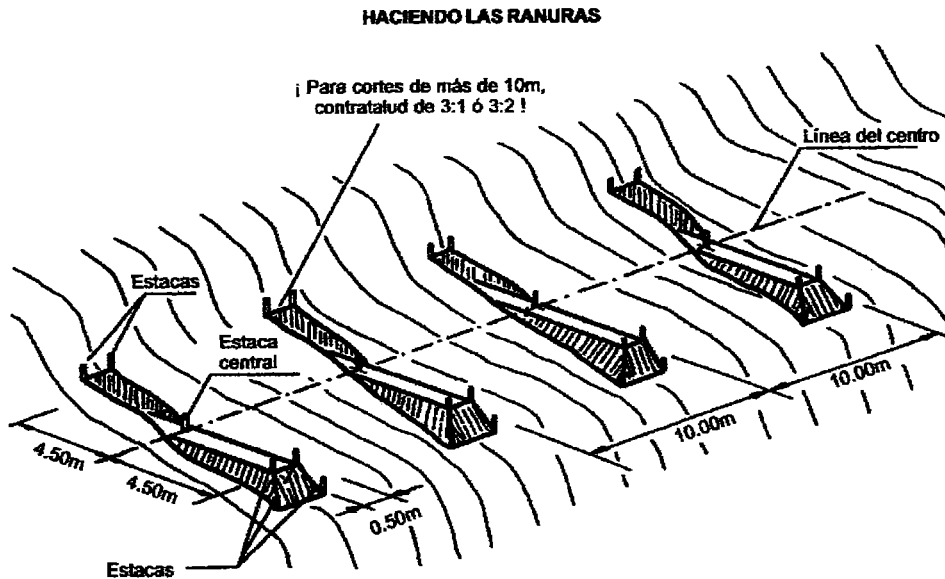
Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra pág., 92

6. Haciendo las ranuras

El método de abrir ranuras, balancea el material de tierra de cada sección a 10 metros de camino. Lo logra tomando una ranura representativa a través del camino. El suelo es redistribuido y compacto entre la ranura de 0.5m, hasta que la superficie es nivelada sobre todo el ancho del camino. Estas ranuras son entonces usadas como guías para:

- Calcular las cantidades de trabajo de excavación entre cada ranura.
- Actuar como guía visual para la actividad de "excavación a nivel".

Figura F. Haciendo las Ranuras.

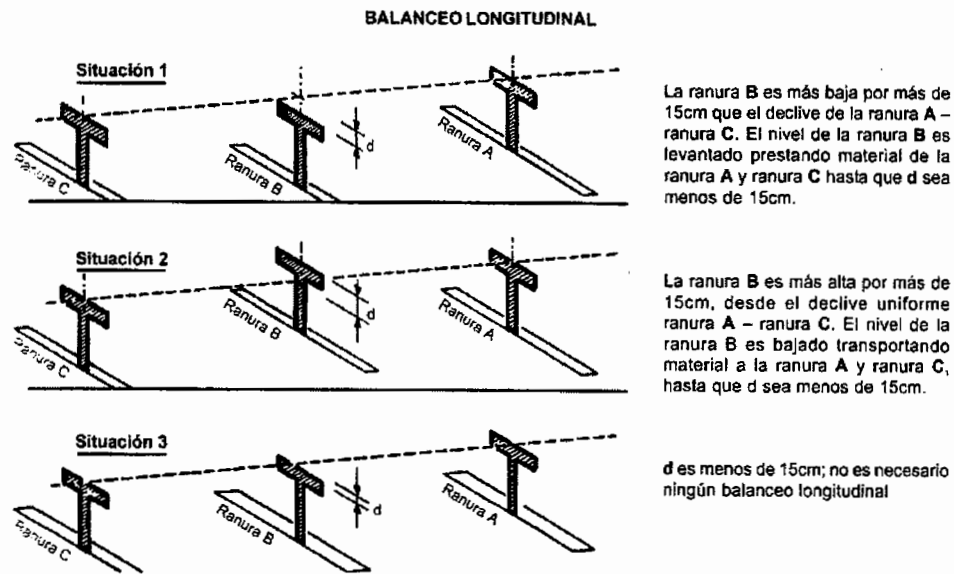


Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra pág., 92

7. Balanceo longitudinal

Si la alineación existente no es uniforme verticalmente, las ranuras también pueden variar considerablemente en alineación a lo largo del camino. Para superar esto, se realiza el balanceo longitudinal como una operación de siguiente para la apertura de ranura inicial. Si las tres ranuras consecutivas están fuera de la alineación vertical por más de 10cm (verificando las barras de nivelación), después las ranuras pueden ajustarse transportando material entre las ranuras adyacentes.

