

24-37



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PAUTAS PARA LA SELECCION Y PROYECTO DE CAMINOS  
RURALES COMPRENDIDOS DENTRO DEL PLAN  
DE DESARROLLO DEL ESTADO DE CHIAPAS**

**T E S I S**  
Que para obtener el título de  
**INGENIERO CIVIL**  
p r e s e n t a

**JOSE OSCAR BUENO PEREZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-287

Señor JOSE OSCAR BUENO PEREZ,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Miguel Angel Nava Uriza, para que lo desarrolle como TESIS para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO CIVIL.

"PAUTAS PARA LA SELECCION Y PROYECTO DE CAMINOS RURALES COMPREN  
DIDOS DENTRO DEL PLAN DE DESARROLLO DEL ESTADO DE CHIAPAS"

- I. Antecedentes.
- II. Objetivos y beneficios del programa.
- III. Evaluación económica.
- IV. Normas para el proyecto geométrico.
- V. Selección de ruta.
- VI. Drenaje.
- VII. Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 29 de noviembre de 1985  
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHAVEZ.

①  
OARCH/RUCH/sio.

## INDICE

	PAG.
1. ANTECEDENTES.	
1.1 Situación de la red de caminos en el país y en el Estado de Chiapas. . . . .	4
1.2 Necesidad en la entidad de disponer de ade- cuados medios de comunicación terrestre. . .	10
2. OBJETIVOS Y BENEFICIOS DEL PROGRAMA.	
2.1 Objetivos . . . . .	16
2.2 Area de implantación del programa . . . . .	20
2.3 Beneficios . . . . .	29
3. EVALUACION ECONOMICA.	
3.1 Beneficios por incremento de la producción agrícola . . . . .	35
3.2 Beneficios por ahorro en el costo de trans- porte de la producción excedente . . . . .	39
3.3 Flujo de gastos de inversión . . . . .	40
3.4 Tasas internas de retorno . . . . .	42
4. NORMAS PARA EL PROYECTO GEOMETRICO.	
4.1 Velocidad de proyecto . . . . .	56
4.2 Vehículo de proyecto . . . . .	56
4.3 Distancias de visibilidad . . . . .	59
4.3.1 Distancia de visibilidad de parada . .	59
4.3.2 Distancia de visibilidad de encuentro.	61

4.4 Alineamiento horizontal . . . . .	63
4.4.1 Tangentes . . . . .	63
4.4.2 Curvas horizontales . . . . .	64
4.5 Alineamiento vertical . . . . .	67
4.5.1 Tangentes . . . . .	68
4.5.2 Curvas verticales . . . . .	69
4.6 Sección transversal . . . . .	74
4.6.1 Corona . . . . .	74
4.6.2 Talud . . . . .	79
5. SELECCION DE RUTA .	
5.1 Procedimiento general . . . . .	82
5.2 Aprovechamiento de brechas. . . . .	86
5.3 Estudio de impacto ambiental. . . . .	90
6. DRENAJE ,	
6.1 Clasificación del drenaje . . . . .	95
6.2 Descripción y estudio de las obras . . . . .	98
6.2.1 Obras de drenaje longitudinal. . . . .	99
6.2.2 Obras de drenaje transversal . . . . .	104
7. CONCLUSIONES . . . . .	115
BIBLIOGRAFIA . . . . .	123

CAPITULO 1.

## ANTECEDENTES .

Nuestro país ha padecido hasta ahora el grave problema de la incomunicación, que ha mantenido aislados a una considerable cantidad de poblados diseminados en los casi 2 millones de km<sup>2</sup> de superficie del territorio nacional. Los habitantes de estas comunidades padecen lo que se ha llamado -- discriminación geográfica, siendo casi imposible llevar a cabo cualquier acción educativa, de salud o de algún otro tipo que les permitan subsistir de manera decorosa, propiciando su desarrollo e integración al resto del país, sobre todo en temporada de lluvias cuando la incomunicación se agudiza y, en algunos casos, el tiempo en que no es posible el acceso de vehículos a esas localidades puede llegar a ser de varios meses.

Asimismo, miles de hectáreas potencialmente productivas, no contribuyen a satisfacer las enormes necesidades de nuestro país, por carecer precisamente de una vía de comunicación.

La consecución de una vida digna y productiva de todos los sectores de la población, se logra en su parte primera mediante la ejecución de los programas de infraestructura, que posibiliten la realización de programas que tiendan a satisfacer los requerimientos para el desarrollo y bienestar social de las comunidades marginadas, a través de la educación, la salud, los servicios públicos, la industria, el comercio, la agricultura, la ganadería, etc. Así como fortaleciendo el sistema de comunicaciones, para integrar físicamente las regiones y poblaciones incomunicadas que sufren cotidianamente las consecuencias siempre dañinas y en ocasiones trágicas del aislamiento, porque la falta de vías de comunicación aunada a la carencia de recursos, provoca entre los pueblos la miseria, la ignorancia e insalubridad y por consecuencia hace casi nula la productividad. De esta manera se presenta la posibilidad de construir escuelas, incrementando y difundiendo la capacitación, abatiendo el analfabetismo y permitiendo el poder proporcionar los servicios indispensables de salubridad que contribuyan a reducir el índice de mortalidad en las zonas rurales.

Los productos primarios son básicos para nuestro desarrollo, ya que cumplen con proveer alimentos y materias primas para los mercados, sin embargo, los niveles de consumo y productividad del grueso de las familias rurales son de subsistencia. Con los caminos la agricultura abarca un mayor ámbito geográfico, es decir, deja de destinarse a consumos ex -



clusivamente locales para convertirse en un medio regional, nacional y aun de exportación; los recursos potenciales se emplean útilmente, muchas tierras nuevas se abren al cultivo, los sistemas antiguos se sustituyen por otros de mayor rendimiento; el mercado se amplía con los productos que concurren desde los sembradíos de los alrededores, con lo cual las posibilidades de la pequeña y mediana agricultura crecen incuestionablemente; las obras de riego pueden realizarse con mayor prontitud y el traslado rápido de semillas mejoradas, fertilizantes, maquinaria agrícola, etc., se refleja en un incremento de la producción.

#### 1.1 Situación de la red de caminos en el país y en el Estado de Chiapas.

Para hacer frente al problema de la incomunicación, se ha venido realizando durante las últimas décadas un importante esfuerzo para dotar al país de la infraestructura carretera que su desarrollo requiere y poder así, integrar territorial y socialmente a los miles de poblados que se encuentran marginados.

Actualmente, la longitud de la red de caminos del país es de 225 mil kilómetros,<sup>1</sup> sin embargo, la relación entre la longitud del sistema carretero y la superficie total -

---

1 FUENTE: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

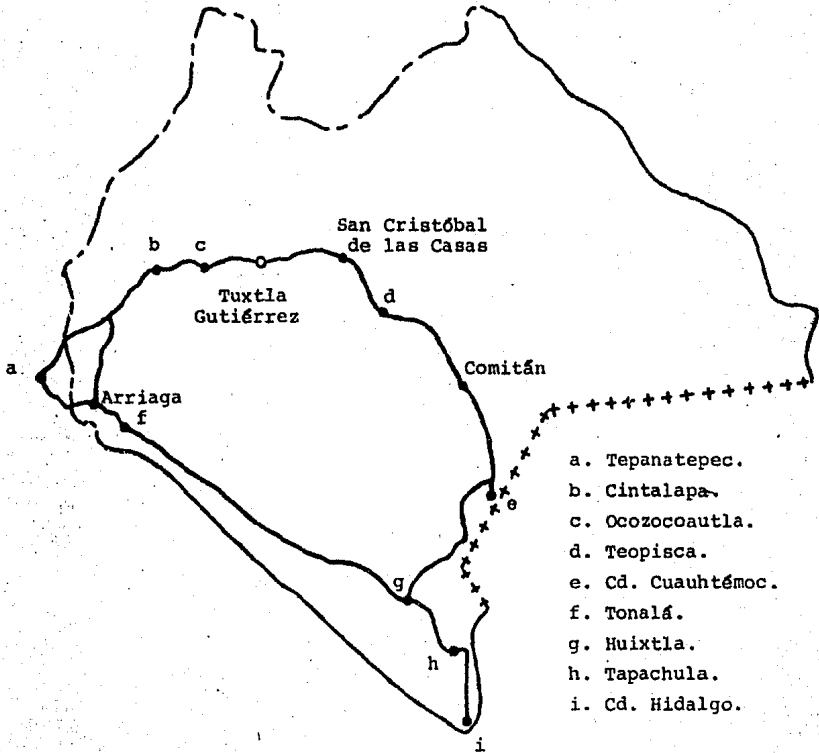
del país es de sólo 114 metros por kilómetro cuadrado, mientras que en otros países con mayor desarrollo esta proporción es mucho más elevada.

La longitud de la red de caminos alimentadores es en promedio 1.3 de la longitud de la red troncal, entendiéndose como alimentadores, aquellos caminos que brindan comunicación a pequeños núcleos de población o bien a zonas potencialmente productivas, enlazándolas entre sí o con alguna carretera troncal. En cambio en otros países que disfrutaban de sistemas más eficientes de comunicación, la proporción llega a ser hasta de 4 o más kilómetros de caminos alimentadores por cada kilómetro del sistema troncal. Ante esta deficiencia, se ha seguido una política de comunicaciones que tiene entre sus propósitos fundamentales el impulsar el desenvolvimiento económico y social equilibrado de las diversas regiones del país, en función de sus características y de sus recursos, a fin de reducir las diferencias que existen entre unas y otras y promover el surgimiento de aquellas zonas que actualmente se encuentran menos desarrolladas. Para ello, se requiere de una infraestructura amplia y densa de caminos rurales alimentadores, transitables en todo tiempo, que intercomunicuen a todo el país y que por su función alimentadora, permitan aprovechar eficientemente las capacidades de tránsito asignadas en los diseños a la red troncal existente.

En el Estado de Chiapas fue hasta la década de los -

cuarenta cuando se estableció el primer enlace con la red de carreteras federales mediante la Carretera Panamericana, que se interna en la entidad por los límites con el Estado de Oaxaca, y se desarrolla a lo largo del Valle Central, pasando por las localidades de Cintalapa y Ocozocoautla, la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, capital del Estado y las poblaciones de San Cristóbal de las Casas, Teopisca y Comitán; para terminar en Ciudad Cuauhtémoc, situada en la frontera con Guatemala. Posteriormente, durante la década de los sesenta se construyó la Carretera Costera del Pacífico, que se inicia dentro del Estado de Oaxaca, en la población de Tepanatepec y se desarrolla a lo largo de la Planicie Costera Chiapaneca, enlazando las localidades de Arriaga, Tonalá, Huixtla y Tapachula, para concluir en Ciudad Hidalgo, en la frontera con Guatemala. Mediante la construcción de estas dos grandes troncales quedaron comunicadas las dos zonas más densamente pobladas y más desarrolladas de Chiapas.

En fecha relativamente reciente se construyó el Camino de Huixtla, partiendo de la Carretera Costera hacia Frontera Comalapa, y prolongándose para enlazar con la Carretera Panamericana y formar un circuito de unos 800 kilómetros de longitud, que une a las principales localidades de ambas zonas. A partir de este circuito, enlazando con él, se ha continuado la construcción del sistema vial de Chiapas, conformado por caminos federales, estatales y rurales, contando además con los construidos por Petróleos Mexicanos, por la Comisión Fede



Mapa 1.1 Primeros enlaces del Estado de Chiapas con el sistema carretero federal.

ral de Electricidad y por la Comisión del Grijalva, con objetivos acordes a las funciones específicas de dichos organismos. Este sistema, que enlaza la mayor parte de las cabeceras municipales de la entidad y permite la intercomunicación con los Estados vecinos, está formado por caminos pavimentados, revestidos y de terracería y tenía, según datos de 1981, un desarrollo total de 9 813 km. Sin embargo, en la red alimentadora predominan los caminos de un solo carril, en terracería o revestidos, que han sido seriamente afectados por las lluvias de gran intensidad y duración que ocurren en la mayor parte del Estado y en la actualidad requieren de una rehabilitación total.

Tomando en cuenta que el Estado de Chiapas tiene una superficie de 74 211 km<sup>2</sup>, el desarrollo de su sistema de caminos corresponde a 132 m. de camino por kilómetro cuadrado de su territorio. La longitud total puede considerarse distribuida en 4 194 km. de la red troncal y 5 619 km. de la red alimentadora, debido a lo cual por cada kilómetro de camino troncal hay 1.34 kilómetros de caminos alimentadores.

Conservadoramente, nuestro país aspira a tener a mediano plazo un promedio de 500 m. de camino por cada kilómetro cuadrado de superficie, con una proporción de 2 km. de caminos alimentadores por cada kilómetro de camino troncal. Si aplicamos estos indicadores al Estado de Chiapas, esta entidad requeriría una red total de 37 105 km. de caminos; ----

Redes de caminos.	Pavimentados (km)	No pavimentados (km)
Federal	1 589	261
Estatad	769	1 575
Vecinales locales o rurales	1	5 618
<b>TOTAL</b>	<b>2 359</b>	<b>7 454</b>

Tabla 1.1 Resumen del sistema de caminos del Estado de Chiapas.

FUENTE: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Análisis de Inversiones, 1981.

12 368 km. de caminos troncales y unos 24 737 km. de caminos-alimentadores. En las condiciones señaladas anteriormente, - la longitud del sistema existente equivale al 26% de la deseable, mientras las redes troncal y alimentadora corresponden - respectivamente, al 34% y al 23% de lo necesario. Es en este último grupo donde existe la mayor deficiencia y, por ende, - donde se debe intensificar la aplicación de recursos financieros.

#### 1.2 Necesidad en la entidad de disponer de adecuados medios de comunicación terrestre.

El Estado de Chiapas cuenta, de acuerdo con cifras estimadas con una población total de 2 084 717 habitantes, de los cuales el 34% viven en centros de población urbana<sup>2</sup> como; Tuxtla Gutiérrez, Tapachula, San Cristóbal de las Casas y Comitán y el 66% viven en pequeñas localidades del medio rural (Tabla 1.2).

Del total de la población de 6 años o más, que es de 1 711 557 habitantes, el 62% está alfabetizada y el resto no sabe leer ni escribir y sólo el 15.5% ha alcanzado o rebasado el grado máximo de educación primaria. Cabe mencionar que existen en el Estado diversos grupos indígenas que se expresan en más de 30 diferentes dialectos.

---

2 Se considera medio urbano a toda localidad con 2 500 y más habitantes y rural con menos de 2 500.

Tamaño de la localidad			Número de	Población
según núm. de habitantes.			localidades.	
De	1 a	99	5 207	127 357
De	100 a	999	2 831	931 153
De	1 000 a	2 499	223	323 238
De	2 500 a	9 999	64	279 328
De	10 000 a	99 999	12	292 545
De	100 000 a	499 999	1	131 096
<b>TOTAL</b>			<b>8 338</b>	<b>2 084 717</b>

Tabla 1.2 Población total del Estado de Chiapas, según el tamaño de la localidad de residencia.

FUENTE: X Censo General de Población y Vivienda, del Estado de Chiapas, 1980.



Las principales actividades de los habitantes de las regiones aisladas de la entidad son la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la pesca, etc., es decir, actividades que corresponden al sector primario y a las cuales se dedica el 57% de los 734 047 habitantes que componen la población económicamente activa, concretándose a producir sólo lo indispensable para satisfacer sus propias necesidades, ya que estas actividades no pueden desarrollarse plenamente porque la falta de caminos no permite a los campesinos sacar sus productos al mercado, por lo que el comercio se nulifica y pocos son los habitantes que pueden allegarse los artículos necesarios para mejorar su bajo nivel de vida. Al sector secundario, que se compone de la industria extractiva, de la industria de transformación y de la industria en general, se dedica el 6% de la población económicamente activa y al sector terciario, que comprende básicamente al comercio, al transporte y a los servicios en general, se dedica el 13%, y el 24% restante no especifica a que actividad económica se dedica o se encuentra desocupado.

Por otra parte, el territorio chiapaneco presenta un relieve muy accidentado debido a su sistema montañoso, que lo divide, en tres grandes regiones geográficas: la Planicie Costera de Chiapas, el Valle Central y la llamada Planicie Costera del Sureste.

En virtud de las características orográficas; de la dispersión de la población rural y sus bajos niveles de produc-

tividad; del escaso desarrollo de la red de caminos y del bajo-nivel educativo de la mayoría de los habitantes del Estado; resulta de vital importancia prestar la debida atención a los sistemas de comunicación, dado el relevante papel que juegan en la integración socioeconómica y cultural de la entidad. En un Estado con buenas carreteras las posibilidades de desarrollo son mucho mayores que en otro con un alto porcentaje de su territorio aislado.

La construcción de caminos rurales es un factor importante para el progreso de las pequeñas comunidades que se ubican en zonas principalmente agropecuarias, y que se encuentran aisladas del resto del Estado por carecer de un medio de comunicación eficiente. Por lo general, esas localidades están alejadas del ferrocarril, de las carreteras troncales o secundarias y de los aeropuertos o de las pequeñas aeropistas. La comunicación y el transporte hacia otras poblaciones más o menos cercanas, se llevan a cabo por medio de bestias de carga, a través de brechas de herradura. En algunos casos esas brechas permiten el paso de vehículos en las épocas de estiaje, pero debido a que la precipitación pluvial en la entidad es de las más altas del mundo, en algunas zonas el problema de la incomunicación se torna especialmente grave y no es posible utilizar tales brechas durante todo el año, ocasionando que los poblados queden en total aislamiento, que en ocasiones llega a ser de varios meses.

Es necesario, entonces, que los habitantes del Estado de Chiapas, dispongan de los adecuados medios de comunicación terrestre, que les permitan la posibilidad de incorporarse al desarrollo socioeconómico y cultural del país. El Estado ha requerido la aplicación de un programa de construcción y reconstrucción de caminos rurales, que permitan el acceso a todas aquellas áreas que debido a las deficiencias del sistema de comunicaciones se encuentran marginadas.

