

社会開発調査部報告書

No. 52

ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
ENTRE SANTA BARBARA Y BELLA VISTA
EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA

INFORME FINAL

VOLUMEN I
(INGENIERIA)

MARZO 1991

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
ENTRE SANTA BARBARA Y BELLA VISTA EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA

INFORME FINAL

VOLUMEN I

(INGENIERIA)

MARZO 1991

702
71
8F

LIBRARY
91-028(2/4)

SSF

~~ERR(J)~~

91-028(2/4)

JICA LIBRARY



1090142(9)

22279

**ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
ENTRE SANTA BARBARA Y BELLA VISTA
EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA**

INFORME FINAL

**VOLUMEN I
(INGENIERIA)**

MARZO 1991

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON



国際協力事業団

22279

PREFACIO

En respuesta a la solicitud presentada por el Gobierno de la República de Bolivia, el Gobierno de Japón decidió llevar a cabo el Estudio de Mejoramiento de la Carretera entre Santa Barbara y Bella Vista, confiando la realización del Estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

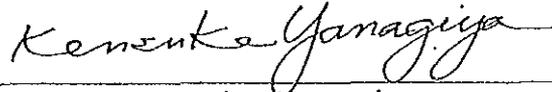
La JICA envió a la Republica de Bolivia una misión de estudio encabezada por el Sr. Takashi Tachikawa, e integrada por los miembros de Central Consultant Inc., Nippon Koei Co., Ltd. y Kokusai Kogyo Co., Ltd., desde agosto de 1898 hasta diciembre de 1990.

La misión sostuvo una serie de reuniones con las autoridades competentes del Gobierno de la República de Bolivia, a la vez que realizó estudios de campo. Tras haber completado el viaje, la misión se dedicó en Japón a estudios con mas detenimiento, a fin de preparar el presente Informe.

Espero que este Informe contribuya a promover el desarrollo de la Carretera y que sirva de lazo de amistad entre los dos paises.

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a las autoridades competentes del Gobierno de la República de Bolivia por la gentil cooperación que han brindado a la Misión.

Marzo, 1991



Kensuke Yanagiya

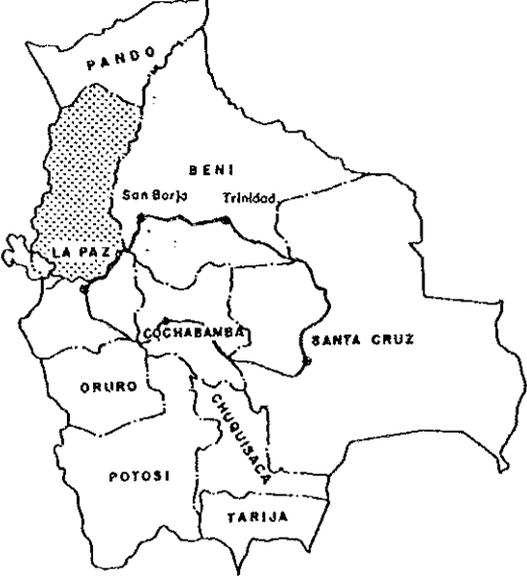
Presidente

Agencia de Cooperación
Internacional de Japón



SUD AMERICA

BOLIVIA



Estudio de Mejoramiento de Carretera entre
 Santa Barbara y Bella Vista, Republica de Bolivia
 MAPA DE UBICACION



FOTO 1
Vista panorámica del camino existente desde el Puente Santa Bárbara (en primer plano), en dirección de Choro.

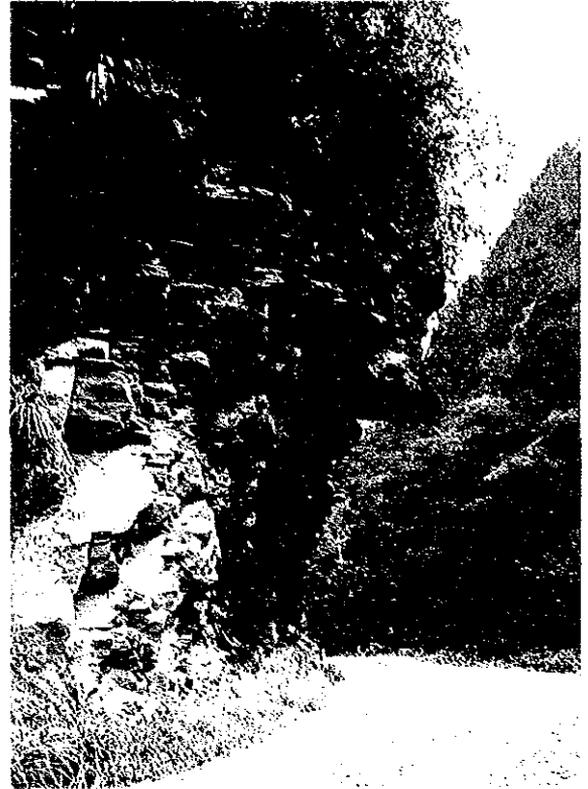


FOTO 2
Daño causado por un derrumbe cerca al Punto A (aproximadamente 2.2 km desde el punto de origen: Puente Santa Bárbara). El deslizamiento se extiende aproximadamente 1 km a lo largo del camino.



FOTO 3
Vista del camino existente, en las cercanías de Challa, aproximadamente a 10 km del punto de origen. El camino pasa por un punto de pendiente geográfica variable.



FOTO 4
Via angosta en el camino existente, con insuficiente drenaje, en un sector carcano a 14 km del punto de origen.



FOTO 5
Roca sobresaliente en un sector del camino, cerca a Puerto León, aproximadamente a 35 km del punto de origen. En el estudio, éste fue considerado como uno de los puntos con peligro para el tráfico.



FOTO 6
Vista del puente reticulada existente, cerca a Puerto León. El puente es viejo y podrido, con losas de madera usadas como tratamiento provisional.



FOTO 7

Vista de un túnel existente, excavado sin entibamiento, situado a 35 km del punto de origen. La longitud del túnel es de aproximadamente 25 m.



FOTO 8

Vista del camino existente, en un acantilado, a 38 km del punto de origen. La sección está ubicada en un sector que tiene las condiciones más severas en toda la extensión del camino en estudio.

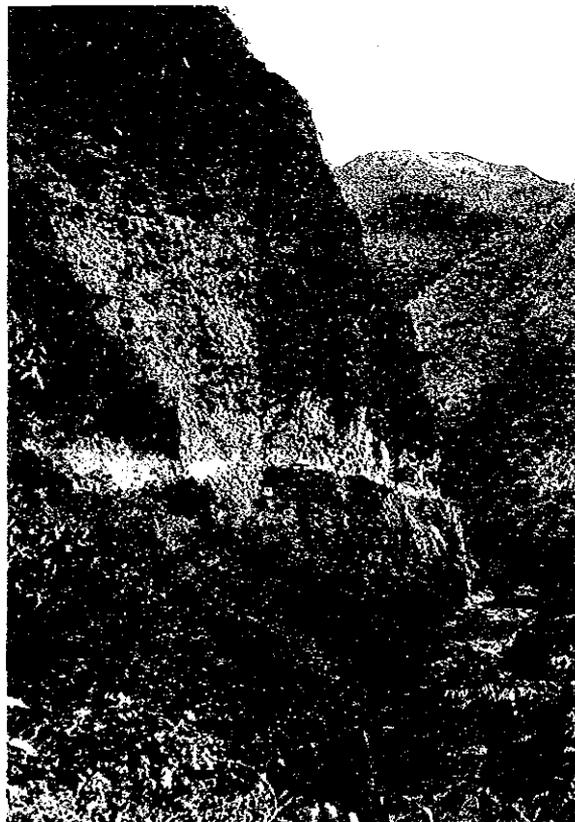


FOTO 9

El mismo sector que se muestra en el punto 8, visto desde una mayor distancia.

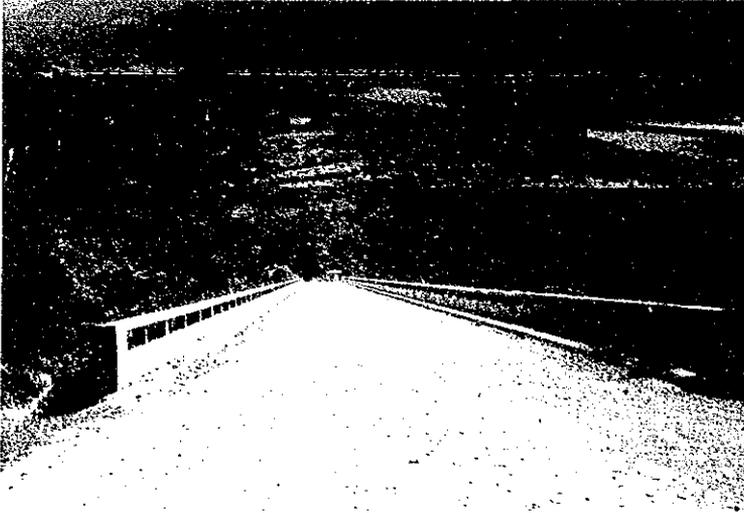


FOTO 10

Puente Yara, en las cercanías de la población de Yara. Este es el único puente que no requiere reconstrucción o mejora en toda la extensión del camino en estudio.



FOTO 11

Vista de un sector a 116 km del punto de origen, donde ocasionalmente ocurren derrumbes.



FOTO 12

Vista de la condición actual del camino en Bella Vista (punto terminal del camino en estudio). El tramo posterior a esta foto fue mejorado por el SNC.

ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
ENTRE SANTA BARBARA Y BELLA VISTA

CONTENIDO DEL INFORME

Volumen I
(Ingenieria)

1.	INTRODUCCION	... 1- 1
1.1	Antecedentes dl Estudio	... 1- 1
1.2	Objetivos del estudio	... 1- 6
1.3	Descripción General del Proyecto	... 1- 6
1.4	Enfoque del Estudio	... 1- 8
1.4.1	Principales Puntos del Estudio	... 1- 8
1.4.2	Cronograma del Estudio	... 1- 9
1.5	Organización del Estudio	... 1-13
2.	CONDICIONES ACTUALES	... 2- 1
2.1	Topografía	... 2- 1
2.1.1	Topografía en Bolivia	... 2- 1
2.1.2	Clima	... 2- 5
2.2	Sistema Vial Existente en Bolivia	... 2- 9
2.3	Camino de Proyecto Existente	... 2-15
2.3.1	Topografía, Clima y Rios	... 2-15
2.3.2	Resultados de Reconocimiento del Terreno	... 2-24
3.	INVESTIGACION GEOLOGICA	... 3- 1
3.1	Generalidades	... 3- 1
3.2	Descripción de la Formación Geológica	... 3- 5
3.2.1	Rocas Paleozoicas	... 3- 5
3.2.2	Rocas Mesozoicas	... 3- 6
3.2.3	Rocas Terciarias	... 3- 6
3.2.4	Rocas Cuaternarias	... 3- 7
3.3	Problemas Geomorfológicos y Geológicos para el Mejoramiento del Camino	... 3- 8
3.3.1	Falla de Talud (Tipo A)	... 3-23
3.3.2	Falla de Terraplén (Tipo B)	... 3-24
3.3.3	Caida de Rocas (Tipo C)	... 3-25
3.3.4	Deslizamientos de Tierra (Tipo D)	... 3-26
3.3.5	Arrastres de Tierra y Escombros (Tipo E)	... 3-27
3.3.6	Zona Fracturada de Falla (Tipo F)	... 3-28
3.3.7	Aguas Subterranas	... 3-29

3.4	Perforaciones de Investigación	...	3-29
3.4.1	Descripción de Materiales por Perforación	...	3-30
3.4.2	Ensayo de Compresión No-confinada	...	3-32
4.	ESTUDIO BASICO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA	...	4- 1
4.1	Problemas Fundamentales en el Camino Existente	...	4- 1
4.2	Normas y criterios de diseño	...	4- 2
4.2.1	Política Básica de Mejoramiento de Caminos	...	4- 2
4.2.2	"Norma" y Clasificación del Camino	...	4- 3
4.2.3	Clasificación y Criterios de Diseño para el Camino Proyectado	...	4- 5
4.2.4	Sección Transversal Ilustrativa	...	4- 9
4.3	Alternativas de Alineamiento Geométrico	...	4-12
4.3.1	Generalidades	...	4-12
4.3.2	De Santa Bárbara a Punto F	...	4-14
4.3.3	De Punto F a Punto K	...	4-14
4.3.4	De Punto K a Caranavi	...	4-20
4.3.5	De Caranavi a Punto Q (Carrasco)	...	4-24
4.3.6	De Punto Q a Punto S	...	4-28
4.3.7	De Punto S a Punto V	...	4-31
4.3.8	De Punto V a Bella Vista	...	4-40
4.4	Estudio de Puentes	...	4-41
4.4.1	Identificación de Puntos Donde se Requiere un Nuevo Puente	...	4-42
4.4.2	Ubicación Exacta y Tamaño de Nuevos Puentes	...	4-44
4.5	Obras Requeridas para Prevención de Desastres	...	4-58
4.5.1	Determinación de Condiciones para Cada Ubicación de Desastre Potencial	...	4-59
4.5.2	Identificación de Prevención para Cada Tipo de Desastre	...	4-67
4.5.3	Selección de Medidas de Protección Aplicables	...	4-68
4.5.4	Aplicación de Medidas de Protección	...	4-72
4.5.5	Conclusión	...	4-72
5.	DISEÑO PRELIMINAR	...	5- 1
5.1	Diseño Preliminar del Camino	...	5- 1
5.1.1	Diseño de Alineamientos Horizontal	...	

y Vertical	...	5- 1
5.1.2 Diseño de la Sección Transversal	...	5- 6
5.1.3 Diseño del Pavimento	...	5- 8
5.1.4 Diseño del Drenaje	...	5-22
5.2 Diseño Preliminar de Puentes	...	5-31
5.2.1 Generalidades	...	5-31
5.2.2 Tipo de Superestructura	...	5-31
5.2.3 Tipo de Subestructura	...	5-41
5.2.4 Diseño Preliminar de Puentes	...	5-42
5.2.5 Plan de Construcción	...	5-47
5.2.6 Materiales	...	5-47
5.3 Diseño Estructural	...	5-48
5.3.1 Diseño de Túneles	..	5-48
5.3.2 Obras para Prevención de Desastres	...	5-51
5.3.3 Muros de Contención	...	5-59
5.4 Planificación de Movimiento de Tierras	...	5-63
5.4.1 Volumen de Excavaciones	...	5-63
5.4.2 Plan de Bancos de Desecho	...	5-66
5.4.3 Plan de Transporte de Suelos	...	5-67
5.5 Mantenimiento	...	5-67
5.5.1 Sistema de Mantenimiento	...	5-67
5.5.2 Alcance de Trabajos de Mantenimiento y Reparación	...	5-69
6. ESTIMACION DE COSTOS	...	6- 1
6.1 Desglose de Costos	...	6- 1
6.1.1 Desglose de Costos	...	6- 1
6.1.2 Desglose en Moneda Nacional y Extranjera	...	6- 1
6.2 Costo de Proyecto y Costo de Mantenimiento	...	6- 2
6.2.1 Resumen de Costo de Proyecto	...	6- 2
6.2.2 Costo de Mantenimiento	...	6-13
6.2.3 Cantidades	...	6-13
6.2.4 Costos Unitarios	...	6-13
7. EVALUACION GLOBAL DEL PROYECTO	...	7- 1
7.1 Evaluación General del Proyecto	...	7- 1
7.2 Descripción del Proyecto	...	7- 4
7.3 Programa de Implementación	...	7- 5
7.4 Estudios Posteriores Recomendados	...	7- 7

A P E N D I C E S

Apéndice 1-1	Lista de los Proyectos Camineros en Ejecución (1984-1991)	AP- 1
Apéndice 4-1	Cálculo del Sobrecancho en Curvas	AP- 2
Apéndice 4-2	Estimaciones del Costo de las Alternativas (Alineamiento Geométrico)	AP- 4
Apéndice 4-3	Estimaciones del Costo de las Alternativas (Puentes)	AP- 9
Apéndice 4-4	Prevenciones(s) Optimas	AP- 20
Apéndice 5-1	Diseño del Pavimento	AP- 35
Apéndice 5-1(1)	Derivación de los Factores ESAL	AP- 35
Apéndice 5-1(2)	Estimación de los Números Estructurales de Diseño	AP- 37
Apéndice 5-1(3)	Determinación de los Espesores de la Capa	AP- 48
Apéndice 6-1	Cantidades de Movimiento de Tierras y Construcción de Puentes	AP- 49
Apéndice 6-2	Precios Principales; Materiales y Equipo	AP- 80
Apéndice 6-3	Costo Unitario de Construcción	AP- 93
Apéndice 6-4	Desgolse de Construcción de Puentes	AP- 96
Apéndice 6-5	Costo de Mantenimiento	AP-115

CONTENIDO DEL INFORME

Volumen II

(Economía, Transportación y evaluación económica)

A. ANALISIS SOCIO-ECONOMICO

- A.1 Condiciones Existentes en Bolivia
- A.2 Condiciones Existentes en el Area del Proyecto
- A.3 Lineamientos Socio-economicos Futuros
- A.4 Productos Agrícolas y Pecuarios

B. ESTUDIOS DE TRAFICO

- B.1 Condiciones Actuales de Tráfico
en el Area del Estudio
- B.2 Estudio de Tráfico
- B.3 Resultados del Estudio de Tráfico
- B.4 Establecimiento de Tabla OD Actual
- B.5 Proyecciones de Futuro Volumen de Tráfico

C. ANALISIS ECONOMICO Y EVALUACION

- C.1 Presentación de Alternativas
- C.2 Beneficio Económico
- C.3 Costo Económico
- C.4 Análisis Económico

Lista de Tablas
Volumen I
(Ingeniería)

Tabla 2.2-1	Longitud de Caminos Transitables, por Tipo de Superficie, en Kilómetros	... 2-12
Tabla 2.2-2	Longitud de Caminos Existentes en Bolivia (1986)	... 2-13
Tabla 2.2-3	Estadística de Caminos en el Mundo	... 2-14
Tabla 2.3-1	Valor Aproximado de Pendiente Promedio del Terreno Natural, a lo Largo del Camino Existente	... 2-18
Tabla 2.3-2	Información Pluviométrica (Caranavi)	... 2-19
Tabla 2.3-3	Información de Temperatura y Humedad Relativa (Caranavi)	... 2-20
Tabla 2.3-4	Información Pluviométrica (Bella Vista)	... 2-21
Tabla 2.3-5	Principales Rios en el Area de Estudio	... 2-24
Tabla 2.3-6	Alineamiento Horizontal del Camino Existente	... 2-25
Tabla 2.3-7	Sectores con problema de Pendiente Vertical	... 2-26
Tabla 2.3-8	Proporción de Ancho de Via Actual (W)	... 2-28
Tabla 2.3-9	Resultados de Investigaciones Sobre Puentes (1)	... 2-30
Tabla 2.3-10	Resultados de Investigaciones Sobre Puentes (2)	... 2-32
Tabla 2.3-11	Observación de Puentes	... 2-33
Tabla 2.3-12	Número de Puntos de Desastre Potencial, Identificados por Tipo de Falla	... 2-37
Tabla 2.3-13	Altura Estimada de Taludes Después de las Mejoras	... 2-38
Tabla 2.3-14	Pendiente de Taludes Existentes y Altura Estimada de Taludes Futuros	... 2-39
Tabla 3.3-1	Zonas de Peligro para la Construcción del Camino	... 3-11
Tabla 3.3-2	Puntos de Esguerramiento de Agua Subterránea	... 3-20
Tabla 3.3-3	Número de Fallas por Tipo y	

