

CAPÍTULO 7
DISEÑO FINAL DE LAS
CARRETERAS

CAPÍTULO 7 DISEÑO FINAL DE LAS CARRETERAS

7.1 Alineamiento

7.1.1 Generalidades de las rutas a diseñar

Como se describe en el Capítulo 3, con base a los estudios preliminares desarrollados, incluyendo el análisis de rutas alternas en algunas áreas, el equipo consultor seleccionó un total de 215.835 km. de carreteras pasar a la etapa de diseño final y 39.300 km de desvío de RN7W. La tabla 7-1 resume los tramos indicados.

Tabla 7-1 Tramos a considerar para su diseño final

Tramos para diseño final	Longitud	Tipo de mejoramiento considerado
Norte de El Quiché Playa Grande - San Juan Chactelá - Río Copón		
Playa Grande - San Juan Chactelá	45.600km	Mejoramiento de ruta existente
San Juan Chactelá - Santa María Semococh	4.755km	Construcción nueva
Santa María Semococh - Río Copón	4.774km	Mejoramiento de ruta existente
Total	55.129km	
Sur de El Quiche Chicamán - Saquixpec - El Paraíso - San Pedro Cotejá - Río Copón		
Chicamán - El Amay	26.867km	Mejoramiento de ruta existente
El Amay - La Parroquia Lancetillo	22.300km	Mejoramiento de ruta existente
La Parroquia Lancetillo - El Paraíso	20.800km	Mejoramiento de ruta existente
El Paraíso - San Pedro Cotijá	16.094km	Construcción nueva
Total	86.061km	
Alta Verapaz Lanquín - Cahabón - La Soledad		
Lanquín - Cahabón	27.920km	Mejoramiento de ruta existente
Cahabón - La Soledad	46.725km	Mejoramiento de ruta existente
Total	74.645km	
Gran Total		
	215.835km	
Desvío de RN7W San Cristóbal Verapaz - Santa Elena		
San Cristóbal Verapaz - Chiborróm	17.000km	Mejoramiento de ruta existente
Chiborróm - Quejá	19.300km	Construcción nueva
Quejá - Santa Elena	3.000km	Mejoramiento de ruta existente
Total	39.300km	

Nota: Longitud de carreteras incluyendo de longitud de puentes

Con base a las investigaciones de campo, se establecieron aquellas secciones que podrían requerir revisiones o modificaciones en su alineamiento, así como aquellas que requerirían de trabajos de prevención. En estos tramos se realizaron estudios detallados de topografía y geotecnia.

Los criterios empleados para considerar cambios en el alineamiento se resumen a continuación:

- Desvíos en tramos que pasan a través de las comunidades.
- Modificaciones en las aproximaciones a los puentes (incluyendo cambio en la localización del puente)
- Tramos que no cumplen con especificaciones.

Las figuras 7-1 a 7-4 presentan los puntos en los cuales se estarían analizando modificaciones en el alineamiento y trabajos de prevención de derrumbes.

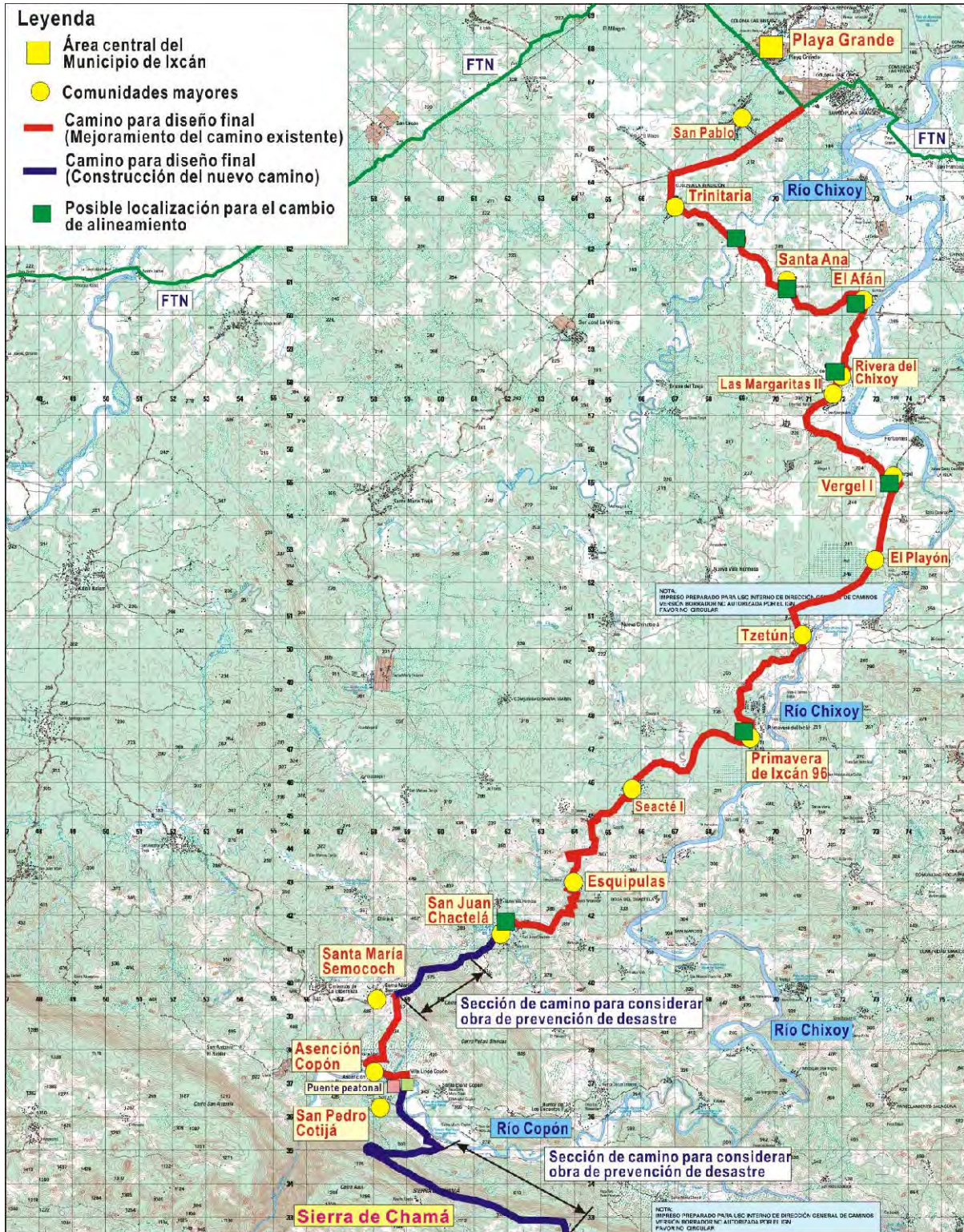


Figura 7-1 Localización del mejoramiento del camino existente, construcción nueva, cambio de alineamiento y obras de prevención de desastres en Ixcán

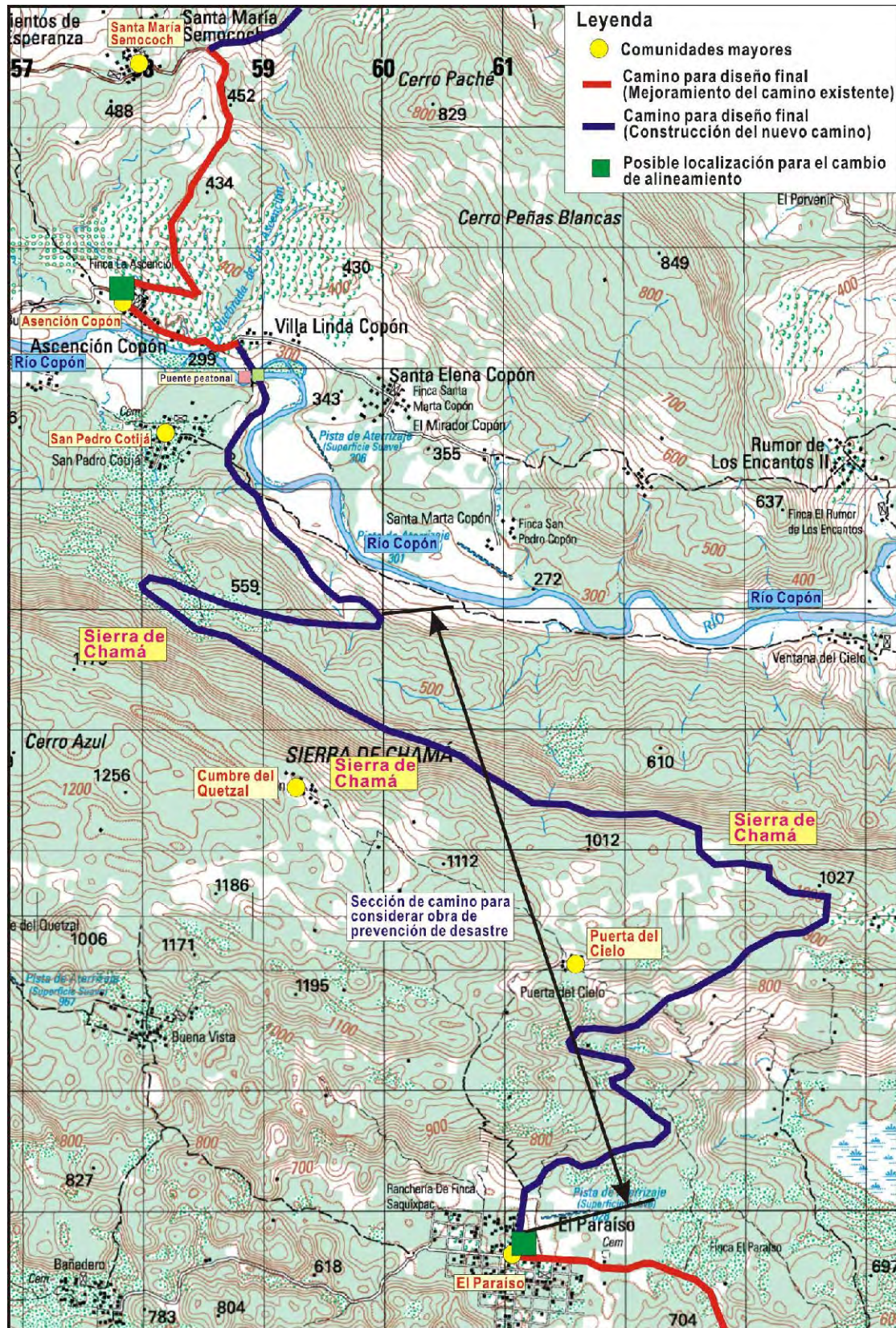


Figura 7-2 Localización del mejoramiento del camino existente, construcción nueva, cambio de alineamiento y obras de prevención de desastres entre Río Copón y El Paraíso

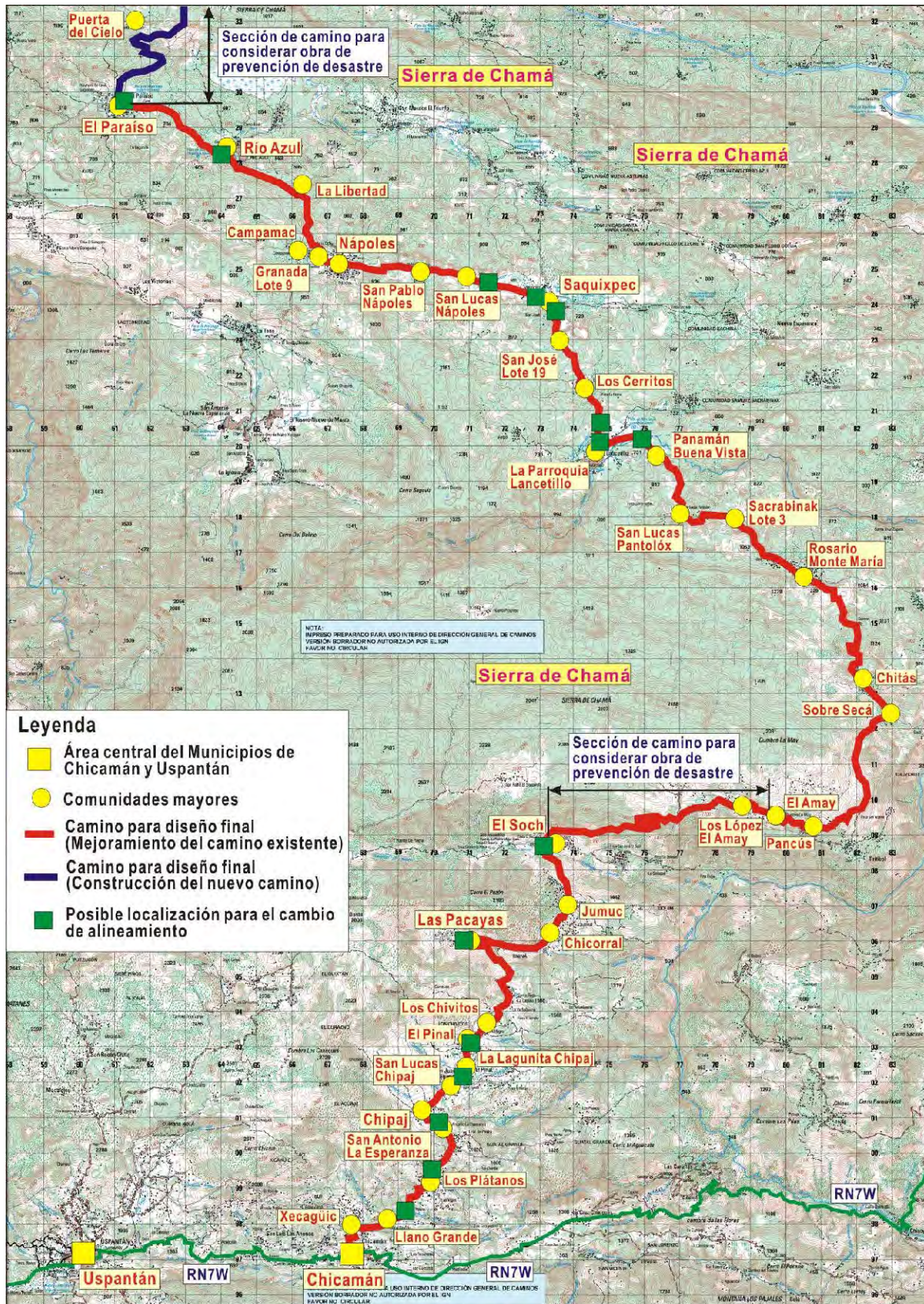


Figura 7-3 Localización del mejoramiento del camino existente, construcción nueva, cambio de alineamiento y obras de prevención de desastres en Chicamán y Uspantán.

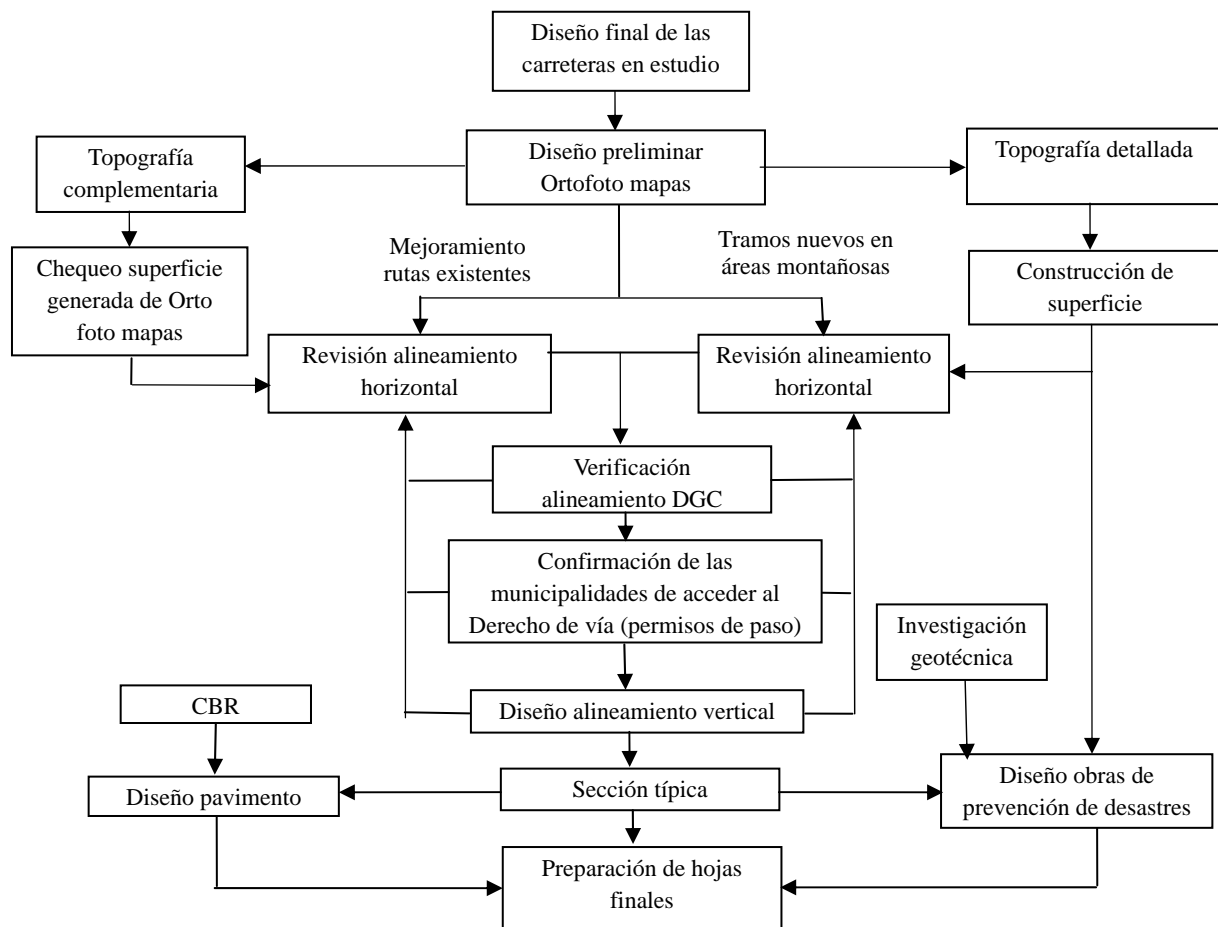


Figura 7-5 Proceso para el diseño de las rutas en estudio

Las especificaciones a emplear para los levantamiento topográficos comprenden levantamiento cada 20 metros con secciones transversales de 30m (cada 10m en secciones en curva) para la construcción de planos de planta (escala 1/1000), con perfiles y secciones transversales (escala 1/200). Estos levantamientos incluyen la localización de la orillas de las viviendas próximas a la ruta existente.