Figura G. Balanceo longitudinal.

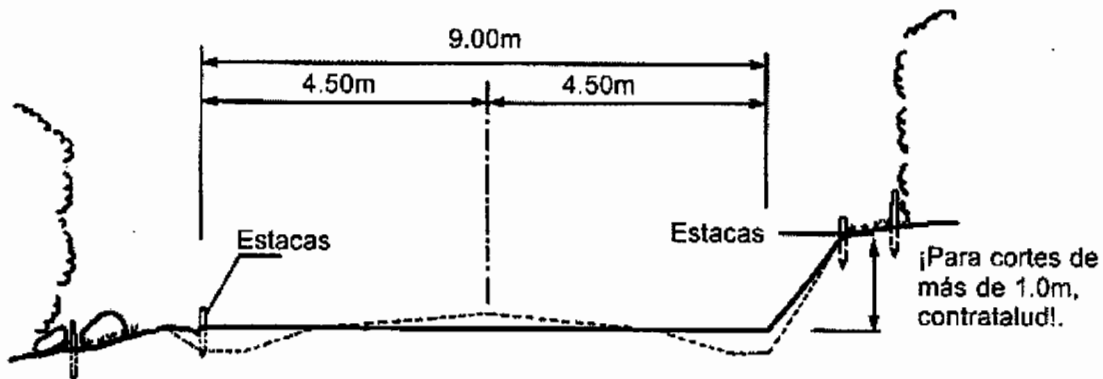


Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra, pág., 93.

8. Excavación a nivel

Una vez que la alineación y las ranuras son terminadas, entonces el volumen de excavación para lograr la terraza nivelada puede llevarse a cabo. Las ranuras actúan como una guía para la excavación y llenado de cada sección de 10m de camino para lograr una terraza transversalmente nivelada. La terraza es una plataforma en la que se construirá la combadura o abombamiento del camino y el drenaje de una manera exacta y controlada.

Figura H. Excavación nivel.

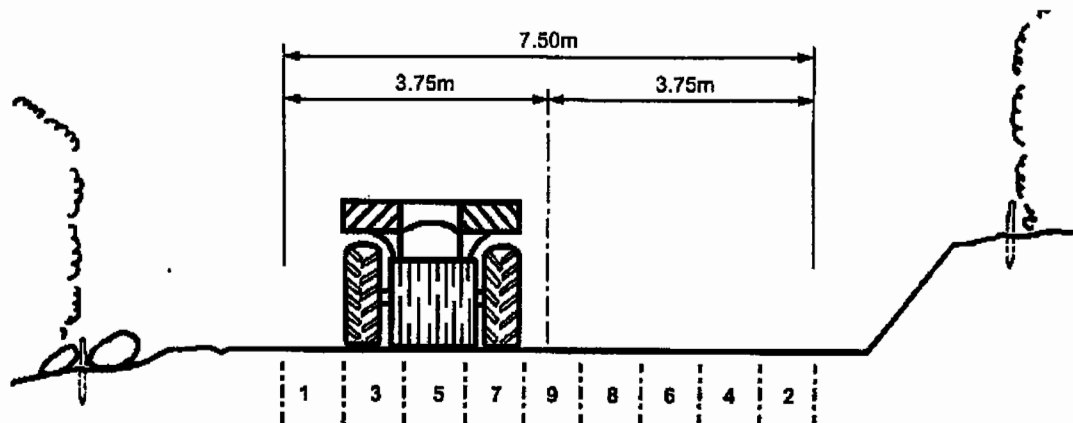


Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra, pág., 93.

9. Primera compactación

Si un rodillo está disponible, el llenado de la terraza deberá ser compactada para evitar la consolidación futura, y asegurar una buena calidad geométrica para las siguientes operaciones.

Figura I. Primera compactación.