	Grado de Estabilidad	... 3-22
Tabla 3.4-1	Resumen de Perforaciones y Ensayos	... 3-30
Tabla 3.4-2	Resultado de Análisis de Roca	... 3-33
Tabla 3.4-3	Constante Física Estimada a Partir del Grado de Rocas	... 3-34
Tabla 4.2-1	Clasificación de Caminos Según "Norma"	... 4- 3
Tabla 4.2-2	Normas para Diseño Geométrico de Carreteras (SNC)	... 4- 4
Tabla 4.2-3	Criterios de Diseño Geométrico	... 4- 6
Tabla 4.2-4	Comparación de Criterio de Diseño Geométrico para Cada Sección de la Carretera No. 3	... 4- 7
Tabla 4.2-5	Incremento de Ancho Requerido para Curvas de Giro (para 2 vías, velocidad de diseño 40 km/h)	... 4- 8
Tabla 4.3-1	Tabla de Comparación de Métodos de Incremento de Ancho del Camino	... 4-13
Tabla 4.3-2	Comparación de Alternativas Entre Punto H+2.5 km y Punto I+0.35 km	... 4-19
Tabla 4.3-3	Comparación de Alternativas en el Punto L, Santa Ana	... 4-23
Tabla 4.3-4	Comparación de Alternativas en el Punto O + 1.8 km	... 4-26
Tabla 4.3-5	Comparación de Alternativas en el Punto Q + 5 km	... 4-30
Tabla 4.3-6	Volumen de Movimiento de Tierras de Punto 3 a Punto 5	... 4-34
Tabla 4.3-7	Comparación de Costo de Construcción de Punto 2 a Punto 4	... 4-34
Tabla 4.3-8	Comparación de Caso 5 y Caso 6, entre Punto 5 y Punto 7	... 4-35
Tabla 4.3-9	Comparación de Alternativas (Punto 6 a Punto 8)	... 4-36
Tabla 4.3-10	Comparación de Alternativas entre Punto S y Punto V	... 4-39
Tabla 4.4-1	Evaluación de Características de Puentes Existentes	... 4-44
Tabla 4.4-2	Comparación de Ubicación de Puentes	... 4-48
Tabla 4.4-3	Resumen de Nuevos Puentes Requeridos	... 4-57

Tabla 4.5-1	Condiciones de Ubicación de Desastres Potenciales	... 4-62
Tabla 4.5-2(1)	Resumen de Mmedidas de Prevención Aplicables para Desastre Tipo A	... 4-69
Tabla 4.5-2(2)	Idem, para Desastre Tipo C	... 4-70
Tabla 4.5-2(3)	Idem, para Desastre Tipo E	... 4-71
Tabla 4.5-3	Comparación de Medidas de protección	... 4-74
Tabla 4.5-4	Medidas de Prevención / Protección Aplicables	... 4-78
Tabla 5.1-1	Pendiente Normalizada de Talud	... 5- 6
Tabla 5.1-2	Tipo y Rango de Altura de Muros de Contención	... 5- 7
Tabla 5.1-3	Volúmenes de Tráfico Acumulados, por tipo de Vehículo (2001 - 2010)	... 5-10
Tabla 5.1-4	Distribución de Carga de Eje para cada Tipo de Vehículo	... 5-10
Tabla 5.1-5	Estimación de Aplicaciones Totales de 18-kip ESAL	... 5-11
Tabla 5.1-6	Niveles de Confiabilidad Sugeridos para Varias Clasificaciones Funcionales	... 5-16
Tabla 5.1-7	Número Estructural de Cada Capa	... 5-18
Tabla 5.1-8	Valores mi Recomendados para Materiales de Base y Sub-base	... 5-18
Tabla 5.1-9	Espesores de Capa Determinados	... 5-20
Tabla 5.1-10	Area de Cuencas, Areas de Secciones Transversales y Pendiente de Rios	... 5-22
Tabla 5.1-11	Intensidad Estimada de Precipitación de Diseño	... 5-23
Tabla 5.2-1	Nombre y Longitud de Puentes	... 5-31
Tabla 5.2-2	Determinación de Tramos (Pto. León)	... 5-34
Tabla 5.2-3	Longitud y Tramos de Cada Puente	... 5-35
Tabla 5.2-4	Tramo Normal de Puentes	... 5-36
Tabla 5.2-5	Comparación de Ppuentes en Diferentes Grupos	... 5-37
Tabla 5.2-6	Tipo de Superestructura en Diferentes Grupos	... 5-37
Tabla 5.2-7(1)	Composición de Diferentes Tipos de Puentes	... 5-38
Tabla 5.2-7(2)	Composición de Diferentes Tipos de Puentes	... 5-39

Tabla 5.2-7(3)	Composición de Diferentes Tipos de Puentes	... 5-40
Tabla 5.2-8	Tipo de Estribos	... 5-41
Tabla 5.2-9	Tipo de pilas	... 5-42
Tabla 6.2-1	Costo Total del Proyecto (L = 108.63 km)	... 6- 3
Tabla 6.2-2	Costo de Proyecto para Cada Sub-sección	... 6- 4
Tabla 6.2-3(1)	Costo Directo de Construcción de Puentes	... 6-10
Tabla 6.2-3(2)	Costo Directo de Construcción de Puentes	... 6-11
Tabla 6.2-4	Costo de Mantenimiento	... 6-13
Tabla 6.2-5	Materiales Principales y Trabajos Incluidos en Costos Unitarios	... 6-15
Tabla 7.2-1	Resumen de Costo Estimado	... 7- 5
Tabla 7.2-2	Costo Estimado por Sub-sección	... 7- 5

Lista de figuras
Volumen I
 (Ingeniería)

Fig. 1.1-1	Gráfico de Caminos Existentes	... 1- 2
Fig. 1.4-1	Diagrama de Flujo	... 1-10
Fig. 1.4-2	Cronograma del Estudio	... 1-12
Fig. 1.5-1	Gráfico de Organización	... 1-14
Fig. 2.1-1	Topografía de Bolivia	... 2- 2
Fig. 2.1-2	Sistema de Rios en Bolivia	... 2- 3
Fig. 2.1-3	Temperatura Anual Promedio en Bolivia	... 2- 7
Fig. 2.1-4	Registro de Lluvia Anual en Bolivia	... 2- 8
Fig. 2.2-1	Red del Sistema Vial en Bolivia	... 2-11
Fig. 2.3-1	Condiciones de Caminos Existentes en el Area de Estudio	... 2-16
Fig. 2.3-2	Perfil en el Sector del Punto L	... 2-27
Fig. 2.3-3	Perfil en el Punto O + 1.8 km	... 2-27
Fig. 2.3-4	Perfil Entre Puntos S y V	... 2-27
Fig. 2.3-5	Tipo de Desastre	... 2-35
Fig. 3.1-1	Mapa Geomorfológico de Bolivia	... 3- 2
Fig. 3.1-2	Mapa geológico del Norte de Bolivia	... 3- 3
Fig. 3.3-1	Tipo de Falla de Talud	... 3- 9
Fig. 4.2-1	Sección Transversal Típica	... 4-10
Fig. 4.2-2	Luces Libres	... 4-11
Fig. 4.2-3	Sección Transversal Típica para Puentes	... 4-11
Fig. 4.3-1	Comparación de Alternativas entre Punto H + 2.5 km y I + 0.35 km	... 4-17
Fig. 4.3-2	Perfil de Alternativas entre Punto H + 2.5 km y I + 0.35 km	... 4-18
Fig. 4.3-3	Plano de Alternativas entre Punto K + 2.5 km y L + 2.1 km	... 4-21
Fig. 4.3-4	Perfil de Alternativas entre Punto K + 2.5 km y L + 2.1 km	... 4-21
Fig. 4.3-5	Plano de Alternativas en el Sector del Punto O + 1.8 km	... 4-25
Fig. 4.3-6	Perfil de Alternativas en el Sector del Punto O + 1.8 km	... 4-25
Fig. 4.3-7	Plano de Alternativas en el Punto Q + 5.0 km	... 4-29
Fig. 4.3-8	Perfil de Alternativas en el Punto Q + 5.0 km	... 4-29
Fig. 4.3-9	Plano de Alternativas entre Punto S y V	... 4-32

Fig. 4.3-10	Diagrama Esquemático de Alternativas	... 4-33
Fig. 4.3-11	Perfil de Alternativas entre Punto S y V	... 4-38
Fig. 4.4-1	Diagrama de Flujo para Estudio de Puentes	... 4-41
Fig. 4.4-2	Ubicación del Puente Cascada	... 4-47
Fig. 4.4-3	Ubicación del Puente Chojña	... 4-47
Fig. 4.4-4	Ubicación del Puente Avaroa	... 4-47
Fig. 4.5-1	Metodología para Selección de Medidas de Prevención	... 4-58
Fig. 4.5-2	Ubicación de Desastres Potenciales	... 4-60
Fig. 4.5-3	Aplicación de Medidas de Prevención / protección	... 4-73
Fig. 5.1-1	Topografía y Condición del Perfil del Camino Existente	... 5- 5
Fig. 5.1-2	Método de Diseño de Pavimento	... 5- 9
Fig. 5.1-3	Estimación de CBR de Diseño	... 5-13
Fig. 5.1-4	Estructuras de Pavimento Recomendadas	... 5-22
Fig. 5.1-5	Factores de Corrección para Diferentes Tiempos de Cconcentración	... 5-24
Fig. 5.1-6	Comparación entre Escurrimiento y Costo de Construcción	... 5-26
Fig. 5.1-7	Relación entre Area de Cuenca y Caudal	... 5-27
Fig. 5.1-8	Planificación de Drenajes	... 5-29
Fig. 5.2-1	Mapa de Ubicación de Puentes	... 5-32
Fig. 5.2-2	Dimensión de Superestructura para Puentes en Grupos I y II	... 5-44
Fig. 5.2-3	Dimensión de Superestructura para Puentes en Grupo III	... 5-45
Fig. 5.2-4	Dimensión del Puente en Punto A	... 5-46
Fig. 5.2-5	Método de Encofrados	... 5-47
Fig. 5.3-1	Sección Interna de Túneles	... 5-50
Fig. 5.3-2	Estructura Interna de Túneles	... 5-50
Fig. 5.3-3	Estructura de Entrada de Túneles	... 5-51
Fig. 5.3-4	Aplicación de muro de Contención Tipo Parrilla	... 5-55
Fig. 5.3-5(1)	Hormigón Rociado (Tipo 1)	... 5-56
Fig. 5.3-5(2)	Muro de Contención de Mamposteria de Piedra (Tipo 2)	... 5-56
Fig. 5.3-5(3)	Parrilla de Hormigón (Tipo 3)	... 5-56
Fig. 5.3-5(4)	Enrocado en Hormigón (Tipo 5)	... 5-56
Fig. 5.3-5(5)	Muro de Contención Tipo Parrilla (Tipo 6)	... 5-57

Fig. 5.3-5(6)	Malla de Retención y Muro de Gabión (Tipo 9/10)	... 5-57
Fig. 5.3-5(7)	Malla de Retención y Rejilla de Retención (Tipo 9/11)	... 5-57
Fig. 5.3-5(8)	Drenaje Sub-superficial (Tipo 14)	... 5-58
Fig. 5.3-5(9)	Dique de Gabiones (Tipo 15)	... 5-58
Fig. 5.3-5(10)	Cubierta para Flujo de Tierra/Escombros (Tipo 17)	... 5-58
Fig. 5.3-6	Muro de Contención	... 5-60
Fig. 5.3-7	Detalles de Cuneta Lateral	... 5-62
Fig. 5.3-8	Drenaje en Pie de Talud	... 5-62
Fig. 5.3-9	Zanja de Drenaje en Barma	... 5-62
Fig. 5.4-1	Volumen de Suelo Excavado	... 5-64
Fig. 5.4-2	Bancos de Depósito y Plan de Transporte	... 5-68
Fig. 5.5-1	Sistema de Mantenimiento Propuesto	... 5-67
Fig. 6.1-1	Desglose de Costos	... 6- 1
Fig. 7.3-1	Cronograma de Implementación	... 7- 7

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes del estudio

La República de Bolivia, con una superficie aproximada de 1,100,000 km², está situada en la parte central del Continente Sud Americana. Está dividida en dos regiones muy diferentes : la región montañosa, con las mesetas y valles al borde oriental de la Cordillera de Los Andes, y las llanuras de tierras bajas en las cuencas de los Rios Amazonas y La Plata.

Las llanuras ocupan dos tercios de la superficie de Bolivia, y tienen un gran potencial para el desarrollo de agricultura y ganadería.

Con esta realidad en mente, sucesivos gobiernos, en décadas recientes, han implementado una política básica para convertir la economía, basada en la minería, a una de industria agrícola y ganadera. En este sentido, se dió prioridad a facilitar e impulsar el desarrollo de esta región, en especial el sector norte de las llanuras.

Para cumplir este objetivo, se entiende que los caminos utilizables durante todo el año para conectar La Paz con las ciudades de Trinidad, Cobija y Riberalta, constituyen la infraestructura más importante, y deben ser completados en forma prioritaria, puesto que las mencionadas ciudades no tienen medios estables de comunicación con otras regiones sin el uso de aviones pequeños.

Estos caminos se denominan como sigue :

- 1) Red Fundamental No. 3 : La Paz - Trinidad
- 2) Red Fundamental No. 2 : Yucumo - Cobija
- 3) Red Fundamental No. 8 : Rurrenabaque - Riberalta -
Guayaramerin

(ver Fig. 1.1-1, en página siguiente)

El Decreto Presidencial No. 547, emitido en Mayo de 1983, determinó como alta prioridad para el país la complementación de estos tres caminos, por las siguientes tres razones :

- a) Para proporcionar transporte regular y económico para productos de esta región hacia consumidores de otras regiones.

ESCALA APROXIMADA. 1:4,000,000

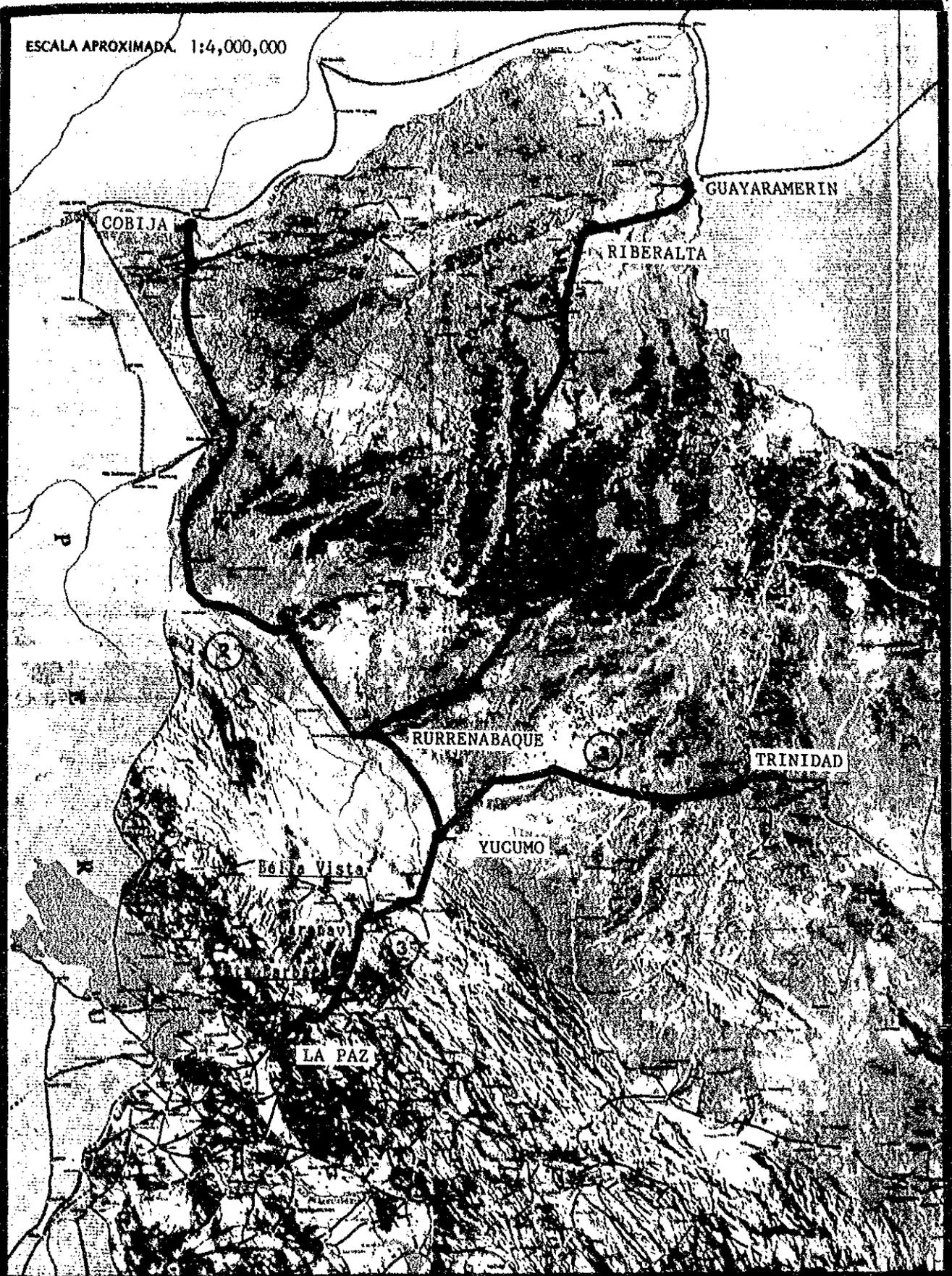


Fig. 1.1-1 Mapa de Caminos Existentes

ESCALA APROXIMADA. 1:4,000,000

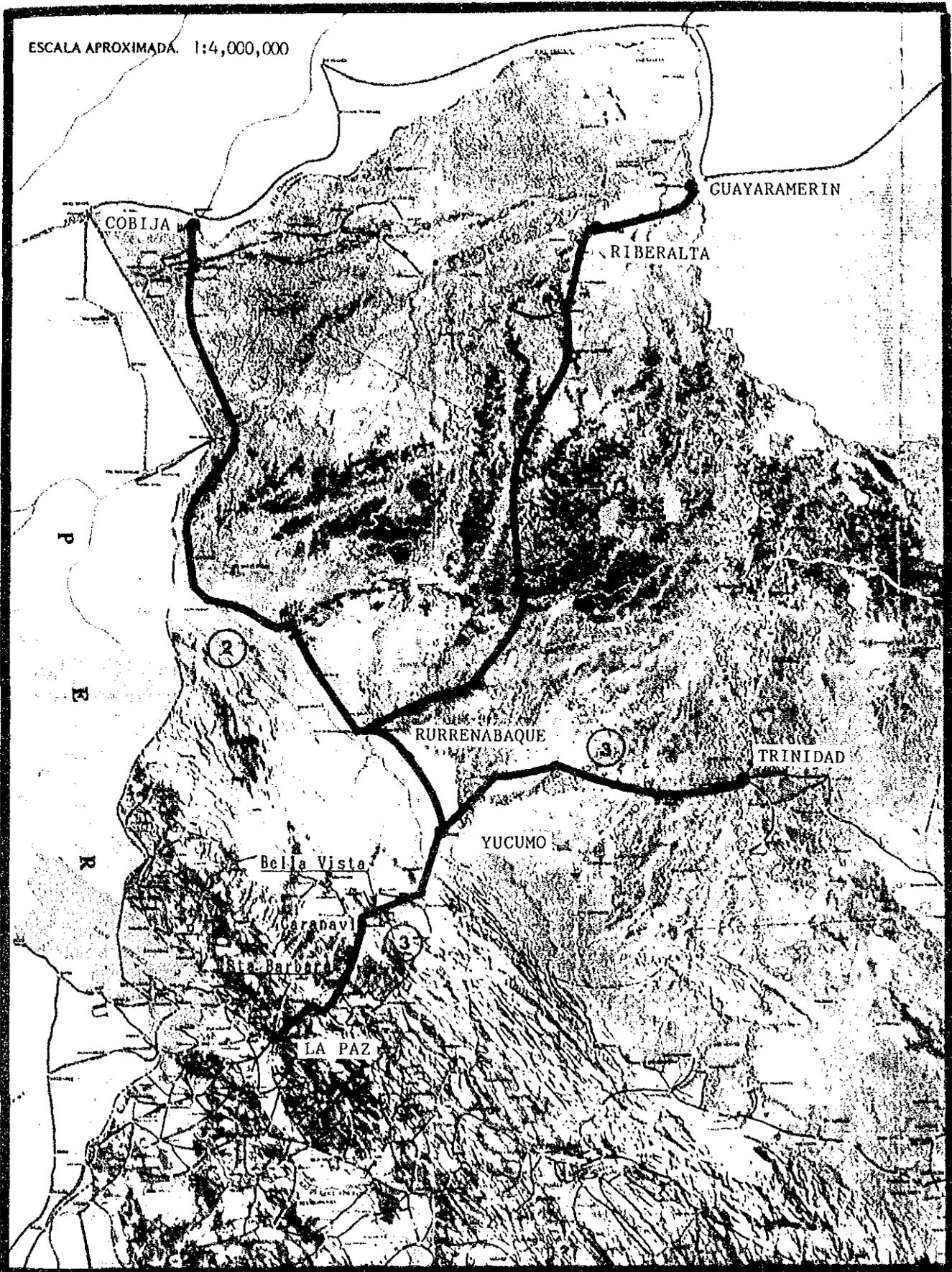


Fig. 1.1-1 Mapa de Caminos Existentes

- b) Para facilitar la migración interna, para promover el desarrollo de la región.
- c) Para posibilitar la administración de políticas de Gobierno en regiones fronterizas.