En el caso del tramo en la Sierra de Chama entre el Paraíso y Río Copón, aún cuando esta topografía se inició en Junio, únicamente se levantaron 2.5 km en tres semanas, habiéndose suspendido esta labor para finalizar los levantamientos de las topografías especiales de los puentes y los otros tramos de las carreteras a finales de mes de Agosto. Posteriormente, se concentraran todas las brigadas en dicha sección, habiéndose finalizado los levantamientos topográficos a mediados del mes de Octubre.

Adicionalmente, en el desvío en el deslizamiento en la RN7W, que fuera incluido en el estudio a solicitud del GdG, el levantamiento topográfico detallado entre Santa Elena – Quejá – Chiborróm y el estudio suplementario entre San Cristóbal Verapaz y Chiborróm se termino en Octubre, aún cuando la gestión para obtener los permisos para entrar a desarrollar dichos trabajos tomo mucho tiempo.

(2) CBR

a) CBR de las rutas en estudio

De conformidad a los requerimientos de la DGC para el diseño de pavimentos, es necesario el muestreo de las condiciones de suelos existente mediante calicatas cada 500m para la totalidad de la ruta en estudio. Para este efecto, se contrato con un consultor local para efectuar la investigación geotécnica de las rutas en estudio, con una longitud total de 203.16km.

Los ensayos de laboratorio de acuerdo a AASHTO fueron llevados a cabo para aquellas muestras seleccionadas, en acuerdo con el especialista de la DGC, para tramos en condiciones similares. Los resultados de laboratorio se encuentran en proceso de revisión, con base a los cuales se procederá al diseño del pavimento. Los resultados de laboratorio se encuentran en proceso de revisión, con base a los cuales se procederá al diseño del pavimento.

Las tablas 7-2 a 7-6 muestran los resultados de CBR para los distintos tramos de la carretera en estudio. En caso de los puntos con CBR menores a 3.0 (achurados en color gris), considerados como material con baja capacidad soporte, se hace necesario considerar métodos para mejorar dicha condición,

Tabla 7-2 Resultados de los ensayos de materiales (CBR) Playa Grande – Río Copón.

Estación	CBR	HIN %	Clasificación de AASHTO	Descripción
0+000	2.2	4.8	A - 7 - 5	Arcilla Limosa
0+500	5.0	4.6	A - 7 - 5	Arcilla Limosa
1+000	2.2	3.4	A - 4	Limo Arena Arcilloso Café
1+500	5.4	2.8	A - 7 - 6	Arcilla Rojiza
3+500	5.6	4.8	A - 2 - 6	Limo Arcilloso Color Café
4+000	2.2	3.3	A - 4	Arcilla Limosa
7+500	25.0	0.3	A - 2 - 4	Limo Arena Arcilloso
8+500	78.0	0.0	A - 2 - 4	Arena Limosa con Grava
9+000	3.3	4.1	A - 7 - 5	Arcilla Limosa
9+500	3.4	4.5	A - 7 - 5	Arcilla Limosa con poca Grava
12+500	3.1	7.2	A - 7 - 5	Arcilla café
16+000	32.0	0.3	A - 2 - 4	Grava con Arena Limo Arcillosa
19+000	53.0	0.3	A - 2 - 6	Limo Arenoso Arcilloso con Grava
23+000	24.0	0.0	A - 2 - 4	Arena Pómez Gris
32+000	3.0	6.6	A - 7 - 5	Arcilla Limosa
32+500	6.6	4.9	A - 7 - 5	Arcilla Limosa
35+000	6.0	4.8	A - 7 - 5	Arcilla Limosa Gris
37+000	5.3	0.3	A - 7 - 5	Arcilla Limosa Café Claro
38+000	2.2	7.6	A - 7 - 5	Arcilla Gris
48+000	13.0	1.4	A - 2 - 4	Grava con Arena Limo Arcillosa Café
53+000	55.0	0.4	A - 2 - 4	Cantos Rodados con Arena Limo Arcillosa

Tabla 7-3 Resultados de los ensayos de materiales (CBR) Chicamán – El Paraíso

Estación	CBR	HIN %	Clasificación de AASHTO	Descripción
1+000	4.0	4.5	A - 7 - 5	Arcilla Limosa
2+000	2.8	4.5	A - 2 - 7	Arcilla Limo Arenosa con poca Grava
3+000	66.5	0.1	A - 2 - 6	Grava con Arena Arcillo Limosa
9+000	7.1	2.2	A - 5	Limo Arcilloso Color Café
13+500	2.7	8.2	A - 7 - 5	Arcilla Café Claro
17+000	2.4	5.1	A - 7 - 5	Arcilla Café Claro
21+000	2.3	7.9	A - 7 - 5	Arcilla Café Claro
26+000	10.5	1.5	A - 7 - 5	Arcilla Limosa Color Beige
30+000	23.0	0.9	A - 7 - 5	Arcilla Limosa Color Beige
33+000	44.0	0.6	A - 7 - 5	Arcilla Limosa Color Café Claro
38+000	4.9	5.5	A - 7 - 6	Arcilla Limosa
41+500	3.7	8.1	A - 7 - 5	Arcilla Café Oscuro
43+000	2.4	7.6	A - 7 - 5	Arcilla Limosa con poca Gravilla
45+500	3.9	4.8	A - 7 - 5	Arcilla Limosa
46+500	68.0	0.0	A - 1 - b	Grava con Arena Limosa Gris
47+500	10.5	1.4	A - 7 - 5	Arcilla Limosa con poca Gravilla
49+500	61.0	0.6	A - 2 - 7	Arena Limosa con Grava
52+500	5.1	5.8	A - 7 - 5	Arcilla Limosa
53+000	4.7	2.6	A - 7 - 5	Limo Arcilloso Rojizo
53+500	5.3	11.3	A - 7 - 5	Arcilla Gris con poca Grava
54+500	63.0	0.9	A - 2 - 6	Grava con Limo Arenoso Café Claro
55+500	3.3	11.3	A - 2 - 7	Arcilla Limosa Beige con poca Grava
56+500	5.1	4.1	A - 7 - 6	Limo Arcilloso con poca Grava
57+500	3.0	7.1	A - 2 - 5	Limo Areno Arcilloso Café Claro con poca Grava
58+000	2.2	6.3	A - 7 - 5	Arcilla Café Claro
58+500	2.7	4.3	A - 7 - 6	Arcilla Color Negro
59+500	5.6	0.5	A - 7 - 5	Arcilla Limosa Café Claro
60+000	11.0	1.4	A - 2 - 5	Grava con Limo Arcilloso Café Claro
62+000	5.3	8.8	A - 7 - 5	Arcilla Limosa Rojiza
62+500	2.4	4.8	A - 7 - 5	Arcilla Limosa Café Claro
66+500	33.0	0.4	A - 2 - 6	Limo Areno Arcilloso Café Claro con poca Grava
67+500	5.2	3.2	A - 5	Limo Arcilloso Beige
69+000	2.2	7.1	A - 7 - 5	Arcilla Café Claro

Tabla 7-4 Resultados de los ensayos de materiales (CBR) Lanquín – Cahabón

Estación	CBR	HIN %	Clasificación de AASHTO	Descripción
0+600.00	56	0.66	A - 2 - 4	Grava con Arena Limosa Color Gris
1+600.00	69	0.39	A - 2 - 6	Grava con Limo Areno Arcilloso Café Claro
5+100.00	38	0	A - 2 - 4	Limo Arenoso Café con Grava
15+100.00	74.5	1.54	A - 2 - 4	Grava con Limo Areno Arcilloso Café
16+100.00	2.1	4	A - 4	Limo Areno Arcilloso Café
17+100.00	2.3	4.3	A - 4	Limo Areno Arcilloso Café Claro
17+600.00	2.3	4.3	A - 2 - 7	Grava con Arena Arcillosa Color Negro
18+100.00	74	0.66	A - 2 - 6	Grava con Limo Areno Arcilloso Café Claro
18+600.00	2.2	4.5	A - 7 - 5	Limo Areno Arcilloso Café
20+600.00	25.1	1.69	A - 2 - 4	Limo Arenoso Color Café
21+600.00	12.2	2.88	A - 7 - 5	Arcilla Limosa
23+600.00	24.5	1.64	A - 2 - 4	Limo Areno Arcillosos Café Claro con poca Grava
24+600.00	57	0.76	A - 2 - 4	Limo Areno Arcilloso Café Claro con Grava
26+100.00	52	0.87	A - 2 - 4	Limo Areno Arcilloso Café Claro con Grava
28+600.00	2.7	3.65	A - 4	Limo Arcilloso Café Claro

Tabla 7-5 Resultados de los ensayos de materiales (CBR) Cahabón – La Soledad

Estación	CBR	HIN %	Clasificación de AASHTO	Descripción
31+350.00	3.8	6.9	A - 7 - 5	Arcilla Café Claro
32+350.00	4.4	5.8	A - 7 - 5	Arcilla Café Claro
33+350.00	3.6	4.2	A - 7 - 6	Arcilla Café Claro con poca Gravilla
33+850.00	4.5	6.8	A - 7 - 5	Arcilla Café Claro
37+850.00	5.8	7.2	A - 2 - 6	Grava con Arena Limo Arcillosa
47+850.00	97.5	0.0	A - 1 - a	Fragmentos de Roca con poca Arena
50+850.00	4.0	6.9	A - 7 - 5	Arcilla Limo Arenosa Café
56+350.00	4.0	6.9	A - 7 - 5	Arcilla Limo Arenosa Café
56+850.00	5.3	3.5	A - 2 - 7	Grava con Arcilla Limo Arenosa
58+350.00	4.8	3.1	A - 2 - 7	Grava con Arcilla Café
68+350.00	4.5	5.8	A - 7 - 5	Arcilla Rojiza
70+850.00	4.2	5.8	A - 7 - 5	Arcilla Limosa
74+850.00	4.0	5.2	A - 7 - 5	Arcilla Rojiza
76+850.00	24.5	3.6	A - 2 - 5	Grava con Arena Arcillosa
77+850.00	3.8	7.6	A - 7 - 5	Arcilla Café

Tabla 7-6 Resultados de los ensayos de materiales (CBR) San Cristóbal Verapaz – Chiborróm

Estación	CBR	HIN %	Clasificación de AASHTO	Descripción
00+050	13.5	1.6	A - 2 - 7	Grava con Arena Limo Arcillosa
00+500	2.2	6.3	A - 7 - 6	Arcilla Café Claro
01+500	2.8	6.6	A - 7 - 6	Arcilla Café Claro
03+500	2.0	9.6	A - 7 - 6	Arcilla Café Claro
04+500	3.2	5.3	A - 6	Arcilla Limosa Café Claro
05+500	2.5	8.7	A - 7 - 6	Arcilla Color Café
06+000	5.8	2.1	A - 7 - 5	Limo Arcilloso Beige
06+500	4.8	5.8	A - 2 - 7	Grava y Limo Arcilloso Café
07+000	7.9	1.3	A - 7 - 5	Arcilla Limosa Café Claro
07+500	2.8	5.1	A - 7 - 5	Arcilla Café Claro
08+100	3.3	2.7	A - 7 - 5	Arcilla Café Claro
08+500	13.8	0.6	A - 4	Limo Arenoso Rosado
09+000	9.4	0.0	A - 4	Arena Pómez Blanca
09+500	11.1	0.8	A - 7 - 6	Limo Arcilloso Beige
10+000	14.0	1.4	A - 2 - 7	Grava y Arcilla Arenosa
10+500	29.0	0.6	A - 4	Limo Arenoso Oscuro
11+000	89.0	0.0	A - 1 - a	Grava con Arena Limo Arcillosa Beige
11+500	7.1	2.7	A - 7 - 5	Arcilla Café
12+000	2.0	6.0	A - 7 - 5	Arcilla Café con poca Grava
12+500	23.0	0.9	A - 5	Limo Color Beige
13+000	51.0	0.7	A - 2 - 7	Grava con Arena Arcillosa Café
13+500	69.0	0.3	A - 2 - 6	Grava con Arena Arcillosa Beige
14+500	21.0	1.0	A - 2 - 5	Arena Limosa Beige
15+000	23.0	1.2	A - 4	Limo Café Claro

b) Ensayos de los bancos de materiales.

El equipo consultor procedió a efectuar la investigación geotécnica de 16 bancos de materiales, en forma paralela a los ensayos geotécnicos en las carreteras existentes. Luego, los ensayos de laboratorio fueron llevados a cabo de conformidad a AASHTO. La tabla 7-7 resume los resultados de los ensayos de los materiales.

Tabla 7-7 Resultados de los ensayos de materiales en bancos

Estación	CBR	HIN %	Clasificación de AASHTO	Descripción	Volumen aprox. m ³	Posible uso
Playa Grande – Río Copón						
22+200	30.0	0.6	A - 2 - 6	Grava con Arena Limo Arcillosa Café	100,000.0	Sub-Base
23+500	98.0	0.0	A - 1 - a	Grava y Arena de Río	800,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
48+150	32.0	1.3	A - 2 - 6	Roca Caliza con Arena Limo Arcillosa	200,000.0	Sub-Base
Chicamán – El Paraíso						
20+100	43.0	0.0	A - 1 - a	Grava con Arena Limosa	500,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
32+500	45.0	0.2	A - 1 - a	Roca Basáltica	150,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
65+500	38.0	0.9	A - 2 - 4	Grava y Arena Limo Arcillosa	100,000.0	Sub-Base
Lanquín – Cahabón						
16+050.00	98.0	1.0	A - 2 - 4	Grava con Arena Limosa	400,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
17+550.00	100.0	1.5	A - 2 - 4	Grava con Arena Limo Arcillosa	150,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
20+300.00	100.0	0.0	A - 1 - a	Roca Caliza	350,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
Cahabón – La Soledad						
45+350.00	71.0	0.0	A - 1 - a	Grava con Arena	150,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
47+850.00	97.5	0.0	A - 1 - a	Fragmentos de Roca con poca Arena	150,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
51+550.00	58.0	0.0	A - 1 - a	Grava con Arena Limosa	160,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
56+586.00	100.0	0.0	A - 1 - a	Grava con Arena	140,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
72+065.00	100.0	0.0	A - 1 - a	Grava con Arena	50,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
San Cristóbal Verapaz – Chiborróm						
3+000	100.0	0.0	A - 2 - 7	Grava con Arena	500,000.0	Concreto, Base y Sub-Base
Santa Elena - Quejá						
1+300	100.0	0.0	A - 1 - a	Fragmentos de Roca, Grava y Arena Gris	500,000.0	Concreto, Base y Sub-Base

(3) Investigación geotécnica para trabajos de prevención de taludes.

Derivado de los resultados de los trabajos de investigación efectuados durante la primera fase en Guatemala, se considero necesario la realización de trabajos de investigación geotécnica para la prevención de desastres en puntos específicos a lo largo de las carreteras en estudio, incluyendo los nuevos tramos. En estos tramos, los trabajos de investigación geotécnica se efectuarán mediante perforación (5m) a cada kilómetro en promedio en consideración a las condiciones de los suelos.

- El Paraíso - Río Copón (tramo nuevo: 16km)
- San Juan Chactelá - Santa María Semococh (tramo nuevo: 6km)
- El Soch - Cumbre de La May (mejoramiento de tramo existente: 8km)
- Lanquín - Cahabón (mejoramiento de tramo existente: 10km)
- Cahabón - La Soledad (mejoramiento de tramo existente: 10km)
- Quejá - Chiborróm (ruta nueva en el desvió en la RN7W: 22km)

Los resultados de las perforaciones se muestran en el apéndice 4.