El presente trabajo, pretende mostrar los lineamientos generales del Programa de Caminos Rurales que está comprendido en el Plan de Desarrollo del Estado de Chiapas y que ha sido implementado buscando mejorar el panorama anteriormente planteado. Se analiza la primera etapa del programa, tratando tanto los aspectos socioeconómicos que este tipo de proyectos <sup>3</sup> implica como los elementos técnicos que se considerarán para la elaboración de los proyectos geométricos de cada uno de los caminos.

El Programa de Caminos Rurales comprende tanto caminos nuevos como de reconstrucción, aunque este trabajo se enfoca más que nada a los nuevos caminos.

3 El término proyecto se empleará a lo largo de este trabajo para referirnos al conjunto de caminos en estudio, así como a la serie de características geométricas de cada uno de dichos caminos, según corresponda.

CAPITULO 2 .

## OBJETIVOS Y BENEFICIOS DEL PROGRAMA.

El Plan Chiapas es el instrumento que contempla el -- programa de trabajo, estrategias de acción y metas por ejecutar durante el periodo 1984-1988, que al considerar como acciones prioritarias la construcción de obras de infraestructura básica, permitirá impulsar el desarrollo integral y equilibrado de la entidad, así como estimular la planta productiva; agrícola, pecuaria, industrial y turística.

Con base en lo anterior, el objetivo fundamental para la componente caminos del Plan Chiapas, es el de construir caminos rurales que satisfagan permanentemente los requerimientos de comunicación terrestre de las localidades rurales, incorporándolas al desarrollo del país, a través de facilitar el acceso de bienes y servicios, especialmente los relativos a abasto, educación, salud y servicios públicos.

### 2.1 Objetivos.

Los propósitos del Programa de Caminos Rurales están orientados a evitar marginalismos que propicien injusticias - en todos los niveles de la vida económica y social del Estado, mediante la constitución de una infraestructura carretera que permita

realizar desplazamientos en condiciones satisfactorias de bienes y personas, que son la causa y efecto del desarrollo.

Entre los objetivos primordiales del programa se encuentran los siguientes:

- Comunicar de manera permanente a localidades del medio rural con rango de población entre 200 y 2 500 habitantes.
- Incorporar por medio del camino rural, a vastas regiones potencialmente productivas o productivas en desarrollo.
- Incrementar la productividad de los recursos al permitir el acceso de la tecnología, el extensión, el crédito y otros factores que actualmente son inaccesibles.
- Facilitar el acceso de bienes y servicios a las comunidades servidas.
- Propiciar el intercambio de productos de la región y, por consiguiente, mejorar su comercialización.
- Reducir los costos de transporte, así como el tiempo de recorrido para hacer competitiva la venta de

productos en los mercados regionales.

- Coadyuvar en la ordenación y concentración de los asentamientos humanos, evitando la emigración rural.
- Propiciar la organización de las comunidades rurales para la ejecución de obras de beneficio común.
- Contribuir como elementos constitutivos en la realización de otros planes, especialmente en los de mejoramiento social y en los de carácter agropecuario.

De acuerdo con los objetivos antes mencionados, se definieron para la programación y construcción de las obras, las siguientes estrategias:

- Para los caminos de longitud considerable, se propuso su construcción en tramos operativos.
- Evitar que en la construcción de las obras existiera desfase entre las etapas constructivas.
- Considerar la terminación de las obras en proceso y suspendidas.

- Comunicar con mayor prioridad aquellas localidades con mayor población.
- Se tratará de evitar la construcción de caminos -- que cierren circuitos, ya que aún existen miles de poblaciones incomunicadas a las que es necesario - atender.
- Debe evitarse la excesiva construcción de caminos- que formen "peine" con la red troncal.
- No deberán programarse obras que no tengan acceso- permanente al sistema troncal.
- La construcción de las obras se iniciará hasta que se cuente con su proyecto definitivo.
- El trazo del camino debe ser técnica y económica-- mente el conveniente.
- Evitar en la medida de lo posible, la fuga de divi- sas por compra y reparación de equipo.
- Emplear en la construcción de las obras, la mano - de obra local y los materiales de la región, con-- tribuyendo así, a fortalecer las economías loca--- les.



En general, la construcción de las obras se enfocará hacia la consecución de los objetivos encomendados al Programa de Caminos Rurales.

## 2.2 Area de implantación del programa.

El área geográfica de implantación del programa abarca potencialmente a todo el Estado, aun cuando la etapa que se analiza comprende primordialmente tres zonas específicas que a continuación se describen brevemente:

Comitán.- Esta zona se localiza al sureste del Estado, en la frontera con Guatemala, y abarca los municipios de Altamirano, Ocosingo, Margaritas, Frontera Comalapa, Comitán de Domínguez, Trinitaria, Independencia, Tzimol y Bella Vista.

Las principales actividades económicas en esta zona son: la agricultura, la ganadería, la silvicultura y el comercio de artesanías.

La Costa.- Se localiza al sur de la entidad y comprende los municipios de Unión Juárez, Acacoyagua, Escuintla, Huixtla, Motozintla, Frontera Hidalgo, Huehuetán, Mazapa de Madero, Pijijiapan y Tapachula.

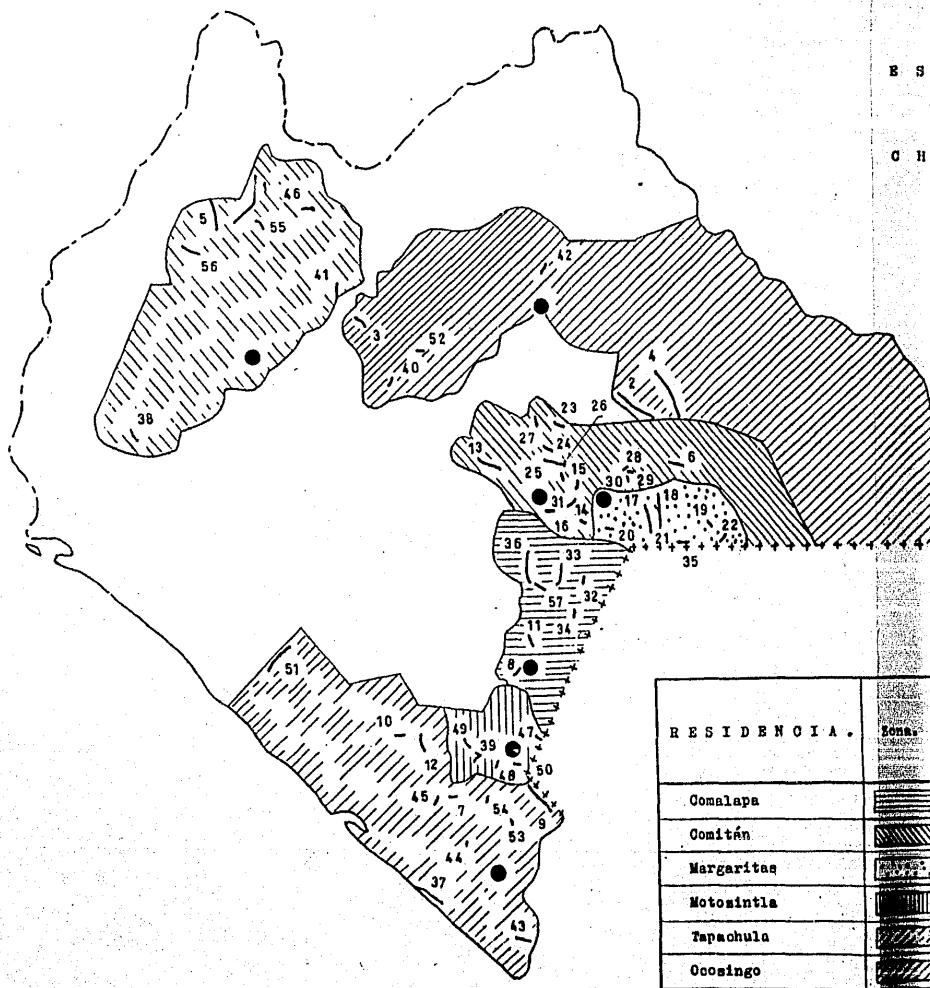
Las actividades económicas primordiales en la zona -- son: la agricultura, la ganadería, la pesca, y en pequeña escala comer cio artesanal. Los servicios y el comercio se han desarrolla do debido a la actividad turística, así mismo, se explotan -- bosques de madera fina y corriente.

Los Altos.- Se ubica en el noroeste del Estado, se - compone de los municipios de Ixtacomitán, Larrainzar, Tecpa-- tán, Jiquipilas, San Cristóbal de las Casas, El Bosque, Chi-- lón, Ixhuatán y Tapalapa.

Las actividades económicas a las que principalmente - se dedican los habitantes de la zona son: la agricultura, la ganadería y la silvicultura, así como el comercio y la indus- tria.

La primera etapa del programa se inició en 1984, com- prende en total 57 caminos para construcción y abarca 27 muni cipios. En el Mapa 2.1 se muestra la ubicación de cada uno - de estos 57 nuevos caminos.

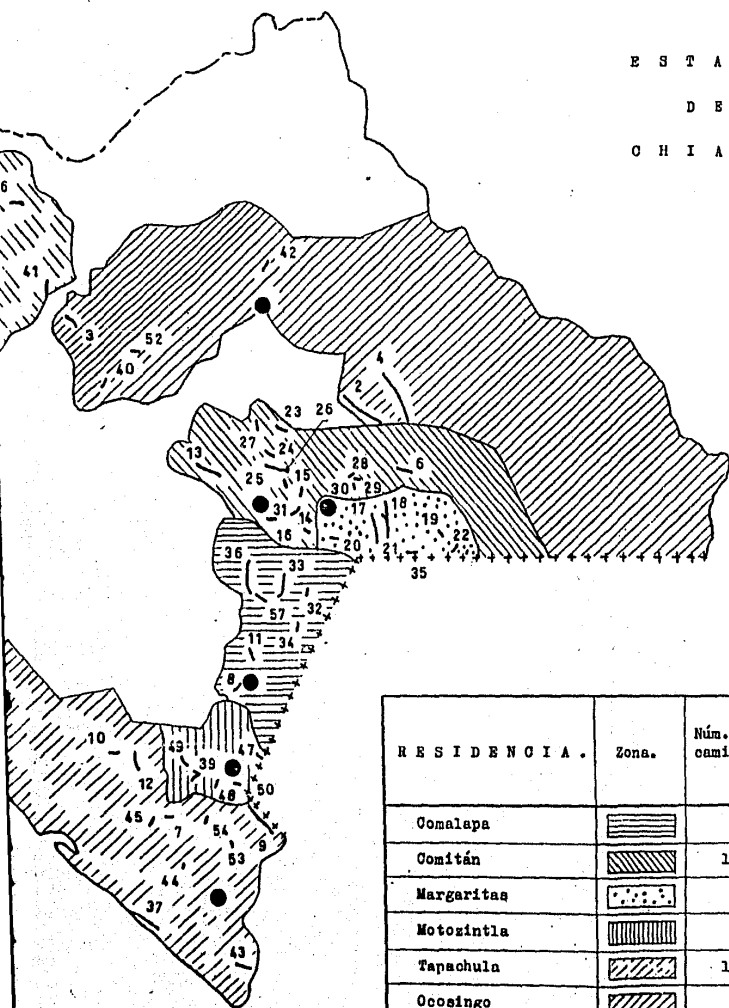
En las páginas siguientes se presenta la totalidad de los caminos considerados en esta etapa del programa, haciendo mención tanto de la longitud total de cada uno de ellos como de la meta establecida para el año de 1984.



Mapa 2.1 Ubicación de los caminos comprendidos en la primera etapa del Programa, según las Residencias que se establecieron para su construcción.

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Centro S.O.T. Chiapas.

E S T A D O  
D E  
C H I A P A S



RESIDENCIA .	Zona.	Núm. de caminos.	Longitud Meta. Km. 1984
Comalapa		7	64.8
Comitán		13	94.8
Margaritas		8	57.4
Motozintla		5	43.0
Tapachula		11	119.9
Ocosingo		6	71.1
Juxtla Gutiérrez		7	50.8
<b>TOTAL</b>		<b>57</b>	<b>501.8</b>

comprendidos en la primera  
en las Residencias que se es  
trucción.

es y Transportes,

## RELACION DE CAMINOS RURALES PARA LA PRIMERA ETAPA DEL PROGRAMA.

## Zona Comitán.

Núm.	Municipio Nombre del camino	Long. total.	Long. meta.
	Altamirano		
2	Morelia-Belizario Domínguez.	39.5	5.0
	Ocosingo		
4	El Carmen Patate-San Quintín.	107.6	20.6
	Margaritas		
6	Margaritas-Cruz del Rosario- Vicente Guerrero-San Quintín. Tramo: Guadalupe Tepeyac-Vi- cente Guerrero.	120.0	11.2
	Bella Vista		
8	Bella Vista-Puente Maravillas.	40.0	12.3
	Fra. Comalapa		
11	Nueva Independencia-Col. Gri- jalva-E.C. (Comalapa-Framboyan)	17.0	11.0
	Comitán		
13	Tres Lagunas-Llano Largo-Las Rosas.	15.0	15.0
	Independencia		
14	E.C.Km. 2 + 500 Carrt. (El- Prado-Quistajito-Entr.----- 21 + 200 Carrt. (Emiliano Za- pata-Galeana).	0.7	0.7
15	La Primavera-E.C. (Cash-Ojo - de Agua)	3.0	3.0
16	El Triunfo-Zona de Cultivo	5.4	5.4
17	Tierra Blanca-Finca Santa	10.0	10.0

Núm.	Municipio Nombre del camino.	Long. total.	Long. meta.
18	Col. Badenia-Col. Candelaria.	6.0	6.0
19	San Isidro Zapotal-E.C.- (San Vicente-Rio Blanco).	6.0	6.0
20	Ojo de Agua-E.C. (Montebello-Comitán).	7.0	7.0
21	Candelaria-Tierra y Libertad-San Antonio Buena vista-E.C. (Montebello-Tzizcao).	9.0	9.0
22	El Naranjo-Col. Nueva Cruz.	10.0	10.0
	Margaritas.		
23	Piedra de Huixtla-San Caralampio.	10.0	6.0
24	Plan de Ayala-Col. Veracruz.	8.0	8.0
25	Plan de Agua Prieta-E.C.- (Comitán-Margaritas).	5.4	5.4
26	San José las Palmas-Yasha.	10.0	10.0
27	San Antonio-Bahuitz-E.C.- (a la Piedad).	1.0	1.0
28	San Isidro-San Lorenzo E.C. (Nuevo Momón-El Edén)	11.0	11.0
29	Bélgica-El Edén.	7.5	7.5
30	San Antonio-Villaflores- Las Cumbres-Ojo de Agua- El Edén.	12.0	12.0

Núm.	Municipio Nombre del camino	Long. total.	Long. meta.
Trinitaria			
31	San Juan del Valle-E.C. (al -- Aeropuerto).	4.0	4.0
32	Rancharía-Santa Rosa-Col. Ro- dulfo Figueroa.	6.0	6.0
33	Palo Gordo-E.C. (La Campana-El Limón)	18.0	18.0
34	Cristóbal Colón-Santa Elena.	3.0	3.0
35	Col. Antela-Lagos de Monte-- bello.	4.0	4.0
Tzimol			
36	Felipe Angeles-Francisco J. - Mujica.	6.0	6.0
57	Felipe Angeles-Col. Leningra- do	8.5	8.5

Totales: Zona Comitán.

Núm. de caminos.	.....	30
Long. total.	.....	510.6 km.
Long. meta.	.....	242.6 km.

## Zona La Costa.

Núm.	Municipio Nombre del camino	Long. total. Km.	Long. meta. Km. 1984.
	Motozintla		
7	La Ceiba-E.C. (Huixtla-Motozintla) Pte.8.0	5.8	2.5
	Unión Juárez		
9	Niquivil-Talquian-Unión Juárez.	39.0	21.0
	Açacoyagua		
10	Las Golondrinas-Rosario-La Laguna.	27.0	14.0
	Escuintla		
12	Panama-Jalapa.	8.0	8.0
	Huixtla		
37	San José-El Hueyate-San Simón-La Victoria.	48.0	12.0
	Motozintla		
39	Belisario Domínguez-San José Ixtepec.	12.0	12.0
	Fra. Hidalgo		
43	Dorado Viejo-E.C. (a Fra. Hidalgo).	8.0	8.0
	Huehuetán		
44	Cantón La Unidad-E.C. (a Chamulapita)	9.0	6.0
	Huixtla		
45	Santa Elena-E.C. (Costera).	12.0	12.0
	Mazapa de Madero		
47	Mazapa de Madero-El Horizonte	8.0	8.0



Núm.	Municipio Nombre del camino	Long. total.	Long. meta.
Motozintla			
48	Boquerón-Berriozabal-Llano - Grande-Ojo de Agua-Escondida -E.C. (Huixtla-Motozintla). - Tramo: Ojo de Agua-E.C. (Huix tla-Motozintla).	14.0	14.0
49	Rincón del Bosque-La Fortuna.	5.0	5.0
50	Justo Sierra-E.C. (Motozintla -Niquivil).	4.0	4.0
Pijijiapan			
51	Unión Pijijiapan-Echegaray.	13.0	13.0
Tapachula			
53	Mario Souza-San Jorge-Piedra Cuesta-Chajale.	16.0	16.0
54	El Triunfo-El Manguito.	7.0	7.0

Totales. Zona La Costa.

Núm. de caminos. ....	16
Long. total. ....	235.8 km.
Long. meta. ....	162.9 km.

