

LA REPUBLICA DE GUATEMALA

**PROYECTO DE CONTROL DE INUNDACIONES**

**(LOS RIOS ACHIGUATE Y PANTALEON)**

**REPORTE PRINCIPAL**

**ENERO 1985**

**EL MINISTERIO DE LA DEFENSA NACIONAL  
EL MINISTERIO DE COMUNICACIONES,  
TRANSPORTES Y OBRAS PUBLICAS**

SDS

85-014(4/6)



LA REPUBLICA DE GUATEMALA

**PROYECTO DE CONTROL DE INUNDACIONES**

(LOS RIOS ACHIGUATE Y PANTALEON)

REPORTE PRINCIPAL

ENERO 1985

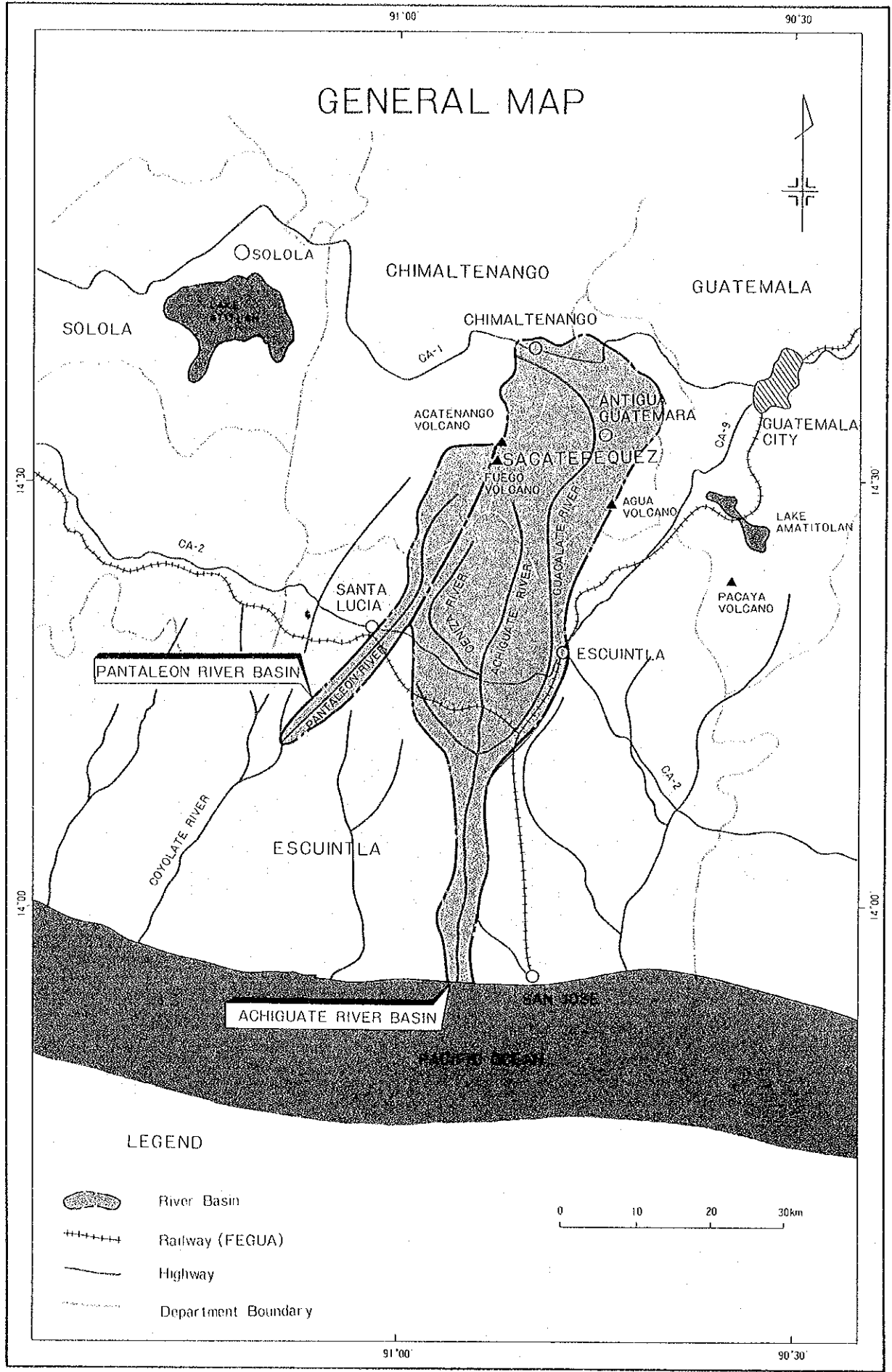
**EL MINISTERIO DE LA DEFENSA NACIONAL  
EL MINISTERIO DE COMUNICACIONES,  
TRANSPORTES Y OBRAS PUBLICAS**

国際協力事業団	
受入 月日 '85.11 28	611
登録No. 12185	617 SDS

Este documento es una traducción al español del original en inglés, solicitada por el gobierno de Guatemala, para dar a conocer los principales resultados obtenidos del Estudio sobre un proyecto de control de inundaciones en las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón.







# GENERAL MAP



PANTALEON RIVER BASIN

ACHIGUATE RIVER BASIN

## LEGEND

-  River Basin
-  Railway (FEGUA)
-  Highway
-  Department Boundary

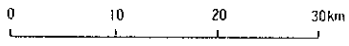






TABLA DE MATERIAS

MAPA GENERAL

	<u>Página</u>
CAPITULO I. INTRODUCCION	
1.1 Historia del Estudio .....	1
1.2 Perfil del Estudio .....	1
1.2.1 Area del Estudio .....	1
1.2.2 Objetivos .....	1
1.2.3 Alcance del Estudio .....	1
1.3 Proceso del Estudio .....	2
CAPITULO II. ANTECEDENTES DEL PROYECTO	
2.1 Antecedentes Económicos .....	3
2.2 Identificación del Proyecto .....	7
2.2.1 Importancia de las Cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón .....	7
2.2.2 Otros Daños Serios por Inundaciones y Sedimentaciones en Guatemala .....	8
CAPITULO III. CONDICIONES PRESENTES	
3.1 Socio-Economía .....	9
3.1.1 Administración .....	9
3.1.2 Población y Fuerza de Trabajo .....	9
3.1.3 Daños de Sedimentación e Inundaciones .....	10
3.1.4 Infraestructuras .....	10
3.1.5 Agricultura y Otras Industrias .....	13
3.1.6 Uso de Tierras y Propiedades .....	13
3.1.7 Proyectos Desarrollados Actualmente .....	14
3.2 Recursos Físicos .....	14
3.2.1 Localización y Topografía .....	14
3.2.2 Clima .....	16
3.2.3 Geología y Geomorfología .....	16
3.2.4 Inundación, Dasague y Torrente .....	17

	<u>Página</u>
3.2.5 Actividades Volcánicas y Sedimentación .....	18
3.2.6 Característica del Río .....	19
CAPITULO IV.      CONCEPTOS BASICOS PARA PLANEAMIENTO	
4.1 General .....	22
4.2 Fundamentos del Plan .....	22
4.2.1 Descarga de Sedimentos .....	22
4.2.2 Descarga de Crecidas .....	23
4.2.3 Modelo de Simulación .....	24
4.3 Método del Control de Sedimentos e Inundaciones .....	26
4.3.1 Control de Sedimentos .....	26
4.3.2 Control de Inundaciones .....	27
4.4 Método de Evaluación del Proyecto .....	29
CAPITULO V.      PLAN A LARGO PLAZO	
5.1 General .....	31
5.2 Descargas de Sedimentos y Crecidas de Diseño .....	31
5.3 Estudio Comparativo .....	32
5.3.1 Presas de Control de Sedimentos .....	32
5.3.2 Mejoramiento del Cauce entero del Río .....	32
5.3.3 Mejoramiento Parcial del Cauce (Caso I) .....	35
5.3.4 Mejoramiento Parcial del Cauce (Caso II) .....	37
5.4 Plan Propuesto a Largo Plazo .....	39
5.4.1 Características del Plan .....	39
5.4.2 Calendario de Construcción y Costo .....	42
CAPITULO VI.     PLAN URGENTE	
6.1 General .....	44
6.2 Bienes-Objetivo .....	44

	<u>Página</u>
6.3 Estudio Comparativo .....	45
6.3.1 Obras del Control de Sedimentos .....	45
6.3.2 Obras del Control de Inundaciones .....	46
6.4 Descarga de Sedimentos y Crecidas de Diseño .....	48
6.5 Plan Propuesto .....	49
6.5.1 Características del Plan .....	49
6.5.2 Diseño Preliminar .....	51
6.5.3 Calendario de Construcción y Costo .....	54
6.6 Plan Alternativo .....	56
6.6.1 Características del Plan .....	56
6.6.2 Diseño Preliminar .....	58
6.6.3 Calendario de Construcción y Costo .....	59

## CAPITULO VII. EVALUACION DEL PROYECTO

7.1 General .....	61
7.2 Condición y Metodología para la Estimación del Costo y Beneficio Económicos .....	61
7.2.1 Precios .....	62
7.2.2 Costos .....	62
7.2.3 Beneficios .....	62
7.3 Evaluación Económica para el Plan a Largo Plazo .....	66
7.3.1 Costo Económico .....	66
7.3.2 Beneficio Económico .....	67
7.3.3 Evaluación Económica .....	67
7.4 Evaluación Económica para el Plan Urgente .....	68
7.4.1 Costo Económico .....	68
7.4.2 Beneficio Económico .....	68
7.4.3 Evaluación Económica .....	69
7.4.4 Prueba de Sensibilidad .....	70
7.5 Impactos Socio-Económicos .....	70

CAPITULO VIII. SISTEMA DE ADMINISTRACION DE RIOS

8.1	General .....	71
8.2	Manejo de Aguas en Guatemala .....	71
8.2.1	Maquinaria del Gobierno .....	71
8.2.2	Agencias Relacionadas con el Manejo de Agua .....	72
8.3	Leyes concernientes al Manejo de Agua en Guatemala .....	75
8.4	Introducción de Sistema de Administración de Aguas de Ríos y Leyes Pertinentes en Países Extranjeros .....	76
8.4.1	Systema de Administración del Aguas en Países Extranjeros .....	76
8.4.2	Leyes Relacionadas en la Administración del Aguas en Países Extranjeros .....	80
CAPITULO IX.	RECOMENDACION .....	84