7.2 Estándares de diseño para carreteras

La DGC utiliza básicamente las normas AASHTO como los principales parámetros de diseño. Las especificaciones a emplear han sido discutidas ampliamente con el Departamento Técnico de Ingeniería de la DGC. Resultante a ello, la DGC acordó el uso de una sección típica C en el tramo Ixcán – San Juan Chactelá, en donde la carretera se desarrolla en un terreno plano, fácil de ampliar; una sección típica D entre San Juan Chactelá y Chicamán, en donde se desarrolla en un área montañosa y una sección típica E entre Lanquín – Cahabón – La Soledad, la que se localiza en un área montañosa con altas expectativas de cortes altos, y el empleo se secciones específicas para áreas urbanas, incluyendo la provisión de banquetas en áreas con alta presencia de viviendas, escuelas, etc., como se muestra en la tabla 7-8. Las Especificaciones de diseño DGC como se muestra en la tabla 7-9.

Tabla 7-8 Especificaciones de diseño aplicadas a cada tramo

Tramo	Especificación	Elementos de la sección típica
Carreteras en El Quiché		
Playa Grande – San Juan Chactelá	Sección típica C	Ancho de rodadura 3.25mx2, Hombros 1.75mx2
San Juan Chactelá – San Pedro Cotijá	Sección típica D	Ancho de rodadura 3.00mx2, Hombros 1.30mx2
San Pedro Cotijá – El Paraíso	Sección típica D	Ancho de rodadura 3.00mx2, Sin hombros
El Paraíso – El Amay	Sección típica D	Ancho de rodadura 3.00mx2, Hombros 1.30mx2
El Amay – El Soch	Sección típica D	Ancho de rodadura 3.00mx2, Sin hombros
El Soch – Chicamán	Sección típica D	Ancho de rodadura 3.00mx2, Hombros 1.30mx2
Carreteras en Alta Verapaz		
Lanquín – Cahabón – La Soledad	Sección típica E	Ancho de rodadura 2.75mx2, Sin hombros
Desvío en la RN7W		
Santa Elena – Quejá – Chiborróm	Sección típica D	Ancho de rodadura 3.00mx2, Sin hombros
Chiborróm – San Cristóbal Verapaz	Sección típica D	Ancho de rodadura 3.00mx2, Hombros 1.30mx2
En áreas pobladas (urbanas)	Secciones típicas específicas	Ancho de rodadura 3.00mx2m, banqueta 1.00mx2

Las figuras 7-6 a 7-9 muestran las secciones típicas C, D y E, así como una sección típica con banquetas, respectivamente.

Tabla 7-9 Especificaciones de Diseño DGC

Clasificación	TPD	Región	Velocidad de diseño (km/hr)	Ancho de rodadura metros	Ancho de terracerías		Derecho de vía (m)	Radio máximo (m)	Pendiente máxima %	Distancia de visibilidad de parada		Distancia de visibilidad de rebase	
					Corte (m)	Relleno (m)				Mínimo (m)	Recomendad (m)	Mínimo (m)	Recomendad (m)
Tipo A	3000 a 5000	Plano	100	2 de 7.20				375	3	175	200	700	750
		Ondulado	80					225	4	130	150	500	550
		Montañoso	50					110	6	70	100	275	400
Tipo B	1500 a 3000	Plano	80	1 de 7.20	13.00	12.00	25	225	6	130	150	500	550
		Ondulado	60					110	7	80	100	350	400
		Montañoso	40					47	8	45	50	200	200
Tipo C	900 a 1500	Plano	80	1 de 6.50	12.00	11.00	25	225	6	130	150	500	550
		Ondulado	60					110	7	80	100	350	400
		Montañoso	40					47	8	45	50	200	200
Tipo D	500 a 900	Plano	80	1 de 6.00	11.00	10.00	25	225	6	130	150	500	550
		Ondulado	60					110	7	80	100	350	400
		Montañoso	40					47	8	45	50	200	200
Tipo E	100 a 500	Plano	50	1 de 5.50	9.50	8.50	25	75	8	65	75	275	300
		Ondulado	40					47	9	45	50	200	200
		Montañoso	30					30	10	20	40	125	150
Tipo F	50 a 100	Plano	40	7.00 *	9.50	8.50	15	47	10	45	50	200	250
		Ondulado	30					30	12	35	40	125	200
		Montañoso	20					18	14	20	25	100	150
Tipo G	0 a 50	Plano	40	5.50 *	7.50	6.50	15	47	10	45	50	200	250
		Ondulado	30					30	12	35	40	125	200
		Montañoso	20					18	14	20	25	100	150
Camino Rulares	0 a 50	Plano	40	4.00 *	6.00	5.00	15	47	10	45	50	200	250
		Ondulado	30					30	12	35	40	125	200
		Montañoso	20					18	14	20	25	100	150

Nota: *Rodaduras no pavimentadas (solo grava)

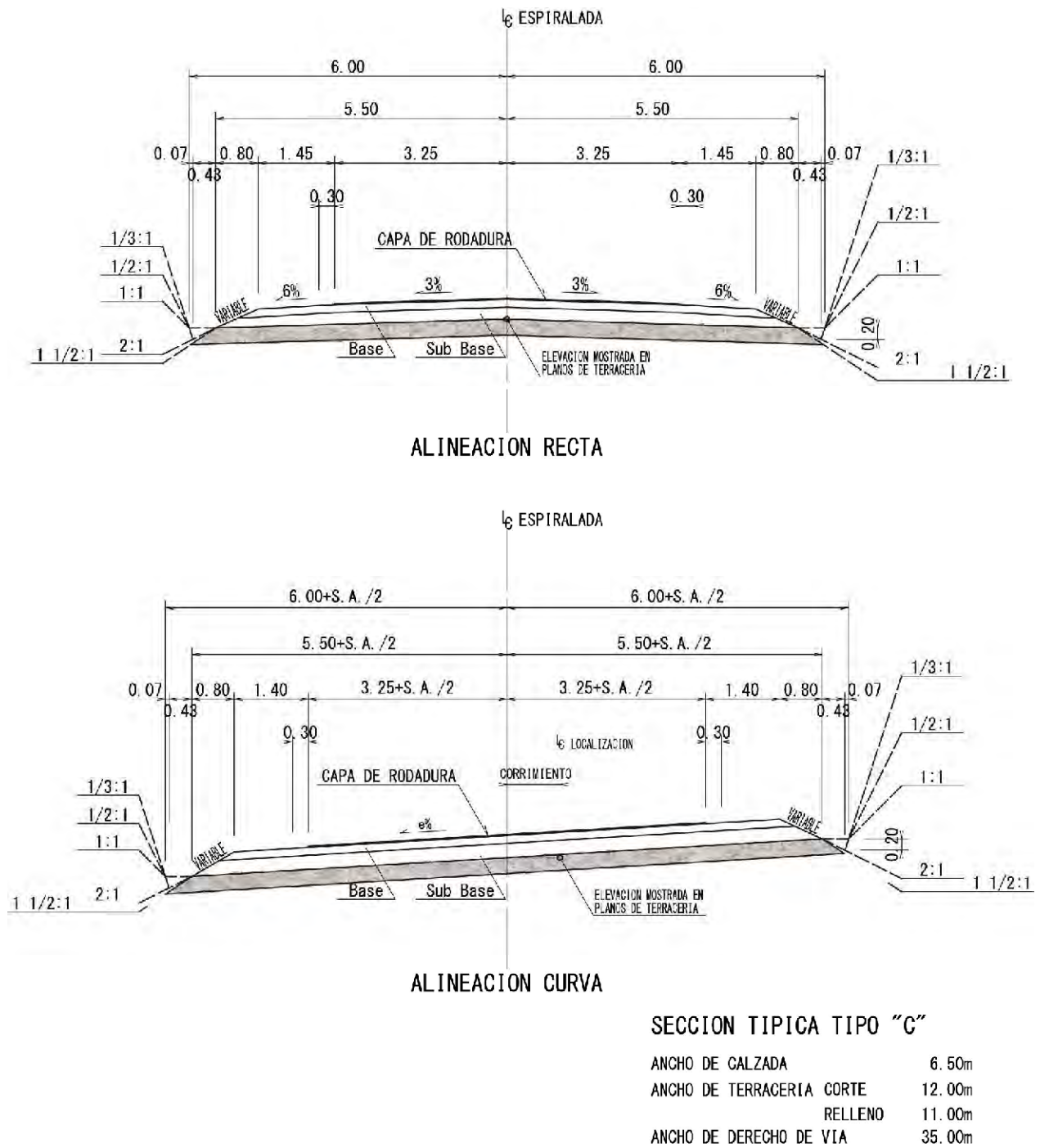


Figura 7-6 Sección típica Tipo C

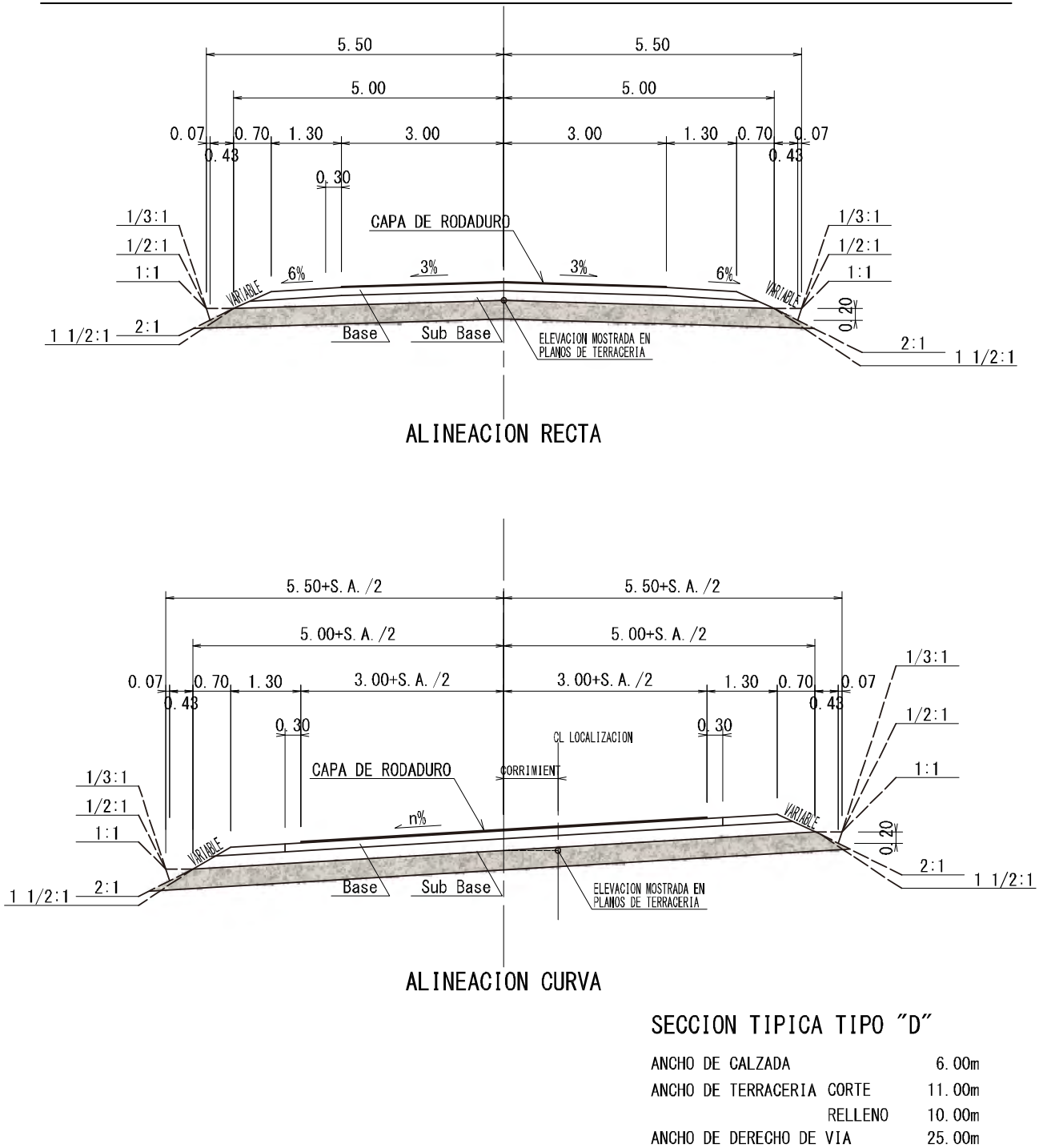


Figura 7-7 Sección típica Tipo D

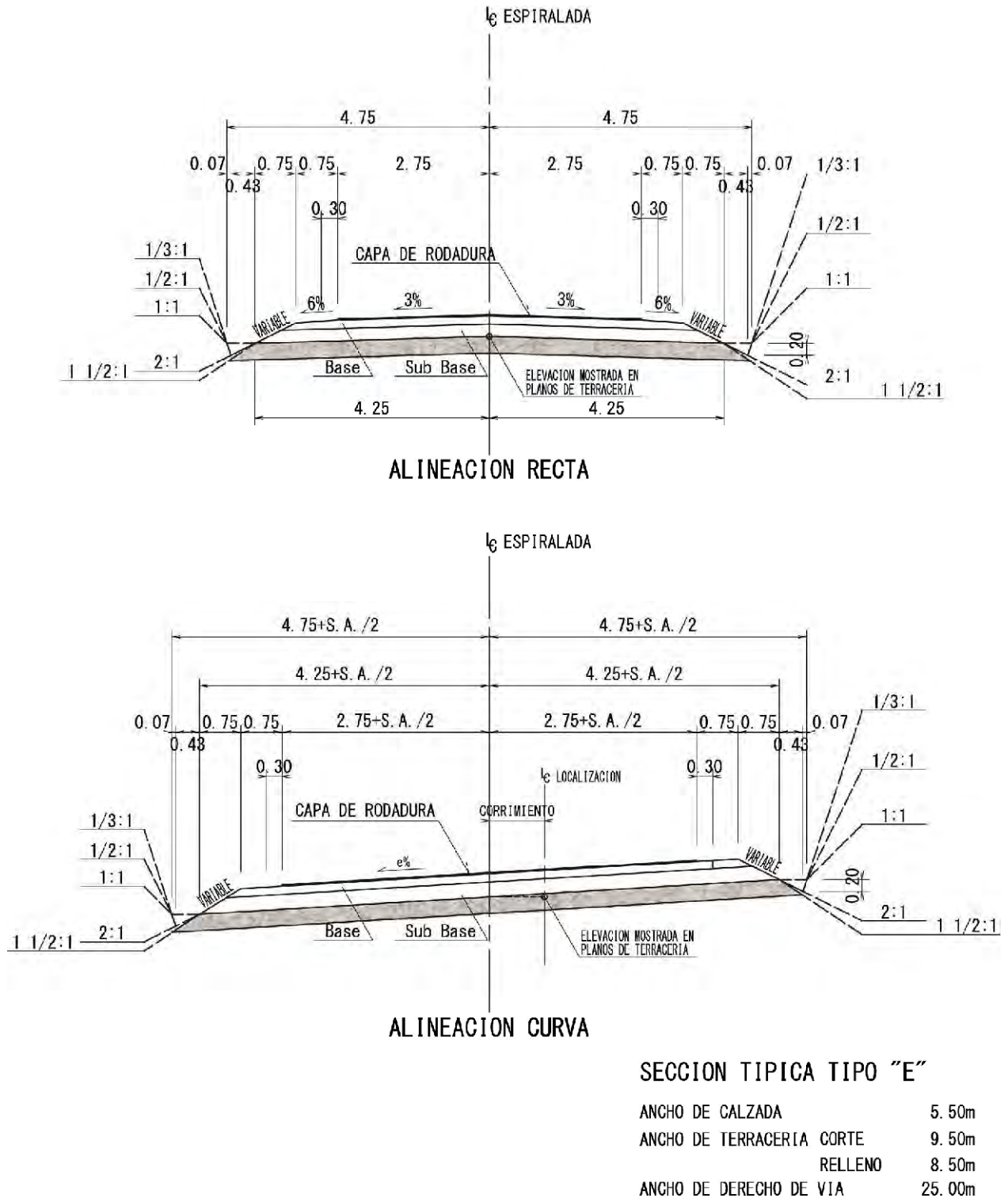


Figura 7-8 Sección típica Tipo E

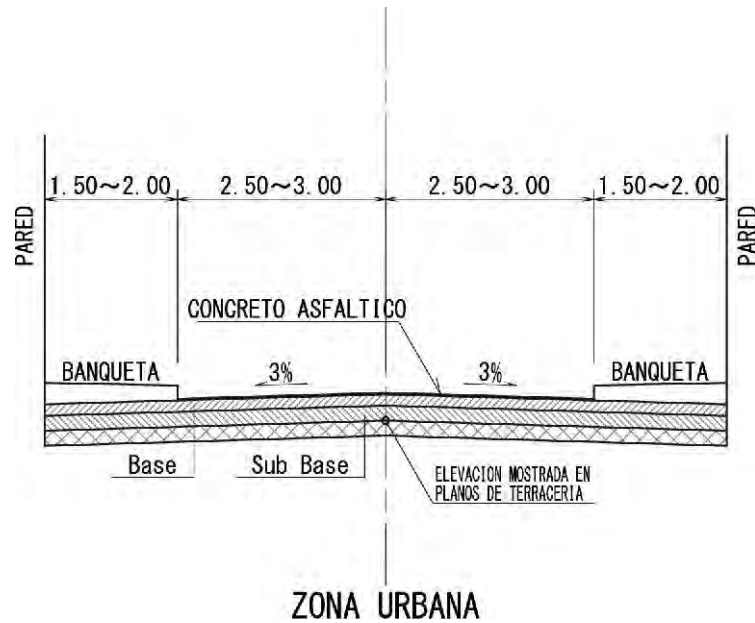


Figura 7-9 Sección típica con banquetas

7.3 Diseño final

7.3.1 Diseño del alineamiento horizontal

Con base a la superficie elaborada a partir de los ortofoto mapas, se procedió al diseño del alineamiento horizontal, considerándose este como un diseño final, a ser revisado luego de la topografía de campo. En el transcurso de este trabajo, se analizaron los posibles desvíos en aquellos tramos en los que la ruta existente pasa por áreas en las que se localizan viviendas, tomándose como criterio básico la minimización de afectaciones a edificaciones existentes, estableciendo que no se ha identificado la afectación de ninguna vivienda en el diseño efectuado en las área de tramos nuevos o cambios de línea, el alineamiento. En los casos de cambios de alineamiento en los tramos montañosos, el diseño horizontal ha sido revisado con base a las superficies generadas a partir de los levantamientos topográficos.