El primer esfuerzo significativo, realizado para lograr estos objetivos, fue la preparación de un estudio de factibilidad y diseño final para el mejoramiento de la carretera entre La Paz y Rurrenabaque, en el año 1975. Todas las acciones subsecuentes se originaron y se basaron en los resultados de este estudio y diseño. A continuación, se describe una breve historia de eventos ocurridos en estos caminos en años recientes, así como condiciones de caminos existentes.

(1) La Paz - Cotapata (48 km), Red Fundamental No. 3

- a) Camino de construcción reciente, 2 vías, con pavimento asfáltico, fue casi completado en 1982, de acuerdo con un diseño de 1975.
- b) Actualmente, con un fondo de BID, se encuentra en ejecución el pavimento de los 10 km restantes, y trabajos de rehabilitación de la sección pavimentada.

(2) Cotapata - Santa Bárbara (44 km), Red Fundamental No. 3

- a) El camino existente era de una vía, con superficie ripiada. Pasando por un área montañosa, este sector es notorio por el peligro y dificultad para el tránsito.
- b) Un trabajo de revisión y actualización del diseño de 1975 fue completado en 1989 por consultores italianos, holandeses y bolivianos.

Este trabajo definió claramente la necesidad de construir un nuevo camino pavimentado, de dos vías, a lo largo de un alineamiento totalmente diferente al del camino existente.

- c) Se espera que el Gobierno de Bolivia reciba financiamiento de BID y empiece la construcción del nuevo camino dentro de pocos años.

(3) Santa Bárbara - Bella Vista (118 km), Red Fundamental No. 3

- a) Siendo mejor la topografía de este sector, la carretera

también es mejor que en el tramo anterior, Cotapata - Santa Bárbara.

Sin embargo, no hay mucha diferencia en peligro y dificultad para el tráfico, entre los tramos camineros existentes en este sector y los del sector anterior, debido a la estrechez y a la gran cantidad de pequeñas curvas.

- b) Desde 1975, no se ha ejecutado ningún trabajo de construcción a gran escala para el mejoramiento del camino existente, limitándose a trabajos menores en tramos cortos.

(4) Bella Vista - Quiquibey (67 km), No. 3

- a) Se ha terminado la nueva construcción de este tramo, con superficie de grava, de acuerdo al diseño de 1975.

(5) Quiquibey - Yucumo (42 km), No. 3

- a) El diseño de 1975 de este tramo fue revisado y actualizado por consultores brasileros. Actualmente, se encuentra en construcción.

A terminarse en 1992, este tramo será de dos vías, con superficie de grava.

Estos trabajos fueron y son actualmente financiados por BID.

(6) Yucumo - San Borja (48 km), No. 3 y Yucumo - Rurrenabaque (102 km), Red Fundamental No. 2

- a) En 1989 se terminaron estos dos tramos, con camino de dos vías y superficie ripiada. La construcción fue ejecutada por el Servicio Nacional de Caminos, con asistencia financiera del Gobierno de Japón.

(7) San Borja - Trinidad (228 km), No. 3

- a) En este tramo existe un camino de tierra, de una sola vía, que fue construido antes de 1973. Sin embargo, su actual condición es tan pobre, que no es transitable por cuatro o cinco meses del año, durante la época de lluvias.

- b) El estudio de factibilidad y diseño final para el mejo-

ramiento, fueron elaborados con cooperación técnica del Gobierno de Japón en 1988. Se espera que BID financie la implementación del proyecto.

(8) Rurrenabaque - Riberalta (más de 600 km), Red Fundamental No. 8

a) La construcción de un camino de tierra estuvo casi terminada en 1988. Sin embargo, la condición de este camino es bastante pobre, por lo que algunos tramos son frecuentemente cerrados al tráfico, especialmente durante la época de lluvias.

(9) Rurrenabaque - Ixiamas (100 km), No. 2

a) Se encuentra en construcción un camino ripiado de dos vías.

Después de revisar el sector en la región montañosa de la Red Fundamental No. 3 (de La Paz a Yucumo), se puede concluir que se requiere implementar el mejoramiento de todos los tramos, por lo menos a un nivel de camino de dos vías, con excepción del sector entre Santa Bárbara y Bella Vista.

En otras palabras, una vez que sean terminados los trabajos de mejoramiento entre Cotapata y Santa Bárbara, así como el tramo entre Bella Vista y Yucumo, que se espera en un futuro cercano, el tramo de Santa Bárbara a Bella Vista se convertirá en un "cuello de botella" para el tráfico, puesto que será el único tramo donde el camino es de una sola vía.

Los proyectos de caminos en ejecución en Bolivia están listados en Apéndice 1-1. Considerando estos proyectos, es fácilmente comprensible que el Gobierno de Bolivia está concentrando sus esfuerzos en el desarrollo y mejoramiento de carreteras troncales en la región norteña, así como en los caminos secundarios en regiones de importancia estratégica. Por otra parte, se entiende que el mejoramiento del tramo carretero objeto del presente estudio es considerado de mucha importancia y se requiere que sea terminado a la brevedad posible. (Al respecto, la situación actual de los caminos en Bolivia, y la información histórica de su desarrollo se presentan en "2.2 - Sistema de caminos existentes en Bolivia").

Debido a esta situación, el Gobierno de Bolivia pretende

mejorar este tramo y ha solicitado al Gobierno de Japón que se lleven adelante todos los estudios necesarios en base a una cooperación técnica binacional.

En respuesta a esta solicitud, el Gobierno de Japón ha decidido elaborar el Estudio de Factibilidad y el Proyecto de Mejoramiento de la Carretera para este tramo, es decir, entre Santa Bárbara y Bella Vista.

1.2 Objetivos del estudio

Los objetivos de este estudio son la elaboración de un análisis técnico y la evaluación socio-económica de la influencia del mejoramiento del tramo carretero entre Santa Bárbara y Bella Vista, tomando en consideración las condiciones topográficas y geológicas características de la región.

Los trabajos a ser realizados en este caso comprenden el mejoramiento del camino existente a un nivel mínimo clasificado como "carretera permanente", transitable en todo tipo de clima.

El análisis técnico incluirá levantamientos topográficos, geológicos, hidrográficos y de materiales de construcción en el área del proyecto. En base a los resultados de estos levantamientos, será recomendada la solución más factible.

La influencia socio-económica del proyecto también será examinada y evaluada en el estudio.

Adicionalmente, la transferencia de tecnología a personal boliviano, durante el desarrollo del estudio, igualmente se constituye un objetivo del mismo.

1.3 Descripción General del Proyecto

El camino de 118 km, existente entre Santa Bárbara y Bella Vista, que forma parte de la Red Fundamental No. 3, se construyó hace más de 35 años, y desde entonces no fue objeto de trabajos de mejora o rehabilitación considerables.

Por esta razón, las condiciones físicas del camino son deficientes, por lo que está lejos de poder funcionar como un tramo caminero troncal.

En otras palabras, no es solo difícil transitar por este

camino, sino que ocurren accidentes con frecuencia, debidos a la gran cantidad de pequeñas curvas, fuertes pendientes verticales en el alineamiento, estrechez, deficiencia en el tratamiento de la superficie y frecuentes fallas del talud a lo largo del tramo.

Es evidente que trabajos insuficientes de mantenimiento entre 1982 y 1985, años de crisis económica, han sido causas de un empeoramiento de las condiciones de este camino.

Por el contrario, se ve que en otras secciones del camino (por ejemplo, antes de Santa Bárbara y después de Bella Vista), se realizaron trabajos para mejorar el camino a un nivel de "transitabilidad permanente", con dos vías.

Por lo tanto, el proyecto, como un objetivo primario del estudio, incluye todos los trabajos requeridos para mejorar el camino existente, de manera que pueda ser transitable durante todo el año, en la misma medida que las otras secciones de la misma carretera (Red Fundamental No. 3).

La sección entre Cotapata y Santa Bárbara será completada como una carretera de dos vías, con pavimento asfáltico, y el tramo entre Bella Vista y Yucumo será ripiado. La información más detallada de estos dos tramos se presenta en el capítulo 6 de este informe.

Considerando las características que distinguen a este tramo, como su peculiar topografía y su singular importancia, un cuidadoso estudio de los puntos de vista detallados a continuación es indispensable para identificar el contenido del Proyecto.

El Proyecto debe :

- a) conformar con todos los alineamientos contiguos y con las características de ingeniería a lo largo del mismo camino;
- b) considerar la situación socio-económica del país, de manera de ser flexible y optimizar la eficiencia;
- c) ser evaluado tomando en consideración las molestias al tráfico durante la construcción, determinando límites permisibles;
- d) incluir provisión de suficientes obras para la seguridad del tráfico.

1.4 Enfoque del estudio

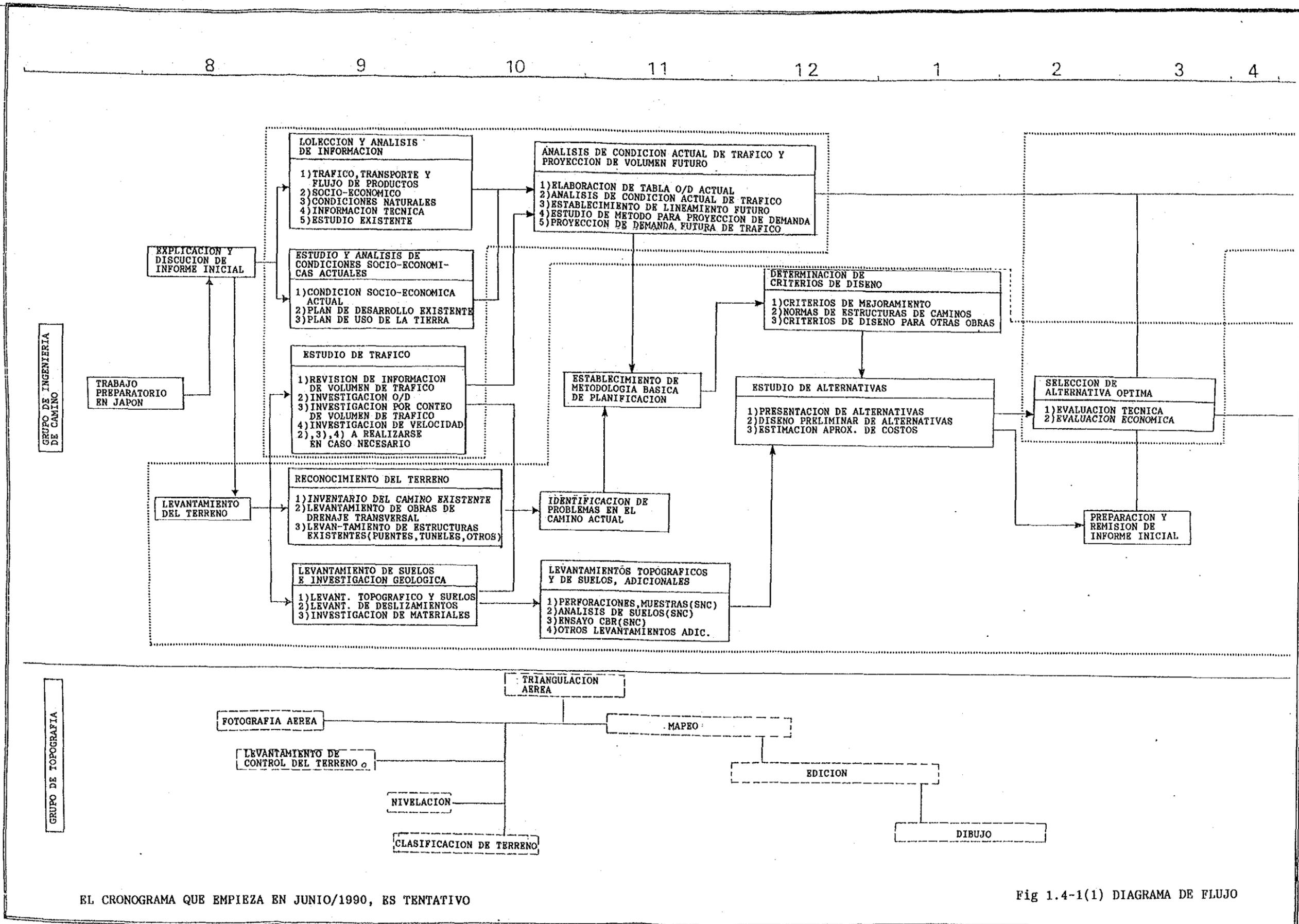
1.4.1 Principales puntos del estudio

Para el logro de los objetivos mencionados, en el desarrollo del estudio fueron realizadas principalmente las siguientes actividades :

- 1) Colección y análisis de información existente, con relación a :
 - a) Tráfico y transporte
 - análisis y estimación de la demanda futura de tráfico.
 - b) Actividad socio-económica
 - análisis de tendencias pasadas y marco de referencia para el futuro.
 - c) Ingeniería
 - topografía, geología, hidrología, meteorología, materiales de construcción, capacidad de construcción.
 - planos de obra construida, de caminos y puentes, historia de su construcción, normas de diseño.
 - costos de construcción, equipos disponibles.
- 2) Levantamientos de campo, incluyendo :
 - a) Levantamiento topográfico necesario para mapeo
 - b) Fotografía aérea
 - c) Levantamiento geológico, con perforaciones y análisis de laboratorio
 - d) Estudio de tráfico
- 3) Establecer criterios de diseño.
- 4) Elaborar un diseño preliminar, después de evaluar las alternativas de mejoramiento del camino.
- 5) Estimar costos de construcción y mantenimiento.
- 6) Examinar y evaluar el impacto socio-económico.
- 7) Establecer un cronograma de construcción factible y práctico, incluyendo análisis de posibilidad de construcción por etapas.

1.4.2 Cronograma del estudio

El estudio fue elaborado de acuerdo con el diagrama de flujo que se muestra en Fig. 1.4-1. El cronograma se muestra en Fig. 1.4-2.



EL CRONOGRAMA QUE EMPIEZA EN JUNIO/1990, ES TENTATIVO

Fig 1.4-1(1) DIAGRAMA DE FLUJO

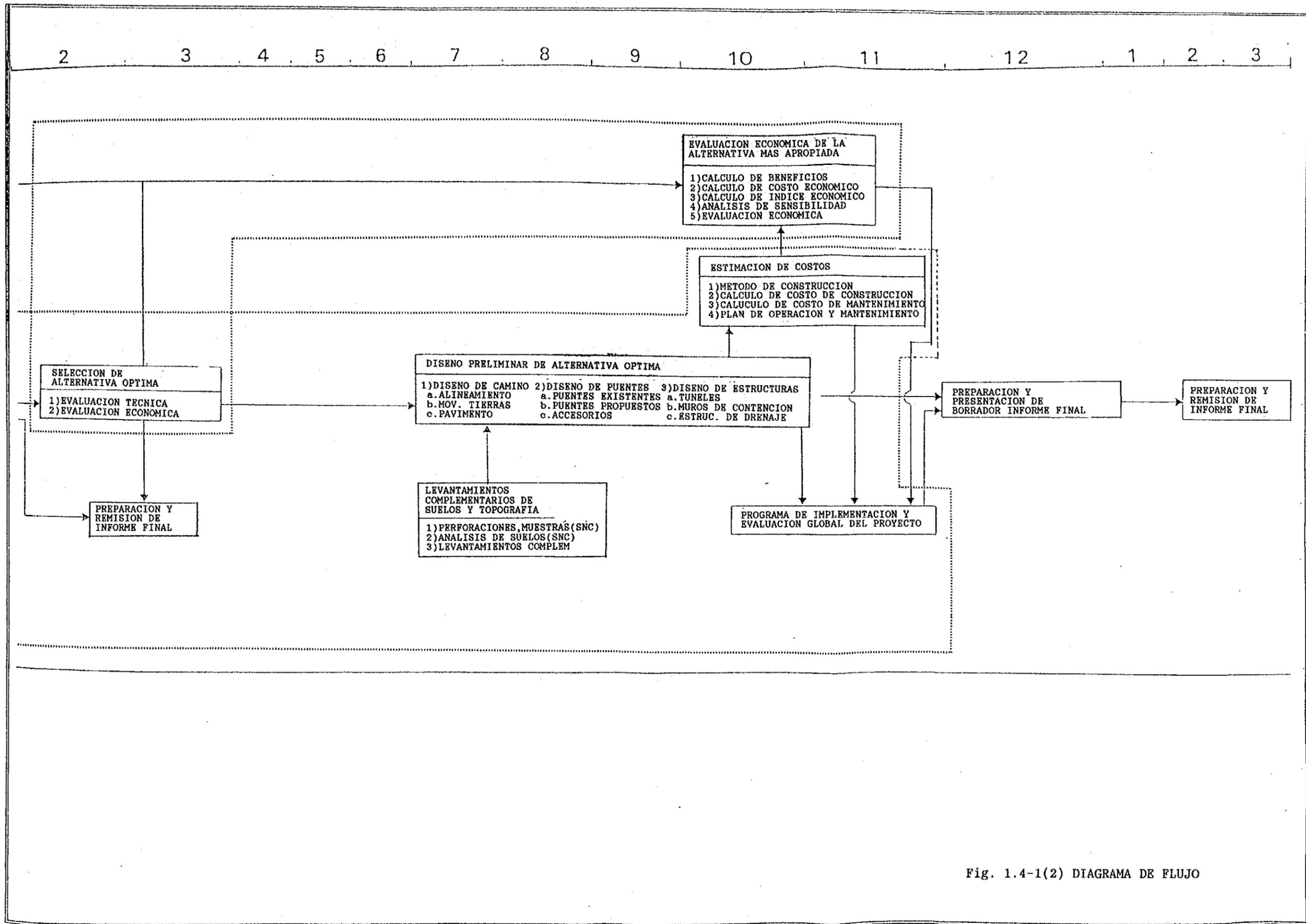
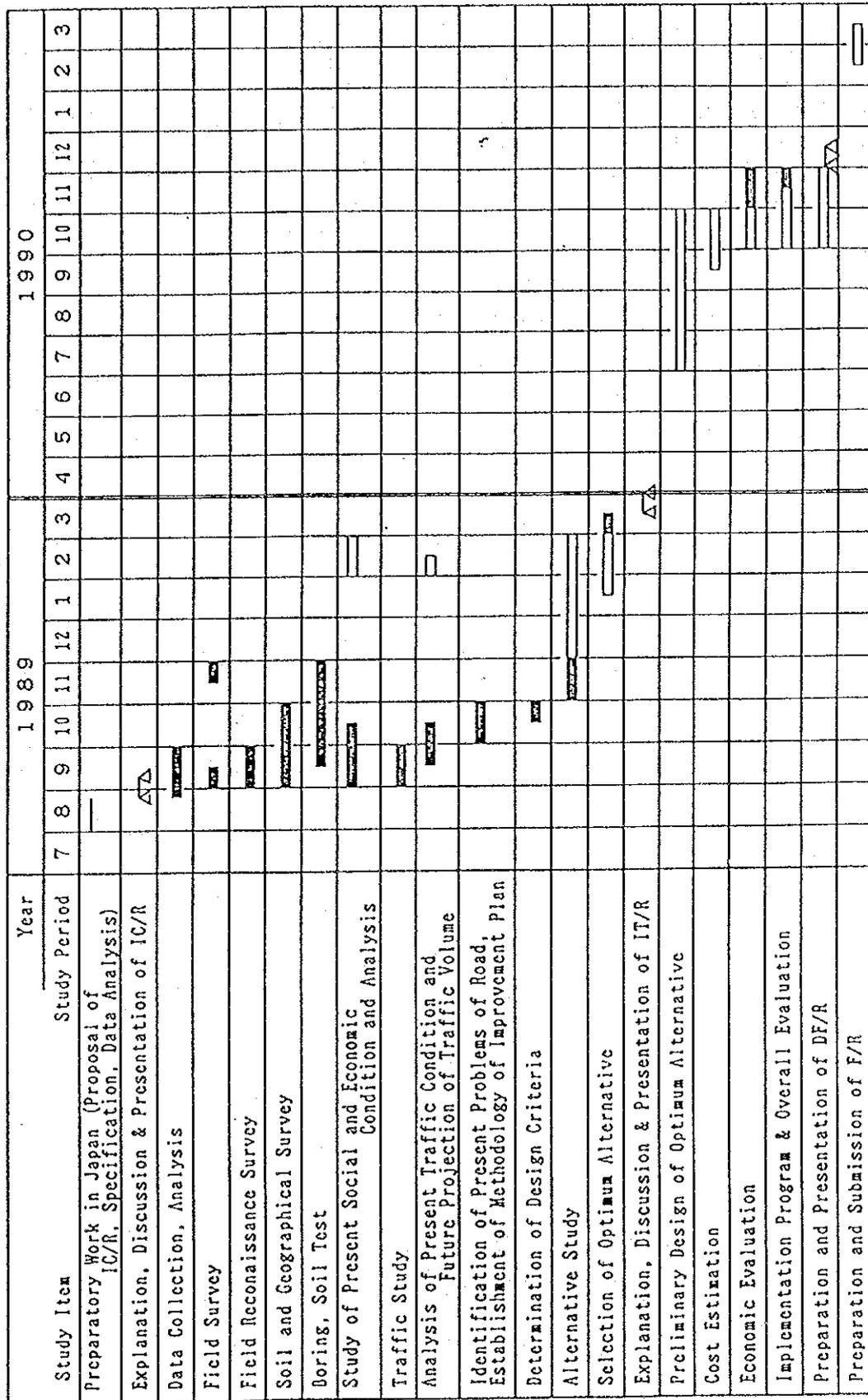


Fig. 1.4-1(2) DIAGRAMA DE FLUJO



Legend:

 * The schedule from June, 1990 is tentative.