## Zona Los Altos.

Núm.	Municipio Nombre del camino	Long. total. Km.	Long. meta. Km. 1984.
Ixtacomitán			
1	Ixtacomitán-Chapultenango-El Naranjo	23.0	3.0
Larrainzar			
3	Larrainzar-Puerto Cate.	39.4	6.0
Tecpatán.			
5	E.C. (Tecpatán-Luis Espinosa) -Emiliano Zapata-La Libertad -Ostuacán.	62.0	11.3
Jiquipilas			
8	Nueva Palestina-Luis Espinosa.	7.5	7.5
San Cristóbal			
40	San Cristóbal-San Lucas.	18.0	18.0
El Bosque			
41	Alvaro Obregón-E.C. (Simojovel-Puerto Cate).	5.0	5.0
Chilón			
42	Ejido Pojcol-Delina-Las Canchas-E.C. (Ocosingo-Temo).	19.0	19.0
Ixhuatán			
46	Villaflores-La Campana-E.C.- (Zacualpa-Zaragoza).	7.0	7.0
San Cristóbal			
52	La Candelaria-E.C. (San Cristóbal-Tenejapa), Constr. 10.0 km. más Pte. de 18.0 m.	12.5	2.5
Tapalapa.			
55	Mazono-Ocotepec.	10.0	10.0

Núm.	Municipio Nombre del camino	Long. total.	Long. meta.
	Tecpatán.		
56	Miguel Alemán-El porvenir -Francisco I. Madero.	7.0	7.0

Totales. Zona Los Altos

Núm. de caminos .....	11
Long. total.....	210.4 km.
Long. meta.....	96.3 km.

Resumen.

Año.....	1984
Núm. de caminos.....	57
Long. total.....	956.8 km.
Long. meta.....	501.8 km.

### 2.3 Beneficios.

Los caminos rurales, diseñados con especificaciones muy modestas, acordes a los pequeños volúmenes de tránsito -- que soportan, permiten ampliar la red de comunicación terrestre a costos muy bajos para el sector.

La importancia del proyecto de caminos rurales en el Estado de Chiapas, es evidente cuando, además, se le relaciona con el componente agrícola, pues como hemos visto, entre las principales actividades a las que se dedican los habitantes del área del proyecto se encuentran las de tipo agropecuario.

Los proyectos de agricultura y de caminos en la entidad, son complementarios entre sí, debido a la congruencia de sus respectivos programas.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos identificó la ubicación de su proyecto agrícola en tres áreas la Planicie Costera del Pacífico, la Depresión de Chiapas o Cuenca del Rfo Grijalva y la Altiplanicie conocida como los Altos.

Según la regionalización que se ha manejado en el documento de la S.A.R.H., se aprecian coincidencias significativas en ambos componentes, por ejemplo: en la zona que se ha iden-

tificado en este estudio como Comitán, donde se localizan 30- de los 57 caminos del proyecto, la S.A.R.H., ha implementado- el subproyecto de Comitán coincidiendo con las obras que la - Secretaria de Comunicaciones y Transportes definió para los - municipios de Comitán, Independencia y Trinitaria. Otra área donde también coinciden las dos componentes, es el área denomi- nada la Costa. Ahí, la S.A.R.H. lleva a cabo el subproyecto- Costa de Chiapas, abarcando en común con las obras de la - -- S.C.T., los municipios de Escuintla, Huixtla, Tapachula y - - Frontera Hidalgo.

Los efectos positivos de la implantación del proyecto se pueden identificar dentro de un contexto general. Si defi- nimos el área de influencia de un camino, como aquella área - que comprende a todas las comunidades para las que, de una u- otra manera, tal camino será de utilidad, podemos decir que - la totalidad de las áreas de influencia de los caminos del -- proyecto, están situadas en zonas que han permanecido margina- das debido a lo poco accesible de sus localidades, y en donde la población se dedica básicamente a la agricultura y a la - ganadería. Por lo tanto, se prevee que los beneficios deriva- dos del proyecto serán aprovechados por familias dedicadas -- fundamentalmente a actividades primarias.

Dentro de los 27 municipios comprendidos en la zona - del proyecto, se pueden contar 750 mil habitantes, los cuales son beneficiados indirectamente por la implantación del pro--

yecto, y en forma directa, el número de habitantes beneficiados es aproximadamente de 60 mil, lo que corresponde a más de 10 500 familias.

La cuantificación que se hizo de los beneficios originados por el proyecto es de tipo económico. Lo cual no permite identificar con plenitud el carácter de beneficio social que el proyecto implica. Más que de beneficios económicos -- traducidos en aumento de producción, como resultado de la -- construcción de los caminos, el impacto positivo del proyecto incide en el aspecto social.

Dentro de los principales efectos de carácter social que el proyecto ocasiona, se podrían mencionar los siguientes:

- Dotar de infraestructura básica a las localidades para la posterior creación de servicios de carácter social, tales como: asistencia médica, educación, abasto, etc.
- Facilitar el acceso de las comunidades marginadas a los servicios públicos, la mayoría de los cuales se encuentran concentrados en las cabeceras municipales.
- Brindar a las zonas aisladas, comunicación utilizable durante todo el año.

- Fomentar la organización de las comunidades para la consecución de objetivos comunes en las áreas de influencia de las obras.

Entre los efectos económicos provenientes del proyecto que podrían ser identificados, tomando en cuenta las condiciones de las áreas comprendidas, tenemos:

- Los beneficios traducidos en incremento en la producción. Se estima que en el horizonte económico del proyecto, que se ha definido de 10 años, los rendimientos agrícolas se verán incrementados hasta en un 50%, debido a mejores prácticas de cultivo, incentivos de comercialización, mejoramiento en las líneas de crédito e insumos, etc.
- Permitir el transporte de la producción hacia otros mercados a precios competitivos.
- Posibilitar el transporte, sin interrupción durante todo tiempo, de productos perecederos, evitando con ello pérdidas por descomposición.
- Apoyar los planes regionales de desarrollo agropecuario.
- Aprovechar, al menos en parte, las inversiones rea-

lizadas en estos caminos para la construcción futura de caminos con mejores especificaciones, cuando los volúmenes de tránsito lo ameriten.

Por último, es necesario señalar que adicionalmente al establecimiento de vías de comunicación permanente con los consiguientes beneficios, el Programa de Caminos Rurales permitirá expedir las acciones de otras Dependencias, tanto del sector público como del sector privado.



CAPITULO 3

## EVALUACION ECONOMICA

Para evaluar económicamente el proyecto<sup>1</sup> se recurrió - al análisis de rentabilidad por medio de la tasa interna de - retorno, considerando básicamente dentro de los criterios eco - nómicos para su obtención, que los beneficios derivados del - proyecto se debían a dos impactos económicos directos:

- El primero se refiere a los beneficios obtenidos - por incremento de la producción agrícola en el á - rea de influencia de cada camino.
  
- El segundo se relaciona con el ahorro en el costo - del transporte de la producción que sale de la zo - na de influencia de cada uno de los caminos.

### 3.1 Beneficios por incremento de la producción agrícola.

Para evaluar estos beneficios se consideró la apertu - ra de áreas de cultivo adicionales a las cultivadas antes de - la implantación del proyecto. En este concepto el valor de - la producción menos su costo es directamente asignable a los -

---

1 La evaluación económica del proyecto está basada en las re - comendaciones del Banco Mundial, y se realizó a precios de 1983.

beneficios. Se tomó en cuenta también que durante la vida económica del proyecto se alcanzará una mejoría en el rendimiento de los cultivos por hectárea, y una mejor distribución de las áreas dedicadas a la agricultura, lo que incrementa el valor monetario de la producción agrícola.

La producción excedente se calculó como a continua -- ción se detalla:

$$Pe = Hip \times R' - Cmo (1 + i)^n$$

en donde:

Pe = Producción excedente que se alcanzará al final de la vida útil de cada camino. (ton).

Hip = Hectáreas incultas productivas; se calculan como sigue:

$$Hip^{2)} = (\text{Núm. de hectáreas del área de influencia} - \text{Núm. de hectáreas cultivadas antes de la implantación del proyecto}) \times 0.85.$$

y se asignan al final de la vida útil de cada camino.

R' = Rendimiento futuro máximo esperado que se

<sup>2)</sup> Para el cálculo de Hip se emplea el coeficiente 0.85 por que de acuerdo con lo observado en anteriores proyectos, es el coeficiente que produce resultados más apegados a la realidad.

fija al final de la vida útil de cada camino y se calcula como sigue:

$$R^3_j = (\text{Rendimiento antes de la implantación del proyecto}) \times 1.5 \text{ (ton/ha).}$$

$Cmo (1 + i)^n$  = Consumo de la población en el área inculta productiva en el año "n" (al final de la vida útil del camino). (ton).

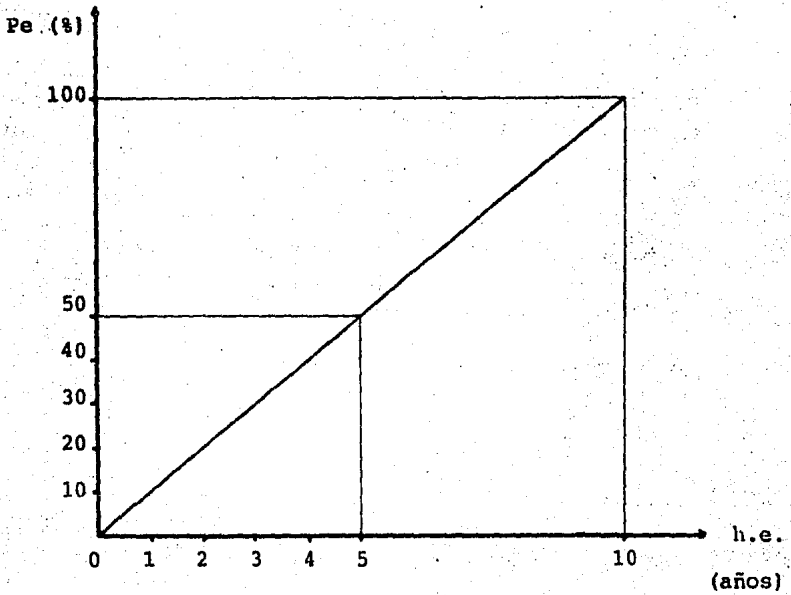
n = Horizonte económico que para este proyecto se consideró de 10 años.

i = Tasa de crecimiento de la población.

Para la aplicación del procedimiento anterior se consideró la repartición de áreas para los diferentes cultivos - con base en la distribución que prevalecía antes del proyecto, así como también se admitió que la producción excedente tendría un crecimiento anual del 10% durante la vida útil de los caminos, ya que para este tipo de proyectos y, con base en la experiencia, se considera que en los primeros 5 años posteriores a la terminación del proyecto, se alcanza el 50% de la producción excedente que se asigna al final de la vida útil -

3. Se utiliza el coeficiente 1.5 porque se considera que el rendimiento agrícola se verá incrementado hasta en un 50%, según las experiencias tenidas.

de cada camino y el otro 50% se distribuye proporcionalmente en los años subsecuentes de la vida útil de los caminos; pero como el horizonte económico considerado es de 10 años, resulta entonces que se tiene un incremento anual de la producción excedente de 10%, quedando representada su distribución como se muestra en el modelo 3.1



Modelo 3.1 Distribución de la producción excedente a lo largo del horizonte económico del proyecto.

### 3.2 Beneficios por ahorro en el costo de transporte de la producción excedente.

Para la obtención de los beneficios por el ahorro en el costo de transporte de la producción movida en el área de influencia de los caminos, se consideró un ahorro económico en la extracción de la producción, ya que antes de las obras se hace en bestias de carga y con los caminos se haría por camión. Por lo tanto, se cuantificó el ahorro comparando el costo de transporte por bestia de carga y por camión de 4 toneladas que es el típico para este caso, considerando para su cálculo los costos siguientes:

Tipo de modo.	\$/ton./km.
Bestias de carga	881.40
Camión (4 ton.)	817.00

Los beneficios por ahorro en el costo de transporte de la producción, se calcularon por medio de la expresión siguiente:

$$\text{Bact} = \text{Au} \times \text{Pe}$$

en donde:

Bact = Beneficio por ahorro en el costo de transporte al final del horizonte económico del proyecto.

( \$ ).

Au = Ahorro unitario en el costo de transporte;  
se calculó como sigue:

$$Au^4 = (881.40 - 817.00) \times \\ \text{(longitud del camino)} / 2 \\ (\$/\text{ton.}).$$

Pe = Producción excedente que se alcanzará al -  
final de la vida útil de cada camino.  
( ton. )

Se consideró que el valor máximo de este impacto al -  
igual que los beneficios por incremento en la producción, se -  
alcanzará al final del horizonte económico del proyecto, y -  
debido a que en la expresión lineal que se emplea para su ob -  
tención, interviene la producción excedente, que como hemos -  
visto, se distribuye linealmente a lo largo del horizonte eco -  
nómico, se tiene entonces, para la representación de su dis -  
tribución, un modelo lineal similar al utilizado para repre -  
sentar la distribución de la producción excedente.

### 3.3 Flujo de gastos de inversión.

El flujo de gastos de inversión se formó considerando

4) En el cálculo del ahorro unitario la longitud del camino -  
se divide entre 2, debido a que de esta manera se conside -  
ra un recorrido promedio.

el costo de la obra y los gastos de conservación anual por ki lómetro, así como los gastos de reconstrucción en los años 4- y 8 después de la construcción de cada camino. Tal flujo, - queda representado de la manera siguiente:

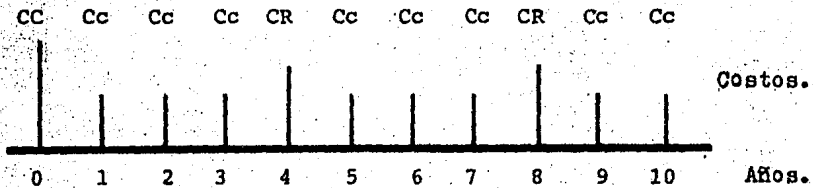


Figura 3.1 Flujo de gastos de inversión a través del horizonte económico del proyecto.

en donde;

CC = Costo de construcción.

Cc = Costo de conservación (\$ 35 000/km para este tipo de caminos).

CR = Costo de reconstrucción (\$ 500 000/km para este tipo de caminos).



### 3.4 Tasas internas de retorno.

Como hemos dicho, la evaluación económica del proyecto se hizo a través de la tasa interna de retorno, la cual se obtuvo a partir de la información anterior, y se define como aquella tasa para la cual el valor presente de los beneficios netos es igual a cero. Esto conduce a la expresión siguiente:

$$0 = BN_0 + \sum_{n=1}^{he} BN_n (1 + i)^{-n}$$

en donde:

$BN_n$  = Beneficios netos en el año "n";

se calculan como sigue:

$BN$  = Beneficios - Costos.

$i$  = Tasa interna de retorno.

$n$  = Representa cada uno de los años del horizonte económico.

$he$  = Horizonte económico.

En las páginas siguientes se presenta un programa para computadora diseñado en lenguaje de programación Pascal, - que permite calcular por el método de bisección, la tasa interna de retorno para cada uno de los caminos, mostrando con un ejemplo la manera en que se introducen los datos y los resultados que arroja dicho programa.

```

5          PROGRAM TIR ;

11          ( DATOS )

13  CONST

15          NumTC = 2      [ Número total de caminos ] ;
16          He = 10       [ Años del horizonte económico ] ;

18          LimInf = 0.0  ;
19          LimSup = 300.0 [ Rango en (%) ] ;

21          Incremento = 10.0 [ en (%) ] ;
22          Tolerancia = 1.0 [ miles de pesos ] ;

25  VAR
26      Camino : Array [ 1..NumTC ] OF INTEGER ;
27      DeMeto : Array [ 1..NumTC , 0..He ] OF REAL ;
28      TIR : Array [ 1..NumTC ] OF REAL ;
29      OrdCam,
30      Ano : INTEGER ;
31      i : REAL ;

34  (* ----- *)

37  PROCEDURE Lectura_Datos ;

39  BEGIN
40      WRITELN (LST, ' :10, '----- D A T O S -----')
41      ;WRITELN (LST)
42      ;WRITELN (LST)
43      ;WRITELN (LST, ' :10, 'Número total de caminos', ' :5, NumTC:2)
44      ;WRITELN (LST, ' :10, 'Número de años del h.e.', ' :5, He:2)
45      ;FOR OrdCam := 1 TO NumTC DO
46          BEGIN
47              WRITELN (LST)
48              ;WRITELN (LST)
49              ;WRITELN (LST)
50              ;WRITE (LST, ' :10, 'Número del camino', ' :11)

```

```

51      ;READLN (Camino[OrdCam])
52      ;WRITELN (LST,Camino[OrdCam]:2)
53      ;WRITELN (LST)
54      ;WRITELN (LST,' ':10,'Beneficios Netos para cada año del h.e.:')
55      ;WRITELN (LST)
56      ;WRITELN (LST,' ':14,'Año', ' ':11,'(miles de pesos)')
57      ;WRITELN (LST)
58      ;FOR Ano := 0 TO He DO
59          BEGIN
60              WRITE (LST,' ':14,Ano:2,' ':10)
61              ;READLN (BeNeto[OrdCam,Ano])
62              ;WRITELN (LST,BeNeto[OrdCam,Ano])
63          END
64      END
65  END;

```

```

68  PROCEDURE CalculaTIR ;

```

```

70  VAR
71      SignoInf, Signo : INTEGER ;
72      iInf, iSup,
73      FdeiAnt, Fdei : REAL ;

```

```

76  (* ----- *)

```

```

79  FUNCTION Funcion_i ( tasa : REAL ) : REAL ;

```

```

81  VAR
82      AUX : REAL ;

```

```

84  BEGIN
85      AUX := BeNeto[OrdCam,0]
86      ;FOR Ano := 1 TO He DO
87          AUX := AUX + BeNeto[OrdCam,Ano] * EXP(-1 * Ano * Ln(1.0+tasa))
88      ;Funcion_i:= AUX
89  END;

```

```

92  PROCEDURE PrimCamSig ( VAR SignoAnt : INTEGER ) ;

```

```

94  VAR
95      Sig : INTEGER ;

```

```

97  BEGIN
98      i:=LimInf/100.0
99      ;SignoAnt:=0
100     ;Sig:=SignoAnt
101     ;Fdei:=BeNeto[OrdCam,0]