Copia electrónica de dicho diseño fue trasladado al Departamento Técnico de Ingeniería –DTI- de la DGC, quien procedió a su revisión en forma paralela a la revisión efectuada por Ingenieros Viales Japoneses.

Es importante hacer notar que la fotografía área que da origen a los orto foto mapas, fue tomada en el año 2,006, por lo que, como parte del levantamiento de la topografía complementaria, se estará identificando la existencia de nuevas viviendas u obstáculos que puedan afectar el diseño de la carretera, aspecto que se confirmará como parte de la tercera fase de trabajo en Guatemala.

7.3.2 Modificaciones en el alineamiento que implica la afectación de tierras (derecho de vía)

Dado que el criterio básico empleado para el diseño horizontal lo ha constituye la minimización de afectaciones de viviendas, se ha identificado la afectación de ninguna de ellas de conformidad al diseño propuesto. Sin embargo, la afectación de tierras es algo inevitable con el mejoramiento de la carretera derivado de las modificaciones necesarias para el mejoramiento del alineamiento.

En consideración a los aspectos sociales en el área de estudios, relativas a las disputas por la propiedad de la tierra después del conflicto armado, el equipo consultor ha incentivado la participación de autoridades municipales a efectos de establecer la posibilidad de obtener los derechos de paso (derecho de vía), por lo que la revisión final del alineamiento considerara las observaciones planteadas a este respecto. Estos aspectos fueron explicados durante la segunda consulta pública efectuada en el mes de Septiembre, quincena a miembros de las corporaciones municipales, quienes comprendieron lo relativo a los mejoramientos en el alineamiento y la necesidad de establecer las posibilidades de derechos de paso, para la selección del alineamiento final.

En caso de las comunidades en el Ixcán, de acuerdo a las consultas entre la municipalidad y las comunidades, se solicitó al equipo consultor considerar el uso de la ruta existente a todo lo largo, incluyendo los pasos por las comunidades, situación que es viable técnicamente, con excepción del paso por la comunidad de San Juan Chactelá, en donde de conformidad con los líderes comunitarios, COCODES y en colaboración de los propietarios de terrenos, se definió el libramiento a seguir, mismo que fue acordado con la Municipalidad de Ixcán.

(1) Localización de cambios propuestos en la ruta en diseño en Ixcán.

Las siguientes figuras muestran las modificaciones acordadas con las comunidades y municipalidades en el tramo en diseño en Ixcán.



Figura 7-10 Localización de cambio propuesto en Ixcán (Puente Trinitaria)

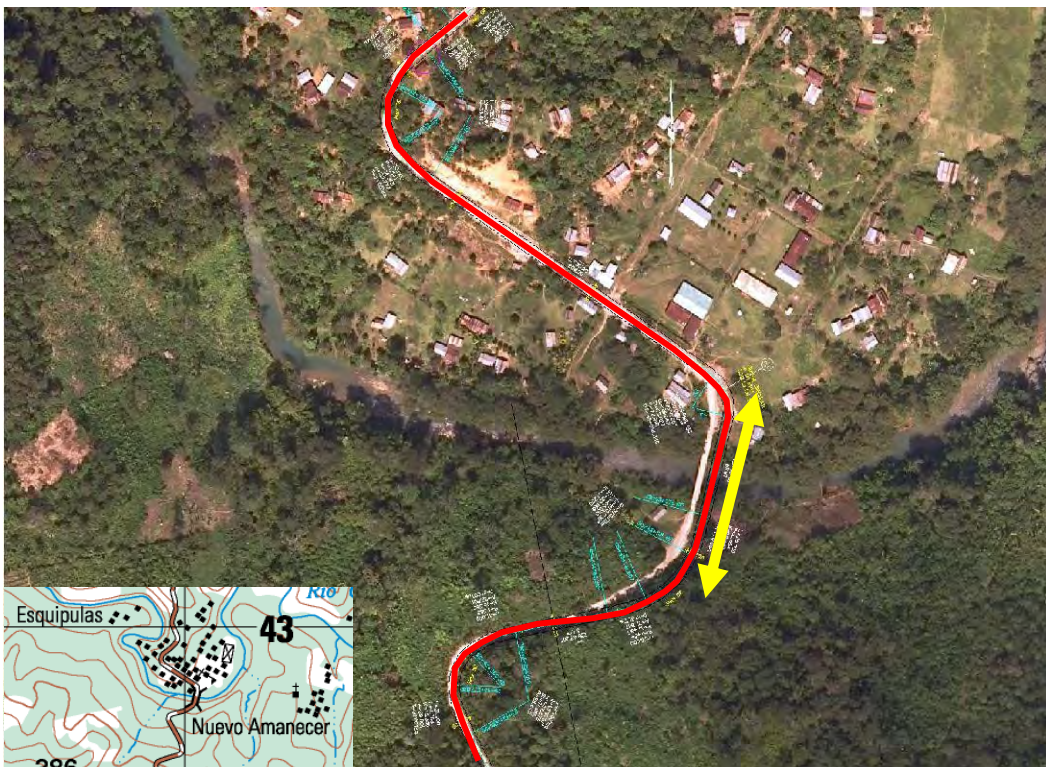


Figura 7-11 Localización de cambio propuesto en Ixcán (Puente Esquipulas)

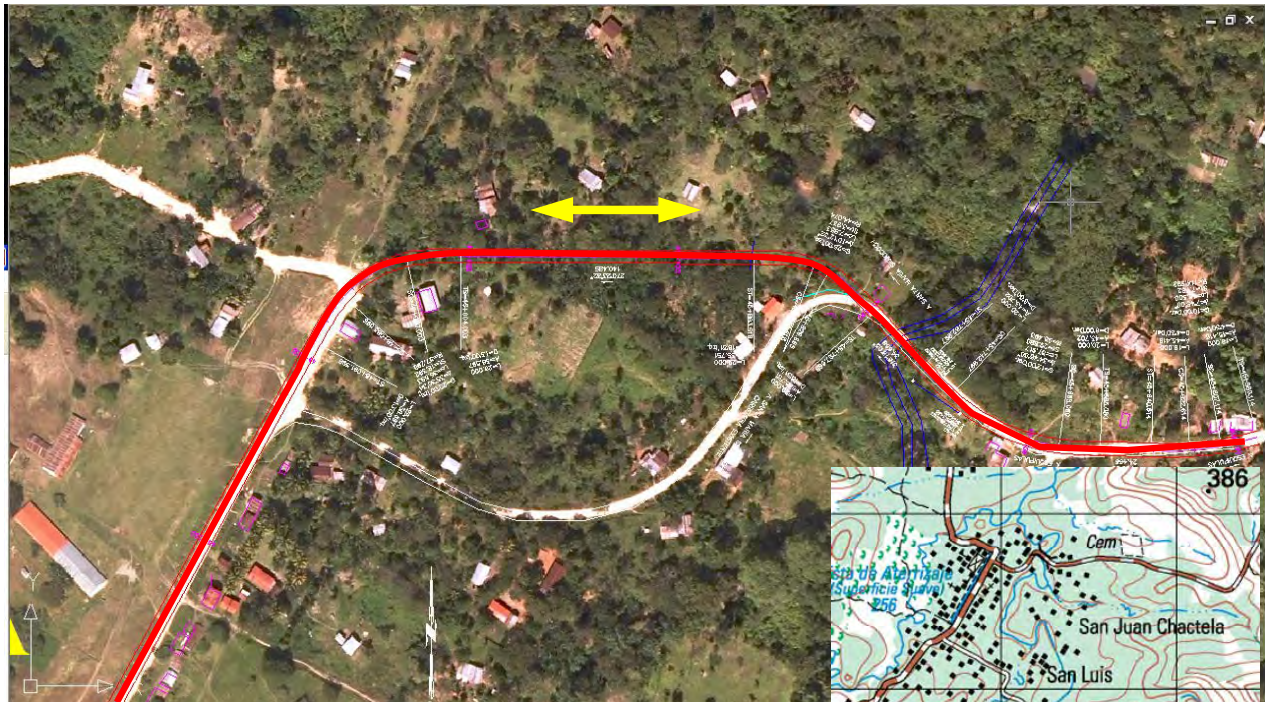


Figura 7-12 Localización de cambio propuesto en Ixcán (San Juan Chactelá)

(2) Localización de cambios propuestos en la ruta en diseño en Chicamán and Uspantán

Las siguientes figuras muestran las modificaciones acordadas con las comunidades y municipalidades en el tramo en diseño en Chicamán y Uspantán.

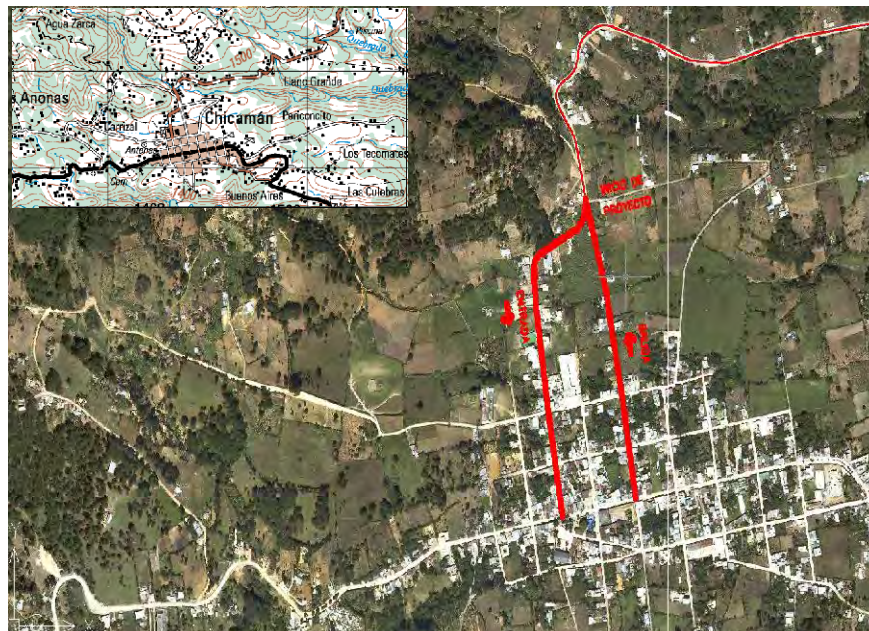


Figura 7-13 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán (Chicamán)



Figura 7-14 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán (Llano Grande)



Figura 7-15 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán (Cruz de Piedra)



Figura 7-16 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán (San Antonio La Esperanza)



Figura 7-17 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán (Quebrada El Coyote)

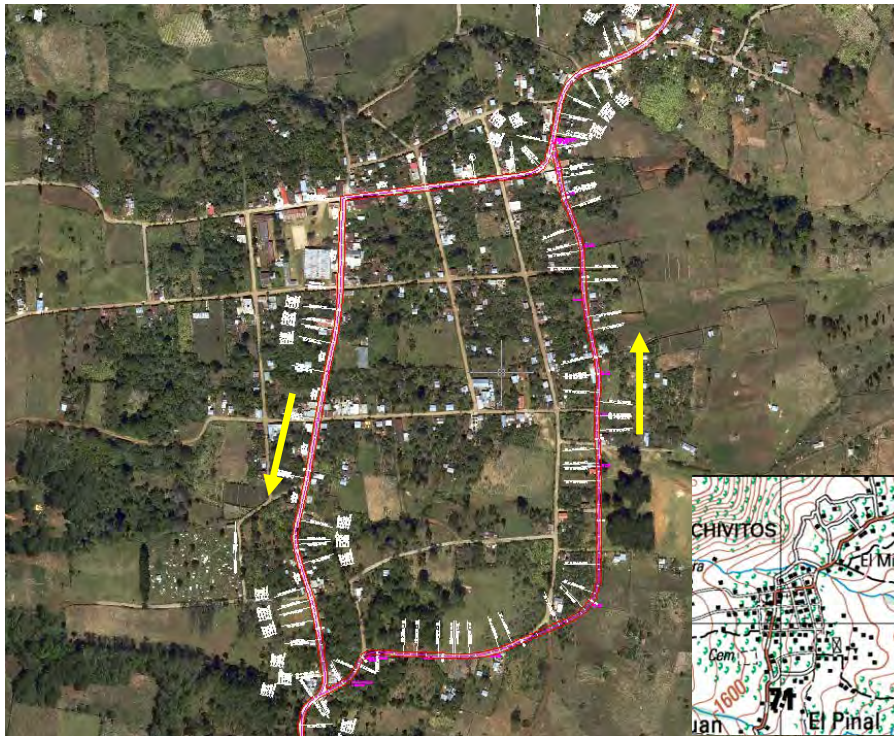


Figura 7-18 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán (El Pinal)



Figura 7-19 Localización de cambio propuesto en Chicamán and Uspantán (El Soch)



Figura 7-20 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán
(Puente Cuatro Chorros)



Figura 7-21 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán
(La Parroquia Lancetillo)



Figura 7-23 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán (Saquixpec)

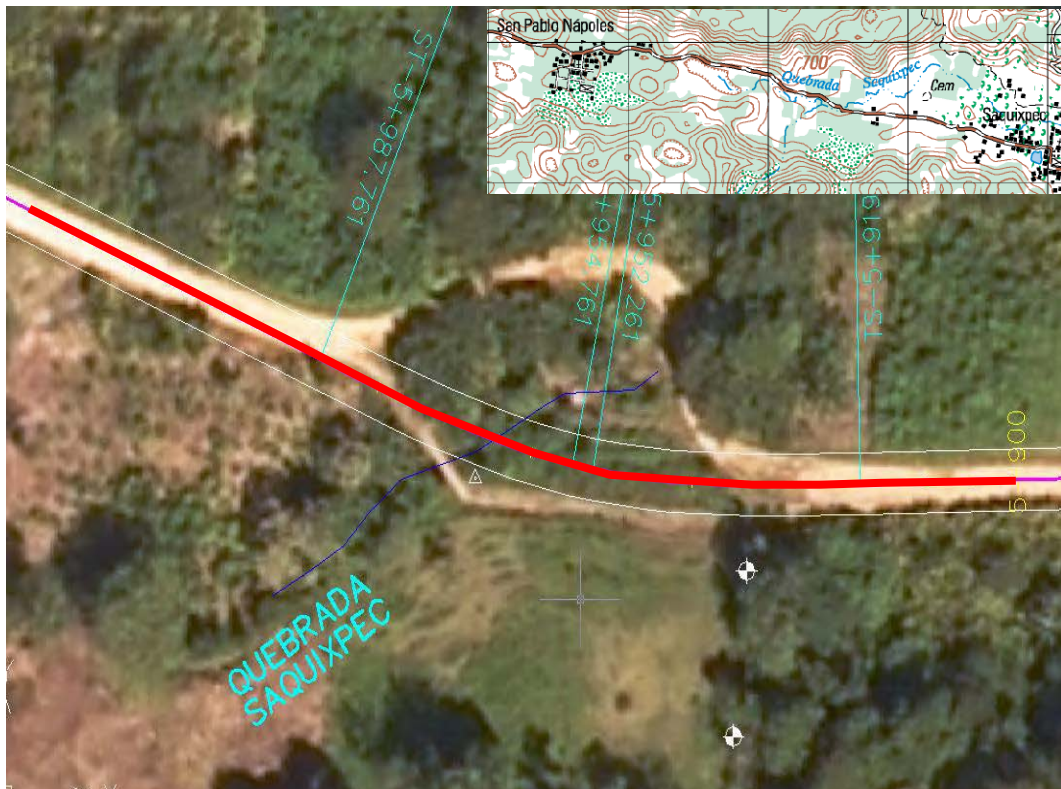


Figura 7-24 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán (Puente Saquixpec II)