Fig. 1.4-2 Cronograma de Componentes del Estudio

1.5 Organización del estudio

El estudio fue elaborado por un equipo de estudio bajo la supervisión de un Comité de Asesoramiento organizado por JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón, responsable por la implementación de programas de cooperación técnica). El Comité estuvo dirigido por el Sr. Naotoshi Baba.

El equipo de estudio, encabezado por el Sr. Takashi Tachikawa, estuvo formado por diez (10) expertos y cinco (5) especialistas, quienes trabajaron en colaboración con un equipo de contraparte, organizado por SNC (Servicio Nacional de Caminos).

La organización del estudio se muestra en Fig. 1.5-1.

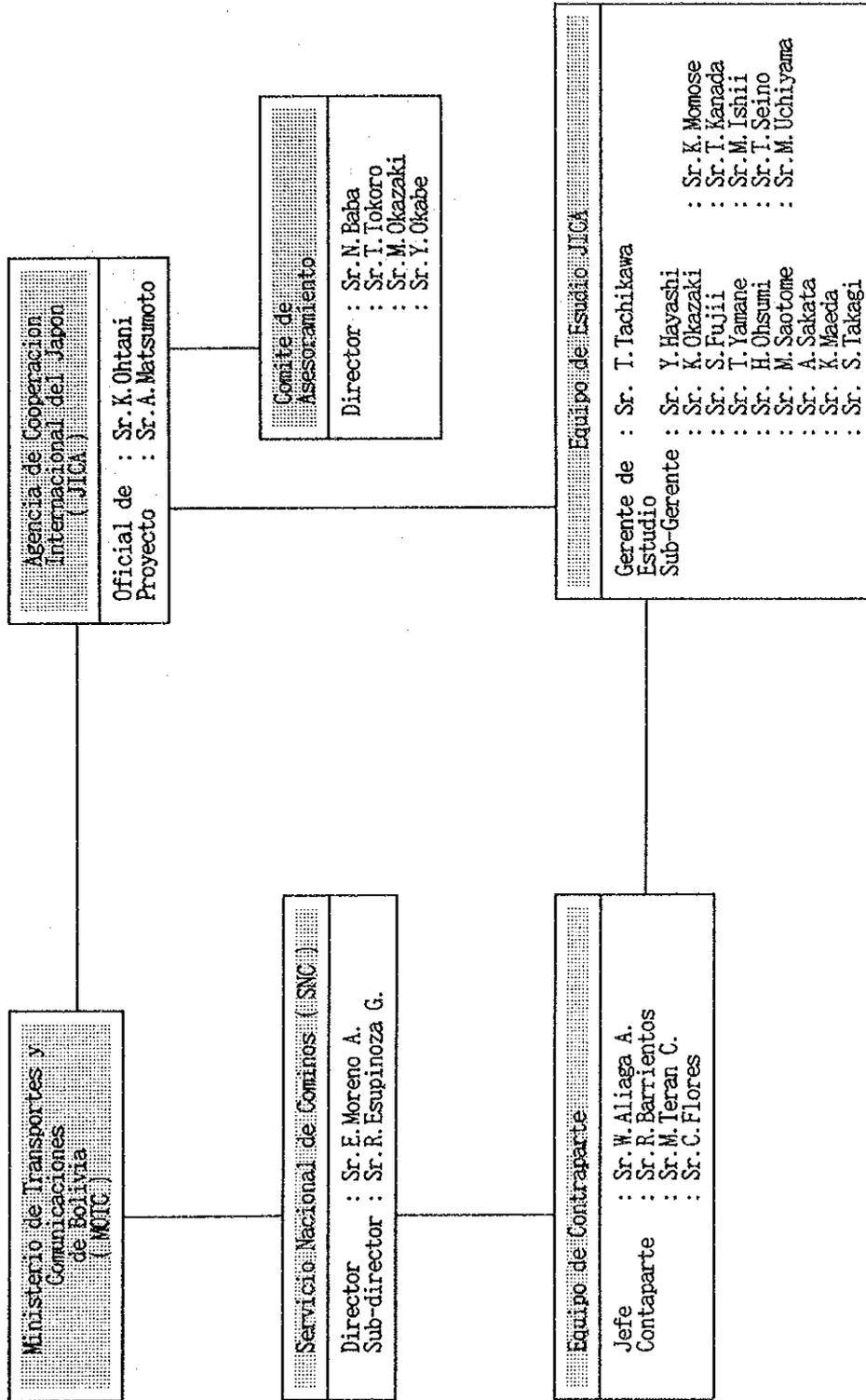


Fig.1.5 - 1 Diagrama de Organizacion

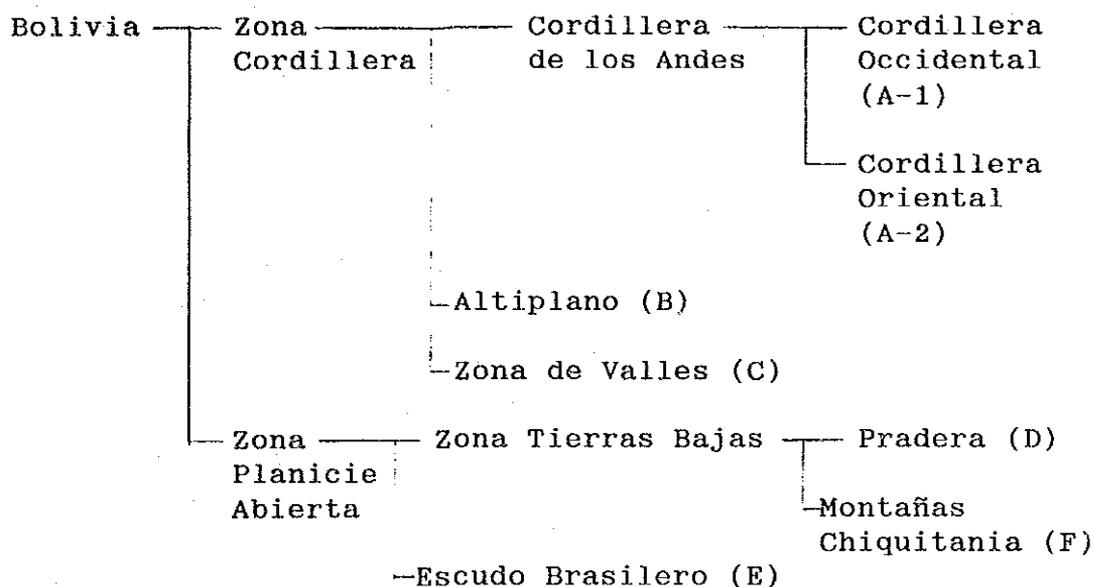
2. CONDICIONES ACTUALES

2. CONDICIONES ACTUALES

2.1 Topografía

2.1.1 Topografía en Bolivia

La República de Bolivia, ubicada en el centro del Continente Sud Americana, tiene una superficie de 1,089,581 kilómetros cuadrados, y está rodeada por Perú, Brasil Paraguay, Argentina y Chile. De un modo general, el país puede ser dividido en dos grandes regiones topográficas : región montañosa de Los Andes, en el occidente del país, y las planicies bajas, cubiertas con vegetación. Estas dos regiones pueden ser subdivididas de la siguiente manera : (ver Fig. 2.1-1 y 2.1-2)



La Zona Montañosa, que fue formada por movimiento orogénico, cubre casi una tercera parte del país. Ambas zonas, A-1 y A-2, en la clasificación arriba indicada, tienen un terreno extremadamente escabroso y complejo con muchos valles profundos, formados por erosión, que desde eras glaciares, aún continúa en la actualidad. La mayor parte de estas zonas es desierta, con muchas montañas de más de 5,000 metros sobre el nivel del mar, que son cubiertas con nieves perpetuas y hielos glaciares.

El Altiplano (B), rodeado por zonas A-1 y A-2, es una gran meseta que tiene una superficie de 180 km por 500 km, a una elevación de 4,000 metros sobre el nivel del mar.

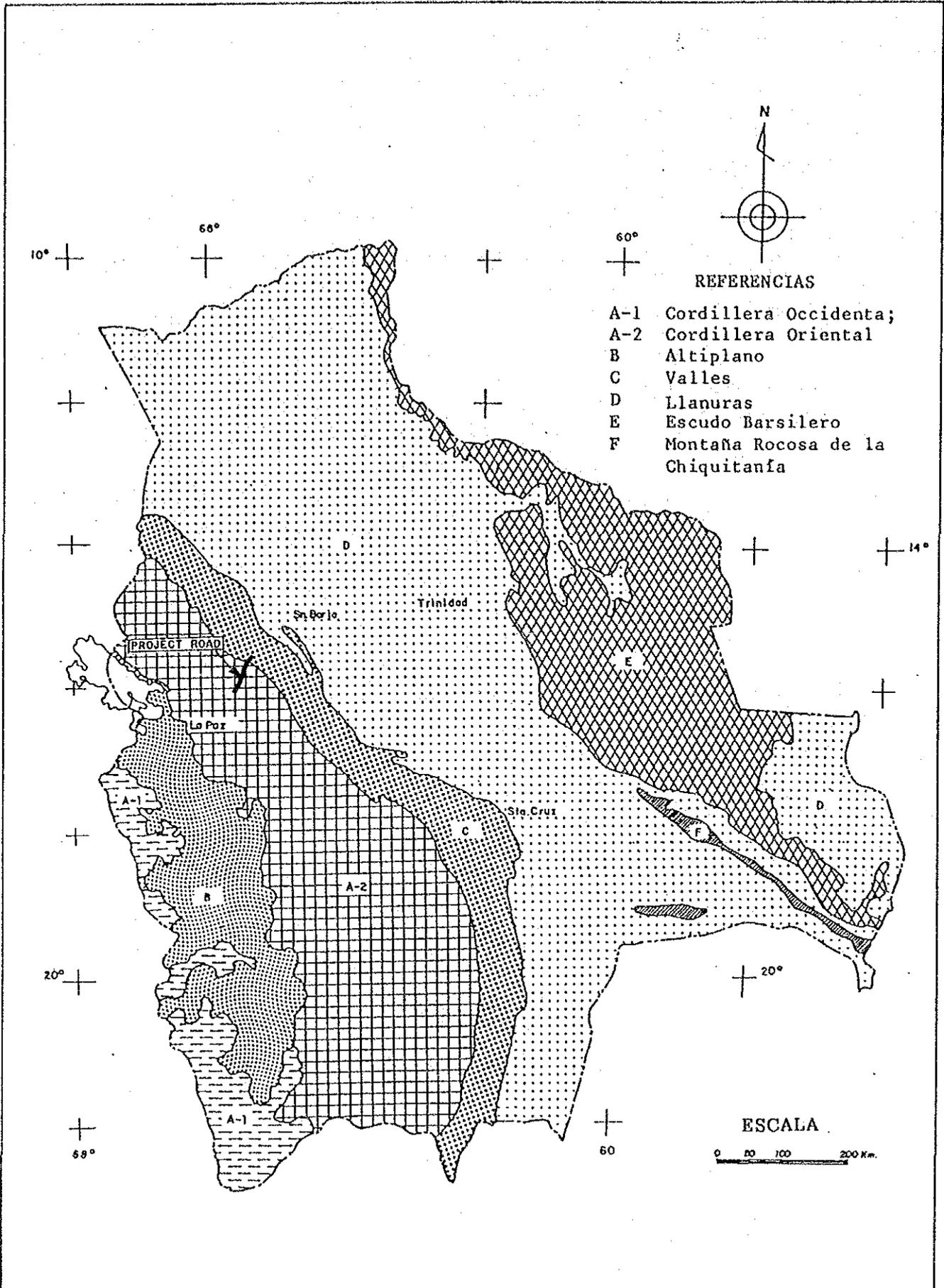
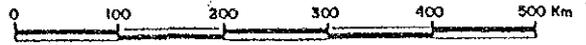


Fig. 2.1-1 Topografía de Bolivia



NOTE:
 quoted from "ATLAS DE BOLIVIA"
 by Instituto Geografico Militar

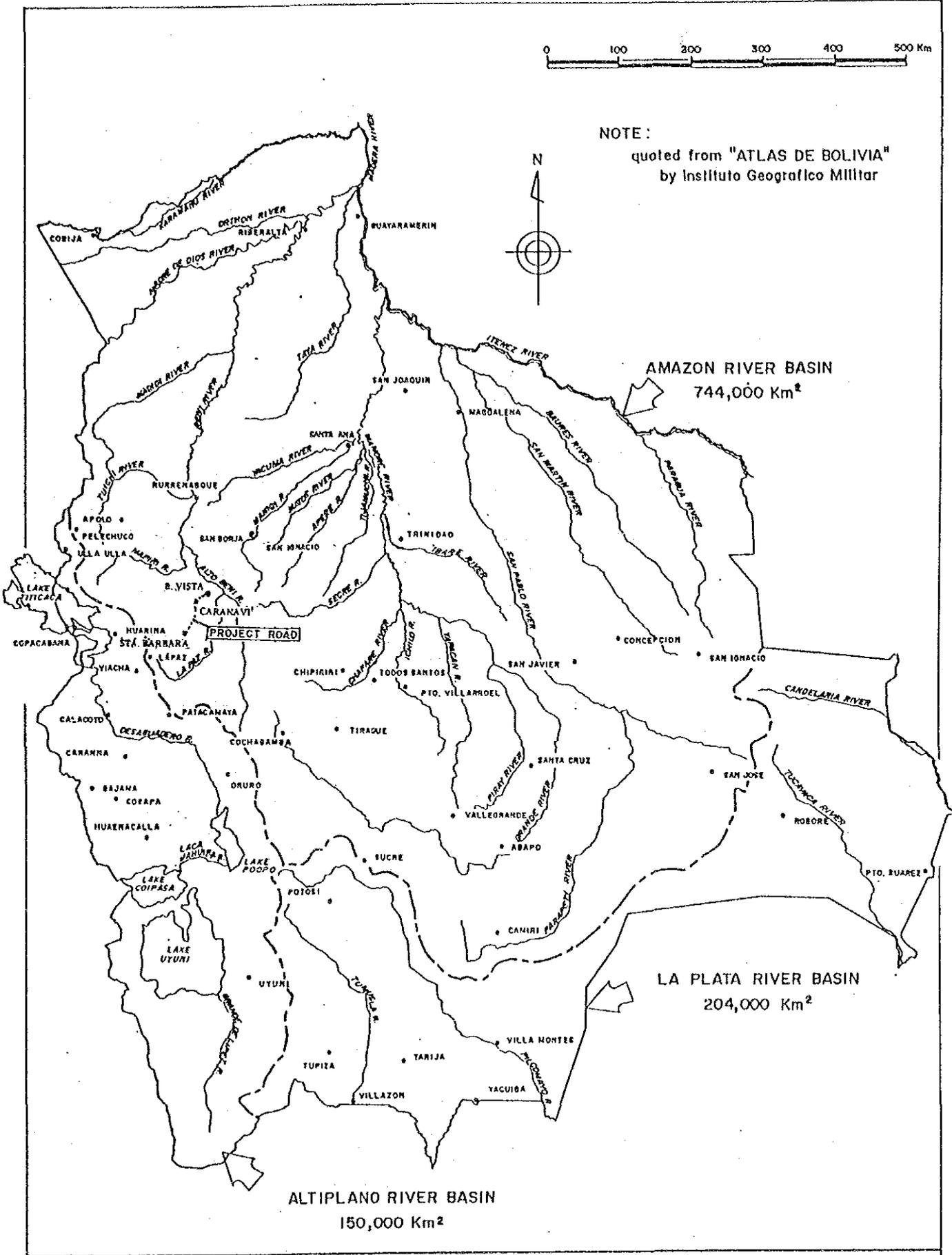
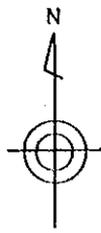


Fig. 2.1-2 Sistema de rios en Bolivia

La Zona de valles (C) se extiende en una franja, a lo largo de la ladera Este de la Cordillera Oriental. Muchos ríos se originan en esta cordillera, y cruzan esta zona, formando una topografía plegada, con muchos valles profundos, algunos de los cuales tienen una profundidad cercana a los 1,000 metros.

Estando el nivel del terreno entre los aproximadamente 300 y 3,000 metros sobre el nivel del mar en los extremos oriental y occidental de esta área, respectivamente, el clima también varía ampliamente durante el año, en comparación con otras zonas. Por esta razón, los productos agrícolas tienen una variedad tan grande, que el área es conocida como "la despensa de Bolivia".

Desde el punto de vista geológico, esta Zona de valles está dividida en un talud de la Cordillera Oriental, a un nivel de 3,000 a 1,500 metros, y una zona llamada franja Sub-Andina, que tiene un nivel por debajo de 1,500 msnm. El primero es la Cordillera Oriental, según la clasificación geológica, mientras que el segundo es un área marginal entre el primero y la zona de planicie abierta.

En el sector nor-oriental del país, los anchos de la Cordillera Oriental (A-2) y de la Zona de valles (C) son de 40 km y 200 km, respectivamente. Unos 70 de los 200 km de la Zona de valles es la franja Sub-Andina.

La zona de planicie abierta ocupa dos terceras partes del país. La Llanura (D), con un ancho variable entre 200 y 500 km y una longitud de 1,500 km, está constituida por las áreas de las cuencas de los Ríos Amazonas y La Plata. A pesar de que está a 3,500 - 4,000 km de la desembocadura del Río Amazonas, la mayor parte de esta región está solamente a 150-250 msnm, y se encuentra inundada con frecuencia. El número de habitantes de esta zona es significativamente menor que el de la zona montañosa, debido probablemente al clima y topografía que la caracterizan.

El Escudo Brasileiro (E) se extiende a lo largo de la frontera con Brasil. Es una peneplanicie que se formó por la erosión de rocas antiguas.

El área de estudio está localizada en la Zona de valles. Su topografía está descrita en detalle en "2.3 - Carreteras de Proyectos Existentes", en este capítulo.

La descripción geológica se presenta en el Capítulo 3.

2.1.2 Clima

Las condiciones climáticas en Bolivia varían ampliamente de acuerdo con la latitud y la elevación sobre el nivel del mar. Las zonas habitadas del país pueden ser divididas en tres, en base a sus climas característicos :

(1) Zona Altiplanica (meseta y Zona Cañón)

El Area Altiplano es una zona fría y seca, situada en el occidente de Bolivia, entre las Cordilleras Oriental y Occidental. Tiene una temperatura promedio anual de 5 a 20 grados centígrados, con una máxima diaria de 25 grados y una mínima diaria de 10 grados bajo cero.

Los vientos que llevan lluvias hacia la Zona Altiplanica provienen de la cuenca del Río Amazonas, pero llegan a la meseta alta después de haber descargado la mayor parte de su humedad en las tierras bajas planas (Area Beni) y en la Zona de valles, que se extiende a lo largo del talud oriental de la Cordillera de Los Andes.

Este fenómeno causa lluvias dispersas en la meseta alta de la Zona Altiplanica. Consecuentemente, la precipitación promedio anual sobre el área de la meseta es normalmente inferior a 500 mm, con excepción de algunos lugares, como el Lago Titicaca, donde la precipitación puede ser de 600 a 800 mm. Esto ocurre a pesar de que la meseta al sud tiene un clima extremadamente frío y seco durante todo el año, debido a la influencia de los vientos fríos provenientes del sud.

(2) Area Beni (Zona Amazónica de tierras bajas)

Esta área es comunmente llamada "llanos benianos (planicie de Beni)". Tiene un clima caliente y húmedo, con una temperatura promedio que varía entre 20 y 30 grados centígrados, con cambios pequeños entre estaciones. La precipitación anual es comunmente de 1,000 a 3,000 mm, pero en algunos lugares que limitan con la cordillera, como la región del Chapare, la precipitación a veces llega a 4,000 mm anuales.

En general, el clima del Area Beni es tropical con una época de lluvias en verano y una época seca durante el otoño, invierno y primavera. La época de lluvias ocurre cuando las masas de aire provenientes del Océano Atlántico cruzan sobre Los Andes a elevada altitud.