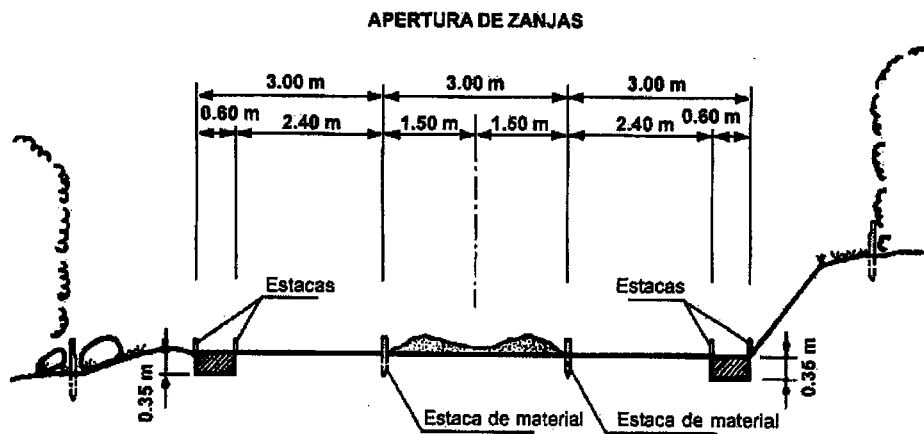
Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra, pág., 94.

10. Abrir zanjas

Las operaciones del drenaje lateral permiten que el sistema de las cunetas laterales y la combadura o abombamiento del camino sean construidos. Estas cunetas son normalmente construidas en tres pasos simples de excavación (abrir zanjas y establecer taludes y contrataludes), para facilitar el control de las operaciones geométricas y la productividad. Las actividades involucradas son:

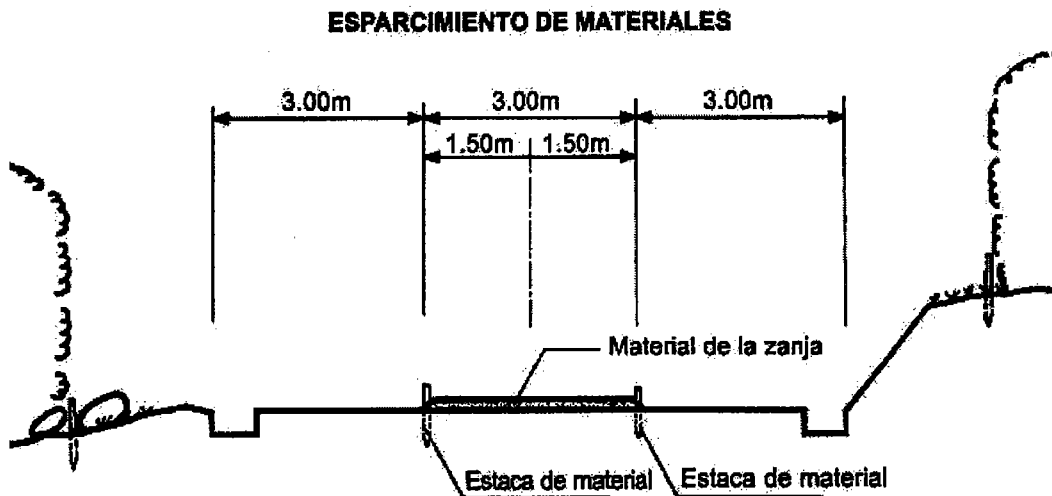
- Abrir zanjas
- Esparcir los materiales
- Segunda compactación
- Establecer taludes
- Establecer contrataludes
- Formar la combadura o abombamiento
- Compactación final (tercera).

Figura J. Apertura de zanjas.



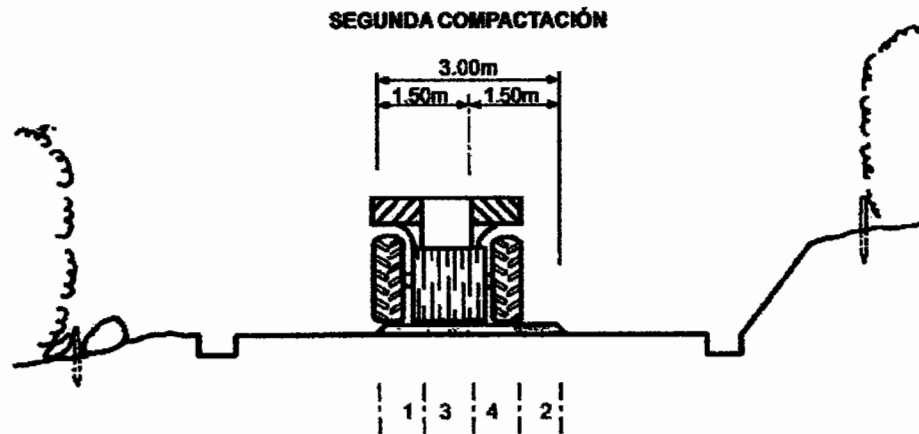
Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra, pág., 94.