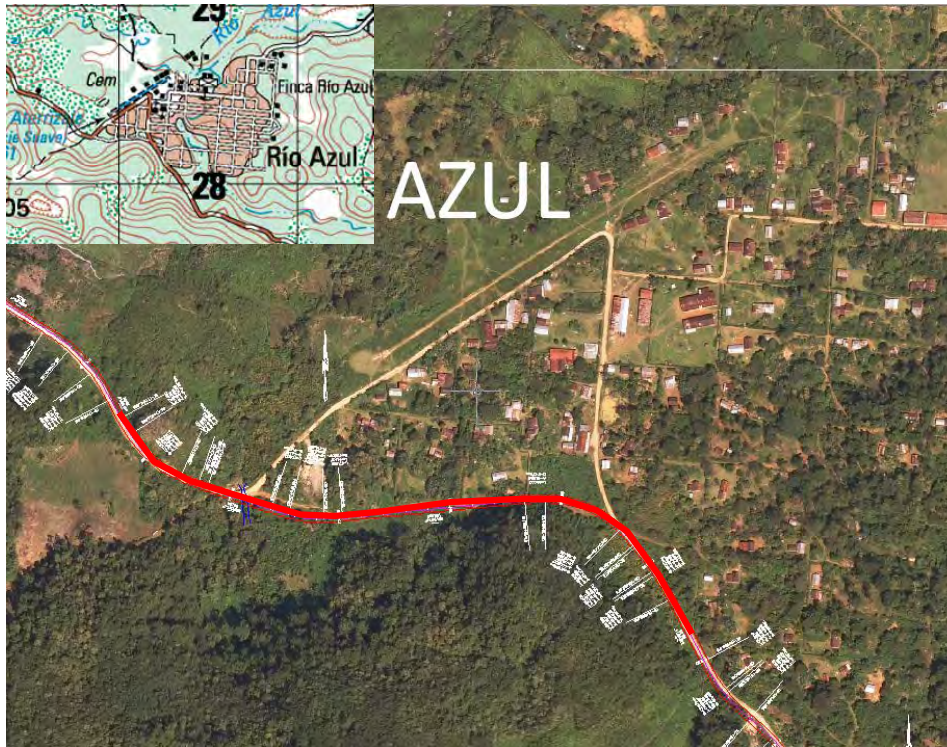


Figura 7-25 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán (Río Azul)

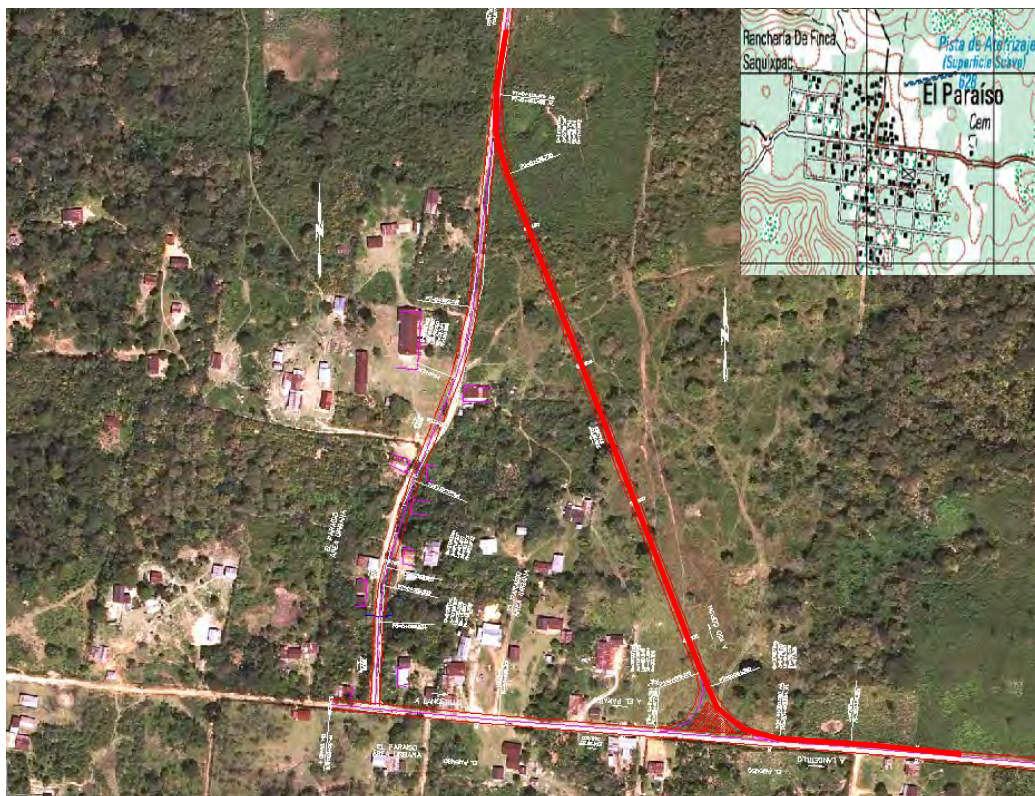


Figura 7-26 Localización de cambio propuesto en Chicamán y Uspantán (El Paraíso)

(3) Localización de cambios en la ruta en diseño en Alta Verapaz

Las siguientes figuras muestran las modificaciones acordadas con las comunidades y municipalidades en el tramo en diseño en Alta Verapaz. En referencia al mercado colocado

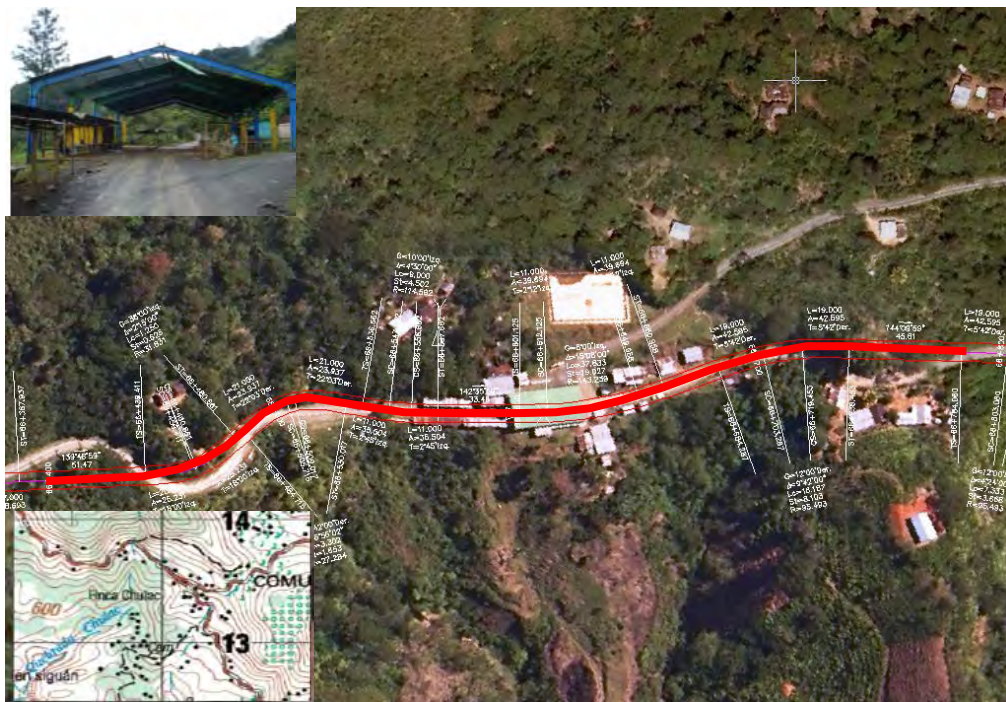
sobre la carretera en Chulac, durante la segunda consulta pública, tanto la Alcaldesa Municipal como el líder del COCODE, han acordado la movilización de la estructura metálica colocada allí en la actualidad hacia otro punto.



Figura 7-27 Localización de cambio propuesto en Alta Verapaz (Lanquín)



Figura 7-28 Localización de cambio propuesto en Alta Verapaz (Puente Lanquín)



Nota: Se identifica una edificación en la ruta

Figura 7-35 Localización de cambio propuesto en Alta Verapaz (Chulac)

7.4 Diseño de pavimento

7.4.1 Metodología para el diseño de pavimentos

El pavimento puede ser definido como un grupo de capas de materiales apropiados, entre la subrasante y la superficie de rodadura, con el propósito de proveer una superficie uniforme, con un adecuado color y textura, resistente al tránsito, clima y otros agentes dañinos, así como para transmitir los esfuerzos de carga que produce el tránsito.

Es evidente que la superficie de grava en una carretera, no provee una condición adecuada como la requerida por los diversos modos de transporte. Al evolucionar el tránsito en cantidad, peso y velocidad, se requiere de una superficie más apropiada, razón por lo que se necesita proceder con los estudios de suelo y diseños de pavimento para satisfacer las necesidades requeridas por el tránsito.

El método de diseño corresponde a la metodología establecida en “AASHTO Interim guide for design of pavement structures - 1993”. Esta metodología considera principalmente, la capacidad soporte de los suelos de fundación obtenidos por el ensayo del CBR, utilizando para los propósitos del diseño un valor del 85%. Otro factor es el volumen y la carga del tránsito que se impone a las capas de pavimento durante el período de diseño (20 años en nuestro caso) convertidos a 18,000 libras ejes-equivalentes (ESAL). Otros aspectos considerados son los

factores de drenaje, confiabilidad, desviación estándar, los índices de serviciabilidad inicial y final, las características de los materiales a utilizar y que formaran parte de las capas del pavimento. Para propósitos del estudio, dos opciones son consideradas: pavimento flexible (concreto asfáltico) y pavimento rígido (concreto hidráulico), como se muestran en el cuadro abajo.

- El procedimiento de AASHTO “interim guide 93” establece el número estructural requerido para soportar la carga (ESAL) para las condiciones existentes de los suelos de fundación (CBR), analizando el impacto de diferentes tipos de capas para soportar dicha carga, con un resultado para cada subtramo, como se indica en las tablas adelante para ambos casos: pavimentos flexible y pavimento rígidos.
- Para estudiar las características de los materiales de fundación, en el caso de carreteras existentes, se tomaron muestras cada 500 metros en forma alternativa, mediante la apertura de calicatas (hoyos a cielo abierto) para 1.0 metros de profundidad. Las muestras fueron examinadas y acordadas con el experto en suelos y pavimentos de DGC, seleccionando muestras representativas en cada subtramo para proceder a realizarle las pruebas de laboratorio.
- En el caso de tramos nuevos, como El Paraíso – San Pedro Cotijá, SPT fueron realizadas cada 1000 metros, para determinar el valor de la compresión no confinada en kPa (kilo Pascal). Los trabajos de perforación se efectuaron por medio de un martillo de percusión de 63.5 kg (140 libras) y con una caída libre de 762 mm (30 pulgadas) utilizando un Split NX de 63.5 mm (2.5 pulgadas).
- La capacidad portante fue establecida mediante la teoría de Terzaghi, con un ángulo de fricción interna de 20 grados y un coeficiente de cohesión “c” igual a cero para el caso de suelos arenosos. Para suelos arcillosos, se consideró un ángulo de fricción de 15 grados. Un factor de seguridad igual a 3 fue utilizado asimismo.
- Para cada subtramo, el CBR de diseño se obtuvo utilizando el percentil 75 de los datos obtenidos para el CBR de campo.

7.4.2 Resultados de diseño de pavimento.

El equipo consultor procedió a analizar el diseño del pavimento flexible y rígido para cada subtramo, generándose los resultados que se muestran en las tablas 7-10 a 7-16.

Tabla 7-10 Resultados del diseño de pavimento flexible para el tramo Playa Grande – Río Copón

Tramo	Playa Grande – Primavera		Primavera – San Juan Chactelá			Chactelá – Semococh	Semococh - Río Copón
	0+000 29+000	29+000 30+000	30+000 31+100	31+100 41+500	41+500 45+600	45+600 50+360	50+360 55+130
Longitud (km)	29.00	1.00	1.00	10.50	4.10	4.76	4.77
Sección típica	C	C	C	C	C	D	D
Parámetros generales de diseño	I	II	I	II	III	I	I
Período de diseño utilizado	20 años		20 años			20 años	20 años
ESAL (Ejes Equivalentes a 18,000 libras)	2.189,667		2.189,667			2.189,667	2.189,667
Confiabilidad	0.8		0.8			0.8	0.8
Serviciabilidad inicial	4.2		4.2			4.2	4.2
Serviciabilidad final	2		2			2	2
Desviación estándar	0.45		0.45			0.45	0.45
Coefficiente de capa de sub-base	0.12		0.12			0.12	0.12
Factor de drenaje de sub-base	1		1			1	1
Coefficiente de capa de base triturada	0.14		0.14			0.14	0.14
Factor de drenaje de capa base triturada	1		1			1	1
Coefficiente de capa concreto asfáltico	0.4		0.4			0.4	0.4
Factor de drenaje de capa de concreto asfáltico	1		1			1	1
Índice de estructura							
CBR de diseño	20	29	29	20	48.5	20	20
Modulo de resiliencia sub-rasante	17380	22046	22046	17380	30638	17380	17380
Numero estructural requerido (Snreq)	2.6	2.38	2.38	2.6	2.11	2.6	2.6
Opción Concreto Asfáltico							
Capa concreto asfáltico (cms)	7	7	7	7	7	7	7
Capa de base triturada (cms)	14	10	10	14	10	14	14
Capa de sub-base común (cms)	16	16	16	16	10	16	16
No. estructural aportado (Sn aprt)	2.63	2.41	2.41	2.63	2.13	2.63	2.63

Tabla 7-11 Resultados del diseño de pavimento rígido para el tramo Playa Grande – Río Copón

Tramo	Playa Grande – Primavera		Primavera – San Juan Chactelá			Chactelá – Semococh	Semococh - Río Copón
	0+000 29+000	29+000 30+000	30+000 31+100	31+100 41+500	41+500 45+600	45+600 50+360	50+360 55+130
Longitud (km)	29.00	1.00	1.00	10.50	4.10	4.76	4.77
Sección típica	C	C	C	C	C	D	D
Parámetros generales de diseño	I	II	I	II	III	I	I
Período de diseño utilizado	20 años		20 años			20 años	20 años
ESAL (Ejes Equivalentes a 18,000 libras)	2.189,667		2.189,667			2.189,667	2.189,667
Confiabilidad	0.8		0.8			0.8	0.8
Serviciabilidad inicial	4.5		4.5			4.5	4.5
Serviciabilidad final	2		2			2	2
Desviación estándar	0.35		0.35			0.35	0.35
Módulo de ruptura	650		650			650	650
Módulo de elasticidad del concreto	4000000		4000000			4000000	4000000
Factor J	3.2		3.2			3.2	3.2
Factor K	830	945	945	830	945	830	830
Espesor de base	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Coefficiente de drenaje	1	1	1	1	1	1	1
Índice de estructural							
CBR de diseño	20	29	29	20	48.5	20	20
Factor K de la sub-rasante	830	945	945	830	945	830	830
Opción concreto hidráulico							
Capa concreto hidráulico (cms)	15	15	15	15	15	15	15
Capa de sub-base común (cms)	15	15	15	15	15	15	15

Tabla 7-12 Resultados del diseño de pavimento flexible para el tramo Chicamán – Río Copón

Tramo	Chicamán –El Soch	El Soch – El Amay	El Amay - Lancetillo			Lancetillo – Saquixpec	Saquixpec – El Paraíso	El Paraíso – El Paraíso
	0+000 19+040	19+043 26+860	30+000	30+000 36+000	36+000 49+160	49+160 54+160	54+160 69+960	69+960 86+050
Longitud (km)	19.04	6.00	3.14	6.00	13.16	5.00	15.80	16.06
Sección típica	D	D mod	D	D	D	D	D	D
Parámetros generales de diseño	I	I	I	II	III	I	I	I
Período de diseño utilizado	20 años	20 años	20 años			20 años	20 años	20 años
ESAL (Ejes Equivalentes a 18,000 libras)	2.238819	1.638,525	1.638,525			1.638,525	1.638,525	1.638,525
Confiabilidad	0.8	0.8	0.8			0.8	0.8	0.8
Serviciabilidad inicial	4.2	4.2	4.2			4.2	4.2	4.2
Serviciabilidad final	2.0	2	2			2	2	2
Desviación estándar	0.45	0.45	0.45			0.45	0.45	0.45
Coefficiente de capa de sub-base	0.12	0.12	0.12			0.12	0.12	0.12
Factor de drenaje de sub-base	1	1	1			1	1	1
Coefficiente de capa de base triturada	0.14	0.14	0.14			0.14	0.14	0.14
Factor de drenaje de capa base triturada	1	1	1			1	1	1
Coefficiente de capa concreto asfáltico	0.4	0.4	0.4			0.4	0.4	0.4
Factor de drenaje de capa de concreto asfáltico	1	1	1			1	1	1
Índice de estructura								
CBR de diseño	20	20	20	40.5	20	20	20	20
Modulo de resiliencia sub-rasante	17380	17380	17380	27300	17380	17380	17380	17380
Numero estructural requerido (Snreq)	2.61	2.47	2.47	2.1	2.47	2.47	2.47	2.47
Opción Concreto Asfáltico								
Capa concreto asfáltico (cms)	7	7	7	7	7	7	7	7
Capa de base triturada (cms)	14	12	12	10	12	12	12	12
Capa de sub-base común (cms)	16	15	15	10	15	15	15	15
No. estructural aportado (Sn aprt)	2.63	2.47	2.47	2.13	2.47	2.47	2.47	2.47