(3) Area Chaco (Zona de tierras bajas de La Plata)

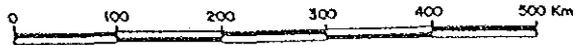
Esta área seca está ubicada en el sud-este del país. Un clima templado de llanura, con invierno seco, caracteriza esta área, donde la temperatura promedio anual está entre 20 y 25 grados centígrados y la precipitación anual está alrededor de 1,000 mm. La temperatura desciende bruscamente en esta area cuando llegan frentes frios provenientes del Polo sur.

La temperatura promedio anual y la precipitación en Bolivia se muestran en Figs. 2.1-3 y 2.1-4.

El area del proyecto está ubicada en el Zona de valles, aunque muy cercana al limite con el Area Beni (ver figuras 2.1-3, 2.1-1 y 1.1-1).

En consecuencia, el clima es similar al del Area Beni.

Información de clima en el area del proyecto se presenta en "2.3 - Camino de Proyecto Existente", en este capítulo.



NOTE
 The figures show annual average temperatures quoted from "ATLAS DE BOLIVIA" by Instituto Geografico Militar.

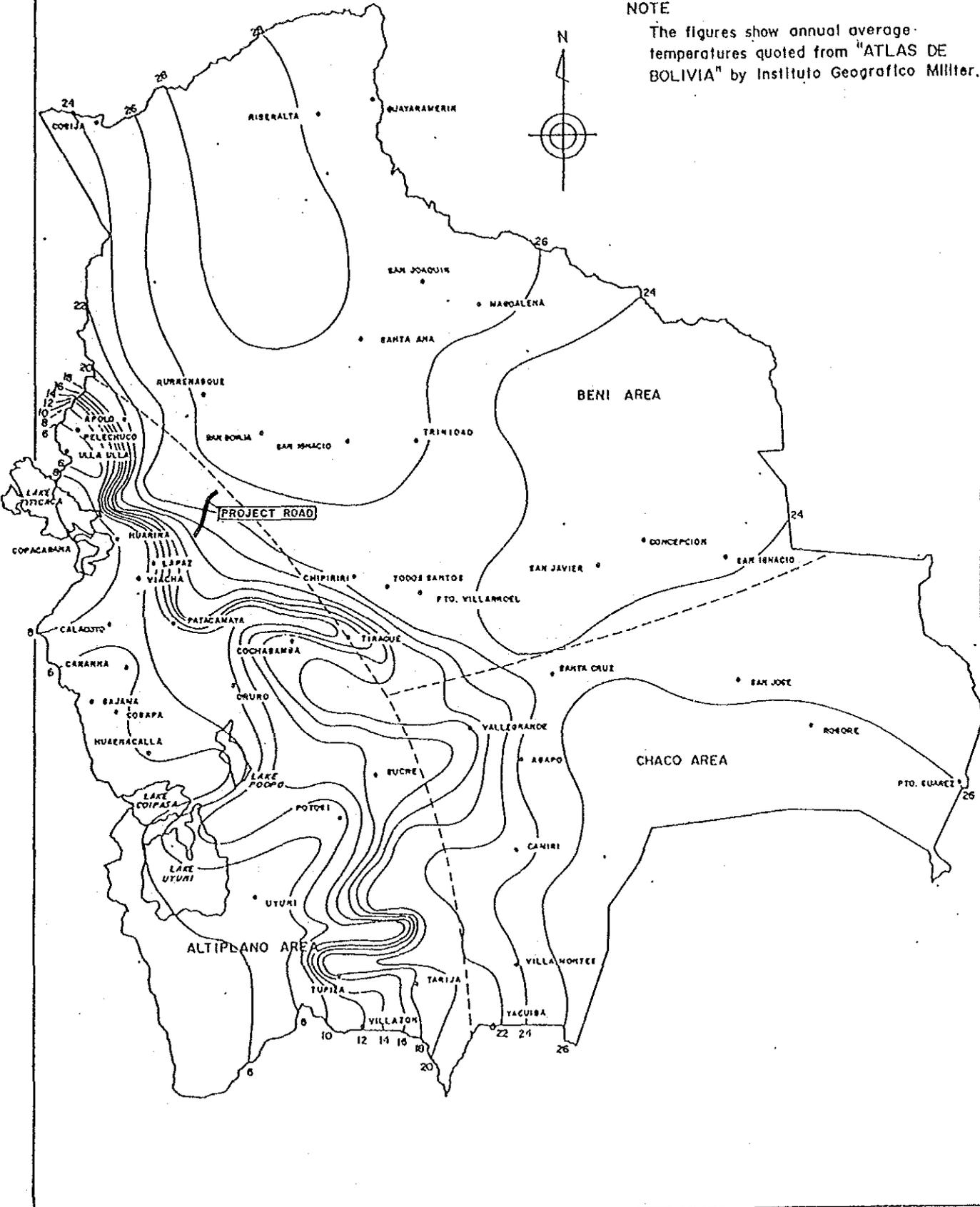
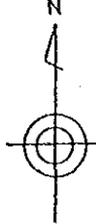


Fig. 2.1-3 TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL EN BOLIVIA

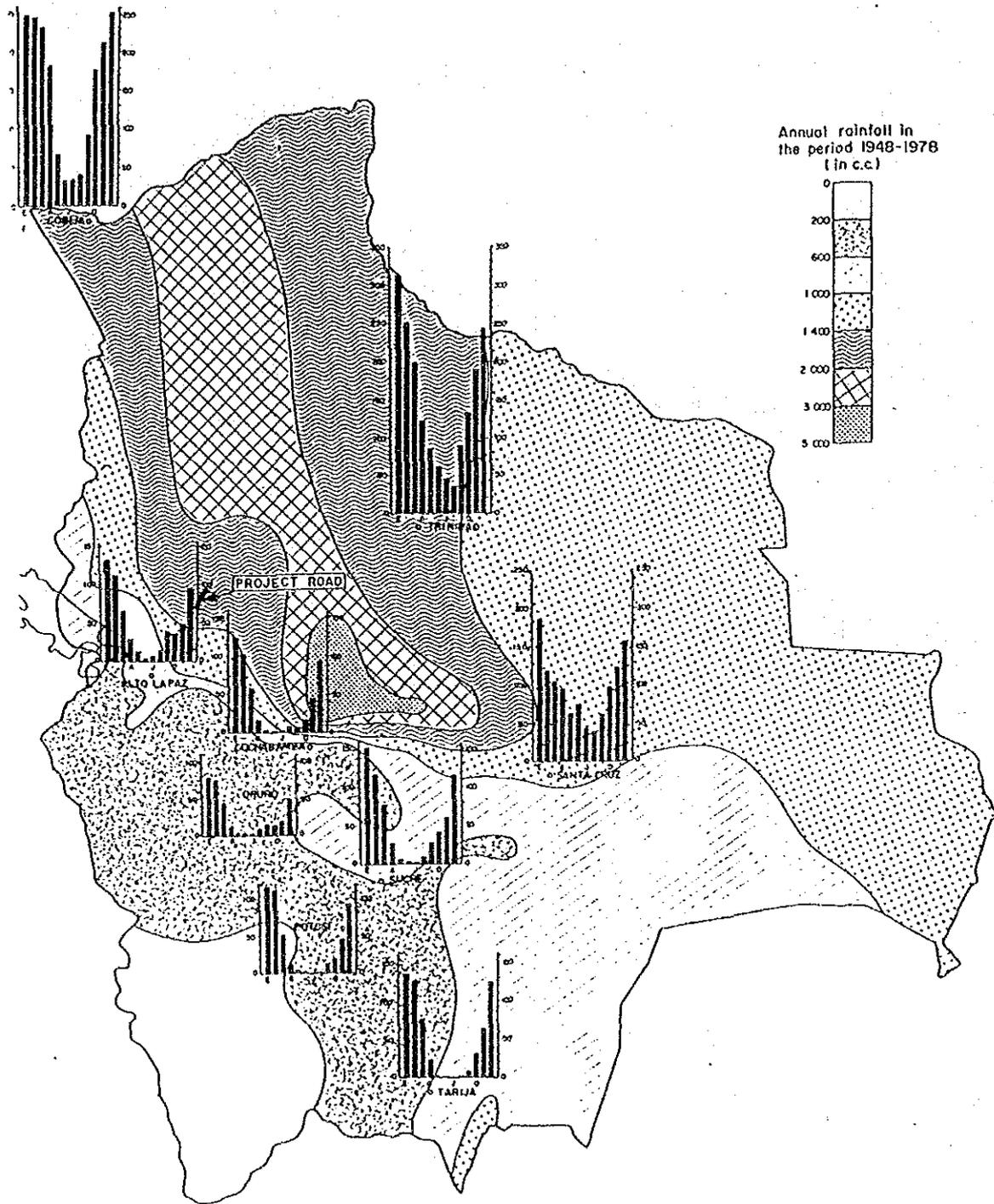


Fig. 2.1-4 PRECIPITACION ANUAL EN BOLIVIA

2.2 Sistema vial existente en Bolivia

(1) Sistema administrativo y clasificación de caminos

Todos los caminos y vías urbanas en Bolivia se pueden dividir en dos grupos desde el punto de vista del sistema administrativo : el primer grupo incluye calles y vías en los distritos urbanos de grandes ciudades y pueblos; todas las vías restantes están en el segundo grupo. El seguimiento administrativo necesario, como construcción, mantenimiento y reparación de las vías del primer grupo está básicamente bajo el control de los municipios, mientras que los del segundo grupo están a cargo del Servicio Nacional de Caminos (SNC).

Excepcionalmente, una pequeña parte de las vías del segundo grupo son construidas y reparadas por las corporaciones regionales de desarrollo, como CORDEPAZ, CORDECruz, etc, mediante acuerdos con SNC.

Las vías en el segundo grupo (aquellas administradas por SNC) están clasificadas en las tres categorías siguientes :

- 1) Carretera Nacional de primera clase, o troncales
(Red Fundamental)

Las funciones de las rutas troncales son principalmente crear redes viales locales, vincular regiones importantes en el desarrollo del país, crear acceso a todas las áreas del país, y contribuir al crecimiento de la economía y de la cultura. Estas rutas también sirven para vincular las capitales departamentales, y para conectarse con otros sistemas importantes de transporte. Adicionalmente, estas rutas cruzan las fronteras nacionales, constituyendo vínculos de Bolivia con los países vecinos.

- 2) Caminos de segunda clase o troncales colectores
(Red Complementaria)

Son carreteras colectoras que vinculan regiones importantes con áreas en desarrollo, llevando tráfico de estas áreas hacia la red de rutas troncales, reduciendo la congestión. Las carreteras colectoras contribuyen al desarrollo de áreas, al integrarlas con otros sistemas de transporte.

- 3) Caminos locales y vecinales (usados por residentes locales)

Caminos locales y vecinales tienen generalmente el objeto de conectar el tráfico entre carreteras colectoras y áreas de producción o vivienda. Además de esta función, estos caminos contribuyen al desarrollo de la vida cotidiana de pequeñas poblaciones.

(2) Red vial y su desarrollo

El sistema de red vial en Bolivia se presenta en Fig. 2.2-1, en la que además de los caminos existentes, se muestran los caminos en proyecto y los actualmente intransitables. Los números en círculo, con uno o dos dígitos, sirven para denominar a las carreteras nacionales de primera clase, o caminos troncales. Un listado de las mismas se detalla a continuación :

No. 1	(Perú)-La Paz-Oruro-Potosí- Tarija-(Argentina)	1,221 km
No. 2	Yucumo-Rurrenabaque-Cobija	669
No. 3	La Paz-Yucumo-San Ignacio-Trinidad	595
No. 4	Oruro-Cochabamba-Santa Cruz-(Brazil)	1,353
No. 5	Potosí-Sucre-Epizana	401
No. 6	Machacamarca-Sucre-(Paraguay)	977
No. 7	Cochabamba-Villa Tunari-Guabirá	416
No. 8	Rurrenabaque-Riberalta-(Brazil)	595
No. 9	Trinidad-Santa Cruz-Ipati	1,029
No.10	San Ignacio-villa Tunari	295
	Total	7,551 km

Los números de tres dígitos, en Fig. 2.2-1, marcan la red de caminos colectores.

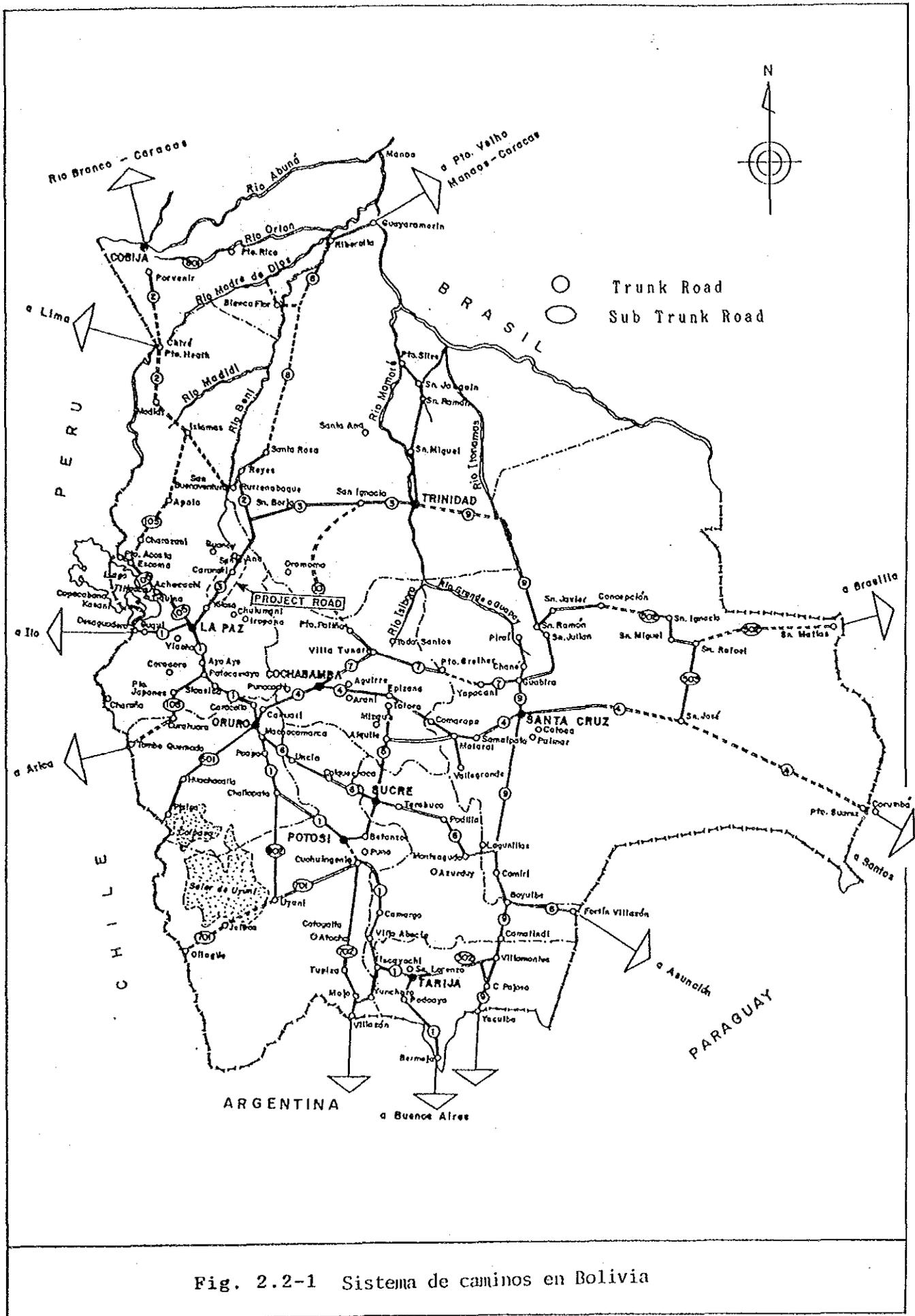


Fig. 2.2-1 Sistema de caminos en Bolivia

2) Visión histórica del desarrollo de caminos

Incrementos en longitud de caminos desde 1974, desglosados por tipo de superficie, se presentan en Tabla 2.2-1.

Tabla 2.2-1 Longitud de caminos transitables, por tipo de superficie, en kilómetros

	1974	1975	1977	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Paved	1163	1166 (2.6)	1289 (10.5)	1327 (2.9)	1396 (8.3)	1395 (0.0)	1538 (10.3)	1538 (0.0)	1554 (1.0)	1554 (0.0)	1592 (2.4)
Gravel	6560	6559 (0.0)	6788 (3.6)	6760 (-0.5)	7975 (18.0)	7987 (0.0)	9220 (15.4)	9268 (0.5)	9512 (2.6)	9850 (3.6)	9870 (0.2)
Earth	29590	29831 (0.8)	30741 (3.1)	30741 (0.0)	30278 (-1.5)	30442 (0.5)	30211 (-0.8)	30181 (0.0)	29935 (-0.8)	29627 (-1.0)	29617 (0.0)
Total	37313	37556 (0.6)	38828 (3.4)	38828 (0.0)	39649 (2.1)	39824 (0.4)	40969 (2.9)	40987 (0.0)	41001 (0.0)	41031 (0.0)	41079 (0.1)

() : tasa de incremento al año anterior, en porcentaje.

De esta tabla, se puede ver fácilmente que el desarrollo de caminos se efectuó en 1977, 1980 y 1982, mientras que no hubo un incremento significativo en longitud de caminos transitables desde 1983, año en el que comenzó la crisis económica en Bolivia.

En el caso de disminución en la longitud de caminos de tierra, se debe entender que alguna parte de estos caminos quedó intransitable, debido a falta de trabajos mínimos de mantenimiento.

3) Caminos existentes

La longitud de caminos transitables existentes hasta 1986 está detallada por departamento en Tabla 2.2-2.

Tabla 2.2-3 muestra la situación actual de caminos en otros países. Tomando en consideración la desigualdad en la categorización de caminos en cada país, se puede decir que los valores en esta tabla muestran una fuerte correlación.

Sin embargo, comparando valores de ambas tablas, 2.2-2 y 2.2-3, es claro que la situación de desarrollo de caminos en Bolivia está en un nivel considerablemente bajo.

Por supuesto que la densidad de caminos en Bolivia es también muy baja, y la proporción de caminos pavimentados es inferior al 4 % de la longitud total, que es un valor notoriamente bajo.