Figura K. Espaciamiento de materiales.



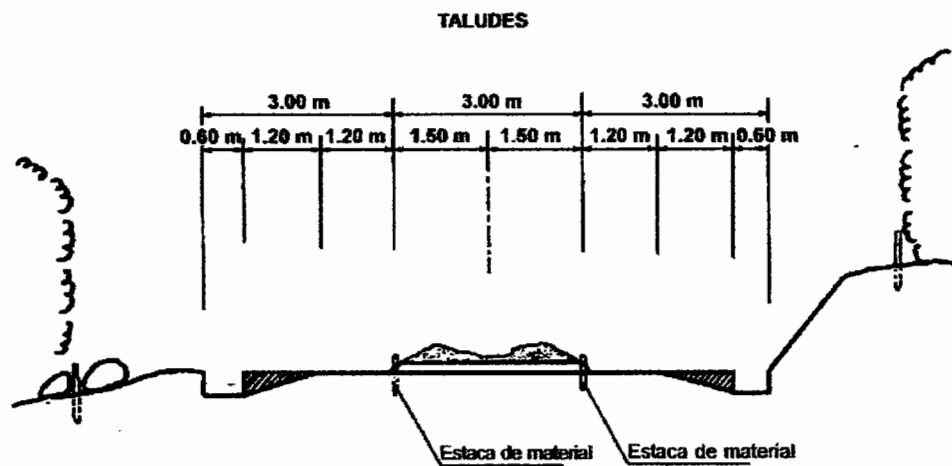
Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra, pág., 95.

Figura L. Segunda compactación.



Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra pág., 95.

FIGURA M Talud



Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra pág., 95.

Figura N. Contrataludes.

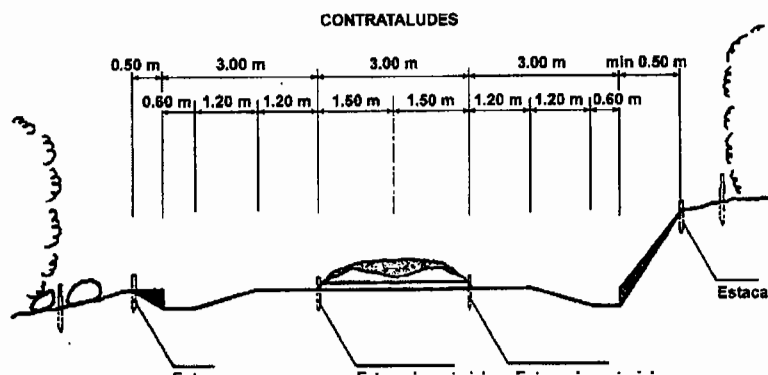


Figura O. Formación de la combadura.

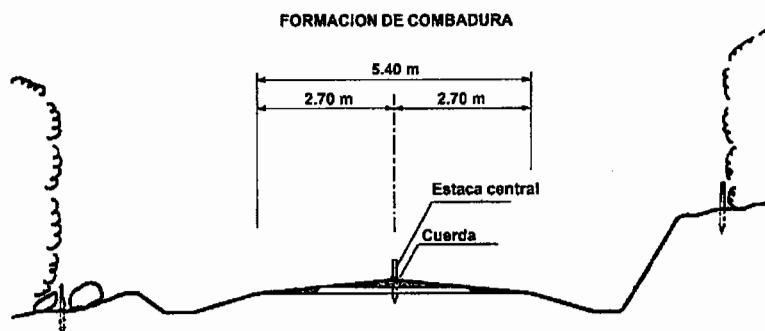
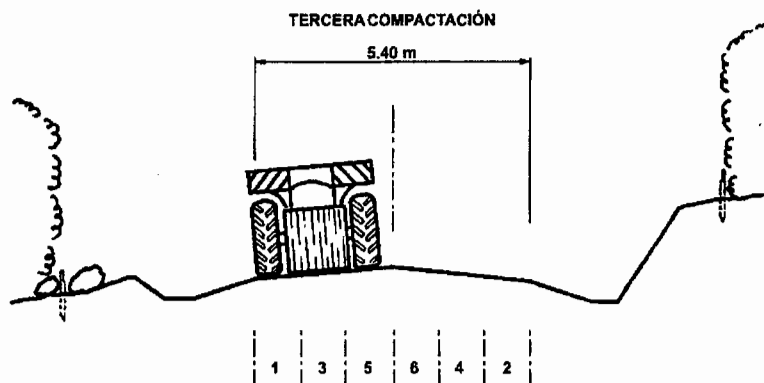
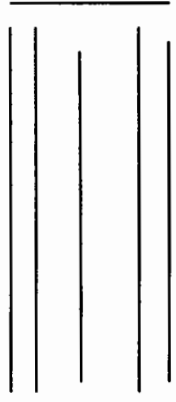