ADJUNTO 1: Miembros del Equipo de Estudio, Contrapartes y  
Comité Consultor

ADJUNTO 2: Minutas de Reuniones

LISTA DE TABLAS

			<u>Página</u>
Tabla	1-1	LOS DATOS BASICOS UTILIZADOS PARA ESTE ESTUDIO .....	86
Tabla	2-1	PRINCIPALES PRODUCTOS AGRICOLAS DE GUATEMALA, 1974/75-1980/81 .....	92
	2-2	EXPORTACION E IMPORTACION, 1975-1980 .....	93
	2-3	PRODUCCION DOMESTICA BRUTA (PDB) DE GUATEMALA, 1971-1980 .....	94
	2-4	PORCION EN PDB POR SECTOR INDUSTRIAL, 1971-1980 .....	95
Tabla	3-1	POBLACION POR DEPARTAMENTO EN 1950, 1964, 1973 y 1981 .....	96
	3-2	POBLACION Y NUMERO DE CASAS Y FAMILIAS EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA EN 1981 .....	97
	3-3	POBLACION Y POBLACION DE TRABAJO POR EDAD Y SEXO EN 1981 .....	98
	3-4	DAÑOS POR INUNDACIONES Y SEDIMENTOS EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS - ACHIGUATE Y PANTALEON .....	99
	3-5	VOLUMEN PROMEDIO DE TRAFICO DIARIO DE VEHICULOS EN RUTAS PRINCIPALES EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, 1978-1982 .....	102
	3-6	USO DE SUELO EN LA REPUBLICA DE GUATEMALA Y DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA .....	103
	3-7	USO DE SUELO EN EL AREA DE ESTUDIO .....	104
	3-8	PROYECTOS ACTUALES EN EL AREA DE ESTUDIO .....	105
	3-9	PRECIPITACION MEDIA MENSUAL .....	106
	3-10	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL .....	107
	3-11	HUMEDAD MEDIA MENSUAL .....	108
	3-12	EVAPORACION MEDIA MENSUAL .....	108
	3-13	ACTIVIDADES VOLCANICAS Y SUS INFLUENCIAS .....	109

		<u>Página</u>
Tabla	4-1	DESCARGA PROBABLE DE SEDIMENTOS ..... 110
	4-2	DESCARGA PROBABLE ..... 111
	4-3	NIVEL DE AGUAS DE INUNDACION ..... 112
	4-4	TASA DE INTERES DE AGENCIAS FINANCIERAS INTERNACIONALES ..... 114
Tabla	5-1	ESTUDIO COMPARATIVO PARA LA PROTECCION DE LOS BIENES B ..... 115
	5-2	COSTO DE CONSTRUCCION ..... 116
	5-3	CALENDARIO DE DESEMBOLSO ANUAL ..... 117
Tabla	6-1	COMPARACION DE COSTOS PARA LOS METODOS DEL MEJORAMIENTO DE CAUCE ..... 118
	6-2	COMPARACION ECONOMICA PARA ESCALAS DEL PROYECTO ..... 119
	6-3	COMPARACION DE COSTOS PARA LOS TIPOS DE PRESA DE CONTROL DE SEDIMENTOS ..... 120
	6-4	DIMENSIONES DE PRESAS DE CONTROL DE SEDIMENTOS (PLAN PROPUESTO Y EL ALTERNATIVO) ..... 121
	6-5	COMPARACION DE COSTOS PARA TIPOS DE ESTRUCTURA RIBEREÑA ..... 122
	6-6	COSTOS DE CONSTRUCCION (PLAN PROPUESTO) ..... 123
	6-7	CALENDARIO DE DESEMBOLSO ANUAL (PLAN PROPUESTO) ..... 124
	6-8	COSTOS DE CONSTRUCCION (PLAN ALTERNATIVO) ..... 125
	6-9	CALENDARIO DE DESEMBOLSO ANUAL (PLAN ALTERNATIVO) ..... 126
Tabla	7-1	TIPO DE CAMBIO SOMBRA ESTIMADO A BASE DE MONTOS Y DERECHOS DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES, 1976-1980 ..... 127
	7-2	RENDIMIENTO UNITARIO Y PRECIO UNITARIO DE COSECHAS AGRICOLAS EN - EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA EN 1984 ..... 128
	7-3	PORCENTAJE DE DAÑOS SOBRE BIENES SUMERGIDOS ..... 129

	7-4	FLUJO ANUAL DE COSTO Y BENEFICIO ECONOMICOS Y TASA INTERNA ECONOMICA DE RETORNO PARA PLAN PROPUESTO A LARGO PLAZO .....	130
	7-5	FLUJO ANUAL DE COSTO Y BENEFICIO ECONOMICOS Y TASA INTERNA ECONOMICA DE RETORNO PARA PLAN URGENTE PROPUESTO .....	131
	7-6	FLUJO ANUAL DE COSTO Y BENEFICIO ECONOMICOS Y TASA INTERNA ECONOMICA DE RETORNO PARA PLAN URGENTE ALTERNATIVO .....	132
Tabla	8-1	PRESUPUESTO DE AGENCIAS GUBERNAMENTALES EN GUATEMALA .....	133
	8-2	DISTRIBUCION DEL PRESUPUESTO POR SECTOR EN GUATEMALA .....	134
	8-3	ACTIVIDADES DE AGENCIAS CONCERNIENTES A LA ADMINISTRACION DEL AGUA EN GUATEMALA .....	135
	8-4	LEYES PRINCIPALES CONCERNIENTES A LA ADMINISTRACION DEL AGUA EN GUATEMALA .....	138
	8-5	CONTENIDOS DE LA ADMINISTRACION DEL AGUA POR MINISTERIOS EN JAPON .....	139
	8-6	CONTENIDOS DE LA ADMINISTRACION DEL AGUA POR DIFERENTES DIVISIONES DE LA OFICINA DE RIOS DEL MINISTERIO DE CONSTRUCCION .....	141
	8-7	AGENCIAS FEDERALES PRINCIPALES Y SUS RESPONSABILIDADES PARA LA ADMINISTRACION DEL AGUA EN EE.UU .....	143
	8-8	CONTENIDOS DE LA ADMINISTRACION DEL AGUA POR AGENCIAS EN EL REINO UNIDO .....	145
	8-9	ACTAS PRINCIPALES RELACIONADAS CON LA ADMINISTRACION DEL AGUA EN EL JAPON .....	147
	8-10	ACTAS PRINCIPALES RELACIONADAS CON LA ADMINISTRACION DEL AGUA EN EE.UU .....	148
	8-11	ACTAS PRINCIPALES RELACIONADAS CON LA ADMINISTRACION DEL AGUA EN EL REINO UNIDO .....	149

LISTA DE FIGURAS

			<u>Página</u>
Fig.	1-1	AREA DE ESTUDIO .....	150
	1-2	PROCESO DE ESTUDIO .....	151
Fig.	2-1	UBICACION DE LAS AREAS DAÑADAS EN GUATEMALA .....	153
	2-2	AREA DAÑADA DE EL PALMAR Y CONDICION GEOMORFOLOGICA .....	154
	2-3	AREA DAÑADA DE CHIQUIMULILLA Y CONDICION GEOMORFOLOGICA .....	155
Fig.	3-1	MAPA DE INUNDACION DE LA CRECIDA EN SEPTIEMBRE 1969 .....	156
	3-2	MAPA DEL USO DE SUELO .....	158
	3-3	DIVISION GEOMORFOLOGICA DEL AREA DE ESTUDIO .....	160
	3-4	TRANSICION DEL CAUCE DEL RIO .....	161
	3-5	TRANSICION DE LA DESEMBOCADURA DEL RIO ACHIGUATE .....	163
	3-6	TRANSICION DE LA SECCION TRANSVERSAL EN EL PUENTE DE FERROCARRIL DEL RIO ACHIGUATE .....	164
	3-7	TRANSICION DE LA SECCION TRANSVERSAL EN EL PUENTE DE FERROCARRIL DEL RIO PANTALEON .....	165
	3-8	CARACTERISTICAS DEL RIO .....	166
Fig.	4-1	UBICACION DE PUNTOS DE REFERENCIA .....	168
	4-2	DESCARGA ESPECIFICA .....	169
	4-3	MODELO DE HIDROGRAMA .....	170
Fig.	5-1	DISTRIBUCION DE DESCARGA DE DISEÑO.....	172
	5-2	CLASIFICACION DE LOS BIENES .....	174
	5-3	PLAN COMPRENSIVO .....	176



		<u>Página</u>
	5-4	PERFIL LONGITUDINAL ..... 178
	5-5	UBICACION DE OBRAS ALTERNATIVAS ..... 180
	5-6	PLAN PROPUESTO ..... 184
	5-7	CALENDARIO DE CONSTRUCCION ..... 186
Fig.	6-1	ASPECTOS GENERALES DE PLANES COMPARATIVOS ..... 187
	6-2	COMPARACION DE COSTOS PARA METODOS DEL MEJORAMIENTO DEL CAUCE ..... 191
	6-3	COMPARACION ECONOMICA PARA ESCALAS DEL PROYECTO ..... 192
	6-4	FRECUENCIAS DE DAÑOS POR INUNDACIONES EN GUATEMALA ..... 193
	6-5	UBICACION DE PRESAS DE CONTROL DE SEDIMENTOS (PLAN PROPUESTO) ..... 194
	6-6	PLAN DE MEJORAMIENTO DEL CAUCE (PLAN PROPUESTO) ..... 195
	6-7	PERFIL DE DISEÑO DEL CAUCE (PLAN PROPUESTO) ..... 201
	6-8	ESTRUCTURA GENERAL DE LA PRESA DE CONTROL DE SEDIMENTOS (PLAN PROPUESTO) ..... 203
	6-9	ESTRUCTURA GENERAL DE ESTRUCTURAS RIBEREÑAS (PLAN PROPUESTO) ..... 204
	6-10	CALENDARIO DE CONSTRUCCION (PLAN PROPUESTO) ..... 206
	6-11	UBICACION DE PRESAS DE CONTROL DE SEDIMENTOS (PLAN ALTERNATIVO) ..... 207
	6-12	ESTRUCTURA GENERAL DE LA PRESA DE CONTROL DE SEDIMENTOS (PLAN ALTERNATIVO) ..... 208
	6-13	ESTRUCTURA GENERAL DE LAS ESTRUCTURAS RIBEREÑAS (PLAN ALTERNATIVO) ..... 209
	6-14	CALENDARIO DE CONSTRUCCION (PLAN ALTERNATIVO) ..... 210

		<u>Página</u>
Fig.	8-1 ORGANIGRAMA DE LA ADMINISTRACION DEL GOBIERNO DE GUATEMALA .....	211
	8-2 ORGANIGRAMA GENERAL DE LA MUNICIPALIDAD DE ESCUINTLA .....	212
	8-3 ORGANIZACION Y AGENCIAS CONCERNIENTES A LA ADMINISTRACION DEL AGUA EN GUATEMALA .....	213
	8-4 ORGANIZACION ADMINSTRATIVA RELACIONADA CON LA ADMINISTRACION DEL AGUA EN JAPON .....	214
	8-5 ORGANIGRAMA DEL MINISTERIO DE CONSTRUCCION CON DETALLE DE SU OFICINA DE RIOS .....	215
	8-6 ORGANIZACION ADMINISTRATIVA RELACIONADA CON LA ADMINISTRACION DEL AGUA EN EE.UU .....	216
	8-7 ORGANIGRAMA DE LA COMISION DE LA CUENCA DEL RIO NUEVA INGLATERRA .....	217
	8-8 ORGANIZACION ADMINISTRATIVA RELACIONADA CON LA ADMINISTRACION DEL AGUA EN EL REINO UNIDO .....	218
	8-9 ORGANIZACION DE OPERACION DE LA AUTORIDAD DEL AGUA EN SEVERN TREND .....	219





## 1.1 Historia del Estudio

Las áreas a lo largo de los ríos Achiguate y Pantaleón han sufrido serios daños por inundaciones y acarreos de despojos infligiendo casas, red de transporte, terrenos agrícolas y otras propiedades.