Tabla 2.2-2 Longitud de Caminos Existentes en Bolivia (1986)

Department	area (km ²)	road surface	trunk road length(k)	(%)	collector road length(k)	(%)	town road length(k)	(%)	total length(k)	(%)	road density (km/1000km ²)
La Paz	134.0 x1000	paved	232	29.0	21	3.9	41	0.8	294	4.7	2.19
		gravel	456	56.9	173	32.0	1624	33.4	2253	36.3	16.81
		earth	113	14.1	347	64.1	3192	65.7	3652	58.9	27.25
		total	801	100.0	541	100.0	4857	100.0	6199	100.0	46.26
Chuquisaca	51.5	paved	29	3.6	0	0.0	1	0.0	30	0.7	0.58
		gravel	537	66.8	48	18.5	416	11.8	1001	21.8	19.44
		earth	238	29.6	211	81.5	3118	88.2	3567	77.6	69.26
		total	804	100.0	259	100.0	3535	100.0	4598	100.0	89.28
Tarija	37.6	paved	47	7.7	0	0.0	0	0.0	47	1.6	1.25
		gravel	389	64.1	315	66.3	324	17.8	1028	35.4	27.34
		earth	171	28.2	160	33.7	1501	82.2	1832	63.0	48.72
		total	607	100.0	475	100.0	1825	100.0	2907	100.0	77.31
Cochabamba	55.6	paved	526	72.8	7	2.4	6	0.3	539	17.4	9.69
		gravel	197	27.2	115	40.2	901	43.3	1213	39.3	21.82
		earth	0	0.0	164	57.3	1174	56.4	1338	43.3	24.06
		total	723	100.0	286	100.0	2081	100.0	3090	100.0	55.58
Santa Cruz	370.6	paved	420	36.1	0	0.0	52	1.3	472	7.4	1.27
		gravel	530	45.5	318	29.8	450	10.8	1298	20.3	3.50
		earth	215	18.5	750	70.2	3649	87.9	4614	72.3	12.45
		total	1165	100.0	1068	100.0	4151	100.0	6384	100.0	17.23
Oruro	53.6	paved	156	28.6	8	0.8	10	0.2	174	2.6	3.25
		gravel	389	71.4	398	41.9	372	7.3	1157	17.6	21.59
		earth	0	0.0	542	57.3	4698	92.5	5240	79.7	97.76
		total	545	100.0	946	100.0	5080	100.0	6571	100.0	122.59
Potosi	118.2	paved	27	5.4	0	0.0	1	0.0	28	0.5	0.24
		gravel	465	93.2	104	24.4	109	2.2	678	11.4	5.74
		earth	7	1.4	322	75.6	4909	97.8	5238	88.1	44.31
		total	499	100.0	426	100.0	5019	100.0	5944	100.0	50.29
Beni	213.6	paved	2	0.2	1	0.3	2	0.4	5	0.3	0.02
		gravel	275	33.1	0	0.0	433	80.0	708	42.8	3.31
		earth	555	66.7	287	99.7	106	19.6	948	57.1	4.44
		total	832	100.0	288	100.0	541	100.0	1661	100.0	7.78
Pando	63.9	paved	2	0.9	0	0.0	0	0.0	2	0.3	0.03
		gravel	39	17.2	0	0.0	0	0.0	39	6.7	0.81
		earth	186	81.9	163	100.0	188	100.0	537	92.9	8.40
		total	227	100.0	163	100.0	188	100.0	578	100.0	9.05
Total	1098.6 x1000	paved	1441	23.2	38	0.8	113	0.4	1592	3.9	1.45
		gravel	3277	52.8	1660	33.7	4933	18.5	9870	24.0	8.98
		earth	1485	23.0	3222	65.5	24910	83.2	29617	72.1	26.96
		total	6203	100.0	4920	100.0	29956	100.0	41079	100.0	37.39
length (%)			15.1		12.0		72.9		100.0		
road density (km/1000km ²)			5.65		4.48		27.27		37.39		

Tabla 2.2-3 Estadística de Caminos en el Mundo (1987)

country	area (1000km ²)	total road length (km)	paved road (%)	road density (km/1000km ²)
Japan	377.7	1,098,900	65.4	2.91
Netherlands	41.1	113,600	88.0	2.76
West Germany	248.7	492,500	99.0	1.98
Switzerland	41.3	71,000	-	1.72
Great Britain	230.0	352,300	100.0	1.53
France	551.0	804,900	-	1.46
Austria	83.9	107,500	100.0	1.28
Italy	301.3	301,600	100.0	1.00
U.S.A.	9,363.4	6,242,200	56.0	0.67
Spain	504.8	318,000	56.0	0.63
Korea (south)	99.2	54,700	57.2	0.55
Sweden	411.1	130,900	70.4	0.32
Malaysia	131.6	39,100	80.0	0.29
Brazil	8,512.0	1,675,000	8.0	0.19
Thailand	514.2	84,800	39.9	0.16
South Africa	1,123.2	183,000	28.7	0.16
Mexico	1,969.3	225,700	45.2	0.11
Indonesia	1,919.4	219,000	62.2	0.11
Kenya	582.6	54,600	12.3	0.09
Egypt	1,000.0	32,200	52.1	0.03
*Bolivia	1,098.6	41,100	3.9	0.04

source: World Statistics (Edition 1988), I.R.F.,

*Bolivia: SNC, 1986

2.3 Camino de proyecto existente

2.3.1 Topografía, clima y ríos

(1) Topografía (vea Fig. 2.3-1)

El área del proyecto pertenece a la Zona de valles (C), que está categorizado en "2.1.1 - Topografía en Bolivia", en este capítulo.

Observando los alrededores del camino existente, se puede ver que el mismo va a lo largo de la rivera derecha del Río Coroico, en forma paralela al río desde Santa Bárbara (el punto inicial del tramo en estudio) hasta Caranavi. Por lo que se puede decir que en dirección hacia Caranavi, el lado derecho del camino es siempre un talud hacia arriba, y en forma viceversa, el lado izquierdo es un talud hacia abajo. La pendiente natural, que es cortada por el alineamiento, es mayormente muy fuerte (ver Tabla 2.3-1), y en algunos lugares, como Patuni, Challa y Puerto León, el talud en ambos lados del camino es casi vertical, formando los llamados "acantilados" en ambos lados (ver Foto-9).

Hay muchos ríos tributarios en este sector, que serán descritos más adelante (ver Tabla 2.3-5). Debido a que casi todos estos tributarios fluyen formando ángulo recto con el Río Coroico, erosionando valles escarpados en forma de "V", y el talud de la rivera del río forma un paisaje complicado, con muchos pliegues en punta.

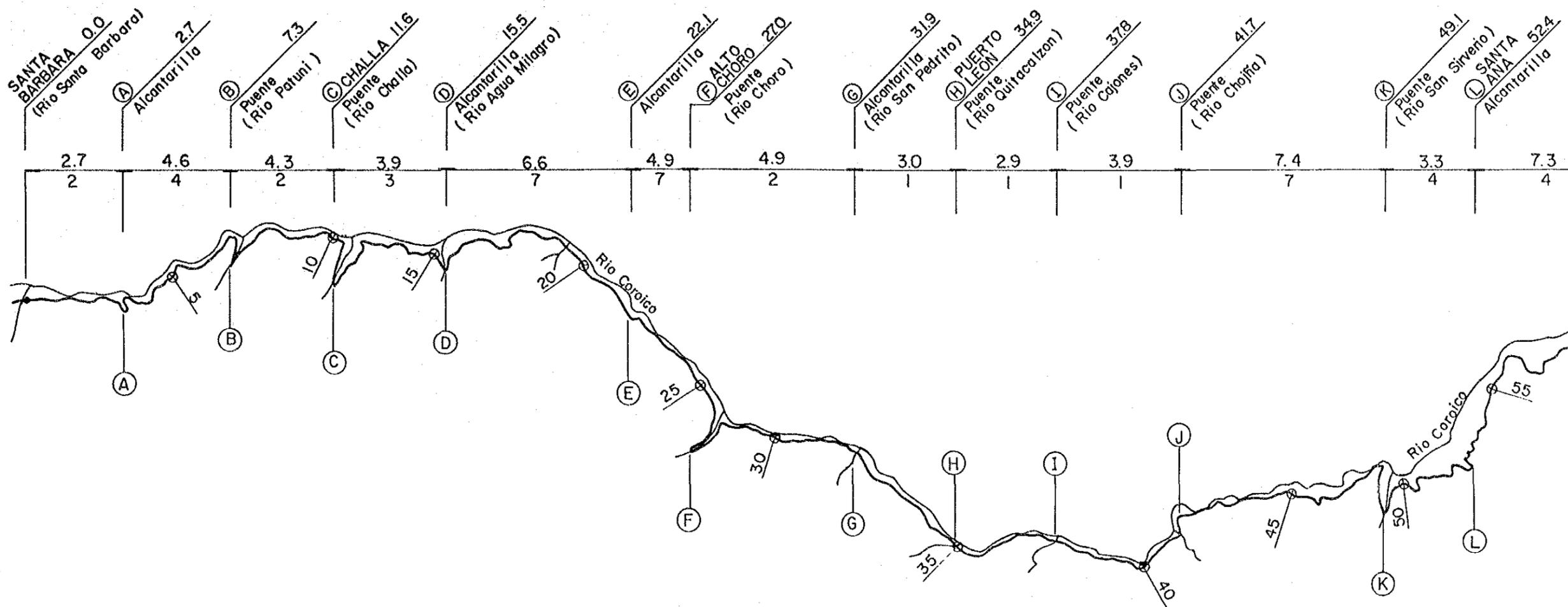
Santa Bárbara y Caranavi están a altitudes de 968 y 609 msnm, respectivamente, por lo que la elevación del camino existente disminuye uniformemente hacia Caranavi en este sector.

Entre Caranavi y Carrasco, el Río Yara y sus tributarios (como los ríos Carrasco y Challhuani) corren al lado derecho del camino existente. Por lo tanto, el lado izquierdo del camino es un constante talud hacia arriba.

A pesar de la existencia de varios valles con corrientes de agua que cruzan el camino, éstos no son tan profundos en comparación con aquellos que se encuentran entre Santa Bárbara y Caranavi. Hay un punto crítico a tres kilómetros antes de Carrasco, donde el camino existente cruza en medio de un acantilado y los taludes a ambos lados del camino son casi verticales. El camino existente en esta sub-sección sube hacia Carrasco, donde llega a una altitud de 830 msnm.

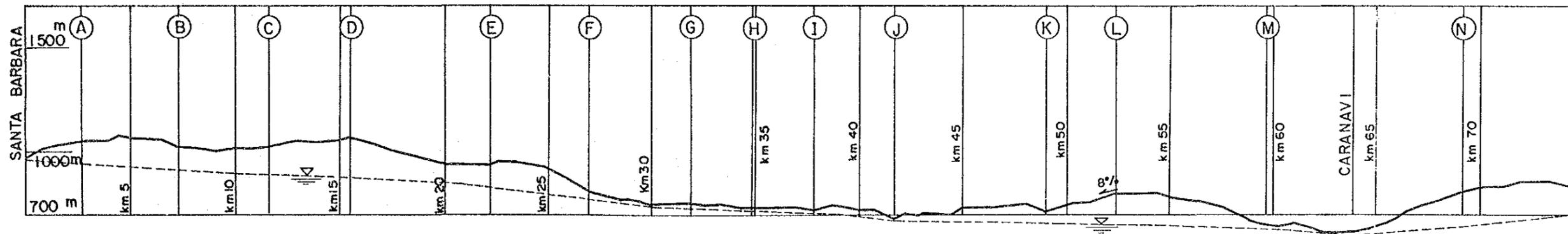
Defined Points on the Present Road and Accumulated Distance

Distance (km)
Critical Points on Horizontal Alignment

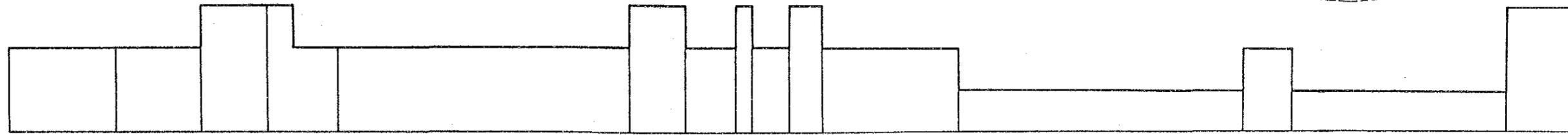


Plan of the Present Road

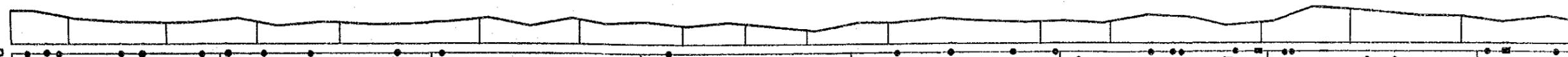
Profile of the Present Road and Critical Points on Vertical Alignment



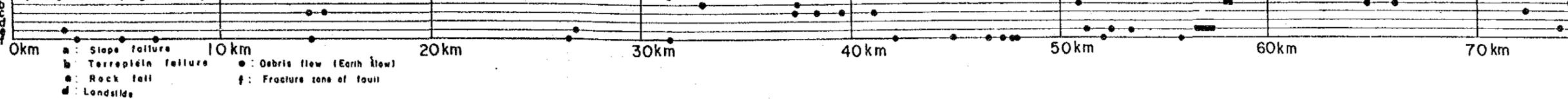
Presupposed Height of Cut Slope after Improvement

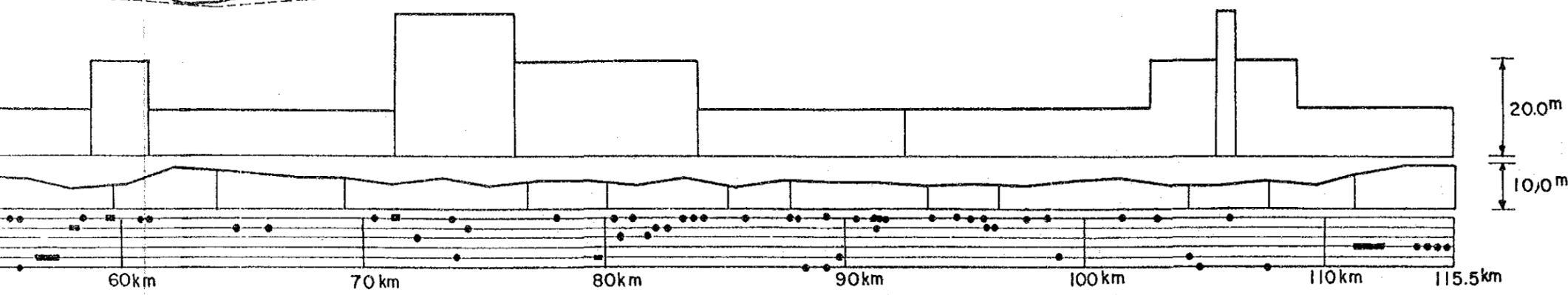
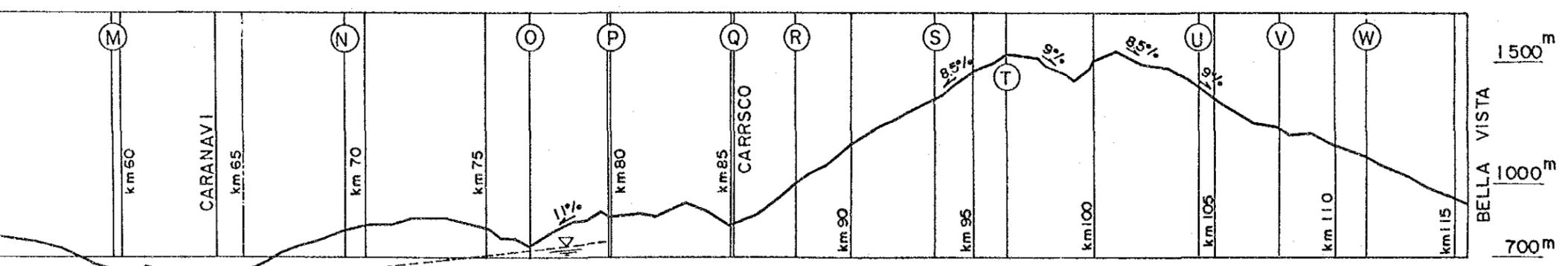
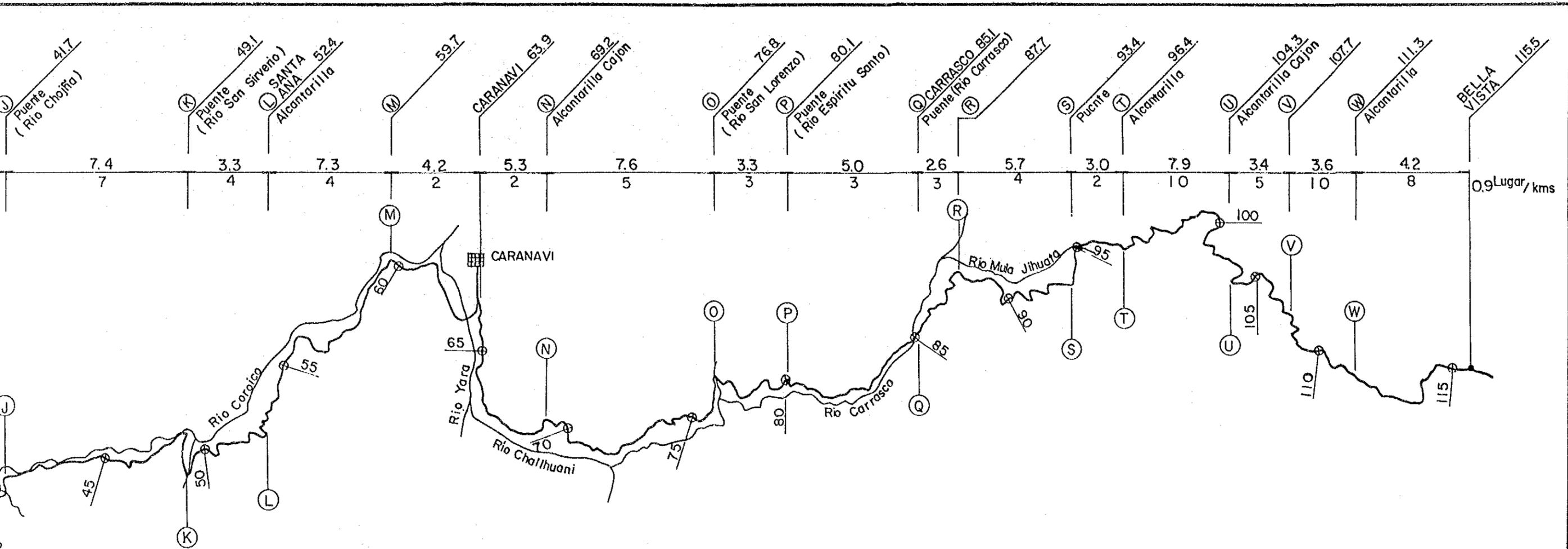


Width of the Present Road



Road Disasters





* Critical Points; Number of location including radius of curvature for less than 50m in the horizontal alignment.

Fig. 2.3-1
 Condicion del Camino Existente en el Area de Estudio

El camino pasa por una cumbre en la sub-sección de Carrasco a Bella Vista, el punto final del tramo en estudio. Las altitudes de esta cumbre y de Bella Vista son de 1,500 y 915 msnm, respectivamente. Cuando el camino existente cruza el Rio Carrasco (tributario del Rio Yara), en Carrasco, el talud hacia arriba que está ubicada a la izquierda del camino, cambia a un talud hacia abajo desde este punto hasta la cumbre. La topografía del area antes de la cumbre es complicada, con muchos pliegues en punta y fuerte inclinación, pero sin la presencia de rios grandes. En las proximidades de la cumbre, se encuentran varios acantilados a lo largo del camino.

Por otro lado, la topografía entre la cumbre y Bella Vista es notoriamente diferente de la que se encuentra antes de la cumbre. La pendiente natural es suave, y el suelo y la vegetación parecen diferentes a los de otras sub-secciones. El camino existente mantiene una inclinación en el lado izquierdo, hasta Bella Vista.

Desde el punto de vista geológico, el area desde la cumbre hasta Bella Vista pertenece a la franja Sub-Andina, en el sector de estudio. Resultados de la investigación geológica de la región se describen en el Capítulo 3.

Tabla 2.3-1 Pendiente promedio aproximada del terreno natural a lo largo del alineamiento existente

Sub-section	Average Gradient (deg.)
Santa Bárbara - (F)	38
(F) - (K)	39
(K) - Caranavi	25
Caranavi - Carrasco (Q)	27
(Q) - Bridge (V)	32
(V) - Bella Vista	26

Nota : (F), (K), (Q) y (V) son nombres de los puntos establecidos en Fig. 2.3-1.

(2) Clima

De acuerdo a las categorías de clima en todo Bolivia, descritas en "2.1.2 - Clima en Bolivia" en este capítulo, el clima en el área de estudio corresponde a la Zona Altiplanica. Sin embargo, como el área de estudio es muy cercana al Área Beni, y su elevación es bastante baja (generalmente por debajo de 1,000 msnm), el clima en el área de estudio es a veces muy similar al del Área Beni.

Solamente existe en esta área una estación meteorológica permanente, localizada en Caranavi. A parte de esta estación, la oficina de CORDEPAZ (Corporación de Desarrollo de La Paz) en Bella Vista tiene alguna información histórica de precipitación. Esta información se presenta en Tablas 2.3-2, 2.3-3 y 2.3-4.

Esta área está ubicada en el talud oriental de la Cordillera Oriental, donde hay una considerable cantidad de precipitación. Esto es, vientos del Este con alta humedad, soplan contra esta cordillera, causando alta precipitación. En general, el período entre diciembre y abril es la época de lluvias para esta región y el volumen anual de precipitación en el área de Santa Bárbara a la cumbre (ubicada entre Carrasco y Bella Vista) está en el rango de 1,500 a 2,000 mm. En el área de la cumbre hacia Bella Vista, está entre 2,000 y 2,500 mm (ver Tablas 2.3-2 y 2.3-4).