Tabla 7-13 Resultados del diseño de pavimento rígido para el tramo Chicamán – Río Copón

Tramo	Chicamán – El Soch	El Soch – El Amay	El Amay - Lancetillo			Lancetillo – Saquixpec	Saquixpec – El Paraíso	El Paraíso – El Paraíso
	0+000 19+040	19+043 26+860	30+000	30+000 36+000	36+000 49+160	49+160 54+160	54+160 69+960	69+960 86+050
Longitud (km)	19.04	6.00	3.14	6.00	13.16	5.00	15.80	16.06
Sección típica	D	D mod	D	D	D	D	D	D
Parámetros generales de diseño	I	I	I	II	III	I	I	I
Período de diseño utilizado	20 años	20 años	20 años			20 años	20 años	20 años
ESAL (Ejes Equivalentes a 18,000 libras)	2.238819	1.638,525	1.638,525			1.638,525	1.638,525	1.638,525
Confiabilidad	0.8	0.8	0.8			0.8	0.8	0.8
Serviciabilidad inicial	4.5	4.5	4.5			4.5	4.5	4.5
Serviciabilidad final	2.0	2	2			2	2	2
Desviación estándar	0.35	0.35	0.35			0.35	0.35	0.35
Módulo de ruptura	650	650	650			650	650	650
Módulo de elasticidad del concreto	4000000	4000000	4000000			4000000	4000000	4000000
Factor J	3.2	3.2	3.2			3.2	3.2	3.2
Factor K	830	830	830			830	830	830
Espesor de base	15.0.	15.0.	15.0.			15.0.	15.0.	15.0.
Coefficiente de drenaje	1	1	1			1	1	1
Índice de estructura								
CBR de diseño	20	20	20	40.5	20	20	20	20
Factor K de la sub-rasante	830	830	830	945	830	830	830	830
Opción concreto hidráulico								
Capa concreto hidráulico (cms)	15	15	15	15	15	15	15	15
Capa de sub-base común (cms)	15	15	15	15	15	15	15	15

Tabla 7-14 Resultados del diseño de pavimento flexible para el tramo Lanquín – La Soledad

Tramo	Lanquín – Cahabón						Cahabón – Puente Cahabón			Puente Cahabón – La Soledad		
	0+000	3+500	4+500	11+000	13+500	15+500	0+000	31+350	45+850	50+860	71+850	72+350
	3+500	4+500	11+000	13+500	15+500	28+500	5+000	45+850	46+850	71+850	72+350	77+850
Longitud (km)	3.50	1.00	6.50	2.50	2.00	13.00	5.00	14.50	1.00	20.99	0.50	5.50
Sección típica	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Parámetros generales de diseño	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	I	II	III
Período de diseño utilizado	20 años						20 años			20 años		
ESAL (Ejes Equivalentes a 18,000 libras)	3.239,075						2.792,246			2.792,246		
Confiabilidad	0.8						0.8			0.8		
Serviciabilidad inicial	4.2						4.2			4.2		
Serviciabilidad final	2						2			2		
Desviación estándar	0.45						0.45			0.45		
Coefficiente de capa de sub-base	0.12						0.12			0.12		
Factor de drenaje de sub-base	1						1			1		
Coefficiente de capa de base triturada	0.14						0.14			0.14		
Factor de drenaje de capa base triturada	1						1			1		
Coefficiente de capa concreto asfáltico	0.4						0.4			0.4		
Factor de drenaje de capa de concreto asfáltico	1						1			1		
Índice de estructura												
CBR de diseño	63.9	20	41.2	20	74	20	20	67	20	20	67	20
Modulo de resiliencia sub-rasante	36552	17380	27601	17380	40000	17380	17380	37677	17380	17380	37677	17380
Numero estructural requerido (Snreq)	2.1	2.76	2.34	2.76	2.03	2.76	2.7	2.03	2.7	2.7	2.03	2.7
Opción Concreto Asfáltico												
Capa concreto asfáltico (cms)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Capa de base triturada (cms)	10	15	10	15	10	15	14	10	14	14	10	14
Capa de sub-base común (cms)	10	18	15	18	10	18	18	10	18	18	10	18
No. estructural aportado (Sn aprt)	2.13	2.78	2.36	2.78	2.13	2.78	2.72	2.13	2.72	2.72	2.13	2.72

Tabla 7-15 Resultados del diseño de pavimento rígido para el tramo Lanquín – La Soledad

Tramo	Lanquín – Cahabón						Cahabón – Puente Cahabón			Puente Cahabón – La Soledad		
	0+000	3+500	4+500	11+000	13+500	15+500	31+350	45+850	46+850	50+860	71+850	72+350
	3+500	4+500	11+000	13+500	15+500	28+500	45+850	46+850	50+860	71+850	72+350	77+850
Longitud (km)	3.50	1.00	6.50	2.50	2.00	13.00	14.50	1.00	4.01	20.99	0.50	5.50
Sección típica	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Parámetros generales de diseño	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	I	II	III
Período de diseño utilizado	20 años						20 años			20 años		
ESAL (Ejes Equivalentes a 18,000 libras)	3.239,075						2.792,246			2.792,246		
Confiabilidad	0.8						0.8			0.8		
Serviciabilidad inicial	4.5						4.5			4.5		
Serviciabilidad final	2						2			2		
Desviación estándar	0.35						0.35			0.35		
Módulo de ruptura	650						650			650		
Módulo de elasticidad del concreto	4000000						4000000			4000000		
Factor J	3.2						3.2			3.2		
Factor K	945						830			830		
Espesor de base	15.0						15.0.			15.0.		
Coefficiente de drenaje	1						1			1		
Índice de estructura												
CBR de diseño	63.9	20	41.2	20	74	20	20	67	20	20	67	20
Factor K de la sub-rasante	945	830	945	830	945	830	830	945	830	830	945	830
Opción concreto hidráulico												
Capa concreto hidráulico (cms)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Capa de sub-base común (cms)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Tabla 7-16 Resultados del diseño de pavimento flexible para el tramo Santa Elena – Chiborróm – San Cristóbal Verapaz

Tramo	Santa Elena – Quejá - Chiborróm				San Cristóbal Verapaz - Chiborróm
	0+000 0+500	0+500 1+500	1+500 2+440	2+440 20+355	0+000 17+900
Longitud (km)	0.500	1.000	0.9400	17.915	17.900
Sección típica	D	D	D	D	D
Parámetros generales de diseño	I	II	III	IV	I
Período de diseño utilizado	20 años	20 años	20 años	20 años	20 años
ESAL (Ejes Equivalentes a 18,000 libras)	4,067,190				4,134,064
Confiability	75%				75%
Serviciabilidad inicial	4.2				4.2
Serviciabilidad final	2.0				2.0
Desviación estándar	0.45				0.45
Coefficiente de capa de sub-base	0.12				0.12
Factor de drenaje de sub-base	1				1
Coefficiente de capa de base triturada	0.14				0.14
Factor de drenaje de capa base triturada	1				1
Coefficiente de capa concreto asfáltico	0.4				0.4
Factor de drenaje de capa de concreto asfáltico	1				1
Índice de estructura					
CBR de diseño	20.0	36.0	20.0	20.0	50.0
Modulo de resiliencia sub-rasante	17,380	25,318	17,380	17,380	31,241
Numero estructural requerido (Snreq)	2.77	2.43	2.77	2.47	2.25
Opción Concreto Asfáltico					
Capa concreto asfáltico (cms)	6	6	6	6	6
Capa de base triturada (cms)	10	10	10	10	10
Capa de sub-base común (cms)	27	20	27	27	16
No. estructural aportado (Sn aprt)	2.77	2.44	2.77	2.77	2.25

7.5 Obras de prevención de desastres en carreteras

7.5.1 Generalidades de prevención de desastres

Para construir y mantener las carreteras y para asegurar la seguridad de circulación por las mismas, se debe tomar en cuenta la estabilidad de los taludes de corte y terraplén, así como de otros taludes naturales.

Guatemala está formada en una topografía montañosa, por lo que en ciertas regiones es inevitable la construcción de carreteras en topografías pronunciadas y de condición geológica frágil. Además, Guatemala pertenece a la zona mesotrófica por lo que la época de lluvias se presenta de mayo a noviembre. Adicionalmente, debido a que Guatemala es un país sísmico, se encuentra en un ambiente difícil en cuanto a toma de medidas de prevención.

Por los motivos arriba mencionados, se presentan muchos casos de deslizamientos de tierra, caídas de rocas, derrumbamiento de taludes en las carreteras y de los taludes que siguen a estas. Además hay muchos casos en que la circulación se ve impedida por la destrucción de las carreteras, causadas por desastres extraordinarias como lluvias torrenciales y sismos. De estos, el desastre que con mayor frecuencia se presenta, es el relacionado al movimiento de sedimentos que causa daños a las carreteras. En cualquiera de estos casos, cuando la carretera sufre daños causados por desastres relacionados al movimiento de sedimento, se presentan afectaciones a la vida de pobladores asentados en áreas cercanas, a la economía etc., y habiéndose casos de daños fatales a las personas. Como personal responsable de control de carreteras de Guatemala, es necesario esforzarse para prevenir desastres como estos.

Para estudiar las medidas de prevención de desastres, es necesario definir el objetivo de éstas, considerando las características actuales de la región, criterio de topografía y geología, sincronización de desastres. Respecto a la selección de la obra de prevención se hace necesario estudiar la obra más efectiva, tomando en cuenta la frecuencia, magnitud, y velocidad del desastre. Para este Proyecto, se describen como obras de prevención aquellas medidas orientadas a evitar la caída de rocas, medidas contra derrumbes de suelos y obras de drenaje.

Respecto a las medidas contra sismos, se excluyeron debido que no está definido claramente la magnitud de este.

7.5.2 Generalidades de planificación y diseño

La mejor solución para el desastre es prevenir la ocurrencia. Referente a los desastres naturales, hay muchos cuya ocurrencia no se puede prevenir, por lo que es muy importante realizar estudios previos, mantenimiento los establecimientos e instalaciones para mitigar los daños y prevenir la generación de desastres.

Cada tipo de desastre es complejo y no son semejantes, por lo tanto es necesario analizar desde diversas direcciones y es fundamental que el contenido del mismo sea una medida

requerida según el caso.

7.5.3 Diseño básico para cada una de las medidas

Para el diseño de cada tipo de medida, se tiene que prestar atención en los puntos abajo mencionados y es necesario seleccionar el tipo de obra que sea óptima para el lugar requerido.

- 1) Como medidas se deben considerar las obras de protección y obras de prevención (medidas para prevenir que estos se generen).
- 2) Analizar cada tipo de obra en forma combinada, no en forma independiente.
- 3) En caso de que se verifique la imposibilidad en la toma de medidas mencionada en los incisos 1) y 2), deberá analizarse en forma general, soluciones como cambios en el alineamiento de la carretera.

7.5.4 Tipos de desastres en las carreteras

En la tabla 7-17 se clasifican los diferentes tipos de desastres en las carreteras.

Tabla 7-17 Clasificación de desastres relacionados al movimiento de sedimento

Derrumbamiento	Derrumbamiento del talud	Talud formado por corte	Derrumbamiento por erosión
			Derrumbamiento de la capa superficial
			Derrumbamiento de gran magnitud, derrumbe tipo deslizamiento.
		Talud formado por relleno	Derrumbamiento de terraplén de poca altura
			Derrumbamiento de terraplén alto
			Derrumbamiento incluyendo el suelo de fundación
	Derrumbamiento de la pendiente	Erosión, derrumbe	
		Derrumbe de capa superficial	
		Derrumbamiento de gran magnitud, derrumbe tipo deslizamiento	
	Caída de roca	Caída de roca parcial (rocas sueltas)	
Caída de roca por desprendimiento (rocas que están por caer)			
Deslizamiento	Deslizamiento de roca		
	Deslizamiento de roca metamórfica		
	Deslizamiento de piedras acumuladas		
	Deslizamiento de suelo arcilloso		
Alud de fango y piedras	Alud de fango y piedras debido a la fluidificación de piedras		
	Alud de fango y piedras debido a la fluidificación de tierras		
	Alud de fango y piedras debido al colapso de la represa natural		
	Alud de fango y piedra debido al deslizamiento de suelos		

7.5.5 Diseño y construcción de las obras de prevención por clasificación

(1) Derrumbamiento del talud y pendiente

Como regla para prevenir derrumbes de en las pendientes, taludes formados con relleno y taludes formados con corte, se debe estudiar su requerimiento para cada proceso de planificación y reflejarlos en el proceso de diseño y supervisión.

(2) Medidas contra caída de rocas

El objetivo de las medidas contra la caída de rocas, es proteger al usuario que circula por la carretera y las infraestructuras viales.

Por tanto, para la instalación de las infraestructuras se realizan “las Obras de prevención de caída de roca” realizando trabajos como retirando o fijando en el talud las rocas caídas o que están por caer. Además, se realizan “Obras de protección para caída de rocas” donde se realizan trabajos como instalación de infraestructura en las orillas de la carretera, para guiar las rocas hacia abajo o costado de esta, este método protege a los vehículos en circulación y detiene la energía de caída, reteniendo las rocas que caen desde el talud a través de dicha instalación.

Asimismo, las plantas que crecen sobre el talud tiene el efecto de prevenir la caída de rocas, por lo que es necesario tener en cuenta esta situación en el caso de talar o cortar estas plantas. El resumen de los efectos de las medidas contra la caída de rocas, son indicados abajo:

- Previene la erosión por meteorización que origina la caída de la roca.
- Detiene la generación de caída de rocas.
- Absorbe la energía de la caída de la roca
- Guía a un lugar inofensivo, cambiando la dirección de la caída de la roca.
- Detiene el movimiento de la caída de la roca, resistiendo al impacto de su caída.
- Sirve también como prevención de derrumbe de tierras.

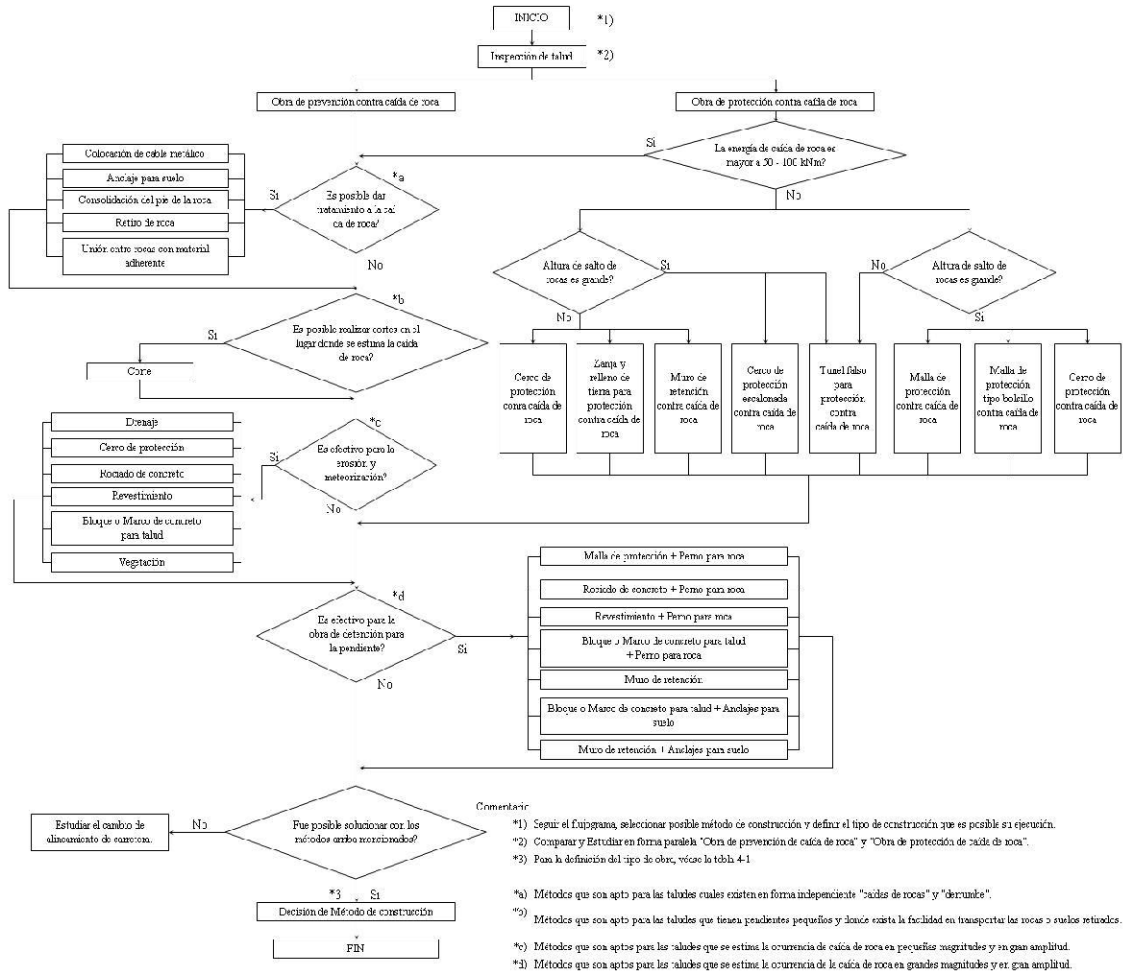
En la tabla 7-18 se muestra la relación entre el efecto arriba mencionado y las obras de medidas contra caída de rocas.