Estas circunstancias acelerarán al Gobierno de Guatemala a solicitar una asistencia técnica del Gobierno del Japón a fin de controlar crecidas y descarga de sedimentos en las áreas en mención, y de esta manera se minimizan perjuicios contra la vida y los bienes. En respuesta a su solicitud, el Gobierno del Japón decidió dirigir el Estudio de acuerdo con las leyes y reglas existentes en pertenencia del Japón.

Por lo tanto, JICA despachó equipos del estudio preliminar a la República de Guatemala en dos ocasiones, en noviembre de 1982 y en abril de 1983, con el propósito de evaluar la realización del programa de cooperación técnica, en el que el Gobierno de Guatemala propuso la implementación de un estudio de factibilidad en el proyecto de control de inundaciones en las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón.

Eventualmente, JICA envió a Guatemala un equipo de estudio el 2 de agosto de 1983 para que emprendiera el estudio.

## 1.2 Perfil del Estudio

### 1.2.1 Area del Estudio

El área de estudio cubre básicamente las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón que cuentan con áreas tributarias de 1,080 km<sup>2</sup> y 150 km<sup>2</sup>, respectivamente, como se aprecia en la figura 1-1. Se involucra también en el programa del Estudio el área circundante en donde ha sufrido daños serios por las crecidas en citados ríos.

### 1.2.2 Objetivos

Los objetivos del Estudio son:

- (1) Formular un proyecto comprensivo de control de inundaciones a largo plazo en el Area del Estudio.
- (2) Realizar un estudio de factibilidad sobre obras identificadas y de prioridad que serán formuladas a través del estudio mencionado arriba como proyecto urgente de control de inundación para su implementación inmediata.

### 1.2.3 Alcance del Estudio

El alcance del Estudio convenido por y entre JICA y el Gobierno de Guatemala cubre los artículos siguientes:

- (1) Recolección de datos y su análisis
  - Meteorología
  - Hidrología
  - Estructuras existentes para el control de inundaciones y el desarrollo del cauce del río
  - Economía y sociología regionales
  - Geología
  - Agricultura
  
- (2) Formulación del proyecto comprensivo del control de inundaciones a largo plazo.
  - Estudio Hidrológico e Hidráulico
  - Estudio Geológico y Gemorfológico
  - Estudio de control de inundación
  - Planeamiento diseño y estimación de costo
  - Identificación del Sistema Optimo de administración del río
  
- (3) Estudio de factibilidad
  - Investigación geológica y de mecanismo del suelo en lugares necesarios
  - Examen de materiales para obras de construcción
  - Preparación de diseño preliminar de ingeniería para el proyecto
  - Plan de construcción
  - Estimación de los beneficios del proyecto desde el punto de vista económico y social
  - Evaluación del costo y beneficio del proyecto desde el punto de vista económico y social

### 1.3 Proceso del Estudio

El estudio se llevó a cabo de acuerdo con el proceso mostrado en la figura 1-2, la cual contiene tanto el flujo del análisis como la formulación del proyecto. Los datos básicos utilizados para este estudio se listan en la tabla 1-1.

Se presentan los resultados de estudios en el informe consistente en los tres volúmenes siguientes:

- (1) Sumario de ejecución
- (2) Informe principal
- (3) Informes complementarios
  - (a) Socio-economía
  - (b) Hidrología
  - (c) Plan del control de sedimentos
  - (d) Plan para el mejoramiento de ríos
  - (e) Plan de construcción y estimación de costo
  - (f) Evaluación de proyecto
  - (g) Sistema para la administración de ríos

2.1 Antecedentes Económicos

La República de Guatemala está situada en la zona tropical y se extiende entre 13°44' y 18°30' latitud norte y de 87°24' a 92°14' longitud oeste. El País, el que está localizado en la parte norteña de Centroamérica, colinda con México al norte y oeste, con El Salvador al suroeste y con Honduras al noroeste. Da al Mar Caribe al noreste y al Océano Pacífico al suroeste.

En vista de su situación geográfica y económica los países centroamericanos (Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica) establecieron el Mercado Común Centroamericano en 1951 y han presentado cooperaciones mutuas en los aspectos de comercio, industrial y transporte. Especialmente, la carretera centroamericana y la panamericana han contribuido magníficamente al desarrollo en la industria y las comunicaciones en los países respectivos.

Los países centroamericanos cuentan con algo en común en los aspectos sociales y económicos, es decir, todos estos países se independizaron en 1821, y su industria básica es agricultura, cuyos productos principales son maíz, caña de azúcar, algodón, café, plátanos y carne de res en la ganadería. La exportación cuenta principalmente con esos productos agrícolas, excepto maíz que es de auto-suministro, los cuales son exportados a los EE.UU. y otros países desarrollados.

De 1971 a 1982, el gobierno de Guatemala ha implementado tres (3) planes de desarrollo económico, como se menciona abajo:

- (1) Plan Quinquenal de 1971 a 1975
- (2) Plan Quinquenal de 1975 a 1979; y
- (3) Plan de 4 años de 1979 a 1982.

Basado en estos planes de desarrollo poniéndolos en ejecución, Guatemala gozaba del 5.2% de crecimiento medio económico anual en el primer y segundo plan quinquenal durante el período de 1971 a 1979. Sin embargo, desde 1980 el crecimiento económico ha mostrado una tendencia algo descendente.

Con respecto a un nuevo plan de desarrollo económico a largo plazo el Gobierno no ha hecho ninguna declaración de sus pareceres políticos, y desde 1982 la política del Gobierno se ha manejado en base al plan de desarrollo a corto plazo con los propósitos mayores siguientes:

- (1) Corregir el desequilibrio de comercio;
- (2) Establecer finanzas solventes nacionales;

- (3) Promover desarrollo en los sectores agrícolas, manufacturero - industriales y de construcción;
- (4) Construir viviendas para la clase obrera;
- (5) Proporcionar mayor oportunidad de empleo a la población;
- (6) Atenuar el desequilibrio social y económico entre la gente; y
- (7) Esforzarse por activar el Mercado Común Centroamericano

En principio, este plan a corto plazo es casi igual al plan de cuatro años mencionado antes (1979-1982).

El país se puede clasificar aproximadamente en tres regiones por su configuración geográfica: región central montañosa, región Costa Sur y región norte de tierra baja.

La región central montañosa consiste en la montaña de la Sierra Madre y valle entre las montañas que atraviesan del este al oeste en la parte sureña del país. Esta región goza de clima suave por causa de la altitud alta en la zona tropical. El gran número de la población de la República se ha concentrado en el valle entre las montañas por causa del clima adecuado para las condiciones de vivir. La ciudad de Guatemala, la capital, yace en esta región, y la ladera del sur de las montañas se aprecia como área principal para el cultivo del café.

La región Costa Sur que se halla paralela al litoral del Pacífico es en general plana y tiene tierra fértil. Gracias a tan buena condición natural, los productos agrícolas se cultivan extensamente, y también se maneja la ganadería de una gran envergadura. Razón por la cual esta región se considera como terreno de valor para Guatemala, que es un país agrícola.

Gran cantidad de ríos que nacen en la Sierra Madre desembocan al Océano Pacífico pasando por esta región plana. Aguas del río se han utilizado principalmente para las necesidades diarias de la gente y una parte de ellas, para la agricultura. Por otro lado, las cuencas de ríos han sido con frecuencia dañadas por inundaciones en la época lluviosa.

La región norte de tierra baja pronostica lluvias tropicales y es la región menos desarrollada de las tres regiones. La inmigración de los agricultores a esta región de otras regiones se ha practicado desde los años 1950 en base al programa de desarrollo agrícola del gobierno. Sin embargo, se dice que el mismo no garantiza nada positivo por causa del suelo ácido fuerte y de la delgada capa superior del suelo. Por otro lado, el petróleo y otros productos minerales se han desarrollado por varios años en el área cerca de las montañas centrales, y gracias a su desarrollo, caminos a esta región han sido bastante mantenidos.



El censo del año 1981 indica que la población de Guatemala son de 6,054,000, la que consiste en el 56% de indígenas, el 36% de mestizos y el 8% de blancos.

Más de la mitad de la población total viven dentro del sector agrícola. Especialmente la mayoría de los indígenas viven de agricultura y forman una sociedad propia de ellos mismos por tribus respectivas aisladas de las comunidades civilizadas.

El transporte en Guatemala es principalmente del tráfico vial. Los caminos se clasifican en cuatro (4) categorías: Carretera Panamericana, Carretera Centroamericana, caminos nacionales y caminos departamentales. En 1980 los caminos mencionados arriba tenían una longitud total de 14,591 km, la cual consiste en los pavimentados de 2,887 km y en los de tierra de 11,704 km. En 1978 el número de vehículos de motor en uso en Guatemala fue de unos 134,000 en total contando 90,000 de carros pasajeros, y 44,000 de vehículos para uso comercial.

El ferrocarril de Guatemala fue establecido por una empresa particular en los años 1980, el cual actualmente es operado por FEGUA del Ministerio de Comunicaciones, Transportes y Obras Públicas.

El ferrocarril en Guatemala consiste en una línea principal y tres líneas secundarias, la primera se extiende de Puerto Barrios a Tecún Umán cerca de la frontera con México. El ferrocarril cuenta con 778.9 km de longitud total, incluso 176.1 km de las líneas secundarias. El riel que se usa es de vía sencilla con trocha estrecha.

Guatemala tiene cuatro (4) puertos: Santo Tomás y Puerto Barrios en el litoral del Atlántico, y San José y Champerico en el litoral del Pacífico. El total de las cargas trabajadas en 1981 alcanzó unas 2,120,000 toneladas.

En la actualidad, Guatemala tiene 31 plantas de energía, las cuales consisten en 12 plantas hidráulicas y en 19 plantas térmicas. En 1981 la capacidad, producción y consumo de energía eléctrica fueron de 446.2 MW, 1,437.6 GWH y 1,210.4 GWH respectivamente.

El número de los suscriptores del teléfono en Guatemala en 1983 fue cerca de 108,000 correspondiendo al 70% de la capacidad (158,000) de la instalación telefónica. Esta cifra es en la proporción de un aparato telefónico a 60 personas y el 85% de los suscriptores se agrupan en la ciudad de Guatemala. No obstante, el equipo de teléfono que se usa ahora es de sistema de operación no automático.

La agricultura es la industria básica del país y la mayoría del pueblo guatemalteco, participa en este sector. Los principales cultivos agrícolas son café, algodón, caña de azúcar, maíz, frijol, plátano y carne de res en la ganadería. En 1979 y 1980 las producciones de café algodón y azúcar fueron de 156,000, 156,000 y 432,000 toneladas respectivamente, como se aprecia en la tabla 2-1.