De la información de precipitación máxima diaria, que se muestra en Tablas 2.3-2 y 2.3-4, se puede ver que ésta es de 220 mm/día en Caranavi y 138 mm/día en Bella Vista, quedando ambos valores fuera de la época de lluvias en las

Tabla 2.3-2 Información Pluviométrica

Station: CARANAVI
 Province: North YUNGAS
 Department: LA PAZ

Month	Amount of Monthly Rainfall			Maximum Daily rainfall			Number of Days with Rainfall		
	1982	1984	1985	1982	1984	1985	1982	1984	1985
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	day	day	day
Jan.	191.0	389.0	146.9	45.0	51.0	38.0	10	19	18
Feb.	210.0	314.0	152.0	42.0	55.0	30.0	14	15	11
Mar.	129.0	380.0	237.0	45.0	60.0	43.5	8	19	11
Apr.	44.7	158.6	180.0	11.4	51.0	80.0	6	8	6
May	77.0	18.0	17.0	49.0	15.0	16.0	6	2	2
Jun.	59.0	5.0	15.0	17.5	4.5	10.0	9	2	2
Jul.	94.0	14.0	0.0	23.0	4.0	0.0	8	5	0
Aug.	36.0	60.0	100.0	14.0	30.0	60.0	6	4	2
Sep.	85.0	148.0	246.0	38.0	96.0	220.0	10	5	2
Oct.	81.0	146.0	-	30.0	35.0	-	8	7	-
Nov.	107.0	177.0	-	33.0	28.0	-	8	14	-
Dec.	127.0	88.0	-	41.0	41.0	-	12	14	-
Total	1240.7	1897.6	-	-	-	-	105	114	-
Average	103.4	158.1	121.5	-	-	-	9	10	6

Source: " SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA "

Tabla 2.3-3 Información de Temperatura y Humedad Relativa

Station: CARANAVI
 Province: North YUNGAS
 Department: LA PAZ

Month	Mean Temperature			Maximum Temperature			Minimum Temperature			Relative Humidity		
	1982	1984	1985	1982	1984	1985	1982	1984	1985	1982	1984	1985
	Deg. C.	Deg. C.	Deg. C.	Deg. C.	Deg. C.	Deg. C.	Deg. C.	Deg. C.	Deg. C.	%	%	%
Jan.	22.5	24.2	25.1	39.0	34.0	38.0	10.0	11.0	7.5	77	84	80
Feb.	22.2	22.9	22.2	39.0	34.0	35.0	9.5	6.5	7.0	78	80	81
Mar.	20.8	22.8	26.6	37.0	37.0	36.5	5.0	9.0	15.5	82	79	80
Apr.	21.2	22.9	24.4	37.0	38.0	36.0	7.5	9.0	10.0	80	81	76
May	19.0	22.6	24.4	35.0	35.5	37.0	4.0	9.0	9.0	78	82	70
Jun.	21.0	23.4	22.4	32.0	34.5	35.0	6.0	10.5	10.0	81	82	71
Jul.	20.0	21.5	20.8	34.0	37.0	36.0	2.5	6.0	7.0	72	80	72
Aug.	20.4	21.4	19.5	35.5	39.0	35.0	6.0	6.0	9.0	67	82	76
Sep.	21.2	24.3	20.8	36.0	38.0	35.0	6.0	7.0	8.0	73	81	74
Oct.	22.7	23.9	-	39.0	38.0	-	7.0	10.0	-	79	70	-
Nov.	20.7	23.0	-	38.0	36.0	-	4.0	11.0	-	78	80	-
Dec.	24.1	24.4	-	37.0	38.0	-	10.0	9.5	-	83	72	-
Average	21.3	23.1	22.9	-	-	-	-	-	-	77.4	77.8	75.6

Source: " SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA "

Tabla 2.3-4 Pluviométrica Máxima en 24 horas y Mensual

Station: Bella Vista (Km.53)

Province: North YUNGAS

Department: LA PAZ

	Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
	1978	-	175.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1979	100.0	-	-	112.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maximum	1981	107.0	37.7	85.8	67.9	44.7	32.0	19.0	67.4	57.2	26.6	156.9	80.0	-
Rainfall	1982	-	-	86.5	43.0	13.5	33.8	35.4	49.7	28.3	54.8	48.5	48.9	-
in 24 Hours	1983	-	63.9	60.4	-	75.4	38.1	22.6	13.2	51.5	36.6	138.2	44.1	-
	1984	34.5	48.6	137.3	79.5	33.2	41.1	44.0	138.2	36.6	51.5	13.2	25.3	-
	1985	80.8	39.7	53.9	49.7	18.9	16.7	22.7	17.2	37.0	74.5	50.5	68.8	-
	1986	31.3	62.2	74.2	51.5	10.3	28.2	29.0	28.8	41.7	32.0	84.5	40.8	-
	1987	67.5	17.6	39.5	47.5	42.0	49.0	26.5	79.0	22.0	63.0	53.5	53.0	-
	1978	-	327.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1979	-	-	-	222.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Monthly	1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rainfall	1981	434.2	255.1	372.8	160.3	97.7	79.4	49.6	142.4	161.1	166.0	329.5	328.5	2576.6
	1982	-	-	390.3	164.3	44.4	137.7	50.6	69.2	52.2	180.7	214.4	298.0	-
	1983	-	295.8	306.0	-	319.1	181.4	87.9	48.5	152.2	117.6	362.2	168.7	-
	1984	367.8	405.2	326.9	186.8	155.4	185.2	168.7	362.2	117.6	152.2	48.5	-	-
	1985	297.0	201.5	254.3	258.7	84.5	31.4	52.1	58.2	136.6	171.3	169.7	239.0	1956.3
	1986	187.5	478.2	260.8	224.7	46.8	137.8	135.3	145.2	196.8	131.5	301.7	169.9	2416.2
	1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Source: Data from the Office of CORDEPAZ at Bella Vista

tablas. Se muestra que una corriente de viento, llamada "suraso", que sopla desde el sud o sud-este, algunas veces en la época seca, trae fuerte precipitación a la región.

La oficina de CORDEPAZ en Bella Vista no tiene información con respecto a temperatura, pero se puede decir que no hay mucha variación dentro del area de estudio, y que el gradiente de temperatura está entre 5 y 40 grados centígrados en todo el area de estudio. Las temperaturas mensuales promedio, máximas y mínimas, están por debajo de los 39 grados y por encima de los 22 grados durante todo el año, como se muestra en Tabla 2.2-3. Por consiguiente, se puede decir que el clima en esta area es bastante suave, con humedad alta, similar a la zona subtropical.

(3) Rios

Como se indicó anteriormente, el camino existente cruza muchos rios y corrientes de agua, especialmente en la subsección de Santa Bárbara a Caranavi. Los rios cuya investigación y estudio son necesarios para el proyecto, están listados en Tabla 2.3-5. Se hicieron levantamientos de las secciones transversales, pendientes del lecho y los niveles máximos de agua de los rios en las proximidades de los cruces con el camino. De los doce rios indicados en la tabla, ocho están ubicados en el tramo entre Santa Bárbara y Caranavi. Todos ellos, con excepción del Rio Carrasco, corren en el fondo de un valle, creando una corriente rápida.

Por lo general, el area de cuenca de cada rio parece no ser grande. Sin embargo, el tiempo de escurrimiento es tan pequeño, que la relación de volumen máximo de escurrimiento después de fuerte precipitación, comparada con la de tiempo normal es considerablemente alta. Esto significa que tierra y escombros son algunas veces arrastrados en el flujo de estos rios.

Existen otros rios y corrientes, que por ser muy pequeños no fueron incluidos en la tabla, no siendo necesario tomarlos en consideración. Además, los Rios Coroico y Yara, que corren paralelos al camino de proyecto, no son considerados, por no tener gran influencia en el estudio.

Tabla 2.3-5 Rios principales en el area de estudio

River	River bed		Past**	Cross sec.
	height*	gradient	H.W.L.	area***
Patuni	996.4 m	9.5 %	997.5 m	18.0 m ²
Challa	1030.5	12.5	1033.9	13.0
Calacala	924.5	-	927.8	-
Choro	807.5	3.0	809.4	45.5
Quitacalson	715.7	2.5	718.6	64.0
Cajones	727.0	3.0	728.0	8.0
Chojña	681.8	5.5	682.6	4.0
San Silverio	711.0	6.5	713.0	30.0
San Lorenzo	733.1	5.0	734.0	13.5
Espiritu	850.2	9.0	851.6	12.5
Carrasco	823.6	1.5	824.6	16.5
Avaroa	1335.9	19.0	1336.6	3.0

Nota: (*) Altura sobre el nivel del mar. Los valores se refieren a los sitios en que el camino existente cruza el rio.

(**) Máximo nivel de agua registrado (H.W.L.), estimado en base a observación del sitio y conocimiento local.

(***) Area de sección transversal corresponde a H.W.L.

2.3.2 Resultados de reconocimiento del terreno

(1) Colocación de mojones (ver Fig. 2.3-1)

Para una mejor descripción, se colocaron veintitres mojones, desde Punto A a Punto W, entre Santa Bárbara y Bella Vista.

(2) Alineamiento horizontal

Se encontró que el alineamiento horizontal del camino existente no es muy bueno, es decir, casi no existen secciones rectas, y existen muchas curvas fuera de norma con radio pequeño, a lo largo de la sección en estudio, de Santa Bárbara a Bella Vista. Como resultado, la distancia de visibilidad para conductores es muy corta, causando numerosos accidentes de tráfico.

La razón fundamental para el alineamiento horizontal descrito es, sin duda, la topografía del sector. Una segunda razón es el hecho de que el camino fue construido evitando estructuras costosas, como puentes y túneles. Es así que

el camino es forzado a llegar al punto más profundo del valle, para cruzarlo sin un puente de gran dimensión. En consecuencia, el camino serpentea atrás y adelante, usando curvas de radio pequeño.

En Fig. 2.3-1 se muestra el número de curvas con un radio menor a 50 metros. En Tabla 2.3-6, se presenta la curvatura del camino existente, calculado con la siguiente fórmula:

$$C = (IA)/D$$

C : curvatura (grados/km)

IA : ángulo de intersección de cada curva (grados)

D : distancia de la subsección (km)

Viendo el número de curvas con radio menor a 50 metros, un tercio del número total en la sección en estudio se concentra en la sub-sección de 20 km de longitud, desde Punto T a Bella Vista. Por otro lado, hay menos curvas de este tipo en la sección de 15 km de Punto F a Punto J.

Tabla 2.3-6 Alineamiento horizontal del camino existente

Sub-section	Distance (km)	Number of curves			Curves per km			Curvature (deg./km)
		R<50 m	50 m<R	total	R<50 m	50 m<R	total	
S/Barbara - (F)	27.0	25	256	281	0.93	9.48	10.41	571
(F) - (K)	22.1	12	136	148	0.54	6.15	6.70	343
(K) - Caranavi	14.8	10	107	117	0.68	7.23	7.91	473
Caranavi - (Q)	21.2	13	196	209	0.61	9.25	9.86	579
(Q) - (V)	22.6	24	238	262	1.06	10.53	11.59	725
(V) - B/Vista	7.8	18	58	76	2.31	7.44	9.74	692
Total	115.5	102	991	1093	0.88	8.58	9.46	555

(3) Alineamiento vertical

Basicamente, el alineamiento vertical del camino existente desciende paralelamente al Rio Coroico, desde Santa Bárbara hasta Caranavi. Sin embargo, hay varios puntos en que el camino se mantiene alejado de un peligroso acantilado, o baja a cruzar el valle; estas secciones tienen una pendiente vertical de más de 7 %.

Entre Caranavi y Bella Vista hay muchos lugares donde la pendiente del camino es considerablemente fuerte, ya que el camino tiene que cruzar una cumbre a una altitud superior a

los 1,500 msnm.

Areas con problemas con respecto a pendiente y a distancia continua se presentan en Tabla 2.3-7.

Tabla 2.3-7 Sectores con problemas de pendiente

Location from : to	Vertical gradient	Continuous length
K + 3.0 : L + 0.2	8.0 %	500 m
O + 1.6 : + 1.9	11.0	250
S + 0.9 : + 1.5	8.5	600
T + 1.6 : + 1.9	9.0	300
T + 4.6 : + 4.9	8.5	250
U + 0.0 : + 0.2	9.0	200

1) Proximidades del Punto L (Santa Ana)

Un perfil esquemático del camino existente en esta area se muestra en Fig. 2.3-2. La pendiente máxima y su longitud continua son más de 8 % y 500 metros, respectivamente. En esta sección, se observó que la velocidad de un automovil bajó a menos de 25 km/h. El camino sube hasta la cima de una colina, lo cual parece innecesario. Observando el paisaje en este sector, se ve que una mejor ruta puede ser facilmente definida pasando por una ladera baja.

2) Punto O + 1.8 km

La pendiente vertical en este punto es casi 11 %; un perfil se ilustra en Fig. 2.3-3.

3) Entre Punto S y Punto V

En esta sección del camino existente se encuentran los dos puntos más altos. Sin embargo, ninguno de ellos cruza una cumbre, por lo que no sería necesario que el camino llegue tan alto, y al parecer es posible encontrar una alternativa de mejor alineamiento en esta sección.

(4) Ancho del camino

En Fig. 2.3-1, se ilustra el ancho de la via existente, en toda la longitud de la sección en estudio, incluyendo bermas laterales. La Tabla 2.3-8 muestra un resumen de los

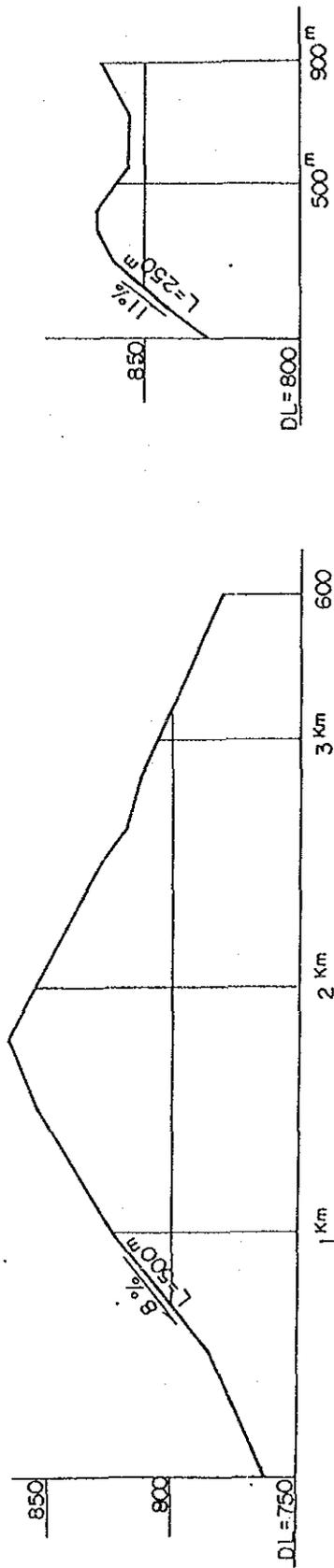


Fig. 2.3-2 Perfil en inmediaciones de Punto L

Fig. 2.3-3 Perfil en Punto 0+1.8 km

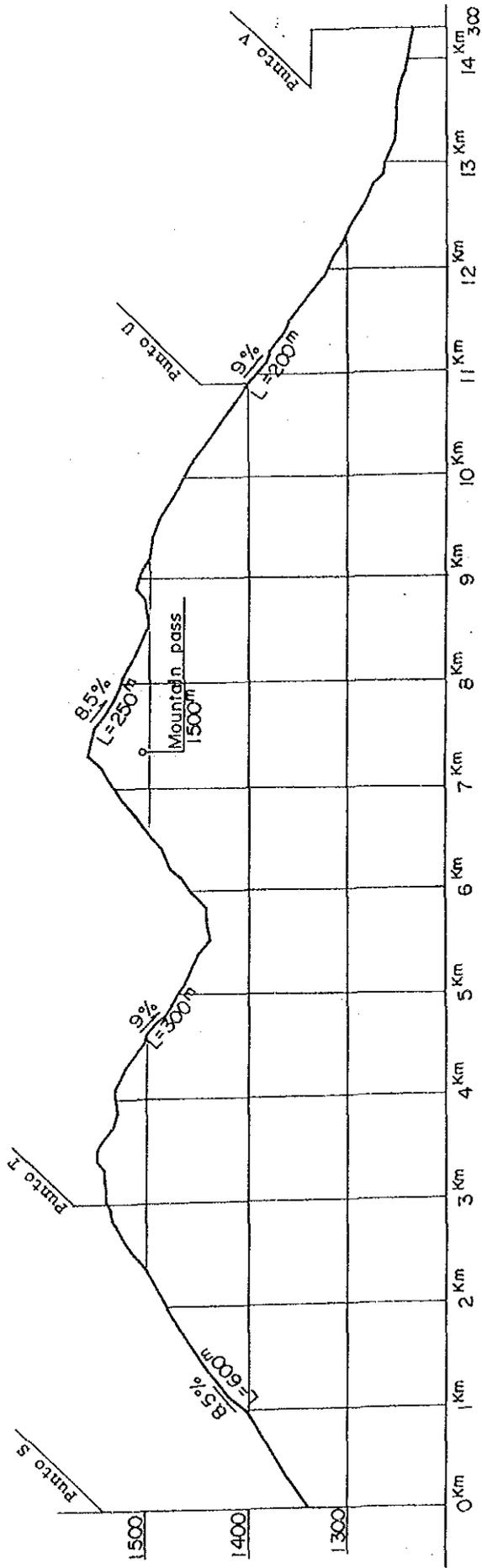
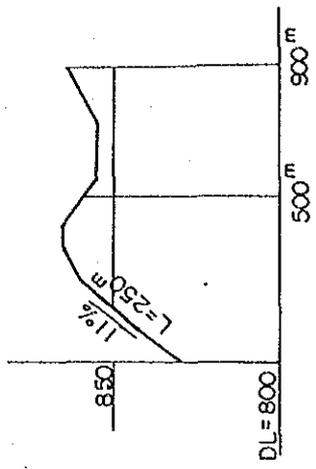


Fig. 2.3-4 Perfil entre Puntos S y V

datos.

Tabla 2.3-8 Proporción de ancho de vía actual (W)

W (m)	Length(km)	Proportion(%)
W < 5	43	37
5 < W < 6	39	34
6 < W < 7	20	17
7 < W	14	12

Coincidiendo con curvas horizontales, es frecuente la dificultad o imposibilidad para que los automóviles puedan pasar o cruzarse en las secciones con un ancho inferior a 6 metros. Más del 70 % de la sección en estudio presenta este caso.

Puntos donde el ancho de la vía es extremadamente reducido (menos de 4 m) se indican a continuación :

- a) Punto C + 1.0 km W = 3.8 m
- b) Punto H + 1.2 km W = 3.8 m
- c) de Punto H + 2.5 km
 a Punto I + 0.4 km W = 3.1 - 3.7 m
- d) Punto P + 1.7 km W = 3.2 m

(5) Puentes

En toda la extensión del tramo en estudio, existen 14 (catorce) puentes, como se muestra en Fig. 2.3-1. Se realizó un levantamiento de estos puentes, para tomar conocimiento de la condición actual de cada estructura. También se realizó una inspección visual de los daños en los puentes y las características geométricas del alineamiento de los caminos de acceso.

Según información de autoridades de SNC, todos estos puentes, excepto el Puente Yara, fueron construidos antes de 1965. El Puente Yara fue construido en 1980 y es el más nuevo en todo el tramo en estudio. Casi todos los puentes (excepción de Puente Yara) están situados en valles profundos.

Los puentes construidos antes de 1965 están clasificados de acuerdo a los siguientes cinco tipos de estructura :

- a) vigas de acero, sección I(5 puentes)
- b) celosía (reticulado) de acero, tipo Warren(3 puentes)
- c) losa RC(2 puentes)
- d) vigas RC, sección T(2 puentes)
- e) vigas RC, tipo U-reversa(1 puente)

Nota : RC - hormigón armado

Estos puentes tienen longitudes totales de entre 6.0 y 28.3 metros; luces de entre 5.6 y 28.0 metros; ancho efectivo de entre 3.8 y 6.0 metros. Todos ellos están clasificados como puentes pequeños.

El Puente Yara es una estructura compuesta de hormigón pretensado, con vigas tipo I, construido sobre el Río Yara, a la entrada de la población de Caranavi. Tiene las siguientes dimensiones : longitud del puente, 180.80 m; luz del puente, 6 x 30.00 m; ancho efectivo, 7.30 m. Este es el único puente con dos vías. Para detalles de los puentes investigados, referirse a Tabla 2.3-9.