```

```

102 WHILE (i <= LinSup/100.0) AND (SignoAnt = Sig) DO
103     BEGIN
104         FdeiAnt:=Fdei
105         ;Fdei:=Funcion_i (i)
106         ;IF i = LinInf/100.0 THEN
107             BEGIN
108                 IF Fdei < 0 THEN
109                     Sig := -1
110                 ELSE
111                     Sig := 1
112                 ;SignoAnt:=Sig
113                 ;FdeiAnt:=Fdei
114             END
115         ELSE
116             BEGIN
117                 SignoAnt:=Sig
118                 ;IF Fdei < 0 THEN
119                     Sig:=-1
120                 ELSE
121                     Sig:= 1
122             END
123         ;i:=i+Incremento/100.0
124     END
125 END;

```

127 (-----\*)

```

130 BEGIN           { CalculaTIR }
131     PrinCamSig ( SignoInf )
132     ;iInf:=i-2.0*Incremento/100.0
133     ;iSup:=i-1.0*Incremento/100.0
134     ;REPEAT
135         ;i:=(iInf+iSup)/2.0
136         ;Fdei:=Funcion_i(i)
137         ;IF Fdei < 0 THEN
138             Signo:=-1
139         ELSE
140             Signo:= 1
141         ;IF Signo = SignoInf THEN
142             iInf:= i
143         ELSE
144             iSup:= i
145     UNTIL ( ABS(Fdei) <= Tolerancia )
146     ;TIR(OrdCam) := i * 100.0
147 END;           { CalculaTIR }

```

149 (-----\*)

```

153 BEGIN          ( PROGRAMA PRINCIPAL )
154   Lectura_Datos
155   ;WRITELN (LST)
156   ;WRITELN (LST)
157   ;WRITELN (LST)
158   ;WRITELN (LST, ' :10,----- RESULTADOS -----')
159   ;WRITELN (LST)
160   ;WRITELN (LST)
161   ;WRITELN (LST, ' :10,'NUMERO DE CAMINO', ' :15,'TASA INTERNA DE RETORNO')
162   ;WRITELN (LST, ' :150,'( % )')
163   ;WRITELN (LST)
164   ;WRITELN (LST)
165   ;FOR OrdCam := 1 TO NumTC DO
166     BEGIN
167       CalculaTIR
168       ;WRITELN (LST, ' :10,Camino(OrdCam):9, ' :28,TIR(OrdCam):10)
169     END
170   ;WRITELN (LST)
171   ;WRITELN (LST)
172   ;WRITELN (LST)
173   ;WRITELN (LST)
174   ;WRITELN (LST)
175   ;WRITELN (LST, ' :10,(*----- TERMINA PROCESO -----*)')
176 END;          ( PROGRAMA PRINCIPAL )

```

## ----- D A T O S -----

Número total de caninos: 2  
 Número de años del h.e.: 10

Número del canino: 2

Beneficios Netos para cada año del h.e.:

Año	(miles de pesos)
0	-2.200000000E+04
1	4.540000000E+03
2	7.525000000E+03
3	1.051400000E+04
4	1.118400000E+04
5	1.650600000E+04
6	1.950900000E+04
7	2.251800000E+04
8	2.320700000E+04
9	2.855100000E+04
10	3.157700000E+04

Número del canino: 22

Beneficios Netos para cada año del h.e.:

Año	(miles de pesos)
0	-3.850000000E+04
1	7.575000000E+03
2	1.543700000E+04
3	2.329700000E+04
4	2.650800000E+04
5	3.902000000E+04
6	4.698100000E+04
7	5.474300000E+04
8	5.792500000E+04
9	7.046700000E+04
10	7.833000000E+04

## ----- RESULTADOS -----

NUMERO DE CAMINO

TASA INTERNA DE RETORNO  
( % )

2

4.4998E+01

22

5.3060E+01

( \* ----- TERMINA PROCESO ----- \* )

Las tasas internas de retorno que se obtuvieron se indican al final de este capítulo, y muestran que en lo general el proyecto es económicamente rentable, solamente dos de los casos analizados caen por debajo del costo mínimo de oportunidad del capital recomendable, que para este tipo de proyectos es del 12% anual. Estos dos caminos se ubican en terrenos predominantemente montañosos, y esto limita los beneficios económicos esperados, pero no los de carácter social, que constituyen el objetivo primordial de estos proyectos.

Los resultados obtenidos con el análisis de rentabilidad, permiten concluir que hay algunos caminos muy rentables y que incluso, se podrían aplicar mejores especificaciones en sus proyectos geométricos.



Tasas Internas de Retorno

## Zona Comitán.

Núm.	Nombre del camino.	Costo. (miles de pesos) *	Beneficios Netos Anu (miles de pesos)						
			1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
2	Morelia-Belisario Domin- guez.	20 000	-22 000	4 540	7 525	10 514	11 184	16 506	19 50
13	Tres Lagunas-Llano Largo- Las Rosas.	45 800	-50 380	17 010	32 829	48 641	57 488	80 290	96 12
14	E.C. km.2+500 Carrt. (El Prado-Quistajito-Entr. - 21+200 Carrt. (Emiliano - Zapata-Galeana).	2 500	- 2 750	1 099	2 191	3 283	4 050	5 467	6 53
15	La Primavera-E.C. (Yasha- Ojo de Agua).	9 000	- 9 900	17 100	34 240	51 380	67 126	85 661	102 80
16	El Triunfo-Zona de Culti- vo.	13 500	-14 850	33 408	66 290	99 172	129 545	194 944	197 83
17	Tierra Blanca-Finca Santa Ana.	36 000	-39 600	8 800	17 902	27 003	31 454	45 207	54 30
18	Col. Badenia-Col. Candelá ria.	34 800	-38 280	2 959	6 119	9 280	9 650	15 601	18 76
19	San Isidro Zapotal-E.C. - (San Vicente-Río Blanco).	21 000	-23 100	3 359	6 929	10 499	11 280	17 641	21 21
20	Ojo de Agua-E.C. (Montebe llo-Comitán).	29 500	-32 450	7 675	15 519	23 362	27 950	39 049	46 89

Beneficios Netos Anuales. (miles de pesos)										T.I.N. (%)
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	
55	7 525	10 514	11 184	16 506	19 509	22 518	23 207	28 551	31 577	45.0
60	32 829	48 641	57 488	80 290	96 121	111 958	120 826	143 650	159 504	73.0
69	2 191	3 283	4 050	5 467	6 539	7 652	8 419	9 837	10 929	84.8
80	34 240	51 380	67 126	85 661	102 801	119 942	135 689	154 225	171 357	243.5
88	66 290	99 172	129 545	194 944	197 832	230 722	261 104	296 511	329 438	229.3
90	17 902	27 003	31 454	45 207	54 308	63 410	67 802	81 616	90 718	57.7
99	6 119	9 280	9 650	15 601	17 761	21 922	22 293	28 243	31 414	26.2
99	6 929	10 499	11 280	17 641	21 211	24 781	25 562	31 923	35 493	43.1
75	15 519	23 362	27 950	39 049	46 893	54 737	59 326	70 427	76 273	60.0

		Benefit of Netos Annuaies (miles de pesos)									
		1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
6 381	12 920	46 322	14 661	71 643	39 095	45 644	40 801	58 748	65 304		
11 566	23 611	35 627	41 113	59 170	71 677	83 694	89 203	107 731	119 751		
2 493	5 314	8 129	7 225	13 760	16 575	19 391	18 486	25 022	27 837		
6 199	12 931	19 734	20 921	33 268	40 035	46 802	47 989	60 335	67 101		
49 434	99 003	148 571	194 421	247 711	297 281	346 852	392 703	445 568	495 568		
3 285	6 810	10 338	11 090	17 412	20 945	24 476	25 218	31 539	35 072		
6 108	16 556	25 004	27 873	41 902	50 351	58 800	61 671	75 701	84 157		
2 723	5 724	8 722	6 003	14 722	17 722	20 722	18 002	26 723	29 723		

T.I.N. (%)

Núm.	Nombre del camino.	Costo. (miles de pesos) *	Beneficios Netos An (miles de pesos)						
			1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
32	San Juan Del Valle-E.C. - (al Aeropuerto).	14 000	-15 400	12 965	25 993	39 022	50 190	65 079	78 1
32	Fanchería-Santa Rosa-Col. Rodulfo Figueroa.	27 000	-29 700	22 617	45 331	68 046	87 972	113 477	136 1
33	Falo Gordo-E.C. (La Campa na-El Limón).	64 000	-71 280	83 025	160 382	237 755	306 771	392 544	469 9
34	Cristóbal Colón-Santa Ele na.	18 000	-13 860	31 548	37 967	56 391	73 422	93 245	111 6
35	Col. Antela-Lagos de Mon tebello.	12 000	-13 860	4 889	9 931	14 971	18 153	25 053	30 0
36	Felipe Angeles-Francisco J. Mujica.	18 000	-19 800	22 115	44 327	-66 538	85 960	110 963	133 1
57	Felipe Angeles-Col. Lenin grado.	25 500	-28 050	8 080	16 411	24 742	29 119	41 403	49 7

Beneficios Netos Anuales. (miles de pesos)										T.I.R. (%)
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	
5	25 993	39 022	50 190	65 079	78 109	91 138	102 334	117 197	130 228	142.7
7	45 331	68 046	87 972	113 477	136 194	158 911	178 839	204 346	227 066	133.0
5	160 382	237 755	306 771	392 544	469 963	547 397	616 480	702 320	779 811	177.2
8	37 967	56 391	73 422	93 245	111 678	130 114	147 158	166 995	185 442	205.4
9	9 931	14 971	18 153	25 053	30 095	35 135	38 316	45 217	50 258	78.9
5	44 327	66 538	85 960	110 963	133 176	155 389	174 812	199 816	222 031	175.2
0	16 411	24 742	29 119	41 403	49 735	58 066	62 445	74 731	83 061	68.7

## Zona La Costa.

Núm.	Nombre del camino.	Costo. (miles de pesos). *	Beneficios Netos Anu (miles de pesos)						
			1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
9	Niquivil-Talquian-Unión - Juárez.	74 550	-82 005	6 381	12 920	46 322	14 661	71 643	39 095
10	Las Golondrinas-Robario-La Laguna.	49 560	-54 516	11 596	23 611	35 627	41 113	59 170	71 677
12	Panamá-Jalapa.	28 000	-30 800	2 493	5 314	8 129	7 225	13 760	16 575
39	Belisario Domínguez-San José Ixtepec.	48 000	-52 800	6 199	12 931	19 734	20 921	33 268	40 035
43	Borde Viejo-E.C. (a Fra. Hidalgo).	23 700	-26 070	49 434	99 003	148 571	194 421	247 711	297 281
44	Cantón La Unidad-E.C. (a Chamulapita).	20 500	-22 550	3 285	6 810	10 338	11 090	17 412	20 945
45	Santa Elena-E.C. (Coste-ra).	36 000	-39 600	6 108	16 556	25 004	27 873	41 902	50 351
47	Mazapa de Madero-El Horizonte.	35 200	-38 720	2 123	5 724	8 722	6 003	14 722	17 722

Núm.	Nombre del camino.	Costo. (miles de pesos). *	Beneficios Netos An (miles de pesos)						
			1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
46	Boquerón-Berriozabal-Llano Grande-Ojo de Agua-Agua Escondida-E.C. (Huixtla-Motuzintla). Tramo: Ojo de Agua-E.C. (Huixtla-Motuzintla).	72 400	-79 640	5 516	11 501	17 486	17 985	29 458	35 4
49	Rincón del Bosque-La Fortuna.	14 000	-15 400	3 436	7 059	10 684	11 982	17 931	21 5
50	Junco Sierra-E.C. (Motuzintla-Niquivil).	16 000	-17 600	1 236	2 619	4 004	3 527	6 771	8 1
51	Unión Pijijiapan-Echegaray.	45 000	-49 500	3 068	6 637	10 205	7 727	17 342	20 90
53	Mario Souza-San Jorge-Piedra Cuesta-Chanjale.	68 500	-75 350	24 661	47 204	69 952	85 168	115 268	137 9
54	El Triunfo-El Manguito.	31 700	-34 870	23 033	46 304	69 575	89 592	116 119	139 30



Beneficios Netos Anuales. (miles de pesos)										T.I.R. (%)
85	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	
516	11 501	17 486	17 985	29 456	35 443	41 428	41 926	53 398	59 383	24.0
436	7 059	10 684	11 982	17 931	21 556	25 179	26 478	32 427	36 051	58.1
236	2 619	4 004	3 527	6 771	8 154	9 538	9 062	12 305	13 689	24.4
068	6 637	10 205	7 727	17 342	20 909	24 476	21 998	31 611	35 178	22.0
661	47 204	69 952	85 168	115 268	137 937	160 615	175 859	205 991	228 692	73.2
033	46 304	69 575	89 592	116 119	139 392	162 664	182 682	209 210	232 483	120.0

Suma por Altos.

Cm.	Nombre del camino.	Costo. (miles de pesos) *	Beneficio Netos An (miles de pesos)						
			1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
	Atzacmitán-Chapultepec-- El Naranjo.	19 500	-21 450	557	1 185	1 814	1 280	3 071	3 6
50	Nueva Dolores-Luis Espi noza.	53 100	-58 410	50 194	53 532	57 061	55 211	64 739	68 9
40	San Cristóbal-San Lucas.	91 600	-100 760	5 724	10 927	16 133	12 972	26 555	31 7
1	Alvaro Obregón-E.C. (Simo jovel-Puerto Cate).	15 000	-16 500	1 919	3 982	6 035	5 763	10 141	12 1
84	Ejido Pojocil-Delina-Las Canchas-E.C. (Ocosingo-Te mo).	66 600	-75 460	4 861	10 240	15 664	12 132	26 331	31 6
46	Villaflorez-La Campana-- E.C. (Zacualpa-Zaragoza).	35 100	-38 610	1 703	3 598	5 494	4 134	9 282	11 1
80	La Candelaria-E.C. (San Cristóbal-Tenejapa).	20 200	-22 220	465	964	1 464	1 030	2 459	2 9
55	Hazono-Ocoatepec.	44 000	-48 400	4 253	8 681	13 110	12 889	21 967	26 6
100	Miguel Alemán-El Porve-- Mir-Francisco I. Madero.	21 000	-23 100	2 888	5 976	9 066	8 899	15 243	18 8

Beneficios Netos Anuales. (milen de pesos)									T.I.R. (%)
1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	
1 185	1 814	1 280	3 071	3 699	4 328	3 794	5 586	6 215	9.7
53 532	57 061	55 211	64 739	68 913	73 329	72 423	82 949	88 185	91.0
10 927	16 133	12 972	26 555	31 776	36 992	33 847	47 445	52 679	16.6
3 982	6 035	5 763	10 141	12 195	14 248	13 978	18 356	20 411	37.7
10 240	15 664	12 132	26 331	31 696	37 062	33 594	47 797	53 100	33.0
3 598	5 494	4 134	9 282	11 180	13 077	11 718	16 870	18 767	14.6
964	1 464	1 030	2 459	2 959	3 457	3 026	4 455	4 954	1.8
8 681	13 110	12 889	21 967	26 397	30 828	30 608	39 689	44 121	28.7
5 976	9 066	8 899	15 243	18 332	21 421	21 256	27 601	30 690	38.4

Carreteras cuya construcción tarda más de un año.

Km.	Nombre del camino.	Costo. (miles de pesos). *	Beneficios Neto (miles de pesos)							
			1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
4	El Carmen-Patate-San Quintín.	109 000	-119 900	-147 290	-82 500	31 102	62 677	94 255	100 030	157 400
5	Marcarita-Cruz del Rosario-Vicente Guerrero-San Quintín. Tramo: Guadalupe Tepayac-Vicente Guerrero.	63 700	-16 500	-70 370	-123 750	-180 378	31 280	64 627	98 379	141 500
11	Nueva Independencia-Col. Grijalva-S.C. (Conalapa-Framboyan).	33 000	-36 300	-19 900	-12 440	22 206	34 978	33 854	51 548	61 300
27	San José El Hueyate-San Simón-La Victoria.	48 000	-52 800	-76 450	23 655	48 210	72 759	79 169	121 655	146 400
3	Larrainzar-Puerto Gate.	30 000	-33 000	-39 600	4 949	9 877	14 806	14 156	24 666	29 600
5	S.C. (Tecatán-Luis Espinosa)-Emiliano Zapata-La Libertad-Ortuacán.	71 500	-78 650	-67 760	-68 860	12 890	26 872	40 854	30 741	68 300

\* El costo total de los caminos es de 300 millones de pesos. El costo de construcción de los caminos es de 100 millones de pesos. El costo de adquisición y explotación es de 200 millones de pesos.

Beneficios Netos Anuales. (miles de pesos)											T.I.R. (%)
1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
31 102	62 677	94 255	100 030	157 425	158 015	220 510	226 403	263 815	315 429		23.2
-180 378	31 280	64 827	98 379	141 556	165 427	199 047	232 594	235 962	299 772	333 376	23.7
22 206	34 978	33 854	51 546	61 345	71 152	73 064	90 796	100 632			43.0
48 210	72 750	79 169	121 655	146 404	170 957	177 378	224 057	244 614			44.6
9 877	14 806	14 156	24 668	29 600	34 533	39 469	33 889	44 405	49 344		21.4
12 890	26 872	40 854	30 741	68 321	82 803	96 787	86 677	124 754	138 737		16.6

de los créditos e ingresos  
de los recursos de inversión,  
y otros.

CAPITULO 4.

## NORMAS PARA EL PROYECTO GEOMETRICO.

Las normas de proyecto geométrico para caminos rurales han evolucionado conforme a las experiencias que se han tenido a partir de la implantación del Programa de Caminos Rurales en el país. En un principio, para la construcción de estos caminos, no se hacían proyectos ni se realizaban estudios previos a la etapa constructiva, que definieran la ubicación y características que tendrían los mismos, pues la localización y las características del trazo, se decidían en el propio terreno y al mismo tiempo que se llevaba a cabo la construcción. Las normas aplicadas dependían en gran medida del ingeniero encargado del trabajo y, en consecuencia, no eran uniformes.