El área total de terreno agrícola es de 40,000 km<sup>2</sup> correspondiendo a cerca del 37% del área total del país, los cuales constan de área cultivada de 12,000 km<sup>2</sup>, de área cultivada y pastoreo de 15,000 km<sup>2</sup> y de pastoreo de 13,000 km<sup>2</sup>.

Los terrenos para cultivo se clasifican en cinco categorías por su magnitud de operación: micro-granja (1 manzana<sup>/1</sup> y menor), granja sub-familiar (más de 1 hasta 10 manzanas), granja-familiar (más de 10 hasta 64 manzanas) granja medio-multi-familiar (más de 64 hasta 1,280 manzanas) y granja grande-multi-familiar (más de 1,280 manzanas)

Los terrenos para cultivo de más de 10 a 64 manzanas son del 10% en número y ocupan el 19% de su área total, y las de más de 64 manzanas (45 ha.) son menos del 3% en número. Pero su área total suma más del 60% del área total de los terrenos para cultivo. Por otro lado, los terrenos de 10 manzanas y menos en área son más de 85% en número, pero su área total es sólo de unos 15% del área total de los terrenos para cultivo. Tal estructura intensiva del terreno para cultivo es característica de la agricultura guatemalteca.

En 1980, el monto total del comercio de Guatemala fueron cerca de Q.3,032 millones abarcando Q.1,473 millones para la exportación y en Q.1,559 millones para la importación (ver la tabla 2-2). Durante los años de 1975 a 1980 el comercio de Guatemala mostraba un poco de exceso en las importaciones sobre las exportaciones cada año excepto 1977. Los productos principales de exportaciones de Guatemala son café, algodón azúcar, carne y plátano.

El presupuesto nacional que se ha incrementado en proporción a la Producción Doméstica Bruto (PDB) llegó a Q.1,480 millones en 1982. Sin embargo, el presupuesto para el año 1983 fue un total de Q.1,310 millones o sea con disminución de más o menos el 10% del año anterior.

La producción Doméstica Bruta de Guatemala fue cerca de Q.7,809 millones en 1980 en precio corriente (ver la tabla 2-3). Durante el período de 1971 a 1980 la razón del crecimiento promedio anual de la P.D.B. se estima en el 16.9%. La PDB per cápita alcanzó mil quetzales en 1980 y su proporción del crecimiento promedio indicó el 13.2% por año durante el mismo período. Sin embargo, durante ese lapso el crecimiento real de la PDB se estima en 5.2% por año en promedio y en 1980 fue del 2.0%.

La tabla 2-4 muestra la porción en la PDB por el sector industrial durante 1971 y 1980. Entre los sectores industriales, el de servicios comerciales ocupan un gran porcentaje que la agricultura en la PDB; es decir, en 1980, fueron 27.0% y 24.9% respectivamente. Pero, la porción del sector agrícola muestra una tendencia decreciente.

---

<sup>/1</sup> : 1 manzana = 0,7 ha.

En Guatemala, el crecimiento del sector agrícola tiene un efecto considerable para el crecimiento de la PDB. Aunque parece común la tendencia decreciente en la agricultura en la mayoría de los países del mundo, la agricultura es la fuente principal de ingresos de Guatemala, por lo tanto, es necesario para el Gobierno el ejercer más esfuerzos por aumentar la producción agrícola y promover el desarrollo de la economía nacional.

## 2.2 Identificación del Proyecto

### 2.2.1 Importancia de las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón

En Guatemala existe una cadena de volcanes que están paralelos a la Costa Pacífica de México a El Salvador, formando la cordillera sureña de la Sierra Madre. Entre ellos están los volcanes de Santiaguito, el de Fuego y Pacaya, los cuales están en actividad permanente provocando daños serios por inundaciones y sedimentos combinados con ciclones tropicales que atacan al país con frecuencia. Los daños provocados por ciclones fueron tan severos como la Organización Meteorológica Mundial había declarado la parte sureste del Mar Caribe incluso Guatemala como Zona Desastrosa. Bajo tal circunstancias las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón perjudicadas por serios daños de inundaciones y sedimentos en los recientes años son justificados como áreas de proyecto por las razones siguientes:

- (1) Las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón cuentan con el terreno agrícola mejor desarrollado que otras áreas, especialmente en producción de caña de azúcar, algodón y ganado, los cuales ocupan el primer lugar en toda la República. Muchas mercaderías manufacturadas con esos productos se mandan fuera del país ganando las monedas extranjeras.
- (2) Pasan por las cuencas de estos dos ríos las carreteras centroamericanas tales como CA-2 y CA-9 y el ferrocarril nacional que va paralelo a las mismas, llegando a los puertos internacionales de San José y Champerico. La interrupción de este sistema del transporte tiene efecto opuesto sobre las actividades económicas no sólo regionales sino también nacionales.
- (3) En cada tiempo de inundación las inundaciones y el flujo de sedimentos causan daños mucho más serios en las cuencas citadas que en otras cuencas en Guatemala. La condición de vida en las cuencas interesadas está por debajo del promedio nacional. Por consiguiente, son significantes las obras para el control de inundaciones y sedimentos en estas áreas a fin de compensar deficiencia en la extensión del desarrollo regional.
- (4) La transferencia de los conocimientos técnicos concernientes a "sabo" e ingeniería en río es uno de los aspectos más importantes del estudio. Un estudio sobre los ríos, Achiguate y

Pantaleón sería adecuado para la transferencia de tecnología, porque los mismos se pueden considerar como río modelo teniendo un tamaño promedio y terrenos normales en Guatemala.

#### 2.2.2 Otros Daños Serios por Inundaciones y Sedimentaciones en Guatemala

Según lo que descubren las informaciones recolectadas los recientes daños de inundaciones y sedimentaciones graves han ocurrido en las cuencas tales como Samalá y Urayará además de las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón. Sus localizaciones se aprecian en la figura 2-1.

##### La Cuenca del Río Samalá

El volcán Santiaguillo tuvo erupción el 20 de junio de 1983. Los eyectos depositados en el área al pié del volcán fluyeron hacia aguas abajo con el agua del río Samalá, corriendo a lo largo del Río Nima II, y atacaron directamente al área residencial de El Palmar (referencia a la figura 2-2). Un área de más o menos 15 km<sup>2</sup> fue dañada por flujos de despojos y 150 casas fueron parcialmente o totalmente destruidas. Simultáneamente 2,100 personas correspondiendo al 35% de la población total en El Palmar fueron evacuadas.

Los daños sobre los terrones de cultivo de maíz y frijol, por causa de flujos de despojos, los cuales se acumularon a 8 mts., fueron también reportados.

##### La Cuenca del Río Urayará

Chiquimulilla, Departamento de Santa Rosa, en el suroeste de Guatemala, sufrió daños por flujos de despojos al pié del volcán Tecuanburro el 12 de septiembre de 1982, causado por el Huracán "Paul", el cual trajo serios daños en las tres cuencas a lo largo de la frontera con El Salvador: los ríos Paz, los Esclavos y el Paso Hondo. El flujo de despojos, se aceleró hacia Chiquimulilla a lo largo del río Urayará, el cual es el área principal tributaria del río Paso Hondo y causó 280 muertos (referirse a la figura 2-3).

## CAPITULO III      CONDICIONES PRESENTES

### 3.1      Socio-Economía

#### 3.1.1    Administración

La República de Guatemala consta de unos veinte departamentos. Cada departamento tiene varias municipalidades como sub-estructuras administrativas. El número de Municipalidades es cerca de trecientos.

El Area de estudio está casi siempre localizada en el Departamento de Escuintla, excepto algunas porciones en las regiones montañosas de los departamentos de Sacatepequez y Chimaltenango. El Departamento de Escuintla consiste de trece (13) municipalidades las cuales cubren 4,384 km<sup>2</sup>. El área de Estudio se extiende sobre unas siete (7) municipalidades: Escuintla, Santa Lucía Cotzumalguapa, La Democracia, Siquinalá, Masagua, La Gomera y San José. Entre ellas la municipalidad de Escuintla es el centro administrativo del Departamento.

#### 3.1.2    Población y Fuerza de Trabajo

##### Población

El censo de población en Guatemala fue hecho cuatro veces (4); en los años de 1950, 1964, 1973 y 1981. La tabla 3-1 muestra la población por departamento en toda la República.

El departamento de Escuintla tenía la población de unos 335,000 en 1981, como se muestra en la Tabla 3-2. Para el período de 1950 a 1964 tenía el promedio anual de tasa de crecimiento de población de 5.74% la cual era la mayor de todos los departamentos. Sin embargo, después de este período la tasa de crecimiento de población ha declinado marcadamente y mostrado tasas bajas tales como 1.17% en el promedio por año para el período de 1964 a 1973 y 1.37% para el período de 1973 a 1981. La densidad de población del Departamento de Escuintla fue de 76 personas/km<sup>2</sup> en 1981.

En Area de estudio se alargó sobre siete (7) municipalidades, como se describió en la Sub-Sección 3.1.1. En 1981, las siete (7) municipalidades tenían la población de unos 217,000 en total correspondiendo a dos tercios de la del Departamento de Escuintla. Como se muestra en la tabla 3-2, esta población consiste de unos 141,000 en cinco (5) municipalidades en la Cuenca del río Achiguate y de unos 76,000 en dos (2) municipalidades en la Cuenca del río Pantaleón.

La población de los 10 años y sobre la edad en 1981 fue cerca de 4,100,000 en toda la República y cerca de 270,000 en el Departamento de Escuintla como se muestra en la tabla 3-3. Estas figuras corresponden al 68% del respectivo al total de población.

### Fuerza de Trabajo

La población trabajadora en el Departamento de Escuintla fue de 96,000 comprendiendo a 88,000 masculinos y a 8,000 femeninos. Los radios de población trabajadora de la respectiva población fueron el 29% para la población total, el 51% para los masculinos y el 5% para los femeninos. Estos radios son cercanamente iguales como para los de la República completa. En toda la República, la población trabajadora fue 1,700,000 consistiendo de 1,450,000 masculinos y 250,000 femeninos.

#### 3.1.3 Daños de Sedimentación e Inundaciones

A través de las entrevistas hechas con los habitantes y los repastos hechos en los registros de los periódicos, documentos, publicaciones y otros, se reconoció que las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón han sufrido por las inundaciones y daños de sedimentación. Además la protección de los terrenos de las descargas de sedimento ha sido aumentada con urgencia después de que el Volcán de Fuego tuvo erupción el 14 de Septiembre de 1971.

La descarga de sedimento con una gran cantidad de expulsión ha aumentado el lecho del río, resultando así en la reducción de la capacidad de corriente desviando el curso del río al área en donde están localizadas las casas y las fincas.

De la situación anterior, los ríos Achiguate y Pantaleón han traído constantemente inundaciones y daños de sedimentación en las casas, fincas y especialmente en las utilidades públicas, tales como los puentes de la carretera nacional y los pasos de vías férreas por dos ríos en cada estación lluviosa. Los daños por inundaciones y sedimentaciones en las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón en los últimos 15 años están tabulados en la tabla 3-4.