Figura P. Tercera compactación.



Fuente: Manual de Revestimiento y Mantenimiento de caminos con uso de mano de obra, pág., 96.

Municipalidad de San Marcos

Formato de ubicación de obras en el camino de un kilómetro				
camino:		longitud:		de: 0+000 A:
Localización: Zona:			Levanto:	
Municipio: Departamento:			Fecha:	Hoja: De:
Estación Km. + metros	Representación gráfica	Espesor de revestimiento en metros	Tipo de sección	observaciones
0+000				
0+100				
0+200				
0+300				
0+400				
0+500				
0+600				
0+700				
0+800				
0+900				
0+1000				
Información general por kilómetro				
Longitud total de mantenimiento:			Volumen de revestimiento:	

Municipalidad de San Marcos

Formato para el cálculo de costo de un kilómetro

Camino _____ Municipio: _____

Longitud: _____ Fecha ____/____/____

1. Mano de obra

Tipo	Cantidad H/D	Costo por día Q.	Costo total Q.	Cantidad de personas en grupo de trabajo	Periodo de ejecución en días
Obreros					
Capataces total					

Nota: periodo de ejecución es calculado como cantidad de H/D obreros entre la cantidad de personas

2. Materiales

Costo total Q.: _____

Nota: ver página 119 para ver memoria de cálculo por separado

3. Equipos

Tipo de equipo	Costo de renta por mes Q.	Combustible y lubricantes	Pago de operador Q.	Total gastos por mes Q.	Cantidad de meses	Costo total Q.
Vehículo de volteo						
Rodo compactador						
Otro						
Total						

4. Acarreo de materiales

Tipo de material	cantidad	Costo unitario por m ³ Q.	Costo unitario por viaje Q.	Costo total Q.
Material para revestimiento				
Material de construcción				

5. Herramientas

Tipo de herramienta	Cantidad	Costo unitario Q.	Costo total Q.
Herramientas individuales			
Herramientas colectivas Herramientas de madera			
Mantenimiento y reparación			

6. Administración

Rubro	Gasto por mes Q.	Cantidad de meses	Costo total Q.

7. Imprevistos

$(1+2+3+4+5+6)*10\% = Q.$ _____

8. Costo total

$(1+2+3+4+5+6+7) = Q.$ _____

MUNICIPALIDAD DE SAN MARCOS
 Formato para el cálculo de mano de obra para un (1) kilómetro

Camino: _____ Longitud: _____
 Municipio: _____ Fecha _____
 Estacionamiento De: _____ a _____

Actividad	Unidad de medida	Cantidad de obra	Tasa de rendimiento	Hombres días	Observaciones
Preliminares					
Preparar acceso al banco	H/D				
Limpieza del área del banco	m ²				
Chapeo	m ³				
Total					
Actividad					
Trabajos de banco					
Acareo y descargue del material con caretillas	m ³				
Carga del vehículo de transporte	m ³				
Total					
Actividad					
Revestimiento					
Escarificación de la corona	m ²				
Acarreo y riego de agua antes de la distribución del material	viajes				
Descargue del vehículo de transporte	m ³				
Distribución del material	m ³				
Acarreo y riego de agua antes de la compactación	viajes				
Compactación con vehículo de remolque y rodó	H/D				
Reconformación del revestimiento	H/D				
Limpieza y entrega final	H/D				
total					