Algunas de las especificaciones que inicialmente determinaban las características geométricas de los caminos, no resultaron tan favorables como se había pensado. Entre éstas podemos nombrar a la pendiente máxima y al grado máximo de curvatura.

En los inicios del programa se aceptaban pendientes de hasta 17%, que por un lado reducían los costos de construcción al permitir tener menos cortes y disminuir el desarrollo de la línea del camino, pero por otro provocaban serios pro-

blemas, ya que debido a las fuertes pendientes la velocidad del agua que cae sobre los caminos y que inevitablemente tiene que circular sobre ellos, puede llegar a ser considerable, al grado de erosionar las cunetas y arrastrar el revestimiento de la superficie de rodamiento, ocasionado que la conservación sea permanente y costosa. Asimismo, si consideramos que la mayoría de los vehículos que circulan por este tipo de caminos son modelos atrasados, el empleo de pendientes muy pronunciadas incrementa su costo de operación, y las pérdidas de tiempo por descomposturas son mayores, repercutiendo directamente en los costos de transportación.

A su vez, el grado máximo de curvatura que se permitía para curvas en terreno montañoso, llegó a ser de hasta 67°, obligando, en algunos casos, a los conductores de los vehículos que transitaban por esas curvas a realizar maniobras complementarias.

De acuerdo con las experiencias recopiladas, se vio la necesidad de buscar un cambio en aquellas especificaciones que eran causa de graves problemas, de manera que posibilitaran dar soluciones acordes al objetivo, entre otros, de construir caminos tendientes a proporcionar transitabilidad permanente a bajo costo, que estén en condiciones de mejorar sus especificaciones de acuerdo a posibles incrementos en la demanda del tránsito.



Así es como se originaron las normas que rigen los -- proyectos que actualmente y a partir de la entrada en vigencia de la Ley de Obras Públicas, son requeridos para poder iniciar la construcción de los caminos.

Los principales factores para determinar las características geométricas que deben tener los caminos de la red -- nacional son:

- El Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) para el horizonte de proyecto; que para los caminos rurales puede ser de hasta 100 vehículos por día, colocándolos como los de más bajo volumen de tránsito dentro de la clasificación general.
  
- Las características topográficas del terreno en el -- que se aloje el camino; las cuales definen tres tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso.

En los incisos siguientes se analizan las principales características geométricas y elementos que norman los proyectos de los caminos en estudio, resumiendo los valores que se han establecido para los mismos, de acuerdo con las experiencias tenidas, en la Tabla 4.1.

CONCEPTO		UNIDAD	NORMAS					
T.D.P.A.	(En el horizonte de proyecto)	Vehículos por día	HASTA 100					
TIPO DE TERRENO	MONTANOSO LOMERIO PLANO							
VELOCIDAD DE PROYECTO		Km/h	30	40	50	60	70	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		m.	30	40	55	75	95	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE		m.	-	-	-	-	-	
GRADO MAXIMO DE CURVATURA		(°)	60	30	17	11	7.5	
CURVAS VERTICALES	K	CRESTA	m. / %	4	7	12	23	35
		COLUMPIO	m. / %	4	7	10	15	20
	LONGITUD MINIMA		m.	40	40	40	40	40
PENDIENTE GOBERNADORA		%	9		7			
PENDIENTE MAXIMA		%	12		10			
ANCHO DE CALZADA		m.					4	
ANCHO DE CORONA		m.					4	
B O M B E O		%					3	
SOBRE-ELEVACION MAXIMA		%					10	

Tabla 4.1 Normas para proyecto geométrico de caminos rurales.

#### 4.1 Velocidad de proyecto.

Es la velocidad máxima a la que pueden los vehículos circular con seguridad sobre un camino, y su selección está en función básicamente de la configuración topográfica del terreno y de la importancia del camino. Una vez seleccionada, todas las características propias del camino se deben condicionar a ella, para obtener un proyecto equilibrado.

#### 4.2 Vehículo de proyecto.

Es un vehículo hipotético cuyas características se emplean para establecer los lineamientos que regirán el proyecto geométrico de los caminos, y se selecciona de manera que represente un porcentaje significativo del tránsito que circulará por el camino.

Para los caminos rurales se ha elegido como vehículo de proyecto el DE-450, representativo de los vehículos C2 que pueden considerarse como los que transitan con más frecuencia por este tipo de caminos, y sus dimensiones se consideran las más apropiadas para definir los lineamientos que rigen el proyecto geométrico de estos caminos.

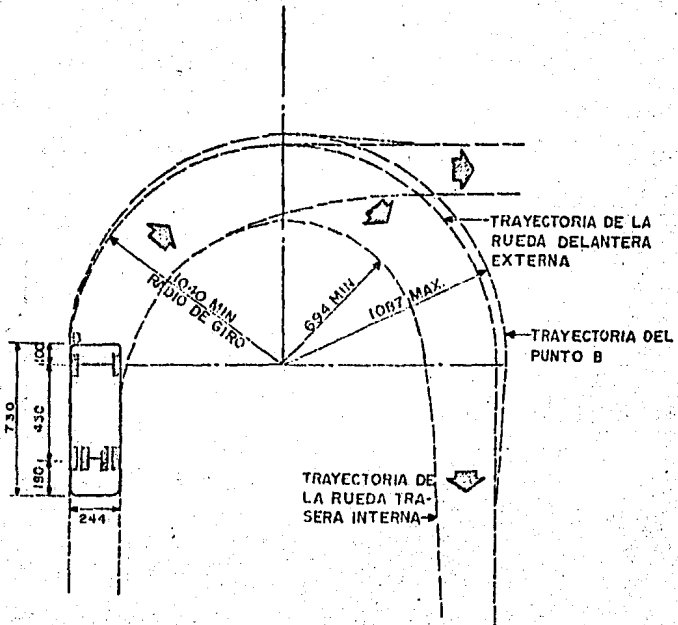


Figura 4.1 Características del vehículo de proyecto DE-450.

Características del vehículo de proyecto DE-450

(Figura 4.1)

Longitud total del vehículo	730 cm.
Distancia entre ejes extremos	450 cm.
Vuelo delantero	100 cm.
Vuelo trasero	180 cm.
Ancho total del vehículo	244 cm.
Entrevía del vehículo	244 cm.
Altura total del vehículo	214-412 cm.
Altura de los ojos del conductor	114 cm.
Altura de los faros delanteros	61 cm.
Altura de los faros traseros	61 cm.
Angulo de desviación del haz de luz de los faros	1 °
Radio de giro mínimo	1 040 cm.
Peso total: vehículo vacío	4 000 Kg.
vehículo cargado	10 000 kg.
Relación peso/potencia (kg/hp)	90

#### 4.3 Distancias de visibilidad.

Muy importante para la seguridad es la visibilidad que debe tener el conductor en el camino. A la longitud de carretera que un conductor ve continuamente delante de él cuando las condiciones atmosféricas y de tránsito son favorables, se le llama distancia de visibilidad.

En los caminos de un solo carril como los que nos ocupan, es decir, de ancho únicamente para un vehículo, son necesarias para que éste circule con seguridad dos distancias de visibilidad, la que se requiere para detenerse ante un objeto que aparece inesperadamente en el camino, y la necesaria para evitar la colisión con un vehículo que se aproxima en sentido contrario.

##### 4.3.1 Distancia de visibilidad de parada.

Esta distancia de visibilidad es la mínima necesaria para que un conductor que transita a, o cerca de la velocidad de proyecto, vea un objeto en su trayectoria y pueda detener su vehículo antes de llegar a él.

La distancia de visibilidad de parada está formada por la suma de dos distancias: la distancia recorrida por el vehículo desde el instante en que el conductor ve el objeto hasta

que coloca su pie en el pedal del freno, y la distancia recorrida por el vehículo durante la aplicación de los frenos. A la primera se le llama distancia de reacción y a la segunda, distancia de frenado.

Lo anterior, expresado en forma de ecuación queda:

$$D_p = d + d'$$

en donde:

$D_p$  = Distancia de visibilidad de parada.

$d$  = Distancia de reacción.

$d'$  = Distancia de frenado.

La distancia de reacción se obtiene de manera evidente, considerando que el vehículo durante el tiempo de reacción se mueve uniformemente, y la de frenado a partir de igualar la energía cinética del vehículo con el trabajo que se realiza para detenerlo. Esto conduce a la expresión que permite calcular la distancia de visibilidad de parada:

$$D_p = 0.278 V t + \frac{V^2}{254 f}$$

en donde:

$D_p$  = Distancia de visibilidad de parada (m).

$V$  = Velocidad del vehículo (km/hr).

$t$  = Tiempo de reacción (seg).

$f$  = Coeficiente de fricción longitudinal.

En el cálculo, el coeficiente de fricción longitudinal que se considera, corresponde a pavimentos mojados, debido a que es ésta la condición más desfavorable. En tal situación, la velocidad de los vehículos es inferior a la velocidad de proyecto y se aproxima, para bajos volúmenes de tránsito, a la velocidad de marcha, la cual se define como la velocidad de un vehículo en un tramo de un camino, obtenida al dividir la distancia recorrida entre el tiempo en que el vehículo estuvo en movimiento. Por esta razón, es esta última velocidad la que se considera para determinar la distancia de visibilidad de parada (Tabla 4.2).

Cabe hacer notar que en la expresión anterior no interviene la pendiente, introduciendo esto un error que para pendientes fuertes y altas velocidades puede ser relativamente grande, haciéndose necesario, en tales casos, efectuar la corrección correspondiente.

#### 4.3.2 Distancia de visibilidad de encuentro.

Es la distancia mínima requerida para que los conductores de dos vehículos que circulan en sentido contrario, puedan detenerse con seguridad y evitar la colisión entre ellos.



VELOCIDAD DE PROYECTO	VELOCIDAD DE MARCHA	REACCION		COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL	DISTANCIA DE FRENADO	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	
		TIEMPO SEG	DISTANCIA M			CALCULADA M	PARA PROYECTO M
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	95

23

Tabla 4.2 Distancias de visibilidad de parada.

Se calcula mediante la expresión:

$$D_e = 2 D_p$$

en donde:

$D_e$  = Distancia de visibilidad  
de encuentro.

$D_p$  = Distancia de visibilidad  
de parada.

#### 4.4 Alineamiento horizontal.

Es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. Se integra de tangentes y arcos de curvas circulares.

##### 4.4.1 Tangentes.

La proyección de las rectas que unen las curvas define las tangentes. La longitud de éstas es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, por lo que conviene limitar su longitud, la cual queda, de esta forma, condicionada por la seguridad. En caminos rurales generalmente no encontramos tangentes prolongadas, pues en su mayoría son caminos cortos.

#### 4.4.2 Curvas horizontales.

El enlace de dos tangentes consecutivas de rumbos diferentes se efectúa por medio de un arco de círculo llamado curva horizontal.

En estos caminos únicamente se emplean curvas circulares simples, o sea, aquéllas que se componen de un solo arco de círculo. En el sentido del cadenamamiento estas curvas pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha, y tienen como elementos característicos los mostrados en la Figura 4.2, de los cuales los principales se calculan como en seguida se describe:

- a. Grado de curvatura.- Es el ángulo subtendido por un arco de 20 m. Se representa con la letra G:

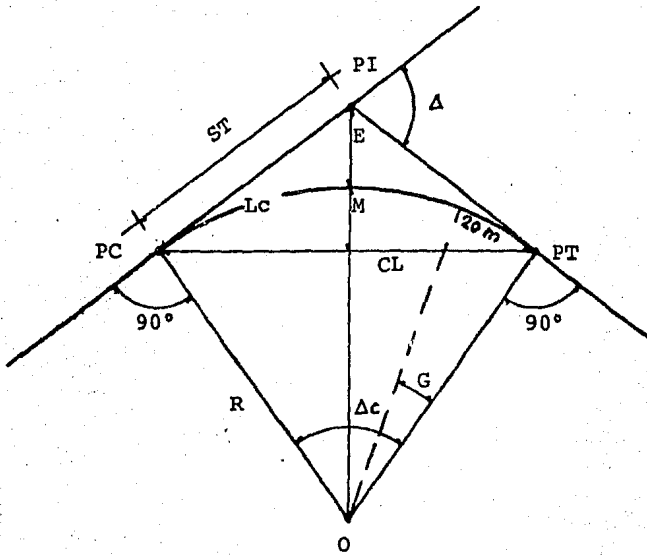
$$\frac{G}{20} = \frac{360^\circ}{2 \pi R}$$

de donde:

$$G = \frac{1\,145.92}{R}$$

- b. Radio de la curva.- Es el radio de la curva circular. De la expresión anterior, tenemos:

$$R = \frac{1\,145.92}{G}$$



PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes.
PC	Punto en donde comienza la curva.
PT	Punto en donde termina la curva.
O	Centro de la curva.
$\Delta$	Deflexión.
$\Delta_c$	Angulo central de la curva.
G	Grado de curvatura.
R	Radio de la curva.
ST	Subtangente.
E	Externa.
M	Ordenada media.
CL	Cuerda larga.
Lc	Longitud de la curva.

Figura 4.2 Elementos de la curva circular simple.

c. Angulo central.- Es el ángulo subtenido por la curva circular. En estas curvas es igual a la deflexión de las tangentes.

d. Longitud de curva.- Es la longitud del arco entre el PC y el PT.

$$\frac{L_c}{2\pi R} = \frac{\Delta_c}{360^\circ}$$

de donde:

$$L_c = \frac{\pi \Delta_c}{180^\circ} R$$

e. Cuerda.- Es la recta comprendida entre dos puntos de la curva. Si esos puntos son el PC y el PT, a la cuerda resultante se le denomina cuerda larga, para la cual tenemos:

$$CL = 2 R \operatorname{sen} \frac{\Delta_c}{2}$$

El grado de curvatura es el elemento que permite hacer referencia a la dimensión de la curva y está estrechamente ligado a la velocidad de proyecto, en función de la cual se fijan valores máximos para este elemento, cuya finalidad es garantizar el tránsito seguro de los vehículos sobre las curvas proyectadas, puesto que no es posible tomar a gran ve-

lidad una curva de radio pequeño, a pesar de la sobreelevación, ya que ésta como veremos tiene un valor límite.

Al grado de curvatura que posibilita recorrer con seguridad y a la velocidad de proyecto una curva que tenga sobreelevación máxima, se le denomina grado máximo de curvatura, y se obtiene por medio de la expresión que en seguida se detalla:

$$G_{\max} = \frac{146\,000 (S_{\max} + \mu)}{v^2}$$

en donde:

$G_{\max}$  = Grado máximo de curvatura.

$v$  = Velocidad de proyecto (km/hr).

$S_{\max}$  = Sobreelevación máxima, en decimal.

$\mu$  = Coeficiente de fricción lateral.

El grado máximo de curvatura tiene un valor de carácter limitativo y, por tanto, su utilización debe restringirse pues conduce a proyectos de baja calidad. De las opciones de trazo se elige aquella que permita aplicar menores grados de curvatura, sin pasar por alto que los costos crecen entre otros factores con el incremento de los radios de las curvas.

#### 4.5 Alineamiento vertical.

Es la proyección sobre un plano vertical del desarro-

llo del eje de la subcorona. Esta proyección está compuesta por tangentes y curvas.

#### 4.5.1 Tangentes.

La proyección del eje de un tramo recto limitado por dos curvas sucesivas define la tangente, la cual se caracteriza por su longitud y su pendiente.

La longitud es la distancia horizontal que existe entre dos curvas consecutivas, y queda limitada por la condición de que un camión cargado pueda ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido. Se fija con la ayuda de las gráficas de Firey y Peterson, que permiten para una relación dada de peso/potencia del vehículo, obtener su velocidad de marcha para diferentes pendientes y longitudes de las mismas.

Respecto a la pendiente, es ésta la relación entre el desnivel y la distancia que existen entre dos puntos de la tangente. La pendiente media que teóricamente, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno, puede darse a la línea subrasante para dominar un determinado desnivel, es la llamada pendiente gobernadora, y sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

La pendiente máxima, como su nombre lo indica, es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto, así como por la configuración del terreno.

La especificación actual admite para la pendiente máxima el 12%, utilizada en un tramo no mayor a 60 m. No obstante, su empleo deberá limitarse sólo a aquellos casos extremos en que desde el punto de vista económico sea conveniente aplicarla, de lo contrario resultan proyectos no muy adecuados.

Las experiencias tenidas hasta ahora en la construcción de caminos rurales, indican que el utilizar fuertes pendientes ocasiona efectos contraproducentes para la operación y conservación de los mismos.

Debe considerarse, también una pendiente mínima, la cual deberá garantizar un buen funcionamiento del drenaje. En los terraplenes puede ser nula y en los cortes se recomienda de 0.5 %.

#### 4.5.2 Curvas verticales.

Son segmentos de parábolas que unen a los tramos rectos del perfil o alineamiento vertical del camino (Figura 4.-



3). De acuerdo con las pendientes de las tangentes donde se alojan, se tienen dos casos: curvas convexas y curvas concavas, según la diferencia algebraica de pendientes (salida-entrada) sea negativa o positiva, respectivamente.