Los daños serios en los ríos Achiguate y Pantaleón ocurrieron en 1969, 1971, 1974 y 1982. Junto con estas inundaciones, la inundación de 1969 será recordada como una de las inundaciones más grandes (Referirse a la figura 3-1).

#### 3.1.4 Infraestructuras

##### Carreteras

A lo largo de las carreteras nacionales, las Carreteras Centro Americana CA-2 y CA-9, corren a través del Area de Estudio con lo anterior pasando de este a oeste paralelamente con la Carretera Panamericana, CA-1 extendiéndose de la frontera del Salvador a la frontera de México, y posteriormente corriendo del sur al norte y conectando entre el océano Pacífico y el océano Atlántico. Después de las carreteras mencionadas anteriormente, la carretera nacional (ramal de la CA-2) y ciertas carreteras departamentales soportan el transporte en el Area de Estudio.

El largo total de las carreteras en el Departamento de Escuintla fue de 1,321 km consistiendo de 399 km de carretera pavimentada y la carretera de terracería de 922 km en 1980. El largo de las carreteras pavimentadas corresponde a 30.2% del largo total de las carreteras en el departamento. Este porcentaje de carretera pavimentada es un 19.8% mayor que el del Departamento de Guatemala y las carreteras en el Departamento de Escuintla son comparativamente en mejores condiciones.

El promedio diario de volumen de tráfico en la CA-2 fue unos 4,300 vehículos en 1982 en la estación 200 (situado a 78 km de Guatemala) como se muestra en la Tabla 3-5.

El promedio anual del aumento en la tasa del volumen de tráfico en las carreteras principales está de 1% a 8% durante la década de 1972 a 1982. El aumento en el volumen de tráfico en las carreteras principales es comparativamente bajo desde 1977, permaneciendo en el mismo nivel bajo. Durante el período de 1978 a 1982, el volumen de tráfico no mostró una fluctuación marcada y respecto a las carreteras afluentes de la CA-2 ha mostrado una tendencia decreciente.

#### Via Férrea

En el Area de Estudio, el ferrocarril corre alrededor de 74 km de la sección 74 km comprendiendo 49 km en la sección de Escuintla - San José y 25 km en la sección de Santa María-Santa Lucía. Los trenes van y vienen todos los días entre las secciones arriba mencionadas.

De acuerdo con el reporte de FEGUA; el tren transporta cargas de 950,000 y 600,000 pasajeros por año en promedio durante el período de 1978 a 1982. Con estos cargos de 200 toneladas y 150,000 pasajeros por año fueron transportados a través del Area de Estudio donde está localizado en la parte sureste del país. Estas figuras corresponden a las cargas de 560 tons y 400 pasajeros por día, respectivamente.

Este volumen de transportación por tren no es tanto como se mencionó arriba, este juega todavía un papel importante en el sistema de transporte de Guatemala.

#### Puerto

El Puerto de San José, que está localizado en el Area de Estudio, tiene un pilar discontinuado sobresaliente dentro del mar. Las cargas manipuladas en San José tienen una cantidad de 100,000 toneladas en el año 1981. Los barcos de cerca de 200 por año arriban a este puerto procedentes del Japón, Colombia, Liberia, los Estados Unidos y otras ciudades. Entre ellos, los barcos japoneses tienen una cantidad de tonelaje de 5,000 en promedio. Los principales bienes manipulados son algodón y café para exportación, y bienes en metales, materiales industriales de materia prima y fertilizantes para importación.

### Suministro de Energía Eléctrica

El negocio de electricidad en Guatemala en el presente está operado por dos corporaciones: Instituto Nacional de Electrificación (INDE) y la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA), en el radio de 7:3.

De las 31 plantas de energía en Guatemala, 4 plantas hidráulicas y 4 plantas termales se sitúan en el Departamento de Escuintla. La energía producida en el Departamento de Escuintla, dentro del consumo local, es enviado principalmente al Departamento de Guatemala.

En el Departamento de Escuintla y siete (7) municipalidades descritas en la sección 3.1.1, la energía eléctrica se suministra para 27,500 viviendas (o 42% del total) y para 20,000 viviendas (o 47%) en 1981 respectivamente. En todo el país, se suministró a 430,000 viviendas, correspondiendo al 37% del total.

### Suministro de Agua

El sistema de suministro de agua en Guatemala está principalmente operado por cada municipalidad, bajo el control del INFOM, y otras autoridades concernientes en el Gobierno Central.

En el año 1981, el sistema de suministro de agua potable cubrió 600,000 viviendas, correspondiendo al 50% del total, i.e., esto permanece en un bajo nivel en aguas de trabajo. El suministro del del agua depende mayormente pozo.

En el Departamento de Escuintla y las siete (7) municipalidades dichas, se suministro el agua potable a 29,000 viviendas (44% del total) y a 21,000 viviendas (o 49%) por el sistema arriba mencionado en el mismo año. Entre estas siete (7) municipalidades, en la Municipalidad de Escuintla el sistema suministró el agua potable a alrededor de 80% de todas las viviendas.

### Telecomunicaciones

En Guatemala, las telecomunicaciones tales como el teléfono, radio, televisión y comunicaciones por vía satélite y submarina son operadas por GUATEL.

En 1983, los teléfonos suscritos en Guatemala fueron cerca de 108,000 en número correspondiendo al 70% de la capacidad (158,000) de facilidades telefónicas. Este número es un radio de uno (1) establecido para 60 personas.

En el Departamento de Escuintla, los números telefónicos suscritos fueron cerca de 1,050 en el mismo año. Esto a razón de uno (1) por 320 personas y correspondiente al 40% de la capacidad (2,600) de facilidades telefónicas en el Departamento. Cerca del 70% de suscritos los ha ocupado la Municipalidad de Escuintla.



### 3.1.5 Agricultura y Otras Industrias

#### Agricultura

El Departamento de Escuintla tiene unas 660,000 manzanas definidas, en 1979. Esta área aumenta cerca de 30,000 manzanas (ó 5%) en comparación con la de 1964. El número de fincas por sobre 64 manzanas en el área es cerca de 4.5% y el área total corresponde al 85% del área total de fincas. De donde, las fincas de 10 manzanas y menor que estas están cerca de 80% en número y su área total ocupa solamente un 5% del área total de fincas. Estas figuras muestran que la agricultura está altamente desarrollada en el Departamento de Escuintla.

El Departamento de Escuintla es uno de los más desarrollados en áreas para agricultura en el país. Especialmente, las producciones de caña de azúcar, algodón y ganado están en primer rango en todo el país, i.e. estos llegan a la cantidad de 73%, 44% y 25% en la producción de todo el país, respectivamente. Estos productos ocupan una gran porción de los bienes exportables de este país y contribuyen al flujo de ganancias extranjeras.

#### Otras Industrias

No existen industrias manufactureras por ser mencionadas especialmente excepto refiriéndose a fábricas de azúcar, petróleo y algodón. Los artículos folklóricos hechos a mano tales como telas y tallados son ligeramente hechos en las fábricas domésticas para los turistas. Las refinerías de azúcar procesan la caña de azúcar recolectada en el Departamento de Escuintla y la manufactura es exportada hacia el Puerto de San José.

### 3.1.6 Uso de Tierras y Propiedades

El uso de tierra en el Área de Estudio ha sido estudiado por mapas de uso de terreno con la escala de 1:50,000 y aerofotos con la escala de 1:20,000. Este estudio ha sido llevado a cabo por una red de 1 km<sup>2</sup> en los mapas. Los resultados han sido resumidos en la Tabla 3-7 y mostrado en la figura 3-2.

La mayor parte del Departamento de Escuintla es usado como tierra para la agricultura, i.e., y el área de tierra cultivada y pastos están en el ratio de 5:3 (ver la tabla 3-6).

El Área de Estudio es de 130,200 ha. Los pastos tienen un área cerca de 53,000 ha correspondiendo al 40% del Área de Estudio y ocupa una gran porción. Junto con el pasto, el área cultivada de tierra es unas 34,000 ha o un cuarto (1/4) del Área de Estudio, y se produce una gran cantidad de caña de azúcar, algodón, frutas y producción agrícola tal como maíz, café y frijoles. Se estima que el área de terreno no cultivado es cerca de 8,700 ha ó 7% del Área de Estudio, excepto las áreas del pueblo, carretera, vía férrea y 29,000 ha de terrenos forestales que son de poco valor utilitario. El área de pueblo está estimada en cerca de 1,600 ha en total.

De acuerdo con el censo de vivienda en 1981, en el Departamento de Escuintla numeran unas 71,000 casas consistiendo de 21,000 en el área urbana y 50,000 en el área rural (ver Tabla 3-2). Basados en estas figuras el número promedio por km<sup>2</sup> se estima que 16 casas por el área total del departamento, 383 casa por el área urbana y 12 casas por el área rural.

Las siete (7) municipalidades, las cuales contienen el Area de Estudio, tienen cerca de 46,000 casas en total en 1981, comprendiendo 29,000 casas en la cuenca del río Achiguate y 17,000 casas en la cuenca del río Pantaleón.

### 3.1.7 Proyectos Desarrollados Actualmente

La Tabla 3-8 muestra los principales proyectos de trabajo público en progreso actualmente en el Area de Estudio.

En San José, la construcción de un nuevo puerto con una profundidad de 12 m está en obra actualmente y se espera que esté completado en 1986 a un costo de unos 300 millones de Quetzales. Llevada a cabo la construcción del puerto, se espera que la cantidad de carga manipulada crezca alrededor de 1,000,000 toneladas y que ascienda a unas 2,000,000 toneladas en el año 2000.

En conexión con la construcción del nuevo puerto, la construcción de una nueva carretera ha sido planificada por CAMINOS en la sección de 50 kms de Escuintla a San José en la CA-9 tanto para aumentar la capacidad de transporte como para mantener la seguridad de la transportación. La ruta está localizada en el lado este de la presente carretera. Los trabajos de construcción serán ejecutados en 1984 y 1985 a un costo de 17 millones de Quetzales.

## 3.2 Recursos Físicos

### 3.2.1 Localización y Topografía

Las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón se encuentran aproximadamente a 13°50' y a 14°40' de latitud norte y a 90°45' y a 91°10' de longitud oeste en la parte sur de Guatemala, como se muestra en el Mapa General. La mayor parte de las cuencas pertenecen administrativamente al Departamento de Escuintla.

#### Río Achiguate

El Río Achiguate se formó por actividad del volcan de Fuego y tiene un área de captación de 1,080 km<sup>2</sup> en total, incluyendo los tributarios.

El principal flujo del Río Achiguate es el mismo, sin embargo, tiene un área de captación de 216 km<sup>2</sup> con una extensión del río de 55 km, el cual es topográficamente dividido en dos porciones: el área montañosa de 92 km<sup>2</sup> y el área de esparcimiento aluvial de 124 km<sup>2</sup>. La sección de transición de ambas áreas está localizada alrededor de 40 km de la extensión del río del estuario.

El río fluye en una inclinación escarpada del área montañosa con el gradiente de 1/10 desembocando al Norte del Océano Pacífico en el área esparciada con un gradiente de 1/400 uniendo varios tributarios.