Se seleccionan las combinaciones más óptimas para el estado de carretera y talud del sitio, estudiando previamente los problemas sobre la función, eficiencias en cuanto a resistencia, construcción y control de mantenimiento de cada tipo de medidas.

En la figura 7-36, figura 7-37 y tabla 7-19 se muestran los flujogramas para seleccionar las medidas contra la caída de rocas, efecto y clasificación de obras de prevención y aplicación de obra de prevención según el tipo y magnitud de la caída de las rocas.

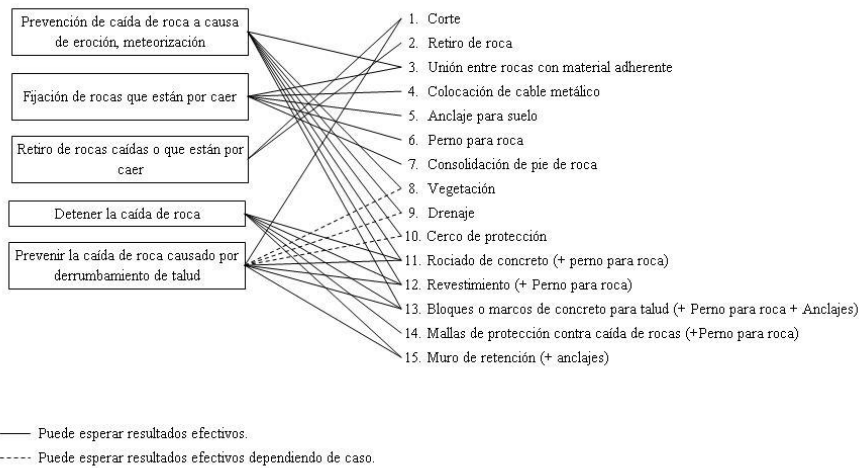
Tabla 7-18 Aplicaciones de medidas contra caída de roca

Tipo de obra	Efecto de obra de prevención para caída de roca					Resistencia	Mantenimiento	Dificultad en construcción	Confiabilidad	Eficiencia económica	
	Prevención de Meteorización Erosión	Prevención de generación	Cambio de dirección	Absorción de energía	Resistencia al impacto						
Obras de	Corte		Muy bueno				Muy bueno	Requiere poca dedicación	Difícil	Muy bueno	Depende de caso
	Retiro de roca		Muy bueno				Bueno	Requiere poca dedicación	Un poco difícil	Bueno	Depende de caso
	Consolidación del pie de la roca		Muy bueno				Muy bueno	Requiere poca dedicación	Un poco difícil	Muy bueno	Depende de caso
	Unión entre rocas con material adherente	Bueno	Bueno				Se daña con caída de piedra	Requiere poca dedicación	Fácil	Depende de circunstancias	Costo elevado
	Anclaje		Muy bueno				Bueno	No requiere dedicación	Un poco difícil	Muy bueno	Depende de caso
	Colocación de cable metálico		Muy bueno				Bueno	Requiere poca dedicación	Difícil	Bueno	Bajo costo
	Drenaje	Muy bueno					Bueno	Requiere poca dedicación	Un poco difícil	Bueno	Bajo costo
	Cerco de protección	Bueno	Bueno	Bueno			Bueno	Requiere poca dedicación	Fácil	Depende de circunstancias	Bajo costo
	Vegetación	Bueno	Bueno				Bueno	No requiere dedicación	Fácil	Depende de circunstancias	Bajo costo
	Rociado de concreto	Muy bueno	Bueno				Bueno	Requiere poca dedicación	Fácil	Bueno	Bajo costo
	Revestimiento	Muy bueno	Muy bueno				Muy bueno	No requiere dedicación	Un poco difícil	Bueno	Bajo costo
	Bloque o marco de concreto para talud	Muy bueno	Muy bueno				-	No requiere dedicación	Fácil	Muy bueno	Depende de caso
	Muro de retención	Muy bueno	Muy bueno	Bueno			Muy bueno	No requiere dedicación	Un poco difícil	Muy bueno	Depende de caso
	Obra de protección contra caída de roca+ Perno para roca		Muy bueno				Bueno	Requiere poca dedicación	Fácil	Bueno	Bajo costo
	Rociado de concreto + Perno para roca	Muy bueno	Muy bueno				Bueno	Requiere poca dedicación	Un poco difícil	Muy bueno	Bajo costo
	Revestimiento + Perno para roca	Muy bueno	Muy bueno				Muy bueno	No requiere dedicación	Un poco difícil	Muy bueno	Depende de caso
	Bloque o marco de concreto para talud + Perno para roca	Muy bueno	Muy bueno				Muy bueno	No requiere dedicación	Un poco difícil	Muy bueno	Bajo costo
Bloque o marco de concreto para talud + Anclajes	Muy bueno	Muy bueno				Muy bueno	No requiere dedicación	Un poco difícil	Muy bueno	Depende de caso	
Muro de retención + Anclajes	Muy bueno	Muy bueno				Muy bueno	No requiere dedicación	Un poco difícil	Muy bueno	Costo elevado	
Obras de protección	Malla de protección contra caída de roca		Bueno	Bueno	Muy bueno		Bueno	Requiere poca dedicación	Fácil	Bueno	Bajo costo
	Malla de protección tipo bolsillo contra caída de roca			Bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Requiere poca dedicación	Fácil	Bueno	Bajo costo
	Cerco de protección contra caída de roca			Muy bueno	Bueno	Bueno	Bueno	Requiere poca dedicación	Fácil	Bueno	Bajo costo
	Cerco de protección escalonada contra caída de roca		Bueno	Muy bueno	Muy bueno		Bueno	Requiere poca dedicación	Fácil	Bueno	Bajo costo
	SopORTE de protección contra caída de roca			Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	No requiere dedicación	Un poco difícil	Bueno	Depende de caso
	Muro de retención contra caída de roca			Muy bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Requiere poca dedicación	Fácil	Bueno	Bajo costo
	Túnel falso de protección contra caída de roca			Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	No requiere dedicación	Un poco difícil	Muy bueno	Depende de caso
Zanja y relleno de tierra para protección contra caída de roca			Muy bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Requiere poca dedicación	Fácil	Bueno	Depende de caso	



Fuente: Guía para el movimiento de tierras, trabajos en taludes y estabilización de taludes, Asociación Vial de Japón.

Figura 7-36 Flujoograma para seleccionar las medidas contra la caída de rocas



Fuente: Guía para el movimiento de tierras, trabajos en taludes y estabilización de taludes, Asociación Vial de Japón.

Figura 7-37 Efecto y clasificación de obras de prevención contra la caída de rocas

Tabla 7-19 Aplicación de obra de prevención según el tipo y magnitud de la caída de rocas

Tamaño de una roca que están caídas o que están por caer		Rocas gigantes (q mayor a 1m) Magnitud igual a unas toneladas		Rocas de tamaño mediano (q= 40cm) Magnitud igual a unas 100kg		Rocas de tamaño pequeño Magnitud igual a menor a unas 10kg	
Tipo de caída de roca		Desprendimiento	Caídas parciales	Desprendimiento	Caídas parciales	Desprendimiento	Caídas parciales
Método de construcción según su objetivo							
Métodos de retiro de rocas caídas y de los que están por caer, cortes	Retiro de rocas caídas y de los que están por caer, cortes	○	○	○	○	○	○
Métodos de relleno entre rocas o relleno en fracturas en rocas para prevenir erosión y meteorización	Drenaje (Incluyendo el drenaje superficial)	○	⊗	○	⊗	○	⊗
	Rociado de concreto	△	No se adapta en lugares que exista arena	○	No se adapta en lugares que exista arena	⊗	No se adapta en lugares que exista arena
	Cerco de protección	×	×	×	○	×	○
	Vegetación	×	×	×	○	×	○
Método de estabilización y fijación de las rocas caídas y de los que están por caer	Consolidación del pie de roca	○	○	No se aplican por motivos constructivos.			
	Unión entre rocas con material adherente	○	△	○	○	No se aplican por motivos constructivos	
	Revestimiento de concreto	△	△	○	○	○	○
	Bloque o marco de concreto vaciado en sitio	○	△	○	○	○	○
	Anclaje para suelo y Perno para roca	No se aplica en forma individualmente. Se aplica en combinación con los métodos como el rociado de concreto y bloques o marcos de concreto vaciado en sitio.					
		○	○	○	○	○	○
	Malla de protección contra caída de roca	○	△	○	△	○	○
	Colocación del cable metálico	○	○	Es frecuente aplicar en combinación con el malla de protección para caída de roca			
Muro de retención	Se aplica en casos que la altura de caída de roca es menor a 8.0 m				×	×	
	○	○	○	○			

Leyenda: ⊗: Se aplica con mayor frecuencia ○: Se aplica con frecuencia
 △: Hay casos que se aplican ×: No se puede aplicar

Fuente: Guía para el movimiento de tierras, trabajos en taludes y estabilización de taludes, Asociación Vial de Japón.

(3) Medida contra aludes de fango y piedras

Como medidas contra el alud de fango y piedra, no se consideran planificaciones de grandes magnitudes como diques para conservación de montañas y obras Sabo, se planificó en cambio, con el método de drenaje en laderas, lo cual minimiza la posibilidad de ocurrencia, utilizando el sistema de drenaje colectivo de las aguas superficiales, que es el causante de que provoquen l aludes de fango y piedras.

(4) Obras de drenaje

Las obras de drenaje se realizarán como parte de las medidas contra los aludes de fango y piedras; sin embargo, incluye en la planificación, las instalaciones de los canales de drenaje subterráneo (su-drenajes) en el límite de corte y relleno, recolección de aguas pluviales que fluyen a través del talud natural que está en la parte superior de este, instalación de drenaje escalonado, lo que reduce al máximo el derrumbamiento de los taludes.

7.5.6 Obras consideradas

(1) Tramo Chicamán – Río Copón (Departamento de El Quiché)

El tramo Chicamán – El Soch pasa por colinas de pendientes relativamente suaves, por lo

tanto se deberán tomar medidas de pequeña escala. El tramo El Soch – Chitás pasa por tierras montañosas muy pronunciadas y existen 3 lugares en malas condiciones desde el punto de vista geológico (véase figura 7-38).

- Estado actual del talud ubicado aproximadamente 4 km. de El Soch.
- Estado actual del talud ubicado aproximadamente 10 km. de El Soch.
- Estado actual del talud en áreas cercanas a Chitás.

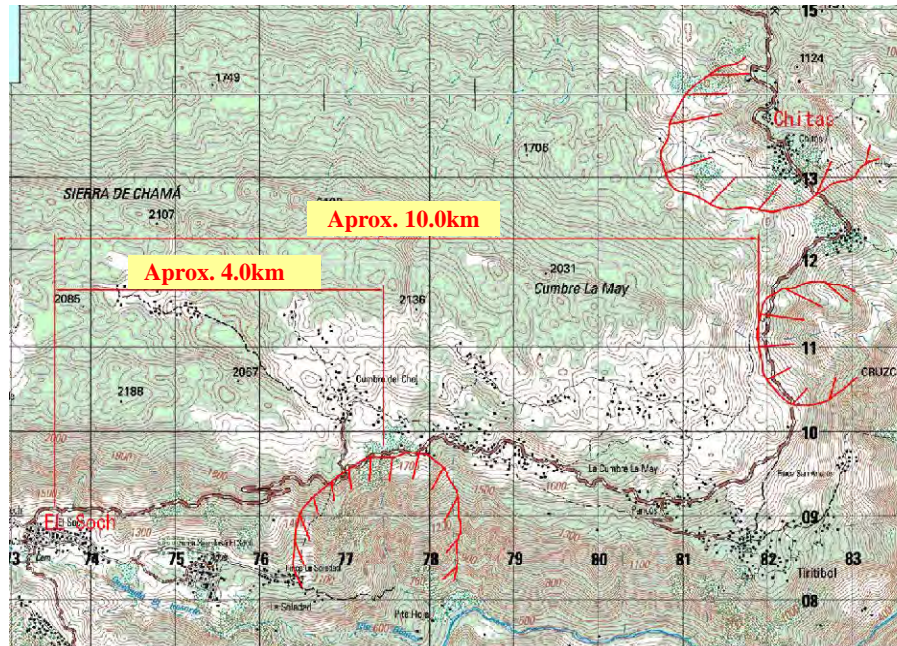


Figura 7-38 Los tres lugares con condición geológica deficiente en el tramo El Soch- Chitás

La meteorización en los suelos de los 3 tramos arriba mencionados, fue establecida mediante un estudio que confirma los resultados del estudio geológico y la necesidad de tomar medidas de protección en los taludes formados por corte.

Se estima que la altura de diseño de corte de las terracerías en estos puntos será de aproximadamente 10m a 20m, planificándose como medidas de protección las obras indicadas abajo.

a) Instalación de drenaje y berma (véase figura 7-39)

Se planificó el uso de canales de drenaje para recibir las aguas pluviales que fluyen por el talud natural hacia la berma del talud de corte, evitando la fluencia directa a la superficie de corte artificial (Prevención de erosión).

b) Obra de rociado de concreto en el talud formado por corte (véase figura 7-40)

Colocar mallas de protección y rociar concreto hasta un espesor de 10cm en el talud de corte. En lugares con pequeños escalones se colocan canales de drenaje para evitar la erosión causada por el agua.

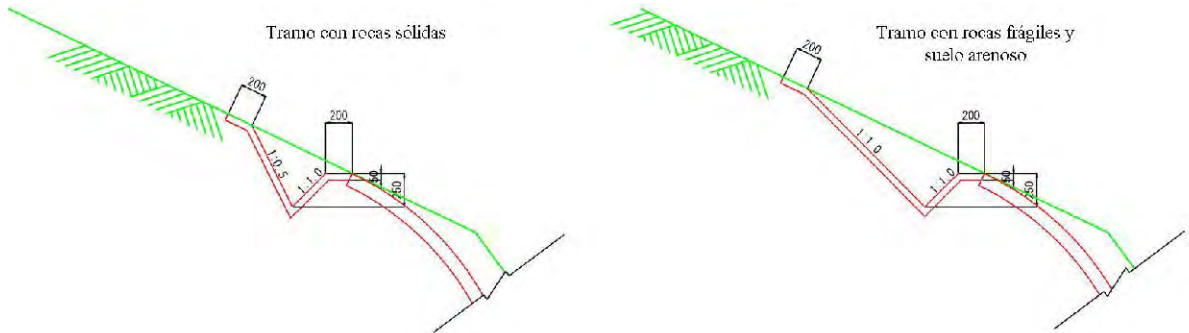


Figura 7-39 Las Obras de drenaje y bermas en talud

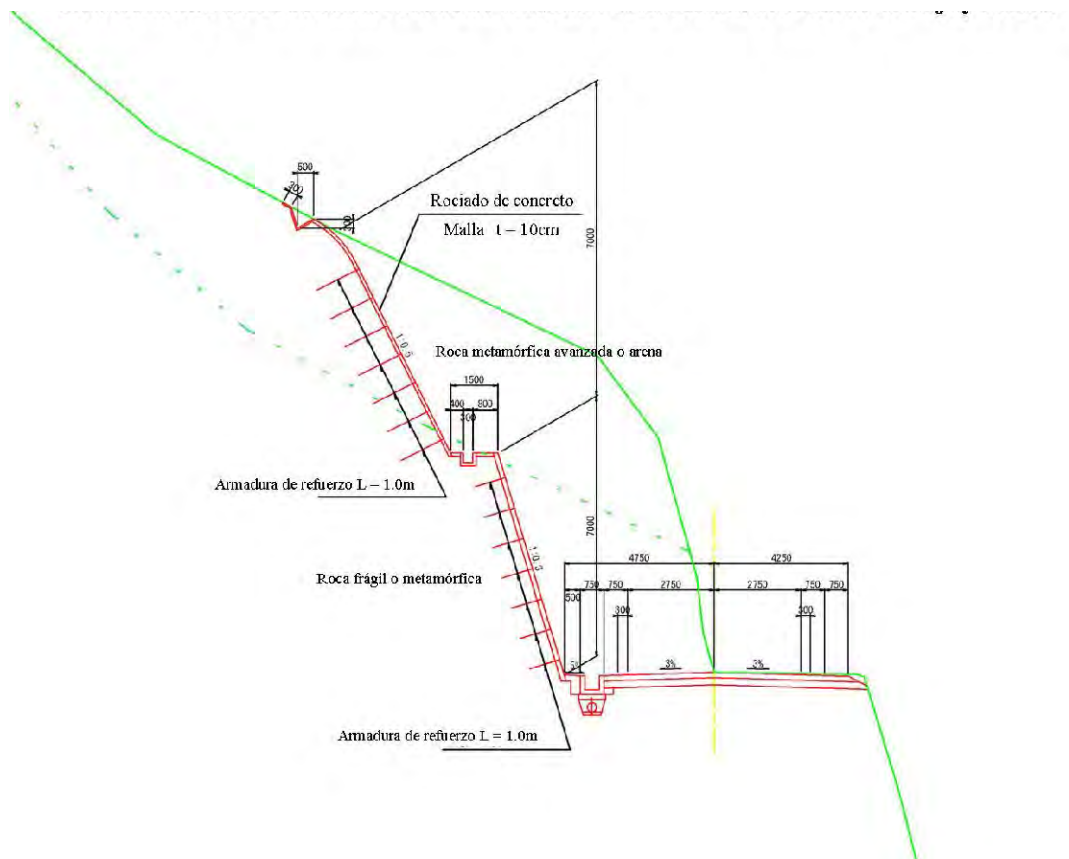


Figura 7-40 Reforzamiento del talud con rociado de concreto + Construcción de canal de drenaje y bermas

c) Instalación de malla de protección para la caída de rocas (véase figura 7-41)

En caso de que el talud de corte sea relativamente sano, se instalan mallas de protección de las rocas para prevenir su desprendimiento superficial.

d) Colocación de anclaje en roca (véase figura 7-42)

En caso de que el talud de corte se divide en bloques de tamaño relativamente grande, se debe considerar la obra de fijación de las rocas, utilizando anclajes.