La parábola que sirve para el enlace de dos tangentes toma la forma de la ecuación:

$$C = k d^2$$

en donde:

C = Ordenada de la curva vertical, considerada con relación a la tangente, en una estación determinada del cadenamiento.

k = Constante, para cada curva, que se calcula como sigue:

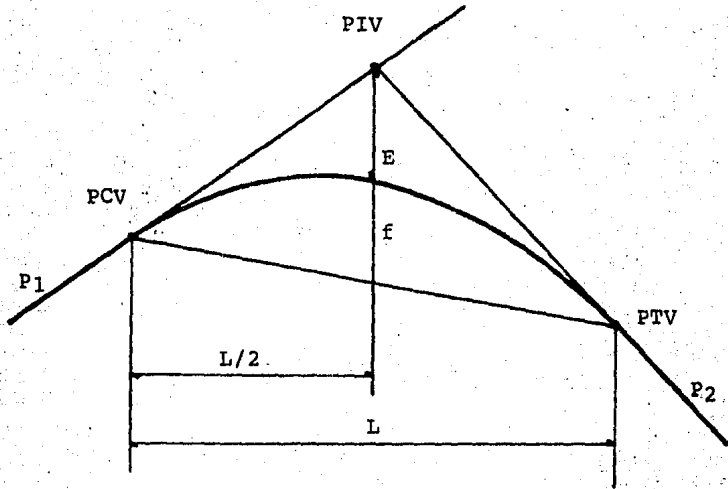
$$K = \frac{A}{10 N}$$

siendo:

A = Diferencia algebraica de pendiente, en (%).

N = Longitud de la curva en estaciones de 20 m.

d = Número de orden que en el sentido -



- PIV      Punto de intersección de las tangentes.
- PCV      Punto en donde comienza la curva.
- PTV      Punto en donde termina la curva.
- $P_1$       Pendiente de la tangente de entrada.
- $P_2$       Pendiente de la tangente de salida.
- L        Longitud de la curva.
- E        Externa.
- f        Flecha.

Figura 4.3    Elementos de las curvas verticales.

del cadenamiento le corresponde a la estación para la cual se calcula la ordenada.

Significa esto, que para conocer las ordenadas de las estaciones de la curva, se determina el valor de la constante "k", para después únicamente multiplicarlo por el número de orden que en el sentido del cadenamiento le corresponda a la estación respectiva. Las ordenadas o correcciones, así calculadas, se suman algebraicamente a las correspondientes cotas de la tangente, para obtener, finalmente, las cotas de la curva vertical.

Las curvas deben diseñarse con una longitud tal, que a lo largo de cada una de ellas, la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de encuentro o de parada, dependiendo de si se trata de curvas en cresta o en columpio, respectivamente. Para el cálculo de dicha longitud, de acuerdo con la curva de que se trate, tenemos:

Para curvas en cresta.

$$L = \frac{A De^2}{C_1}$$

en donde:

L = Longitud mínima de la curva (m).

De = Distancia de visibilidad de encuentro (m).

A = Diferencia algebraica de pendientes (%).

C<sub>1</sub> = Constante cuyo valor es, 1000.

Para curvas en columpio.

$$L = \frac{A Dp^2}{C_2 + 3.5 Dp}$$

en donde:

L = Longitud mínima de la curva (m).

Dp = Distancia de visibilidad de parada (m).

A = Diferencia algebraica de pendientes (%).

C<sub>2</sub> = Constante cuyo valor es, 120.

Ambas expresiones se obtienen a partir de considerar el caso en que la distancia de visibilidad es menor a la longitud de la curva, o sea, que tanto el vehículo como el objeto están dentro del segmento parabólico, y solamente se considera este caso, por que es el que representa la condición más crítica.

En la práctica se ha establecido que cuando el valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes es menor a 0.5%, no es necesario construir curvas verticales.

#### 4.6 Sección transversal.

La sección transversal de un camino en un punto cualquiera de éste es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Los elementos que la integran son básicamente: la corona, las cunetas y contracunetas y los taludes. En las Figuras 4.4 y 4.5 se muestran las características de las secciones transversales más comunes en los caminos rurales.

##### 4.6.1 Corona.

La corona es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, o sean las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas, según el caso. Los elementos que la definen son la rasante, el ancho de la misma y la pendiente transversal.

a. Rasante.- Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En estos caminos, el proyecto de ésta queda condicionado por el drenaje general y debe procurarse que implique espesores mínimos de corte y terraplén, redundando en favor de la e

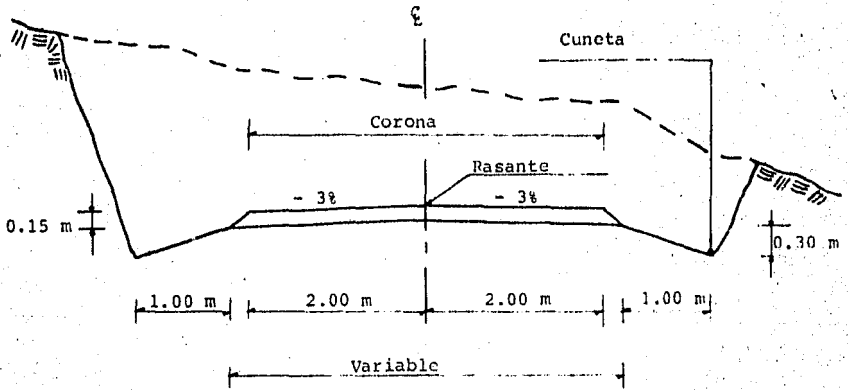


Figura 4.4 Sección transversal en corte, en tangente.

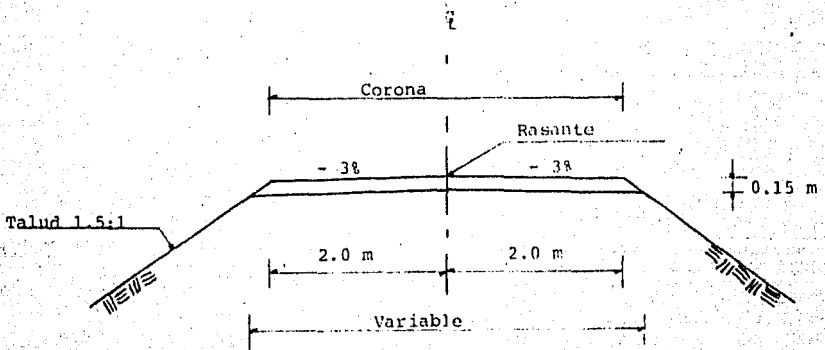


Figura 4.5 Sección transversal en terraplén, en tangente.

conomía de la obra y conduciendo a una conservación más fácil.

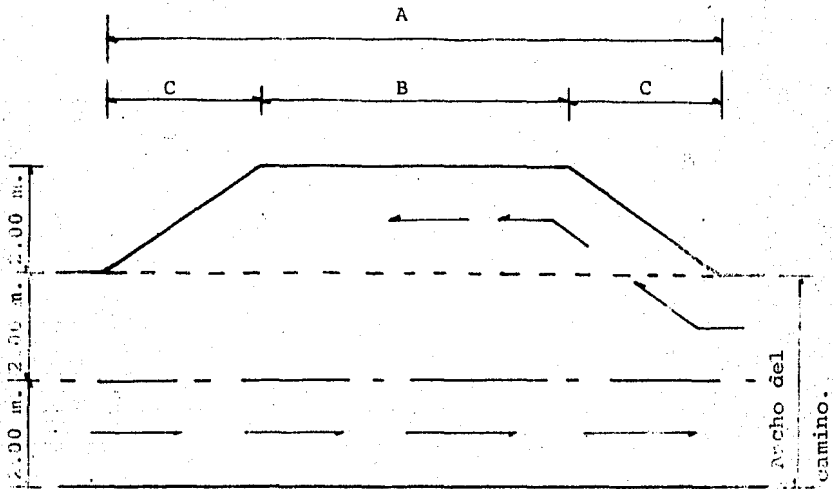
b. Ancho de la corona.- La distancia que existe entre los hombros del camino determina el ancho de la corona.

Entre las especificaciones de proyecto geométrico que más contribuyen en la obtención de bajo costo en la construcción de este tipo de caminos, está el ancho de corona de sólo 4 m., diseñado para un solo carril de circulación. Sin embargo, esta condición no permite el cruzamiento o rebase de vehículos, obligando a proyectar libraderos convenientemente distribuidos a lo largo del camino, para resolver el problema y evitar demoras (Figura 4.6).

c. Pendiente transversal.- Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje, y según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos: bombeo, sobreelevación y la transición del bombeo a la sobreelevación.

El bombeo es la pendiente que se da a la corona, en las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación de agua sobre el camino. Para los caminos rurales, de acuerdo a las experiencias tenidas, se considera de -3%.

La pendiente que se da a la corona hacia el centro de



## P L A N T A

## CUADRO DE REFERENCIAS

TIPO DE TERRENO	D I M E N S I O N E S (M).		
	A	B	C
PLANO	40	20	10
LOMERIO	24	12	6
MONTAÑOSO	16	8	4

Figura 4.6 Modelo tipo de libradero.



la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas horizontales, es la llamada sobreelevación, y se acostumbra calcularla mediante la expresión:

$$S = \frac{S_{\max}}{G_{\max}} (G)$$

en donde:

$S$  = Sobreelevación (%).

$S_{\max}$  = Sobreelevación máxima (%).

$G_{\max}$  = Grado máximo de curvatura.

$G$  = Grado de curvatura de la curva para la cual se calcula la sobreelevación.

Referente a la transición del bombeo a la sobreelevación, se efectúa ésta girando la sección sobre el eje de la corona. Este cambio se hace gradualmente y se conoce como transición mixta, puesto que parte de ésta se lleva a cabo en las tangentes y parte en las curvas circulares.

La longitud mínima de la transición está dada por la expresión:

$$L_e = 8 V S$$

en donde:

$L_e$  = Longitud mínima de la transición (m).

$V$  = Velocidad de proyecto (km/hr).

S = Sobreelección de la curva circular, en decimal.

Empíricamente se ha determinado que las transiciones pueden introducirse en la curva hasta en un cincuenta por ciento, siempre y cuando por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con sobreelevación completa.

#### 4.6.2 Talud.

El talud es la inclinación de los cortes o terraplenes y se expresa numéricamente por el recíproco de la pendiente.

Los taludes de los cortes deben ser tales que garanticen la estabilidad del material que forma el terreno natural, y se fijan en base a patrones ya establecidos que consideran la altura y naturaleza del material, debido a la imposibilidad de efectuar un análisis de estabilidad en cada caso.

Cuando se trata de un terraplén, el talud es fijado por el derrame natural del material que forma al propio terraplén, recomendándose que sea por lo menos de 1.5:1.

Hemos mencionado que las cunetas y contracunetas son obras que quedan incluidas en la sección transversal, sin embargo, considerando que son éstas parte importante del drenaje.

je de los caminos, serán tratadas en el capítulo correspon- -  
diente.

CAPITULO 5.

## SELECCION DE RUTA

Es ésta una de las fases más importantes en el estudio de un camino. La selección de ruta; entendiéndose por ésta una franja de terreno de ancho variable entre dos puntos obligados, dentro de la cual es factible ubicar un camino; es un proceso que involucra varias actividades, desde el acopio y análisis de datos, hasta los levantamientos que sean necesarios para determinar los costos y ventajas de las diferentes rutas, que permitan compararlas para seleccionar en cada caso, la que ofrezca las mayores ventajas económicas y sociales.

La correcta elección de la ruta conduce a localizar a apropiadamente el camino, lo que es particularmente importante en los caminos rurales, pues es indudable que de la correcta localización dependerá el buen comportamiento del camino, además de que siendo estos caminos de bajo costo, se busca -- siempre manejar bajos volúmenes de materiales de corte y terraplén.

### 5.1 Procedimiento general.

El proceso de estudio, que se efectúa considerando los objetivos del Programa, así como las estrategias defini-

das para la programación y construcción de las obras, que han sido ya tratadas en páginas anteriores, se inicia definiendo -- los puntos obligados, es decir, aquellos sitios por los que -- necesariamente deberá pasar el camino, por razones sociales, -- técnicas, económicas y políticas, tales como: poblaciones, -- cruces de ríos y zonas productivas. Una vez hecho lo ante -- rior, se procede a definir las rutas viables y a recabar toda la información referente a la topografía, geología, hidrología, al drenaje y uso del suelo, de las zonas de influencia de cada una de ellas, pues son estos aspectos relevantes en la elección de la ruta.

Los datos anteriores se pueden recopilar por diferentes medios, siendo los más comunes:

- Información obtenida directamente de los habitantes de la región.
- A través de las obras de caminos construidos en la zona.
- Reconocimientos de campo.
- Fotografías aéreas.
- Cartas topográficas.

- Cartas geográficas.
- Cartas geológicas.

El estudio de las cartas y de las fotografías aéreas, considerando los puntos obligados, permite ubicar esquemáticamente en éstas las posibles rutas, desechando a su vez las menos factibles después de observar las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

El criterio para definir las diferentes rutas, no es siempre buscar la más corta, sino aquella que desarrollándola ubique en firme la sección, abata las pendientes y evite trazos directos que impliquen mayores espesores de corte y terraplén, que conducen por una parte a elevar los costos de construcción, y por otra propician asentamientos de la superficie de rodamiento, puesto que en este tipo de caminos las terracerías no reciben compactación alguna (Figura 5.1).

El excluir las rutas con menores posibilidades disminuye y simplifica los trabajos de campo, los cuales se inician con los reconocimientos del terreno, que pueden ser aéreos, terrestres o combinados.

El reconocimiento aéreo es el que aporta las mayores ventajas por la rapidez con que se efectúa y por las grandes áreas que se pueden abarcar; sin embargo, es el reconocimiento terrestre el que se aplica en un alto porcentaje de los ca

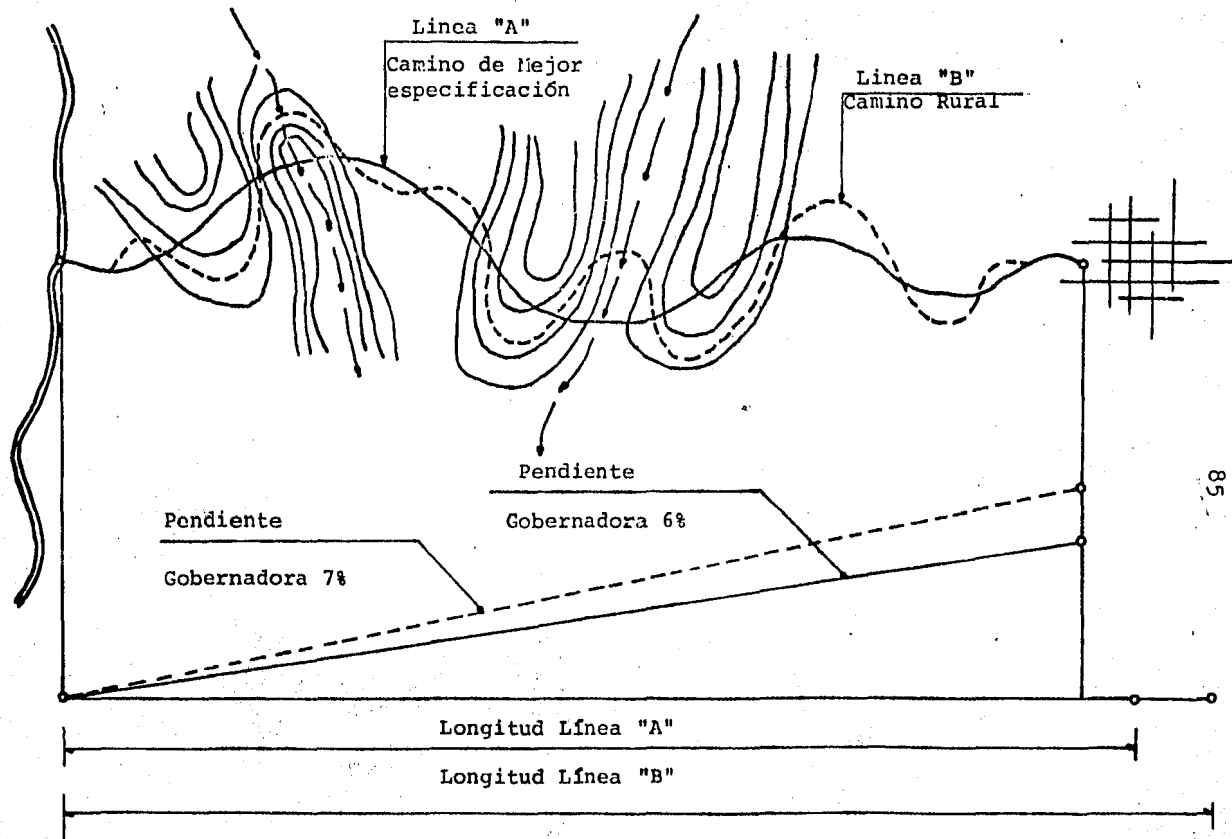


Figura 5.1 Criterio para definir las posibles rutas del camino.



minos que nos ocupan por dos razones fundamentales, la corta longitud de éstos y la escasez de recursos para el estudio.

Durante los reconocimientos se obtiene información -- tal como: rumbos de la línea, hidrografía de la región, cotas de los puntos de interés, pendientes de la ruta, materiales disponibles en la zona, potencialidad económica, características geológicas, etc.

Con la información así recabada y una vez realizados los trabajos de gabinete, se estará en posibilidad de comparar -- las distintas rutas para elegir la que proporcione los mayores beneficios socioeconómicos.

El detalle con que deben elaborarse los estudios de -- selección de ruta depende, desde luego, de las condiciones -- que se presenten en cada caso. Habrá ocasiones en que por -- tratarse de un camino de corta longitud, en una zona que no -- presente mayores dificultades y en donde la ruta esté bien de -- finida, que un simple reconocimiento sea suficiente para la -- elección, y habrá otras en que se requiera analizar diversas -- rutas para seleccionar la más conveniente.

## 5.2 Aprovechamiento de brechas.

En la definición de las rutas de los caminos es posi--

ble aprovechar las brechas que en buen número aún existen en el Estado de Chiapas.

Si las condiciones de las brechas en cuanto a alineamiento y calidad del suelo son tales que cumplan con las especificaciones, bastará únicamente con hacerles un retrazo y adoptar una rasante lo más pegada posible al terreno natural, que origine el menor movimiento de tierras.