Los principales tributarios son el Río Guacalate, Río Ceniza y Río Mazate. Junto con estos tributarios, el Río Guacalate, el cual tiene la mayor cuenca de captación de 629 km<sup>2</sup>, se origina en el Monte El Saco y fluye hacia un valle relativamente plano en el cual ciudades como la Antigua Guatemala, Escuintla y otras están localizadas. El Río Guacalate se une con el Río Achiguate en una extensión de 33 km del estuario.

Los ríos Mazate y Ceniza que tienen cuencas de captación de 113 km<sup>2</sup> y 36 km<sup>2</sup>, respectivamente, se originan en el Volcán de Fuego y fluyen en una inclinación escarpada del lado montañoso con el gradiente de 1/10 para unirse al Río Achiguate en el área aluvial esparcida.

En donde los ríos alcanzan el lado montañoso más alto, se han depositado muchos residuos volcánicos en donde han crecido variedad de árboles, exclusivos de las partes en donde el Río Guacalate alcanza sus partes más altas en donde el uso de tierra ha sido desarrollado.

La mayor parte de área aluvial expandida en los lugares bajos son utilizados para siembras para el ganado y el cultivo de caña de azúcar, maíz y algodón. Solamente una pequeña porción del área costera permanece como un área pantanosa.

Algunos pueblos están diseminados a lo largo del curso del río, y las Fincas, La Trinidad y La Barrita, son denominadas como densamente pobladas en el área del Area de Estudio.

#### Río Pantaleón

El Río Pantaleón, uno de los ríos tributarios del Río San Cristobal el cual confluye con el Río Coyolate, se origina en el Volcán de Fuego, y el área de captación y extensión del río son de 150 km<sup>2</sup> y 40 km, respectivamente. Este fluye a cierta distancia del lado montañoso con el gradiente de 1/10 y luego fluye dentro del Río San Cristobal, pasando hacia el área de expansión aluvial en una extensión de 20 km con el gradiente de 1/100. Este también corre hacia el sur delineando una delicada curva, y la conformación de la cuenca puede ser comparada a un rectángulo largo y delgado.

La parte más alta alcanzada por el río Pantaleón está también cubierta con residuos volcánicos con árboles variados, y las partes más bajas han sido relativamente desarrolladas para el cultivo de caña de azúcar, maíz y algodón.

Solamente una pequeña área es utilizada para el cultivo del ganado.

### 3.2.2 Clima

El clima en el Area de Estudio está dividido dentro de dos estaciones: una estación lluviosa con 90% de lluvia anual, de mayo a octubre, y una estación seca, de noviembre a abril, como se muestra en la Tabla 3-9.

La lluvia anual indicada en San José (4 m MSL) que está localizada en un terreno plano bajo es 1,100 mm. La cantidad de lluvia aumenta con el crecimiento de latitud y alcanza los 4,400 mm por año en las faldas del Volcán de Fuego (1,100 m MSL). En las tierras altas localizadas atrás de los volcanes de Fuego, Acatenango y Agua, la lluvia disminuye por la pérdida de humedad en las pendientes de los volcanes que encaran al Pacífico. Por eso, la lluvia en Antigua Guatemala (1,530 MSL) es puramente 970 mm por año.

Viendo tales características, el promedio de lluvia anual del Río Achiguate originado en el Volcán de Fuego de la cantidad de 3,500 mm en su parte más alta (parte alta de CA-2), y la cuenca del Río Guacalate recibe solamente 1,830 mm por año. En la cuenca completa del Río Achiguate, el promedio de lluvia anual es de 2,300 mm, mientras que la del Pantaleón es de 3,300 mm.

Las temperaturas anuales en San José y en las faldas del Volcán de Fuego (El. 760 m MSL) son 27°C y 24°C, respectivamente (ver la tabla 3-10). Los meses más cálidos y fríos son de abril a mayo y diciembre a febrero, respectivamente, y ambos aumentan y decien den de la temperatura indicada anual estando entre 2°C. La temperatura máxima y mínima diaria es de 34°C y 18°C en San José.

La humedad relativa mensual indicada es cerca de 83% en la estación lluviosa y cerca de 73% en la estación seca (ver tabla 3-11). La evaporación media anual es de 1,250 mm a 1,600 mm en las faldas del Volcán de Fuego.

La hora del amanecer por día es a las 6.5 en la estación lluviosa y de 9.2 en la estación seca.

### 3.2.3 Geología y Geomorfología

El área de estudio está toscamente dividida dentro de tres: nombradas (1) el área montañosa alrededor del Volcán de Fuego. (2) la extensión el esparcimiento aluvial muy extenso al pie del Volcán de Fuego y (3) la parte muy plana aluvial en el esparcimiento plano del área esparcida a la costa. Como en el proceso en superficie de tierra, la erosión está destacada en el Area (1), la transportación y depósito de materiales se destacan en el Area (2) y la sedimentación sobresale en el Area (3).

El interior rocoso en el área montañosa es de rocas volcánicas del mioceno terciario la cual no se ha formado todavía en el volcán, consistiendo principalmente de tobas, corrientes de lava (andesita y dansita), depósitos laháricos, conglomerados volcánicos, etc.; y estratificaciones toscas, como se muestra en la figura 3-5.

El cuerpo volcánico del Volcán de fuego está dividido entre dos partes (1) el cuerpo volcánico antiguo y (2) el cuerpo volcánico nuevo.

El volcán de Fuego antiguo es la parte baja que tiene 2,200 m en elevación, y el nuevo Volcán de Fuego fue establecido después de la explosión o expresión del cono central antiguo formando una forma de caldera. El nuevo y reciente Volcán de Fuego es un cono típico tipo estrato volcánico con una pequeña cúpula de lava en la punta.

#### 3.2.4 Inundación, Desague y Torrente

##### Inundación

La reciente gran inundación en los ríos Pantaleón y Achiguate ocurrió el 5 de septiembre de 1969 dada a la gran lluvia causada por el Huracán Fracelia.

La máxima descarga de inundación en el río Achiguate fue estimada en 1,200 m<sup>3</sup>/seg. de la marca de inundación en el puente nacional de la vía férrea<sup>/1</sup> mientras en el río Pantaleón se presumió que tuvo 1,050 m<sup>3</sup>/seg.<sup>/2</sup>

Casí siempre ambos ríos traen inundaciones cada año, no se ha registrado ninguna descarga de inundación.

##### Desague

Los volúmenes anuales de desague en las cuencas de ambos ríos fueron estimados por una forma similar a la mencionada arriba.

El radio anual de desague fue estimado a 0.5 por la toma del promedio de estos en las cuencas de los ríos vecinos.

La indicación de volúmenes de desague anual para los últimos 20 años fue estimado a 0.359 x 10 m, 1.147 x 10 m y 0.248 x 10 para la cuenca del área de la corriente arriba del puente de la carretera CA-2 en la confluencia con el Río guacalate, la cuenca del río Achiguate, y la cuenca del río Pantaleón, respectivamente.

##### Torrente

La indicación de torrentes altos y bajos en el estuario del Río Achiguate es un área de 0.8 m y -0.78 m MSL, respectivamente,

- 
- /1: La marca de inundación está mostrada en el delineamiento de diseño del puente de la vía férrea preparado en 1970.
- /2: La dimensión de la plataforma de la estación existente de agua en el río Coyolate; nombrada, Cerro Colorado, fue instalada en 1971. La máxima descarga de inundación fue someramente calculada del radio de captación del área y la cuenca de lluvia entre las cuencas de los Ríos Achiguate y Pantaleón.

lo cual fue estimado de los registros de torrentes en La Unión, El Salvador, por S.M.B. métodos de (INSIVUMEH 1979).

### 3.2.5 Actividades Volcánicas y Sedimentación

#### Actividades Pasadas del Volcán de Fuego

El volcán de Fuego, el cual se encuentra actualmente en su pleno activo, ha tenido erupción durante sesenta veces desde el registro comenzado en 1524. La erupción es de mucha violencia de naturaleza típica de las erupciones volcánicas de un rango de duración de unas pocas horas a unos días, usualmente acompañadas por un flujo piroclástico (ceniza o lahar). La actividad está marcada por la predominancia de ceniza volcánica y flujo de ceniza.

El repaso de los registros históricos revela cuatro períodos marcados de actividad cada uno teniendo de veinte a cincuenta años. (Referirse a la Tabla 3-13). Como puede ser visto en la tabla, éste está ahora en su cuarto, período de actividad, violento e intermitente el cual comenzó en 1950. Puede ser razonado que de los registros de actividad pasada que la presente actividad terminará en unos diez o veinte años.

La mayor erupción volcánica reciente ocurrió el 14 de septiembre de 1971. Una tremenda cantidad de expulsión fue depositada en la pendiente de la montaña.

#### Sedimentación

Dado a las actividades volcánicas del Volcán de Fuego, el sedimento en el Area de Estudio es mayormente producido de la expulsión volcánica junto con la erosión de la garganta.

El sedimento una vez que vacila en la pendiente del Volcán de Fuego y fluye a lo largo de las quebradas y los ríos con la fuerte lluvia.

La cuenca del río Achiguate tiene muchas quebradas que han sido formadas en la pendiente sureste del Volcán de Fuego.

La gran cantidad de flujo de sedimento se deposita a lo largo de las partes bajas alcanzadas por las quebradas que se han originado de la expulsión volcánica y han sido vacilantes en los bordes por la elevación de 700 m MSL a lo largo de la principal corriente del Achiguate y de 1,000 m MSL del Río Ceniza.

El depósito de sedimento fue plenamente observado bajo estas elevaciones hasta la confluencia con el Río Ceniza, (150 m MSL) y tal sedimentación en el lecho del río fue observada conjuntamente a la confluencia del Río Guacalate (80 m MSL).

Después de la confluencia con el Río Guacalate, el alcance más bajo del río está considerado como la sección de transporte del sedimento.

En la cuenca del Río Pantaleón, los depósitos de sedimento son también observados sobre el sur y suroeste de las pendientes del Volcán de Fuego, y la salida de sedimento de las quebradas cubren una extensión de área del Río Taniluya y fluye hacia el puente de la carretera CA-2 y el puente de la vía férrea.

En el alcance después del 5 km corriente abajo del puente de la vía férrea, se ha visto que el sedimento se ha apilado hasta la superficie de la extensión volcánica y corre hacia abajo a lo largo del río. Este alcance está considerado como una zona de depósito de sedimento temporal.

El total de volumen desaguado de sedimento de 1971 a 1983 fue estimado a  $47,143 \times 10^3$  en la cuenca del Río Achiguate y  $50,365 \times 10^3 \text{ m}^3$  en la cuenca del río Pantaleón respectivamente.

### 3.2.6 Característica del Río

#### Transición del Curso del Río

La figura 3-4 muestra la transición de los cursos de los Ríos Pantaleón y Achiguate, obtenidas de las aerofotografías en 1956, 1958, 1967 y 1983, y el mapa topográfico editado en 1960.