1) Caminos de acceso

Los alineamientos geométricos de los caminos de acceso a los Puentes Cascada, Alto Choro y Chojña tienen un radio de curvatura relativamente grande, de más de 200 metros. Los otros puentes tienen radio de curvatura muy pequeño, menos de 18 metros, debido a que están localizados en la parte profunda de los valles. Para más detalles, referirse a

Tabla 2.3-9 Resultados de investigación de puentes (1)

Name of Bridge	Location	Accumulated Distance(Km)	Type of Bridge	Total Bridge Length (m)	Effective Width (m)	Remarks
Patuni Bri.	Point "B"	7.3	Steel I-Section Girder	8.4	4.4	Precast RC Slab
Challa Bri.	Point "C"	11.6	ditto	8.4	4.4	ditto
Cascada Bri.	Point "D" + 5.1 Km	20.6	ditto	6.0	4.4	ditto Skew Angle L-68 degree
Alto Choro(1) Bri.	Point "E" + 4.6 Km	26.7	RC Reversed U-Type Girder	5.6	4.9	
Alto Choro(2) Bri.	Point "F"	27.0	Steel Warren Truss	28.3	3.8	Cast in Place RC Slab
Puerto Leon Bri.	Point "H"	34.9	Wooden Bridge and Steel Warren Truss	26.1	4.6	Reinforced Wooden Bridge with 5 I-Section Beams
Cajones Bri.	Point "I"	37.8	Steel I-Section Girder	7.6	6.0	Wooden Slab
Chojna Bri.	Point "J"	41.7	ditto	12.5	4.2	Cast in place RC Slab Skew Angle L- 66 deg.20 min.
San Silverio Bri.	Point "K"	49.1	Steel Warren Truss	14.5	4.6	ditto
Yara Bri.	Point "M" + 3.2 Km	62.9	PC I-Section Girder(6 - Span)	180.8	7.3	Post Tension Method Cast in Place RC Slab
San Lorenzo Bri.	Point "O"	76.8	3 Continuous Span RC Slab	22.8	5.0	
Espíritu Bri.	Point "P"	80.1	RC T-Section Girder	18.6	4.3	
Carrasco Bri.	Point "Q"	85.1	ditto	18.7	4.3	
Avaroa Bri.	Point "S"	93.4	RC Slab	8.2	5.8	

Note : "Accumulated Distance" is a distance from Santa Bárbara.

Tabla 2.3-10.

2) Grado de daños

En la inspección visual se encontró que el grado de daños en los puentes de acero es más severo que en los de hormigón. Especialmente, se observó la existencia de corrosión acumulada en vigas de acero, deficiencia en elementos y vigas horizontales, y losas destruidas. Adicionalmente, se notó que la junta entre losas preconstruidas y elementos del envigado no es adecuada.

En el caso de puentes con envigado de acero, se observó corrosión en los elementos de acero, deformación en cada miembro, además de acero de refuerzo de las losas expuesto y con severa corrosión.

En el caso de estructuras de hormigón, se notaron daños severos, como grandes fisuras en el envigado principal y grandes agujeros en la losa, especialmente en los puentes con estructura del tipo U-reversa.

En otros puentes de hormigón, solo se observaron fisuras finas. El Puente Yara se encuentra en buenas condiciones, en cuanto a su losa y al sistema de vigas.

En casi todos los puentes investigados, se verificó la existencia de bordillos de seguridad. Sin embargo, no hay barandas en los puentes de vigas de acero de sección I, en uno de los puentes de losas de hormigón armado y en el puente de hormigón armado con vigas tipo U-reversa.

Tabla 2.3-10 Resultados de investigación de puentes (2)

Name of Bridge	Outward and Evaluation	Remarks		
		Results of Compressive Strength Test by Schmidt Hammer	Horizontal Minimum Radius of Access Road	
Patuni Bri.	Parts of the present slab are broken away. The connections between the slab and main girder are not sufficient. Almost all members are rusted. Three cross bars are cut off at the centers.	III	218 - 242 Kg/cm ² (Slab)	R min = 14 m
Challa Bri.	The connection between the present slabs and main girders are not sufficient. The outside girder of the upper stream is bent, and horizontal deformation has come to approximately 6 cm.	III	-----	R min = 18 m
Cascada Bri.	Parts of the precast slab are broken away and the round reinforced bars are exposed. A pair of cross bars are lost.	III	197 - 215 Kg/cm ² (Slab)	R min = 300 m
Alto Choro Bri. (1)	Two holes are found in the slab, and one of the holes is 30 cm in diameter. Many cracks are found on the girders, especially on the outside girder on the upper stream side. Parts of the concrete girders are broken away and the round bars are exposed.	IV	188 - 203 Kg/cm ² (Slab and girder)	R min = 200 m
Alto Choro Bri. (2)	Deformed bars are exposed under the surface of the slab. A lower chord member at an end of the bridge is bent.	IV	251 - 285 Kg/cm ² (Slab)	R min = 12 m
Puerto Leon Bri.	Since wooden slab is not connected with cross bars, the whole rigidity of the bridge is not enough. Lateral bracing members nearby the abutment are bent.	III (IV)	233 - 261 Kg/cm ² (Pier)	R min = 15 m
Cajones Bri.	The slab consists of wood and soil, and has a hole of 80 cm in diameter. The main girders consist of several I-Section steel and wood, and do not have cross beam. The steel girders are rusted.	IV	-----	R min = 14 m
Chojna Bri.	The upper surface of the concrete slab is abraded and the reinforced round bars are exposed. End parts and surrounding of the slab's transverse joint of the girders are hardly rusted.	II	196 - 214 Kg/cm ²	R min = 400 m
San Silvirio Bri.	Deformed bars of the slab are exposed everywhere. Steel truss members are rusted especially on the lower chord members and the splice plate are hardly rusted.	III	223 - 249 Kg/cm ²	R min = 16 m
Yara Bri.	Can't find to be noted especially.	I	-----	-----
San Lorenzo Bri.	A lot of hair cracks are found on the upper surface of the slab, but not found on the lower slab.	II	249 - 289 Kg/cm ²	R min = 17 m
Espiritu Bri.	The upper surface of the concrete slab is abraded. An end part of the slab is broken away.	II	214-237 Kg/cm ² (Slab) 233-262 Kg/cm ² (Girder)	R min = 17 m
Carrasco Bri.	ditto.	II	261-298 Kg/cm ² (Slab) 229-259 Kg/cm ² (Girder)	R min =crank
Avaroa Bri.	A lot of hair cracks are found on the lower surface of the slab.	II	240-271 Kg/cm ² (Slab)	R min = 16 m

Note:1 Evaluation Method

I Good

II Need of resurfacing (overlay)

III Necessary to reconstruct concrete slab or part of members.

IV Preferable to change with a new bridge or box culvert.

2 Nothing is to be noted for abutments and piers. (Comparatively good)

En la revisión de los puentes, solo se pudieron investigar las porciones expuestas de la infraestructura. Sin embargo, se verificó que la infraestructura propiamente dicha, considerada globalmente, está en buena condición.

Se consideró que la fundación fue construida como fundación directa, debido a que el lecho de roca o la capa de grava se puede ver expuesta sobre la superficie del terreno.

3) Accesorios de puentes

Accesorios de los puentes investigados se resumen a continuación, en Tabla 2.3-11 :

Tabla 2.3-11 Observación de puentes

	Joint Appurtenance	Joint	Drainage Facilities
Steel I-Section Girder	x	x	x
Steel Warren Truss	x	0	0
RC Slab	x	0	0
RC T-Section Girder	x	0	0
RC Reversed U-type Girder	x	x	x
PC I-Section Girder	0	0	0

Nota : x = ausencia; 0 = existente

(6) Sitios de ocurrencia de desastres

Al realizar el reconocimiento del terreno, las investigaciones geológicas y las entrevistas con pobladores locales y autoridades concedoras de la región, se hizo una investigación de puntos potenciales de desastre, a lo largo del tramo en proyecto. Primeramente, se seleccionaron todos los lugares donde ha ocurrido algún desastre o puede ocurrir en el futuro. Luego, cada uno de estos sitios fueron investigados en detalle, para considerar los trabajos de mejoramiento requeridos.

Se localizaron un total de noventa y siete puntos. Una detallada descripción de los mismos se presenta en el Capítulo 3. "INVESTIGACION GEOLOGICA", en este informe.

Después de evaluar la condición y las características de cada uno de estos puntos, se identificaron sesenta puntos como sitios potenciales de desastre, después de omitir los puntos que parecen haberse estabilizado.

En el curso de esta investigación, en cada punto, se tomaron en consideración principalmente los siguientes items :

- a) altura y pendiente del talud (natural o artificial),
- b) material del talud, y su composición,
- c) condición de meteorización, erosión, socavación, etc,
- d) infiltración y aguas subterráneas,
- e) estratificación geológica,
- f) actividad de fallas y deslizamientos,
- g) información de desastres pasados, obtenida de entrevistas y,
- h) resultados de observación de fotografías aéreas.

Los sesenta puntos, identificados como sitios potenciales de desastre, han sido clasificados en seis grupos, de acuerdo al tipo de desastre :

- a) falla de talud (de corte o natural)
- b) falla de talud de terraplén
- c) caída de roca
- d) deslizamiento de tierras
- e) arrastre de tierra y escombros (masamorra)
- f) zona fracturada por líneas de falla

Un concepto, o croquis esquemático de cada tipo de desastre, se muestra en Fig. 2.3-5.

1) Falla de talud, de corte o natural

Este tipo de falla puede normalmente ser sub-clasificado en fallas superficiales y profundas. Sin embargo, no se encontraron fallas profundas en el área de estudio, es decir, todas las fallas de talud, de corte o natural, han sido fallas superficiales.

Los materiales en los taludes donde este tipo de falla se encontró o se presume que ocurra, son suelo o mezclas de suelo/grava. Se considera que este tipo de fallas son causadas principalmente por meteorización de materiales de

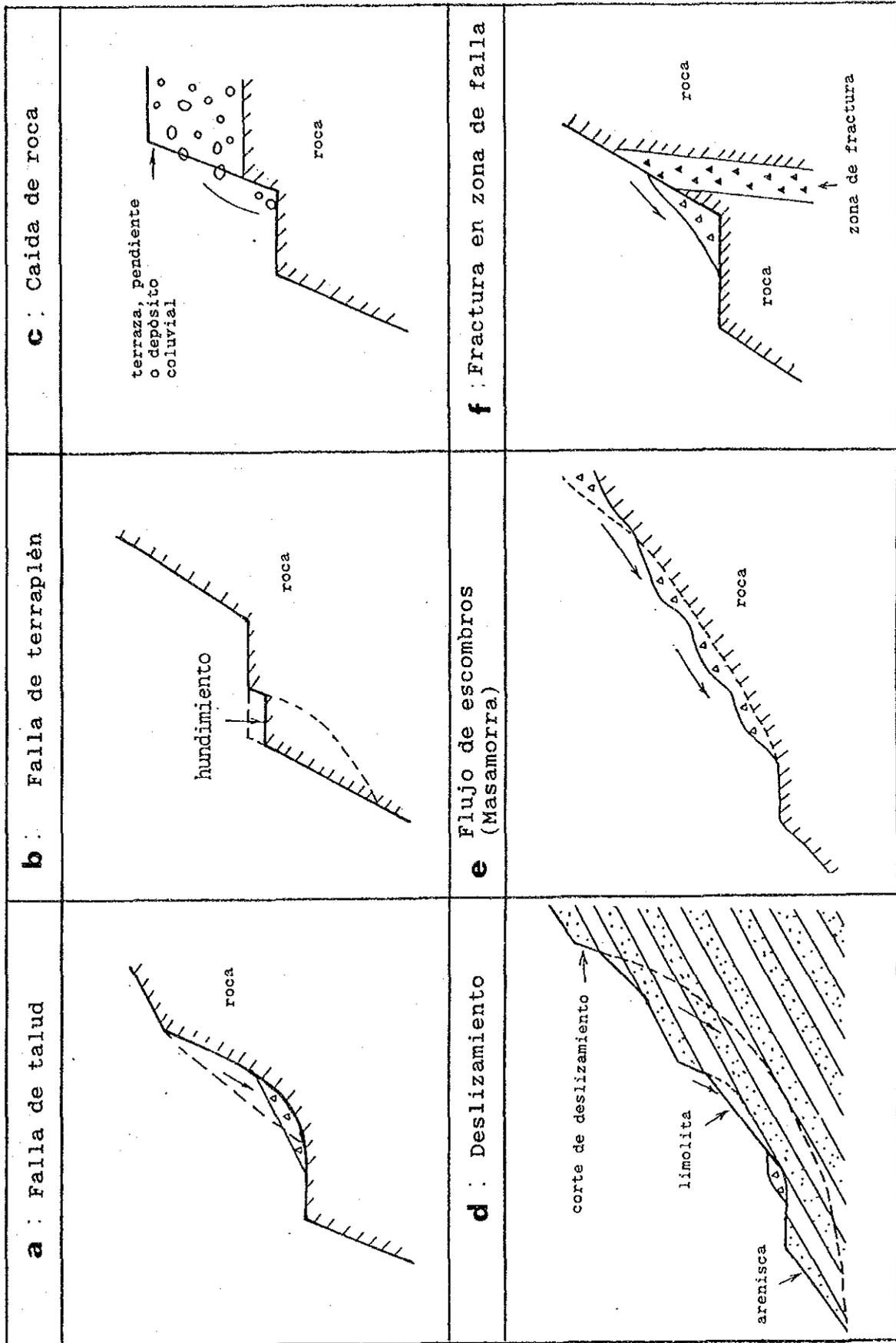


Fig. 2.3-5 Tipo de desastre

superficie y erosión. Hay muchos lugares donde el ángulo del talud es casi similar al ángulo crítico para la estabilidad del material; en tales lugares, una mayor meteorización o erosión pueden iniciar una falla.

2) Falla de talud en terraplenes

A pesar de que en el camino existente, previamente descrito, no hay muchos lugares donde el camino fue construido en un terraplén, se encontraron fallas de este tipo en varios lugares.

Se considera que la causa principal de este tipo de falla es el hecho de que el terraplén fue construido en un talud natural, de fuerte pendiente y, sin un corte de soporte. Se considera una razón secundaria la compactación insuficiente y la fuerte pendiente del terraplén.

3) Caída de rocas

Desastres de este tipo podrían ocurrir no solo en taludes compuestos exclusivamente de material rocoso, sino en suelos que contienen pedrones.

4) Deslizamiento de tierras

Esta categoría incluye deslizamientos en los que el movimiento procede lentamente, en escala considerablemente grande, debido a debilidad fundamental de la estructura del sub-suelo, a una profundidad considerable de la superficie.

5) Arrastre de escombros / arrastre de roca (masamorra)

Arrastre de escombros, suelo y rocas ocurre cuando se produce una falla aguas arriba del punto en consideración. Los escombros causan tremendos daños en su paso hacia las zonas más bajas. En la mayoría de los casos, el material fluye con agua.

Es bastante difícil pronosticar la ocurrencia de este tipo de desastre, puesto que originalmente se inicia en un lugar remoto en relación al punto donde se causa el daño.

6) Zona fracturada

La razón común de fallas de esta categoría es que los materiales del área son fracturados por el movimiento geológico de una línea de falla.

Tabla 2.3-12 muestra el resultado de la clasificación de los sesenta puntos de desastre potencial antes descritos. Una descripción detallada de cada punto se presenta en Tabla 4.5-1.

Tabla 2.3-12 Número de puntos de desastre potencial, por tipo de falla

Sub-section	Type of Failure						total
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	
S/Barbara - (F)	7	0	1	0	1	0	9
(F) - (K)	8	1	1	0	0	0	10
(K) - Caranavi	5	0	0	0	3	0	8
Caranavi - (Q)	11	0	0	0	4	0	15
(Q) - (V)	8	2	1	0	1	0	12
(V) - B/Vista	1	0	0	4	1	0	6
Total	40	3	3	4	10	0	60

Nota : 1) Estos 60 puntos son parte de los 97 que están descritos en "3. INVESTIGACIONES GEOLOGICAS", y son aquellos con un potencial de desastre con grado de estabilidad II ó III, en Tabla 3.3-1.

2) Todos los puntos bajo el tipo (f) han sido categorizados simultáneamente en otro grupo de tipo, y en la tabla se los cuenta como de otro tipo. Es así que el número de puntos de tipo (f) es cero.

De todos estos puntos, los de tipo (a) "fallas de talud en corte" están distribuidos en varios puntos del camino en estudio, y, en particular, este tipo de desastre se encuentra en un muy corto tramo en la sub-sección Caranavi a Punto (Q) (Carrasco).

Los puntos identificados como tipo (b) "fallas en terraplén" se presentan en limitadas secciones, como la sección de Punto (F) (Alto Choro) a Punto (K), y Punto (Q) a Punto (V). Los puntos potenciales de caída de rocas también se encuentran en limitadas secciones, entre Santa Bárbara y Punto (K), Punto (Q) y Punto (V).

Puntos con aparente potencial de deslizamientos se encuentran en las proximidades del punto final del proyecto en estudio.

(7) Talud existente

Durante el reconocimiento del terreno, para referencia, se midió en forma aproximativa la pendiente del talud existente en el lado elevado del camino. También se hizo una estimación de los niveles del terreno, que se esperan después del ensanchamiento del camino a dos vías. Los resultados están resumidos en Tablas 2.3-14, 2.3-13 y también se muestran esquemáticamente en Fig. 2.3-1.

En el tratamiento de estos valores, se debe prestar especial atención, ya que se trata de estimaciones aproximadas.

Tabla 2.3-13 Altura de talud estimada, después de mejoras

Height of Slope (m)	Length (Km)	Rate of the Whole Section (%)
H<10	49.2	43
10<H<20	51.1	44
H>20	15.2	13
Total	115.5	

Tabla 2.3-14 Pendiente del talud existente,
y altura estimada del futuro talud

Sub-section	Gradient (deg)	Estimated height (m)
Santa Barbara-A	60	10<H<20
A-B	45-60	10<H<20
B-Challa(c)	55-80	10<H<20 or 20<H
Challa(c)-D	65-90	10<H<20 or 20<H
D-E	60-70	10<H<20
E-Alto Choro(F)	60	10<H<20
Alto Choro(F)-G	40-90	10<H<20 or 20<H
G-Puerto Leon(H)	90	10<H<20 or 20<H
Puerto Leon(H)-I	60-90	10<H<20 or 20<H
I-J	65-90	10<H<20 or 20<H
J-K	55-90	H<10 or 10<H<20
K-Santa Ana(L)	45-55	H<10
Santa Ana(L)-M	45-70	H<10 or 10<H<20
M-Caranavi	50-70	H<10 or 10<H<20
Caranavi-N	55-60	H<10 or 10<H<20
N-O	45-70	10<H<20 or 20<H
O-P	60-65	10<H<20
P-Carrasco(Q)	40-90	H<10 or 10<H<20
Carrasco(Q)-R	60	H<10
R-S	60-80	H<10
S-T	60	H<10
T-U	60-90	H<10 or 10<H<20
U-V	60-75	10<H<20 or 20<H
V-W	45-70	H<10 or 10<H<20
W-Bella Vista	45	H<10

(8) Obras de drenaje

Considerando que la mayor parte del camino existente fue construido mediante cortes en el talud, es esencial la instalación de los siguientes tres tipos de drenaje para mantener el camino en buenas condiciones. Estos son; drenaje transversal, drenaje lateral y drenaje para proteger taludes de corte y relleno.

1) Drenaje transversal

En sitios donde existen corrientes constantes de agua

(excepto en los puntos donde existen puentes, que están descritos en "(5) - Puentes", en este capítulo), a lo largo del camino en estudio, se instalaron tuberías de metal corrugado o de hormigón, como drenaje transversal. Todos estos sitios se indican en el Mapa Topográfico (1:5,000) preparado para el estudio.

Los diámetros de los tubos son de 600 a 1,000 mm. En sitios más densamente enterrados, los tubos fueron instalados cada 300 metros, a lo largo del camino.

Sin embargo, en muchos lugares, la capacidad de los tubos instalados ha sido excedida y probada insuficiente para el volumen de escurrimiento de aguas de las montañas. Por otra parte, la mayoría de los tubos no tienen estructuras de entrada y salida adecuadas, como muros frontales y laterales, por lo que los tubos no trabajan en forma satisfactoria.

Incidentalmente, SNC tuvo la idea de mejorar estas obras de drenaje existentes, usando el fondo de BID. Sin embargo, fueron forzados a parar este programa mientras se espera el resultado del presente estudio.

2) Drenaje lateral

Se construyeron drenajes laterales, tipo cunetas sin revestimiento, para coleccionar aguas de los taludes y canalizarlas hasta una tubería transversal. Sin embargo, aparentemente no tienen la capacidad suficiente, probablemente debido a su reducida dimensión ó a que fueron dañadas o enterradas por la falta de mantenimiento.

Como resultado de este insuficiente drenaje, las aguas frecuentemente inundan el camino, causando daños en muchas secciones.

3) Drenaje para protección de taludes

Debido a la falta de obras de drenaje para protección de taludes, como zanjas verticales en una pendiente, zanjas de coronación o zanjas en bermas, y/o sumideros ciegos en/o debajo de las mismas, las aguas que fluyen en la superficie de los taludes inducen desastres de tipo falla de talud o caída de rocas.

(9) Otras Facilidades

En el camino existente no se encontraron otras obras que facilitan el tránsito y dan seguridad al tráfico, como señalización, barandas de seguridad, reflectores o espejos. En el levantamiento de reconocimiento fueron consideradas, indudablemente, algunas de estas obras, por ser esenciales para mejorar la calidad de la carretera.