Entre las condiciones y características de las brechas que hacen necesario modificar su trazo, podemos tener de manera general:

a. Características geométricas.- En algunos casos para mejorar las características que presente una brecha será conveniente modificar su trazo, por ejemplo:

- Cuando existan pendientes muy fuertes.
- Cuando existan curvas de radio pequeño que obligarían a los vehículos a realizar maniobras excesivas.
- Si la brecha tiene un desarrollo excesivo, conviene efectuar modificaciones rectificando el alineamiento, ahorrándose así longitud y repercutiendo favorablemente en la economía de la obra.
- Con una pequeña modificación en el alineamiento;

cuando la terracería de la brecha presente profundas irregularidades y que para corregirlas sería necesario utilizar materiales procedentes de banco o de préstamos laterales, lo que significaría un encarecimiento en el costo de mejoramiento del trámo; se puede obtener economía en las obras y en muchos casos, una mejor ubicación del camino.

b. Situaciones hidráulicas.- Se pueden también presentar situaciones hidráulicas que obligan a cambiar el trazo. -  
Entre otras tenemos:

- Cuando la brecha se localiza en las cercanías de un río que sufre desbordamientos o pasa por terrenos inundables, pudiendo requerir el camino terraplenes y alcantarillas de alivio que incrementan el costo de manera importante.
- Si la brecha cruza varias veces el mismo cauce, habrá que llevar a cabo un análisis comparativo entre el costo de construir todas las obras necesarias si se emplea el alineamiento existente y el costo de seguir una nueva línea.
- También cuando la brecha al cruzar un río lo hace por una sección en la que el cauce es muy ancho en comparación con otras secciones cercanas, deberá -

considerarse la posibilidad de modificar el trazo a fin de lograr un cruce de menor longitud, haciendo estudios comparativos similares a los del caso anterior.

Es importante señalar, que en general en todas las posibles rutas se deben tomar muy en cuenta las obras de drenaje que requerirá el camino, debiéndose elegir, por razones obvias, aquélla que presente menores problemas de escurrimiento.

c. Condiciones geotécnicas.- Igualmente se pueden dar en las brechas algunas condiciones geotécnicas que hacen preciso modificar el trazo. Entre las que podemos enunciar aquellas en las que:

- Se prevean cortes importantes en rocas de origen igneo.
- Se adviertan cortes en rocas sedimentarias cuya estratificación esté orientada hacia el camino, o bien cuando se prevean cortes en balcón en condiciones semejantes.
- La zona sea inundable o muy húmeda y el terreno de cimentación del camino esté constituido por arcillas de alta compresibilidad o por turbas. Esta situación es frecuente al cruzar pantanos o lechos de lagos secos, donde casi siempre son exigidos te

terraplenes relativamente altos cuyos costos de construcción y conservación son elevados.

- Se aprecien cortes en laderas que presenten artesianismo.
- Se prevean cortes o terraplenes sobre suelos susceptibles de tubificación.

Los aspectos geotécnicos en la elección de la ruta deben considerarse tan importantes como los que más, pues son determinantes en el logro de un buen proyecto. Debido a esto, es necesario realizar un estudio geotécnico que permita conocer las condiciones y características del terreno en el cual se alojará el camino, y en caso de que haya movimientos de tierra, determinar el volumen y características del material por mover y localizar los bancos de material requeridos. Dicho estudio se llevará a cabo con el detalle y cuidado que dicten la importancia del camino y los movimientos de tierra previstos.

### 5.3 Estudio de impacto ambiental.

En ocasiones es preciso una vez seleccionada la ruta considerada como la más conveniente para cada camino, efectuar un estudio de impacto ambiental para determinar la in-

fluencia que tendrá la construcción del camino en el medio -- ambiente.

De los caminos analizados siete requirieron de éste-- estudio, debido a que las rutas elegidas para cada uno de e - llos se ubicaron en un área considerada como Parque Nacional.

Tales caminos son:

- a. Tierra Blanca-Finca Santa Ana.
- b. Col. Bandenia-Col. Candelaria.
- c. San Isidro Zapotal-E.C. (San - Vicente-Río Blanco).
- d. Ojo de Agua-E.C. (Montebello - Comitán).
- e. Candelaria-Tierra y Libertad - San Antonio Buenavista-E.C. - (Montebello-Tzizcao).
- f. El Naranjo-Col. Nueva Cruz.
- g. Col. Antela-Lagos de Montebe - llo.

En dicho estudio se consideró que en la construcción de los caminos mencionados se aprovecharía la mayor parte de las brechas existentes, lo que constituye una medida importan te de mitigación, evitando posibles rectificaciones y contan do aquéllas además, con la amplitud necesaria para alojar los caminos; previéndose sólo desmontes mínimos en aquellos tra -

mos en donde la brecha no sería aprovechable, o bien en donde la amplitud de ésta no fuera suficiente para ubicar los caminos. Como resultado se concluyó que la ejecución de las obras propuestas no produciría efectos significativos adversos al medio ambiente, siendo causa sí, de efectos benéficos para los habitantes de la región en lo social, fundamentalmente, y en lo económico.

Con la ruta general ya elegida, se procede a elaborar el estudio preliminar, si lo hay, y posteriormente el proyecto definitivo, en el que se aplicarán las normas estudiadas en el capítulo anterior, llevando a cabo estos trabajos con la simplicidad o la precisión que en cada caso se reclame.

CAPITULO 6.



## DRENAJE.

Podríamos decir que el elemento que en mayor medida daña los caminos, particularmente a los rurales, es el agua, pues por la naturaleza del material con que se forman los terraplenes o el propio de los taludes de los cortes, cualquier exceso de agua o humedad ocasiona deslaves, asentamientos, o quedadas o desprendimientos de material, trastornando el funcionamiento del camino y encareciendo el costo de conservación del mismo.

Por lo anterior, en la vida de cualquier camino es primordial el correcto funcionamiento del drenaje, cuyo objetivo es la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma pueda perjudicar a dicho camino, evitando que el agua llegue a él, o bien dando pronta salida a aquella cuyo acceso sea inevitable.

Conocida la importancia del drenaje para la vida de un camino, si la etapa constructiva de los caminos rurales se termina a nivel de revestimiento y sus terracerías no se compactan, el apropiado funcionamiento del drenaje resulta esencial para que aquéllos tengan un desempeño adecuado durante su vida útil.

Las obras de drenaje que se aplican en este tipo de -

caminos, al igual que las especificaciones que norman sus proyectos geométricos, han sufrido algunos cambios, que van de acuerdo con el comportamiento observado en las obras que se han ido construyendo desde que se empezaron a adoptar los caminos rurales como solución al problema de incomunicación que priva en nuestro país.

Quizás la conclusión más importante a la que se ha llegado, a partir de las experiencias tenidas, sea que la construcción de vados sólo es conveniente en aquellos tramos que se localicen en terreno plano o de lomerío suave, y que se debe desechar en terrenos de lomerío fuerte o montañoso, acabando con el uso indiscriminado de esta estructura, que en un principio, en muchos casos, dio resultados negativos sobre todo cuando se construyó en tramos con fuerte pendiente.

Se han reunido además, toda una serie de experiencias referentes a los proyectos de las distintas obras, que han dado lugar a los llamados proyectos tipo, cuya finalidad es facilitar la tarea de los ingenieros encargados de proyectar el drenaje de los caminos.

#### 6.1 Clasificación del drenaje.

En términos generales el drenaje de un camino lo podemos dividir en superficial y subterráneo, según el escurri-

miento se realice o no através de la superficie terrestre, subdividiendo a su vez al drenaje superficial, de acuerdo con el funcionamiento de las obras y con la posición que éstas guarden con respecto al eje del camino, en longitudinal y transversal (Figura 6.1).

El drenaje longitudinal comprende aquellas obras que están situadas más o menos en forma paralela al eje del camino, y tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él, de tal manera que no le causen deterioro alguno.

Por su parte, el drenaje transversal es aquél que tiene la finalidad de dar paso expedito al agua que cruza de un lado a otro del camino, o bien retirar lo más pronto posible el agua que cae sobre la corona.

Convencionalmente se llama drenaje mayor a aquellas obras de cruce cuyos claros rebacen cierta longitud, que depende del tipo de obra de que se trate.

En los caminos rurales las soluciones al problema que representa el agua, implican en su mayoría la aplicación del drenaje superficial, mientras que sólo por excepción se hace uso del drenaje subterráneo, razón por la cual éste último no será tratado en el presente trabajo.

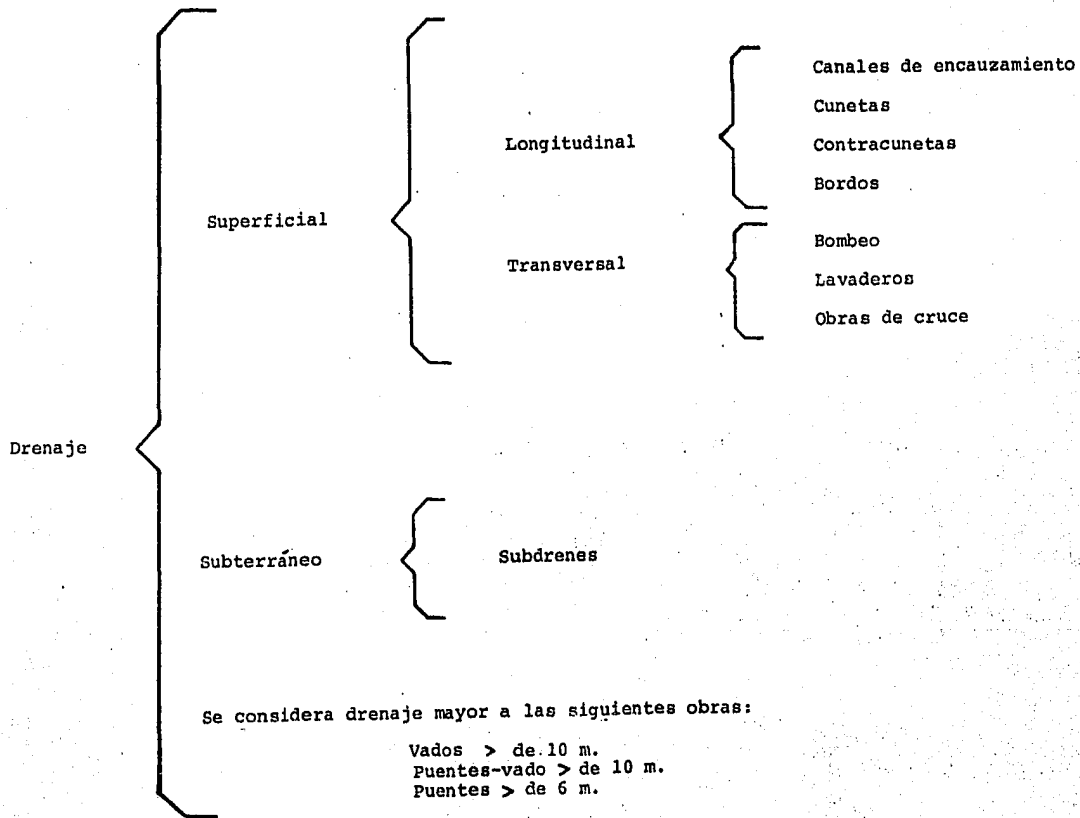


Figura 6.1 Clasificación del Drenaje.

## 6.2 Descripción y estudio de las obras.

El éxito que se tenga en la consecución del objetivo de dotar de una vía de comunicación permanente a las poblaciones aisladas, depende en gran parte del drenaje que se aplique en los caminos. A diferencia de los caminos pavimentados, los rurales están más expuestos a la acción destructiva del agua, por lo que el drenaje resulta esencial para que éstos tengan el comportamiento debido.

Partiendo de lo anterior, y recordando que el Estado de Chiapas recibe una considerable precipitación pluvial, es necesario elaborar para los caminos del programa, un cuidadoso estudio del drenaje para protegerlos con las obras más apropiadas en cada caso, que debe empezarse desde la elección de la ruta. En los reconocimientos que en esa etapa se hagan, se buscará siempre la zona que implique menos cruces de corrientes, procurando que éstos estén bien definidos, y se tratará de aprovechar en la medida de lo posible, los parteaguas para alojar el trazo de los caminos, ya que esta condición ofrece un drenaje natural, dando lugar a un menor requerimiento de obras. Si en la selección de la ruta no se elige la zona más adecuada, se tendrán problemas durante la vida del camino, aumentándose innecesariamente los costos de conservación.

### 6.2.1 Obras de drenaje longitudinal.

Las obras que comprende el drenaje longitudinal son-- las cunetas, contracunetas, canales de encauzamiento y los -- bordos. Obras que en seguida se describen, siendo recomenda -- ble aplicarlas en las condiciones que se mencionan.

a. Cunetas.- Son zanjas contiguas a la corona del camino, construidas en los cortes o cuando el camino es a pelo-- de tierra, y su objetivo es interceptar el agua que escurre -- de la corona, del talud del corte y del terreno natural adya-- cente, para conducirla hacia una corriente natural o a una o-- bra transversal y alejarla de la zona que ocupa el camino.

Normalmente la sección utilizada en las cunetas es la triangular con un ancho de 1 m., medido horizontalmente del -- hombro de la corona al fondo de la cuneta; con profundidad de 0.33 m. y con taludes: del lado de la corona de 3:1 y del la-- do del corte el que corresponda según el material que se ten-- ga. Esta sección proporciona una capacidad hidráulica sufici-- ente para la generalidad de los casos; sin embargo, para a-- segurar su eficiente funcionamiento es recomendable que su -- longitud no sobrepase los 250 m., pues no debe permitirse que el agua rebase su sección y se extienda por la superficie de-- rodamiento del camino. Si el caudal que circula por la cune-- ta es tal que se requiera una sección mayor, se puede ampliar ésta o reducir su longitud construyendo una obra de alivio, -- según lo que resulte más económico.

Las cunetas de sección rectangular o trapezoidal en general son inestables, y en caminos angostos, como los rurales, causan inseguridad a los usuarios, por lo que no es aconsejable su construcción.

La pendiente longitudinal de las cunetas generalmente es la misma que la del camino, y debe originar una velocidad tal, que no exceda la velocidad de socavación del material en que se construyen aquéllas (Tabla 6.1). Cuando el material natural es muy erosionable se les debe proteger con zampeado.

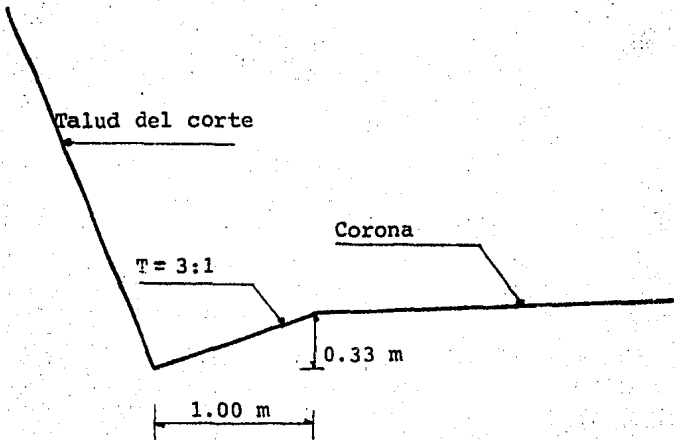


Figura 6.2 Cuneta tipo.

Material	Velocidad (m/seg)
Arena fina	0.45
Arcilla arenosa	0.50
Arcilla ordinaria	0.85
Arcilla firme	1.25
Grava fina	2.00
Pizarra suave	2.00
Tepetate	2.00
Grava gruesa	3.50
Zampeado	3.4 - 4.5
Concreto	4.5 - 7.5

Tabla 6.1 Velocidad de socavación de los materiales.



Existe otro tipo de cuneta diferente a la descrita,-- la cuneta tipo baden, que consiste en prolongar la corona hasta el talud del corte. Esta cuneta al mismo tiempo que permite recoger el agua y conducirla longitudinalmente, constituye de hecho una ampliación al camino, utilizable en tiempo de secas. A pesar de lo cual, sin embargo, no es muy recomendable en zonas lluviosas, como es el caso de la región en que se localizan los caminos estudiados, ya que su sección solamente permite encauzar caudales reducidos, por lo que es necesario desalojar el agua recolectada con frecuentes obras de alivio.

b. Contracunetas.- Son canales construidos a poca distancia y hacia arriba de la línea de ceros de un corte, que tienen por objeto interceptar el escurrimiento superficial del agua de lluvia para evitar que llegue al talud y lo deslave y que se incremente el caudal de la cuneta.

La sección de las contracunetas generalmente es de forma trapezoidal, y a fin de asegurar su buen funcionamiento se ha establecido para este tipo de caminos, que las dimensiones sean de 0.80 m. en la plantilla y 0.50 m. de profundidad.

Se ubican más o menos perpendicularmente a la pendiente de la ladera, con el fin de lograr una intercepción eficiente del escurrimiento. La distancia de la contracuneta al borde del corte debe ser como mínimo de 5 m. o igual a la al-

tura del corte, si ésta es mayor.

Para evitar los trastornos que se producen por los cambios de pendiente, ésta debe ser uniforme desde el punto de partida de la contracuneta hasta su desfogue.

Cuando se decida su construcción, se debe poner especial cuidado en las características geotécnicas del terreno ya que se pueden presentar filtraciones que perjudican los cortes, ocasionando deslaves y derrumbes. En estos casos, debe estudiarse la conveniencia de impermeabilizarlas o sustituir las por bordos.

En general, los cortes de los caminos rurales son de poca altura, por lo que la erosión de sus taludes no debe constituir un problema grave, y debido a que un alto porcentaje de fallas de taludes, en caminos de la red nacional, son provocadas por la presencia de contracunetas, se tiende a recomendar que estas obras no se construyan sistemáticamente en las zonas en que existan cortes, pues en general son mayores perjuicios que los beneficios que se pueden obtener.

c. Canales de encauzamiento.- En terrenos sensiblemente planos en donde no existan cauces definidos y cuando los escurrimientos sean de tipo torrencial, será necesario construir canales que impidan que el agua llegue al camino y la conduzcan a sitios previamente elegidos para efectuar el

cruzamiento.