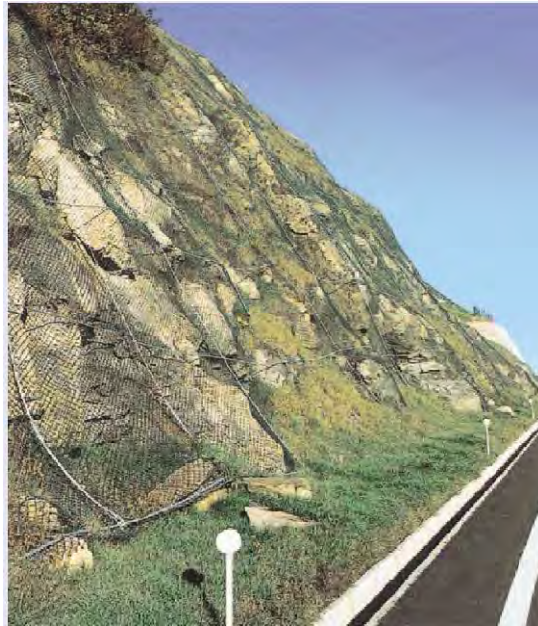


Figura 7-41 Instalación de malla de protección para la caída de rocas

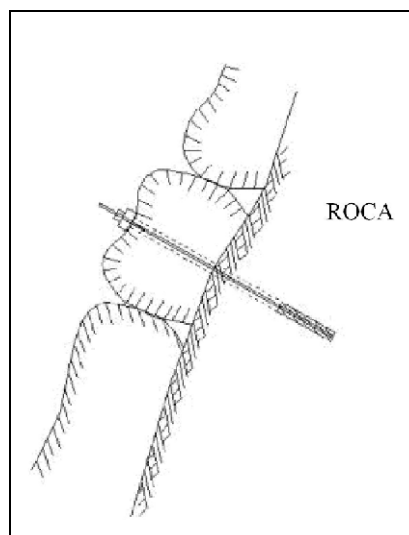


Figura 7-42 Diagrama conceptual de colocación de anclaje en rocas

En el tramo El Paraíso – Río Copón que pasa por terrenos muy pronunciados en la Sierra de Chamá, se requiere tomar medidas similares.

(2) Tramo Playa Grande – Río Copón

Este tramo pasa por tierra de baja altura, por lo cual no requiere tomar medidas especiales. Sin embargo el drenaje superficial de carreteras y drenaje y bermas en taludes son considerados en el diseño de todos los tramos.

(3) Tramo Lanquín – La Soledad

Este tramo también pasa por tierras de altura baja, no obstante se observan derrumbamiento de taludes en áreas cercanas al Río Cahabón. Como medidas se estudiará la instalación de

drenaje y bermas, rociado de concreto y colocación de mallas para rocas. Dado que la formación geología en este punto es principalmente marga, se hace necesario efectuar trabajos de perforación horizontal en marga a efectos de facilitar el drenaje del agua en la parte interna del talud.

(4)Tramo Chicamán – El Soch.

De acuerdo al diseño efectuado, no se afecta ninguna vivienda. Sin embargo, en 2 viviendas entre Chicamán y El Soch, se incluyen trabajos de prevención para no afectar dichas viviendas, como se muestra en la figura 7-43.

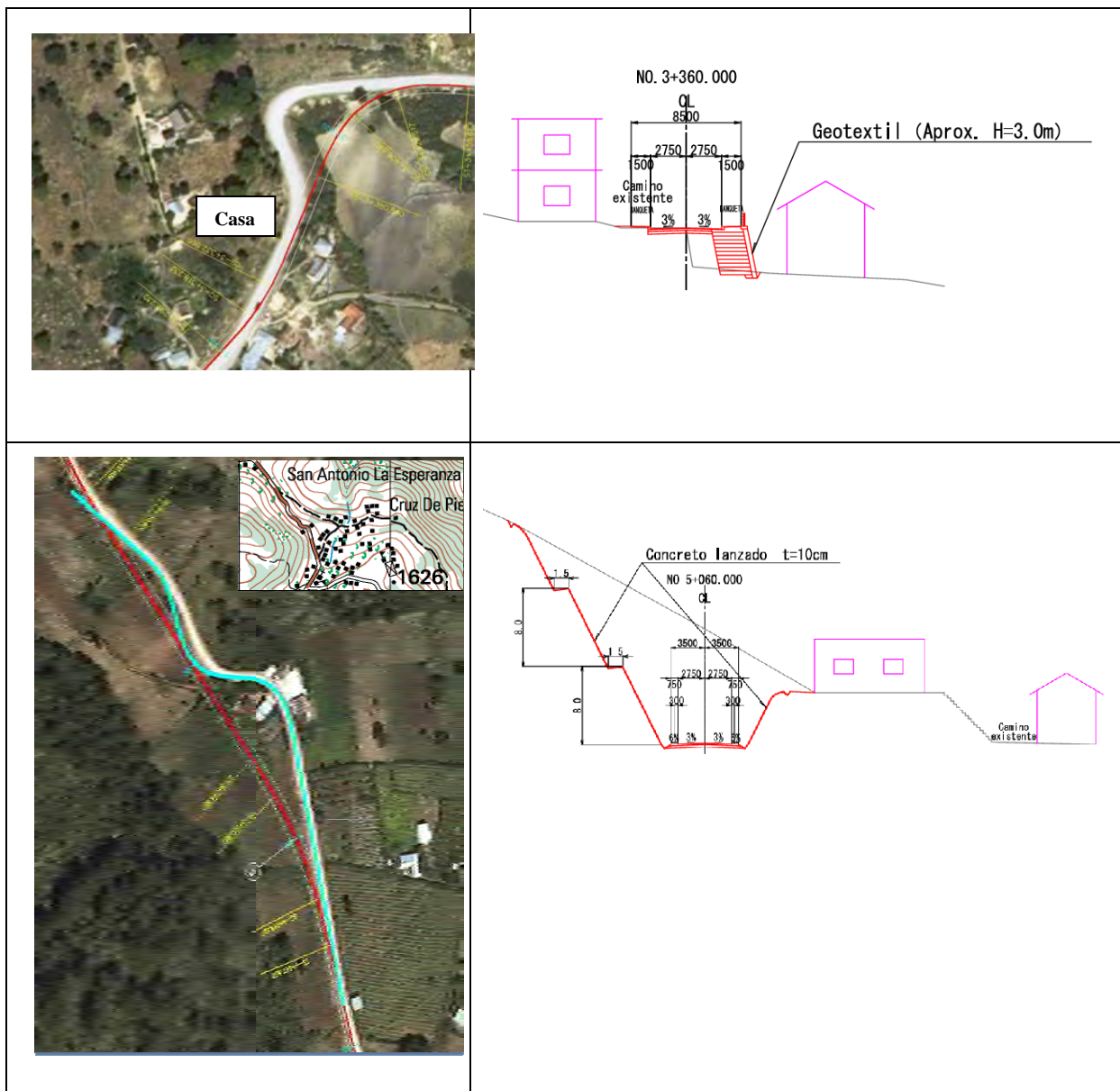


Figura 7-43 Alineamiento horizontal y trabajos de prevención de desastres para evitar el reasentamiento de viviendas.

7.6 Resumen los estándares de diseño aplicados tanto a cada tramo

Las figuras 7-44 y 7-45 resumen los estándares de diseño aplicados tanto a cada tramo, como a la localización de puentes en El Quiché y Alta Verapaz.

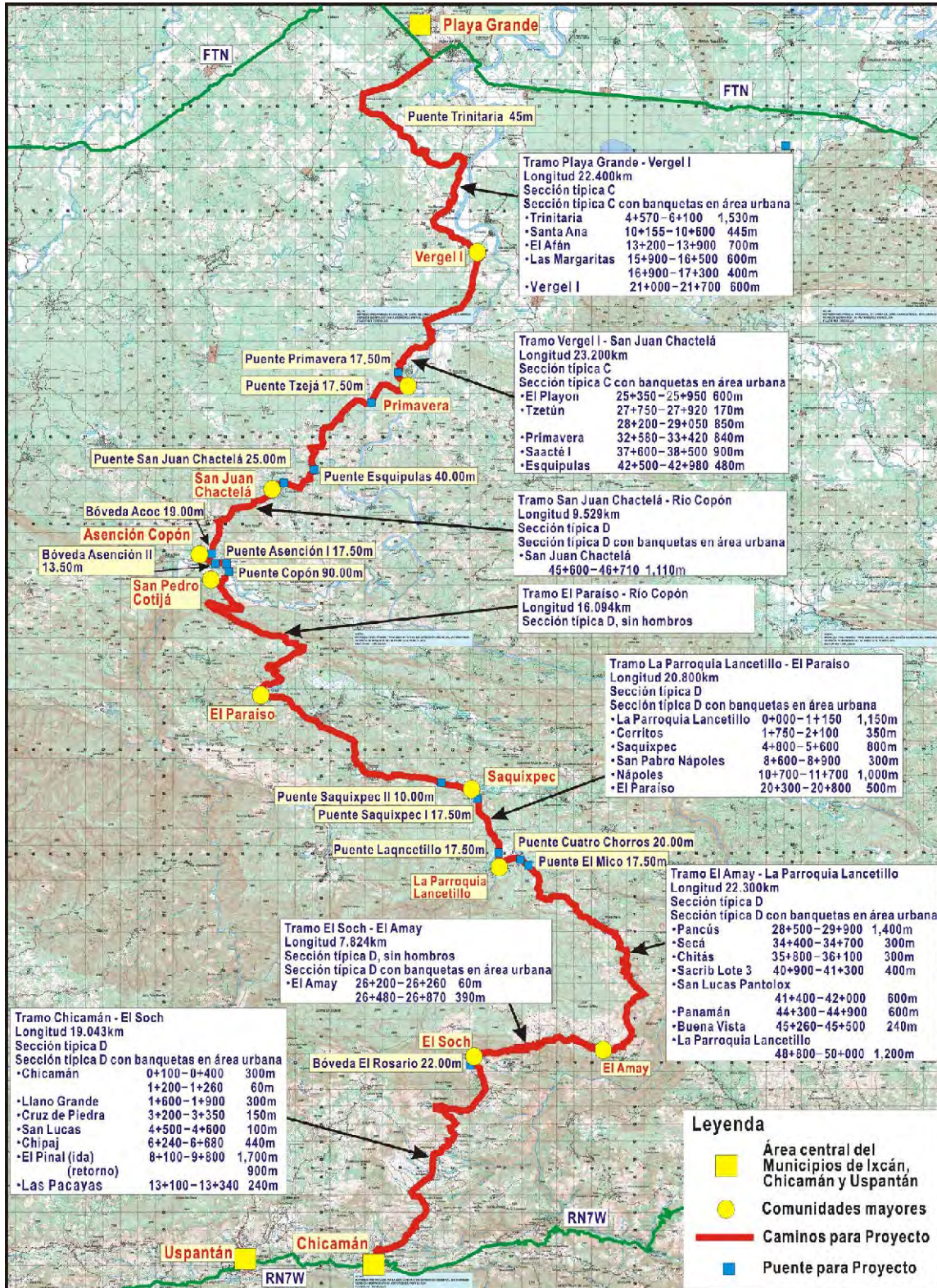


Figura 7-44 Resumen los estándares de diseño aplicados tanto a cada tramo en El Quiché

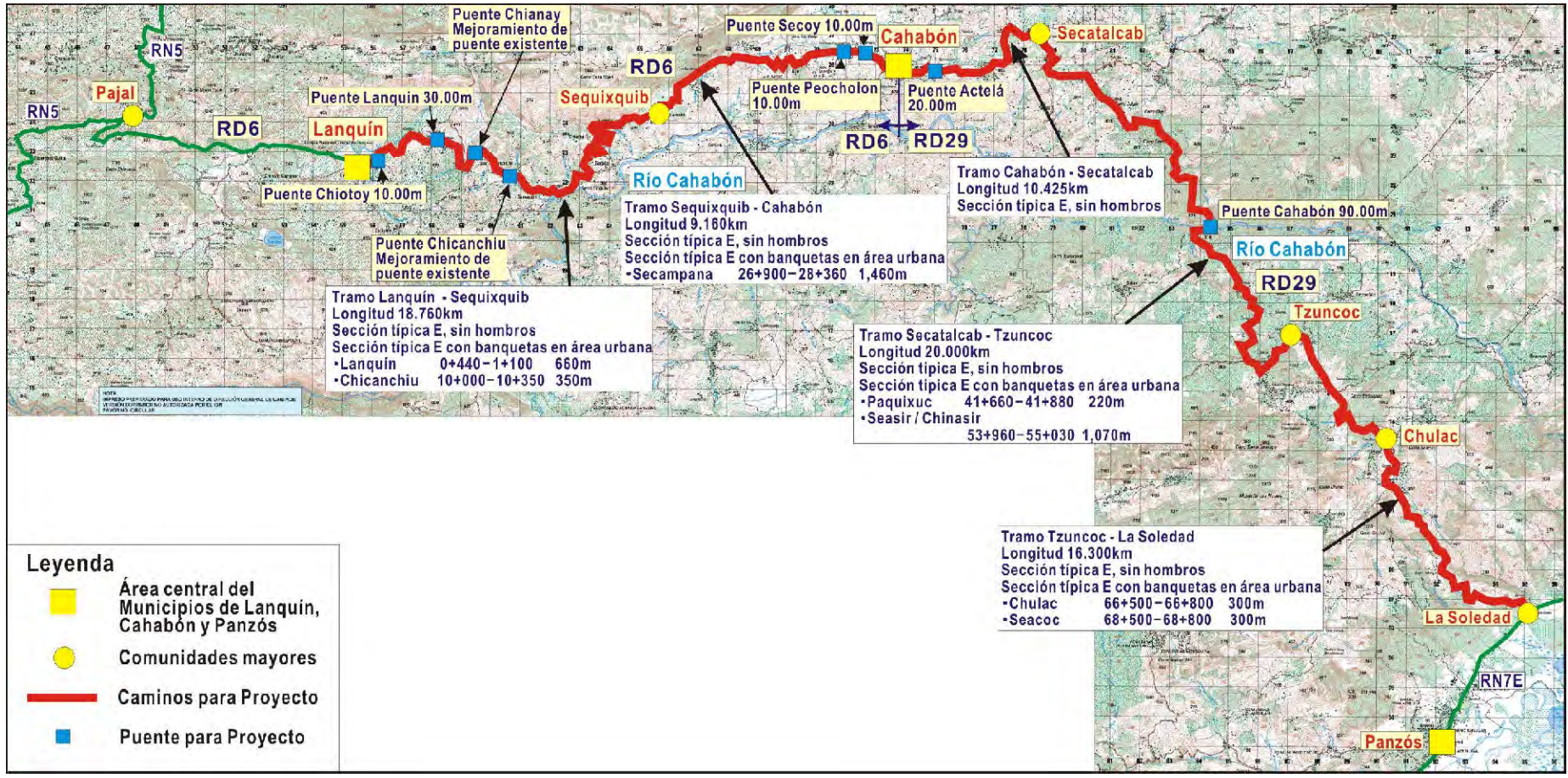


Figura 7-45 Resumen los estándares de diseño aplicados tanto a cada tramo en Alta Verapaz