De acuerdo con esta figura, los ríos han cambiado sus cursos en un rango extenso; especialmente, el Río Achiguate delineando su principal curso en una extensión de 16 km del estuario de año a año. El máximo rango de transición en la extensión es estimado a aproximadamente 2.0 km. Por otro lado, la extensión en las partes altas alcanzadas son de 16 km al puente de la carretera han sido comparativamente estables antes de 1950, también el curso se ha hecho ahora inestable dado al aumento de la carga de sedimento después de la erupción del Volcán de Fuego en 1971. El curso del río en la parte alta alcanzada del puente de la carretera está formando un valle escarpado; en adelante, ha sido estable.

En la figura 3-5, la transición de la boca del río muestra que la línea costera alrededor del estuario ha sido extendida hacia afuera en mar adentro. Durante el período de 1954 a 1983, la extensión se hizo cerca de 150 m.

En cuanto a la cercanía del estuario, es a veces cerrado por la arena transportada por la corriente, olas, torrentes y así otros, lo cual causa el problema de inundación al área alrededor del estuario.

Para hacer frente a esta situación, los habitantes de los alrededores del área excavan la arena que cierra el estuario una vez al año, de tal forma que el río permanecerá abierto durante la estación de inundación.

#### Fluctuación del Lecho del Río

También la información no es suficiente para investigar precisamente las fluctuaciones del lecho del río, estas muestran que

el lecho del río en el puente del tren en el Río Achiguate no ha cambiado marcadamente durante el período de 1895 a 1969, y el río ha mantenido un curso angosto pero profundo. El lecho del río, sin embargo, ha crecido al nivel presente dado a la carga de sedimento abundante por la descarga de sedimento desde la erupción del Volcán de Fuego en 1971 (Referirse a la figura 3-6).

El alto del banco corriente abajo es cerca de 20 km del estuario es solamente 0.3 a 0.5 m sobre el lecho del río; una vez, éste fue más de 2.0 m.

Condiciones similares como las mencionadas arriba para el puente del tren y el lecho del Río Achiguate fueron encontrados a través de un campo de investigación en otros sitios del puente en el Río Pantaleón.

Junto con lo anterior, las condiciones de erosión del banco de los ríos puede ser visto en algunos lugares como se enfatizó con la sección cruzada en la carretera CA-2 del Río Pantaleón mostrada en la figura 3-7.

#### Capacidad de Flujo

La figura 3-8 muestra la capacidad de flujo de cada sección a lo largo de los ríos Achiguate y Pantaleón junto con el perfil longitudinal, ancho del río y otros. De acuerdo a los resultados, la capacidad de flujo de estos ríos es muy pobre en consideración con sus áreas de captación, y estos ríos pueden fluir solamente en donde la descarga de agua baja es segura.

Las secciones con muy poca capacidad de flujo son éstas de 30 km y 16 km en el Río Achiguate con capacidades de flujo de solamente 50 m<sup>3</sup>/s y 25 m<sup>3</sup>/s. Como para el Río Pantaleón, estas secciones son observadas a 16 km con una capacidad de flujo de 200 m<sup>3</sup>/s y a 4 km con una capacidad de flujo de 70 m<sup>3</sup>/s.

#### Utilización del Río

El agua de los ríos Achiguate y Pantaleón son utilizadas solamente para dar agua al ganado, regar algunos árboles frutales y lavar ropas; mientras que la gente obtiene su agua para tomar de pozos perforados.

Conjuntamente, los habitantes a lo largo del curso del río se han ocupado de la pequeña pesca tal como cazar peces o camarones de agua dulce para el consumo local solamente. La navegación está limitada al canal que conecta el Río Achiguate con el mar pasando por San José para el transporte de los productos locales por algunas barcas pequeñas de madera.

#### Facilidades de Reparación

Las facilidades de tomas de agua fueron construidas en los años 1960 para ser tomadas en el agua del río para usarla en la crianza del ganado y el cultivo de árboles frutales. Dado al



crecimiento de lechos del río, sin embargo, la eficiencia de los sistemas de toma de agua han sido reducidos y ahora las facilidades de tomas de agua no están siendo efectivamente operadas para tal propósito.

Los colchones de Gabiones los cuales son usados como solamente una facilidad para la protección de las inundaciones en esta área han entrado en uso desde los años 1960 para proteger los puentes y/o algunas áreas de los daños de inundación. Algunos de los colchones de gabiones han tenido efectos de protección contra los daños de las inundaciones pero otros no han sido instalados efectivamente y algunos de ellos fueron lavados por las inundaciones.

Los diques de anillo local han sido construídos privadamente para proteger las fincas de ganado de las inundaciones de agua.



La descarga de sedimentos se debe directamente tanto a los sedimentos acumulados como a la lluvia en la cuenca del río. Se estima el volumen total de sedimentos a partir de 1967 comparando dos aerofotografías tomadas en los años 1967 y 1983. Se ha calculado la descarga probable de sedimentos por la relación entre la probabilidad de lluvia y el probable descarga de sedimentos obtenida de este modo en la tabla 4-1.

#### Descarga Permisible de Sedimentos

La descarga permisible de sedimentos se define como la descarga mínima que fluye aguas abajo sin inflingir ningún daño sobre las áreas y estructuras a lo largo de los ríos.

La descarga permisible de sedimentos del río fue estimada en cada descarga probable de crecidas usando la ecuación de transporte de sedimentos, la fórmula de Brown y el hidrograma modelo.

#### Descarga de Sedimentos a ser controlada

La descarga de sedimentos a ser controlada se define como la diferencia entre las descargas permisible y total. En otras palabras, la descarga de sedimentos que excede la descarga permisible de pedimentos tendrá que ser controlada por trabajos de control de sedimentos. (Referirse a tabla 4-1.)

### 4.2.2 Descarga de Crecidas

#### Punto de Referencia de las Crecidas

A fin de proporcionar factores fundamentales necesarios para formular un plan de control de inundaciones, hay que identificar y analizar las condiciones hidrológicas en cuanto a las pasadas crecidas registradas y las diseñadas en cierto punto llamado "Punto de referencia de las crecidas" en un cauce de río.

Para las cuencas de ríos Achiguate y Pantaleón, fueron seleccionados sus puntos de referencia en consideración de las condiciones hidrológicas, localización de áreas de inundación y en especial de conformidad con el plan de control de sedimentos de las cuencas, como sigue:

- Cuenca del río Achiguate:

Punto de Referencia I: Puente sobre la carretera CA-2  
(Área tributaria: 205 km<sup>2</sup>)

Punto de Referencia II: Punto inmediatamente río abajo de la confluencia con el río Mazate  
(Área tributaria: 956 km<sup>2</sup>)

- Cuenca del río Pantaleón:

Punto de Referencia: Confluencia con el río Cristobal  
(Área tributaria: 150 km<sup>2</sup>)

La localización de los puntos de referencia de crecidas se muestran en la Fig. 4-1.

#### Descarga Probable de Crecidas

Ya que los datos hidrológicos de los ríos Achiguate y Pantaleón son insuficientes en cantidad para realizar cálculos de sus descargas probables de crecidas de forma directa, hay que utilizar como referencia otros datos bien ordenados de las cuencas vecinas, las que son similares a la cuenca del río Achiguate topográfica y geográficamente.

Razón por la cual, en este estudio la cuenca del río Nahualate se escogió como la más semejante a la de Achiguate. Con respecto a las cuencas de los ríos Nahualate y Achiguate la relación entre la descarga específica y el área tributaria fue preparada para algunas probabilidades (Períodos de Retorno) de la descarga de crecidas como se ve en la figura 4-2. Se estima la descarga probable de crecidas en los puntos de referencia de crecidas en las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón por la relación apreciada en la figura 4-2, y los resultados están tabulados en la tabla 4-2.

Las descargas de crecidas de la crecida más grande correspondiente a 30 años de períodos de retornos, son de 1,190 m<sup>3</sup>/S en el punto de referencia I de Achiguate; 1,670 m<sup>3</sup>/S en el punto de referencia de Achiguate; y de 1,100 m<sup>3</sup>/S en el punto de referencia de Pantaleón.

#### Hidrograma Modelo

El hidrograma modelo en cada punto de control fue así mismo preparado por similitud con los hidrogramas de crecidas del río Nahualate.

Los hidrogramas modelo en las estaciones Montecristo y San Miguel Moca que se localizan en el río Nahualate se han aplicado al punto I de referencia de Achiguate, y al punto de referencia de Pantaleón y al punto II de referencia de Achiguate respectivamente. Son ilustrados en la figura 4-3 los hidrogramas modelo en los puntos de referencia respectivos.

#### 4.2.3 Modelo de Simulación

Se han registrado sólo pocas inundaciones recientes en las cuencas de los ríos Achiguate y Pantaleón como se describe en el capítulo anterior. Por consiguiente, los datos sobre caudales de crecidas y de sedimentos son insuficientes en cantidad para asumir los niveles de aguas de inundaciones en diferentes escalas, las que hacen falta para estimar daños por inundación y sedimentación. Por lo tanto, un modelo de simulación para el análisis sobre los caudales de crecidas y sedimentos se necesita a fin de identificar el nivel de agua de inundación de una crecida en la cuenca de un río.

(1) Cuenca del río Achiguate

Se ha dibujado en modelo de simulación en la cuenca del río Achiguate con base en los datos de crecidas e inundaciones de los años 1969 y 1972 y de las condiciones topográficas de las cuencas. Los aspectos de esta modelo se describen más abajo.

- (a) Ya que la sección del río en el puente de la carretera CA-2 cuenta con capacidad de flujo suficiente, las aguas de crecida se confinan en el cauce del río. La descarga de sedimentos también está confinada en el cauce del río.
- (b) En el tramo del río entre el km 42 y el km 28 la descarga de crecidas temporalmente se derrama en ambas orillas del río a la hora de la inundación, pero las aguas desbordadas regresan al cauce del río al final de la inundación.

En cuanto a la descarga de sedimentos la sedimentación del lecho del río depende del balance entre el volumen de sedimentos del caudal afjente y el del efluente que están sujetos a la fuerza de tracción en el tramo. Aguas abajo de este tramo, el transporte de sedimentos es demasiado pequeño debido a la pobre capacidad de transportación que el comportamiento de los sedimentos no necesita ser tomado en cuenta.

- (c) Las aguas desbordadas en el km 28 se vierten aguas abajo en los ríos Naranjo y Suquite hacia la izquierda.
- (d) En el tramo del río entre km 28 y km 20, el comportamiento de las aguas del río es iguales al descrito en el artículo (2).
- (e) Las aguas del río derramadas aguas abajo del km 20 inundan ambas orillas del río, y las aguas desbordadas sobre la orilla izquierda se extienden hacia abajo sobre el área plana entre el río Achiguate y la población de San José.
- (f) Toda el agua de inundación es drenada en el mar a travez del estuario del río Achiguate.

(2) Cuenca del Río Pantaleón

Ocurrieron inundaciones de gran envergadura en la cuenca del río Pantaleón en los años 1969, 71 y 74. El modelo de simulación para dicha cuenca se ha preparado de acuerdo a todos los datos de las inundaciones antes mencionadas, y sus características se describen como sigue:

- (a) Aguas arriba del km 16 a partir del punto de confluencia con el río Cristobal temporalmente se inundan ambos lados del río a la hora de la crecida.