Estas obras proporcionan protección a los caminos --  
 -- construidos a pelo de tierra y a los caminos en terraplén. -  
 Sus dimensiones dependerán de la cantidad de agua que se esti  
 me recibirán.

d. Bordos.- Estos pequeños terraplenes desempeñan una  
 función similar a la de los canales, su objetivo es desviar el  
 agua que escurre superficialmente hacia el camino y encauzar-  
 la convenientemente. Se utilizan también en sustitución de -  
 contracunetas.

#### 6.2.2 Obras de drenaje transversal.

El drenaje transversal incluye el bombeo, los lavade-  
 ros y las obras de cruce.

Si el agua no puede eliminarse e inevitablemente tie-  
 ne que cruzar el camino, debe encauzarse en forma tal que el-  
 paso de vehículos sea permanente o quede interrumpido solamen  
 te durante cortos periodos. Esto se logra mediante la cons-  
 trucción de las obras de cruce apropiadas, que se eligen y dise-  
 ñan de acuerdo con las condiciones de las corrientes que atra  
 viesa el camino y con las características de los materiales -  
 en el cauce. Entre éstas obras tenemos: alcantarillas, vados,  
 puentes-vado y puentes.

En las líneas siguientes se enuncian las principales características de las obras señaladas, así como las principales circunstancias en que conviene hacer uso de ellas.

a. Bombeo.- Como ya se ha visto, el bombeo consiste en proporcionar a la corona del camino, en las tangentes del alineamiento horizontal, una pendiente transversal del centro hacia los hombros del camino.

El bombeo evita que el agua se estanque sobre el camino, arrojándola hacia los lados; evita que escurra longitudinalmente en los tramos en pendiente, erosionándolos; y por último, al desviar el agua fuera de la corona, evita que penetre en las terracerías y produzca su reblandecimiento, destruyendo, con el tiempo, el camino.

b. Alcantarillas.- Son obras que sirven para dar paso adecuado al agua proveniente de arroyos, cañadas, canales de riego o de obras de drenaje superficial, y que al no poder desviarla hay que pasarla de un lado a otro del camino.

Las alcantarillas están constituidas por una parte central denominada cañón y dos extremos llamados aleros, que se construyen tanto para anclar la obra como para evitar que el terraplén invada el canal, y que sirven además, como guías para conducir el agua.

Estas obras se construyen hasta donde sea posible siguiendo el alineamiento y pendiente del cauce natural, con objeto de reducir al mínimo las alteraciones que éste pudiera sufrir. Cuando el crece sea oblicuo, será preferible dejar la alcantarilla oblicua y no tratar de construirla normal obligando a la corriente a cambiar su curso.

Se aconseja su utilización cuando en la zona del cruce:

- No haya trastornos locales como islas, pozas, etc.
- La anchura sea pequeña.
- El escurrimiento no sea divagante.
- El tirante del agua sea grande, en comparación con el ancho del cauce.

El área hidráulica necesaria en las alcantarillas se puede calcular por diversos métodos, siendo el más común para estos caminos el que hace uso de la fórmula de Talbot.

$$a = 0.183 C A^{3/4}$$

en donde:

a = Área hidráulica necesaria en la obra (m<sup>2</sup>).

A = Área por drenar (ha).

C = Coeficiente de escurrimiento -  
(Tabla 6.2).

Tipo de terreno	Coeficiente de escurrimiento.
Plano	0.2
Suavemente ondulado	0.3
Ondulado	0.5
Lomerío	0.6
Lomerío fuerte	0.8
Montañoso	1.0

Tabla 6.2 Valores del coeficiente de escurrimiento.

Los tipos usuales de alcantarillas están constituidos por tubos, losas, bovedas y cajones, teniendo cada uno su aplicación según los siguientes factores:

- Altura del terraplén.
- Forma de la sección en el cauce.
- Capacidad hidráulica requerida.
- Capacidad de sustentación del terreno.
- Materiales disponibles en la región.

1. Alcantarillas tubulares.- Este tipo de alcantarilla lo forma un tubo cilíndrico con la sección suficiente para dar paso al agua. Se pueden colocar más de una línea de tubos, los cuales pueden ser metálicos o de concreto, y requieren para su buen funcionamiento estructural un colchón mínimo de 0.60 m. Estas obras son las más rápidas de construir, facilitando así la terminación del camino en el menor tiempo posible. Sin embargo, se tiene la desventaja de que muchas veces no es fácil transportar los tubos hasta el lugar de la obra, además de que estos son costosos.

2. Alcantarillas de losa.- Constituye este tipo, una losa de concreto reforzado apoyada en muros de mampostería y puede ser con colchón o sin él, según sea la rasante del camino en relación con la sección del cauce. Fácilmente-

proporcionan estas alcantarillas un área hidráulica amplia - que permite en muchas ocasiones sustituir a la alcantarilla - de tubos. Se recomiendan cuando en la región se cuenta con - los materiales y mano de obra necesarios. Son de construc -- ción lenta, por lo que es indispensable construirlas con sufi -- ciente anticipación para no interrumpir la construcción del - camino.

3. Alcantarilla de bóveda.- Son estructuras que es -- tán formadas por uno o más arcos de mampostería o concreto, - descansando cada uno de ellos en muros más o menos altos, que pueden ser de los mismos materiales. Se aconsejan cuando la -- altura del terraplén es grande, cuando la piedra es abundante y cuando la pendiente transversal es fuerte. Tienen el incon -- veniente de ser de ejecución lenta, pero cuentan con la venta -- ja de su gran estabilidad.

4. Alcantarilla de cajón.- Estas estructuras son de -- sección rectangular, se construyen de concreto reforzado y - pueden ser simples o múltiples. Se usan cuando el terreno - tiene poca resistencia, aunque muy excepcionalmente por los -- cuidados especiales que requiere su construcción, además de -- ser costosa y lenta.

b. Vados.- Son obras que consisten esencialmente en -- proteger el camino en forma adecuada contra la erosión del a -- gua y proporcionar una superficie de rodamiento suficientemen --



te sólida.

Un vado al contrario de las demás obras de cruce, permite el paso del agua por encima del camino, por lo que su configuración debe acercarse lo más posible a la del terreno natural para no alterar, sino en escala mínima, el régimen hidráulico y para protección del vado mismo (Figura 6.3).

Estas obras posibilitan el cruce de corrientes efímeras o perennes de tirante pequeño, que permitan el paso de vehículos la mayor parte del año, interrumpiendo el tránsito sólo por unas horas. Se eligen cuando se tienen cauces amplios y la rasante del camino es baja. Generalmente se construyen de mampostería o de losas de concreto, y comparativamente con soluciones a base de alcantarillas o puentes, su costo es menor.

c. Puente-vado.- Es la estructura intermedia entre el vado y el puente. En realidad es un puente bajo, sin parapetos, que permite el paso de las crecientes ordinarias por abajo y que pasen sobre él las crecientes extraordinarias. Esta formado por muros extremos y apoyos intermedios de mampostería y superestructura de concreto reforzado; como el agua lo rebasará, se precisa que la superestructura ofrezca la menor resistencia (Figura 6.4).

Este tipo de obra se aplica cuando se trata de un cruce amplio con tirantes bajos permanentes y sólo considerables

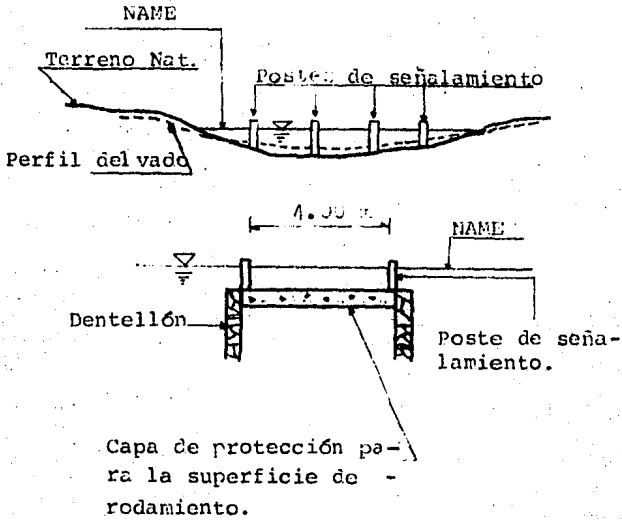


Figura 6.3 Vado.

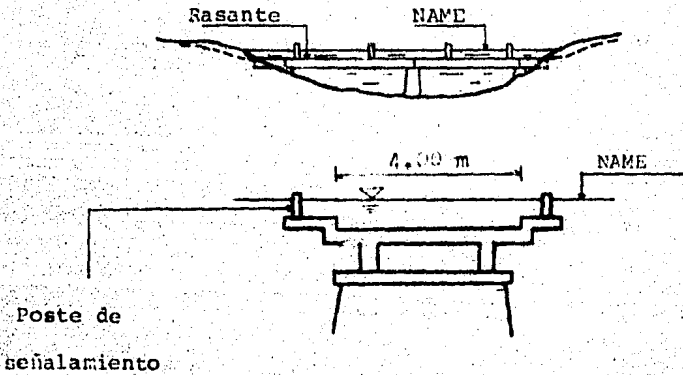


Figura 6.4 Puente-vado.

durante crecientes de baja frecuencia, en donde el vado a nivel del cauce no satisface las condiciones de tránsito permanente o las interrupciones son prolongadas.

d. Puentes.- Son estructuras con claro mayor a 6 m. que permiten circular sin interrupciones sobre una corriente, aun en las crecientes máximas extraordinarias. (Figura 6.5).

En su construcción comunmente se emplea: mampostería, concreto reforzado y en ocasiones acero estructural, y solamente se construyen cuando el cruce es obligado y las características del escurrimiento no permiten el empleo de vados o puentes-vado. Cuando se piense en su aplicación, se debe tener muy en cuenta que son las obras más costosas.

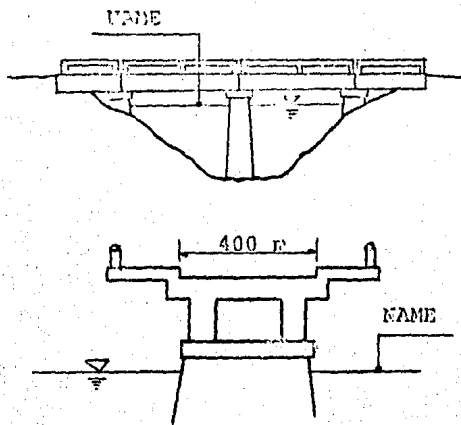


Figura 6.5 Puentes.

Para las obras de cruce, en general, se cuenta con -- una serie de proyectos tipo, que presentan soluciones aplicables a muy diversas condiciones, y que adecuandolos a los requerimientos específicos de cada caso, pueden ser aplicados - en el drenaje de los caminos.

CAPITULO 7.

## CONCLUSIONES.

Los sistemas de transporte son uno de los factores indispensables y decisivos en el proceso de desarrollo del país, pues intervienen de manera sobresaliente en prácticamente todas las actividades económicas y sociales, que se realizan para promover dicho desarrollo. El transporte apoya e impulsa la evolución del aparato productivo, así como el desarrollo social, permitiendo disponer de los bienes y servicios en el lugar y tiempo en que se necesiten.

La red de transporte constituye, asimismo, la infraestructura básica para integrar el territorio nacional y comunicar a las distintas poblaciones, abriendo mayores oportunidades para su desarrollo económico, social y político, eliminando la marginación y el aislamiento, así como posibilitando el aprovechamiento de los recursos potenciales de cada región.

Todas las diversas modalidades del transporte son de esencial importancia para la evolución de nuestro país; sin embargo, dadas las condiciones geográficas y socioeconómicas predominantes, el medio de transporte que mayor desenvolvimiento ha tenido, es el transporte carretero, gracias a su mayor flexibilidad, así como a la economía que se logra tanto en la construcción como en la operación de los caminos, -

muy especialmente en los caminos rurales.

Las conclusiones de lo que hasta aquí se ha expuesto, se han dividido en dos grupos, el primero lo conforman los efectos económicos y sociales de los caminos, así como las ventajas que estos ofrecen y que han contribuido para que se impulse su construcción en todo el país. En el segundo grupo - se destacan las características técnicas que es conveniente - proporcionar a estos caminos con el fin de que satisfagan sus objetivos.

La construcción de los caminos rurales ofrece diversas ventajas y contribuye a impulsar el surgimiento de las zonas menos desarrolladas del país, como la región del Estado de Chiapas contemplada en el proyecto. Entre las principales repercusiones y ventajas de los caminos analizados, tenemos - las siguientes:

- Los caminos del programa abren la posibilidad de emprender con éxito, acciones que tiendan a cambiar - favorablemente las precarias condiciones de vida en las que cotidianamente se desenvuelven los habitantes de las comunidades marginadas.
- Propician la integración tanto física como económica de las poblaciones rurales; dotándolas de una - vía de comunicación transitable durante todo el año,

- y facilitando el aprovechamiento racional de los vastos recursos naturales que posee el Estado, en beneficio de las comunidades rurales y del país mismo.
- Las actividades productivas se ven estimuladas, fundamentalmente las de tipo agropecuario, a las que se dedica un buen porcentaje de la población económicamente activa, y para las cuales la entidad cuenta con condiciones climatológicas y del suelo propicias para su práctica, por lo que son de esperarse resultados satisfactorios en este renglón.
  - Tomando en cuenta las condiciones territoriales, de población y socioeconómicas de nuestro país, los caminos rurales constituyen la alternativa más viable para atender al gran número de poblados que aún se encuentran aislados, y poder incorporarlos al proceso de desarrollo del país, brindándoles las vías de comunicación terrestre necesarias para tal efecto.
  - La economía que se logra con este tipo de caminos, permite, en comparación con caminos de especificaciones más altas, construir longitudes superiores, brindando servicio a un mayor número de localidades.
  - La mayoría de los caminos del proyecto resultan eco



nómicamente rentables, y solo algunos cuantos no --- alcanzan el costo mínimo de oportunidad considerado, sin embargo, se espera que la construcción de estos- traerá consigo beneficios de carácter social, que - son la finalidad básica de este tipo de caminos y - programas.

Refiriéndonos a las características que se dan a los- caminos rurales para que cumplan apropiadamente con su fun -- ción, y se puedan alcanzar los objetivos especificados; las - conclusiones más importantes son las que a continuación se -- exponen:

- Sus características y especificaciones geométricas- y de construcción permiten asegurar obras de bajo - costo, acordes al propósito de brindar comunicación permanente a las poblaciones rurales, y no al de re- solver un problema de tránsito intenso o de altas - velocidades. No obstante, si se protegen con el -- drenaje adecuado y se les da la conservación necesá- ria, transcurrido el tiempo y cuando la demanda de- tránsito lo amerite, podrían ser aprovechados para- construir caminos con mejores especificaciones.
- Dada la rentabilidad de algunos de los caminos estu- diados, sería posible adoptar especificaciones más- altas para realizar los proyectos geométricos de -

los mismos.

- En virtud de las características y de los materiales con que son construidos estos caminos, el drenaje adquiere vital importancia para poder comunicarse permanentemente a las localidades que se encuentran incomunicadas y dispersas por el territorio chiapaneco, por lo que se debe poner especial cuidado en la elección, diseño y construcción de las obras necesarias para protegerlos convenientemente.
- En la definición de la ruta que seguirá cada uno de los caminos, es aconsejable el aprovechamiento de las brechas existentes, ya que además de favorecer la economía de las obras, es una buena medida de mitigación de los efectos perjudiciales que la construcción de los caminos pudiera ocasionar al medio ambiente circundante.
- La ruta seleccionada como la más adecuada para alojar a cada camino, no será siempre la más corta, sino aquella que aunque sea de mayor longitud aporte los mayores beneficios económicos tanto para la construcción como para la conservación del camino.
- El trazo que se determine, en cuanto a alineamiento vertical se refiere, deberá considerar una rasante

que se apegue a las ondulaciones del terreno natural, con objeto de ocasionar menores movimientos de tierra, y facilitar la conservación de los caminos -- ya que en las terracerías de éstos no se aplica compactación con medios mecánicos.

Es innegable que sin los caminos no es posible esperar adelantos en las condiciones de vida de las poblaciones -- que hasta ahora han permanecido al margen del avance del país, pero no se debe, sin embargo, perder de vista que los caminos por sí solos no producen el desarrollo de las comunidades. En tal virtud, es recomendable que los proyectos del sector -- transporte que tienen como finalidad apoyar la evolución económica, social y política de las regiones menos desarrolladas de nuestro país, se emprendan como parte de acciones conjuntas entre éste y demás sectores involucrados en el crecimiento integral de las comunidades rurales; como es el caso del Programa de Caminos Rurales en el Estado de Chiapas, ya que forma parte del Plan Estatal de Desarrollo, el cual contiene el programa de trabajo para promover el desarrollo integral y equilibrado de la entidad, siendo, además, congruente con lo estipulado en el Plan Nacional de Desarrollo tanto en lo que a política regional como a política sectorial se refiere; puesto que ahí se establece que el desarrollo del sureste del país, se orientará a elevar el bienestar de la población, propiciando una mayor integración en todos sentidos al resto del

territorio nacional; indicándose en materia de transporte la prioridad de los proyectos de infraestructura básica que favorezcan la integración física de la región, y el impulso a la construcción de caminos rurales.

BIBLIOGRAFIA .

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Programa Crédito Banco Mundial, 1984. Plan Chiapas, com -  
ponente caminos. Secretaria de Comunicaciones y Trans -  
portes.
- 2.- Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988. Secretaria de Pro -  
gramación y Presupuesto.
- 3.- X Censo General de Población y Vivienda del Estado de -  
Chiapas. Secretaría de Programación y Presupuesto.
- 4.- Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 1985  
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informáti -  
ca.
- 5.- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. Secretaría -  
de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, 1977.
- 6.- Manual de Drenaje para Caminos Rurales. Secretaría de Asen -  
tamientos Humanos y Obras Públicas.
- 7.- Ingeniería Económica. Sepulveda, José A.