Sin embarco, las aguas desbordadas drenan de nuevo en el río al final de la inundación.

La sedimentación en el lecho del río depende del balance entre los volúmenes de sedimentos del caudal afluente y el efluente de la misma forma que en el río Achiguate.

- (b) La descarga de crecida se desvia en el km 16 hacia el río Petaya y provoca inundaciones en ambos lados a lo largo del río.
- (c) Las aguas desbordadas en el km 6 a partir de la confluencia fluyen en el río Jute con inundaciones en ambos lados a lo largo del río.
- (d) En el tramo del km 6 hasta la confluencia con el Río Cristobal el comportamiento de las aguas del río es igual que lo descrito en el artículo (a).

#### Nivel de Aguas de Inundaciones

El nivel de aguas de inundaciones se utiliza para la estimación del efecto de las obras para el control de inundaciones. El cálculo para el nivel de aguas de inundaciones de cada crecida probable en las condiciones presentes se hace aplicando la descarga probable al modelo de simulación. La Tabla 4-3 indica el resultado del cálculo.

### 4.3 Método del Control de Sedimentos e Inundaciones

#### 4.3.1 Control de Sedimentos

##### Métodos Aplicables

Hay cuatro métodos principales para controlar sedimentos que puedan causar daños a las áreas a lo largo de ríos. Los métodos son como sigue:

- (1) Presa de control de sedimentos;
- (2) Diques de guía y obras del cauce; /1
- (3) Obras en las laderas montañosas
- (4) Soleras de fondo

Juzgando las características de cada método como se describe bajo, la descarga de sedimentos en el Area del Estudio se deberá controlar por la combinación de los métodos (1) (2).

---

NOTA /1: La aplicación de este método se discutirá en la del mejoramiento del cauce del río, ya que este método se usa principalmente con énfasis en el estudio de control de inundaciones.

La producción de sedimentos pesados en los cauces del río es detenido en forma más efectiva construyendo presas de control de sedimentos en la fuente de sedimentos.

Los diques de guía y obras del cauce guiarán los aguas de inundación y los sedimentos que salen del cauce del río son exitados.

Las obras en las laderas montañosas no serán empleadas cuando se tenga la intención de controlar la erosión en las laderas de los volcánes tales como el volcán de fuego, por la razón de que son prácticamente inefectivas en la presencia de una persistente erosión pesada. Por consiguiente estos métodos se consideran poco económicos para este proyecto.

Las soleras de fondo son efectivas para la estabilización del cause del río.

#### Conceptos para el Plan de Control de Sedimentos

Las presas de control de sedimentos estan planeadas para regular efectivamente la descarga de sedimentos durante una inundación. La planificación de la presa de control de sedimentos está basada en las consideraciones siguientes:

- (1) La localización de los lugares de sitio de presa es primariamente seleccionada en base a la condición topográfica y la distribución del area de deposito de sedimentos para que la presa tenga una gran capacidad de almacenaje y efectos reguladores.
- (2) El lugar más cercano al área protegida deberá ser considerado para asegurar los efectos mas elerados de regulación de los lugares propuestos en el estudio de control de inundaciones.
- (3) Deberá darse prioridad a la adopción de las presas sugeridas sobre la base de los conceptos antes mencionados.

#### 4.3.2 Control de Inundaciones

##### Métodos Aplicables

Los métodos siguientes son usados comunmente para las obras del control de inundaciones:

- (1) Mejoramiento del cauce del río;
- (2) Dique de anillo;
- (3) Reservorio de retención;
- (4) Cauce de alivio y
- (5) Embalse retardador.

De los métodos arriba mencionados, el mejoramiento del cauce del río existente y la provisión de diques de anillo se consideran como métodos aplicables para este proyecto juzgando la inefectividad de los otros métodos como son descritos abajo.

El Area de Estudio la cual es dominada por laderas montañosas, carece de lugares apropiados para reservorio de retención. Un reservorio de retención, aún cuando fuera instalado, se volverá inefectivo por causa de la producción de sedimentos pesados.

El curso presente del río cuando es simplificado forma un ángulo rector hacia el océano donde desemboca. La construcción del cause de alivio no será una desviación corta efectiva bajo tal circunstancias.

El control de inundaciones sólo por embalses retardadores será muy difícil si la cuenca tiene un gradiente escarpado.

#### Conceptos del Plan para Mejoramiento del Cauce del Río

El plan para mejoramiento del cauce del río está basicamente caracterizado por los siguientes factores:

- (1) El nuevo alineamiento en principio sigue el cauce presente del río ya que el curso del río puede llevar la descarga de escorrentía suavemente debido a que ondula ligeramente.
- (2) El Perfil longitudinal es diseñado de tal manera que asegure la estabilidad del cauce del río fijando el gradiente del lecho del río para que se haga más escarpado gradualmente en proporción a su distancia del estuario.
- (3) El nivel de aguas altas de diseño se debe mantener tan bajo como sea posible por causa de evitar la agravación del potencial de daño de inundaciones en caso de desbordarse.
- (4) El ancho del río deberá ser tomado a la máxima extensión bajo puntos de vista técnicos y sociales, independientemente del volumen de la descarga de diseño de inundación, ya que la tierra a lo largo del curso del río puede ser adquirida fácilmente a bajo costo.

La sección transversal compuesta que consiste de canales para aguas altas y bajas será aplicado a los tramos con una velocidad bajo del flujo de agua.

- (5) Con respecto a la sección transversal, un canal excavado será adoptado para los tramos con gradiente fuerte del cauce donde el flujo del agua baja a velocidad alta.
- (6) Contramedidas para evitar el cierre de la desembocadura de un río se pueden proponer en dos métodos: La construcción de una prolongación del cauce del río dentro del mar mediante rompeolas con trabajos de excavación y la provisión de un canal piloto en la barra arenosa. Este último método no es apropiado para el tratamiento de la desembocadura del Río Achiguate por la razón de que las áreas de terreno cercanos a ella estarían en una situación



peligrosa cuando el nivel de los aguas del río se incrementen rápidamente debido a los trabajos de mejoramiento aguas arriba. Los rompeolas con trabajos de excavación, aunque mas constosos, deberan ser instalados para mantener estable la desembocadura.

#### 4.4 Método de Evaluación del Prayecto

##### Bienes - objetivo

Uno de los propositos primarios de un proyecto de control de inundación es aliviar perjuicios por inundaciones no solo de los bienes que existen actualmente en las cuencas, sino de los que se incrementarán en el futuro. Por consiguiente es necesario establecer los bienes - objetivos que existen actualmente o que serán situados en cierto momento en el futuro cuando sea realizado un proyecto de control de inundaciones.

##### (1) Plan a largo Plazo

El plan a largo plazo se podrá llevar a cabo en un futuro tan lejano de manera que los bienes posibles de aumentar se podrán proteger de los daños de inundaciones.

Basado en los datos relativos al futuro desarrollo económico del país y de los regiones para el año 2010, se fijan los bienes-objetivos en el área del estudio al valor estimado en 2010, que es el futuro más distante que tiene datos confiables.

##### (2) Plan Urgente

Un proyecto urgente de control de inundaciones es literalmente requerido a ser puesto en implementación en un futuro muy cercano. En este sentido el proyecto urgente de control de inundaciones se deberá planear con base en la situación presente de los bienes en la cuenca.

##### Clasificación de Bienes

Los bienes en el área de estudio fueron clasificados en cuatro (4) ca tegorías, dandoseles prioridad de acuerdo a su significación socio-económica a fin de realizar un estudio en los tramos y tamaños de obras de control de inundaciones, como sigue:

<u>Perioridad</u>	<u>Bienes</u>
A	Comunidad en una zona peligrosa
B	Infraestructura y Areas Urbana
C	Terrenos cultivados
D	Terrenos de pasto

La más alta prioridad se dió a la comunidad en donde un ataque abrupto de una inundación podría provocar desastres, con pérdida de vidas humanas. La segunda prioridad fue puesta sobre las infraestructuras tales como ferrocarriles y caminos y también sobre las áreas urbanas tomando en cuenta su influencia en toda la nación si fueran dañados y la importancia de la festividad de la vida cotidiana de los habitantes.

Los terrenos cultivados y de pasto están en 3ro y 4to orden de prioridad respectivamente conforme a sus productividades.

#### Método de Evaluación

El plan será evaluado con base en las necesidades sociales y/o viabilidad económica de acuerdo a la prioridad de los bienes. El plan de protección de los bienes designados como A es evaluado únicamente desde el punto de vista de los requerimientos sociales. La evaluación de ambos los requerimientos sociales y la viabilidad económica se toma para el plan de los bienes designados como B. Con respecto a los bienes que son reconocidos como C y D se valúa sólo la viabilidad económica.

Para justificar el plan óptimo de los proyectos a largo plazo y urgentes la evaluación fue basada en los conceptos siguientes:

##### (1) Plan a Largo Plazo

La máxima crecida registrada debe ser la base para la determinación de las estructuras de control de sedimentos e inundaciones. Se realizó la evaluación económica en una combinación de los bienes tales como B + C + D, B + C, o solamente B de acuerdo con la tasa interna económica de retorno (EIRR). La norma de evaluación económica (el porcentaje de EIRR) es del 6.5%, el cual es equivalente al promedio de las tasas de interés sobre el préstamo aplicable en Guatemala (Referirse a la table 4-4).

##### (2) Plan Urgente

Los requerimientos sociales al plan urgente se hallan en incrementar las condiciones de vida a las del promedio nacional, mientras su viabilidad económica se calcula conforme a la misma norma que la del plan largo.

## CAPITULO V PLAN A LARGO PLAZO

### 5.1 General

Para el mejoramiento de la economía regional, el alívio de los daños por sedimentos e inundaciones en el Area de Estudio donde son inflingidos mucho más que en otras regiones del país se considera muy necesario. Especialmente, los vínculos vitales de la ruta nacional y el ferrocarril que son cruciales a las economías de las regiones contiguas al Area de Estudio se debe asegurar por medio de las obras de control de sedimentos e inundaciones.

Sin embargo, en caso de que la ejecución del mejoramiento de cauce entero tenga menos posibilidad debido al constreñimiento económico y financiero, el mejoramiento parcial del cauce puede ser utilizado a fin de relevar las áreas y bienes específicos de los daños por sedimentos e inundaciones tan pronto como es posible, lo cual es un paso para llegar al mejoramiento de todo el cauce.

La posibilidad de las obras de mejoramiento del cauce del río que cubren el cauce entero del río ha sido estudiada, y fue aclarado que este plan cuenta con poca viabilidad económica y necesita un fondo enorme y que es más práctico el implementar el plan en la forma del mejoramiento del cauce parcial junto con el control de sedimentos aguas arriba.

### 5.2 Descargas de Sedimentos y Crecidas de Diseño

#### Descarga de Sedimentos de Diseño

La escala de diseño para el control de inundaciones fue determinada para que sea equivalente a la máxima crecida registrada que comprende al período de retorno de 30 años en los ríos Achiguatze y Pantaleón con base a los conceptos básicos para planeamiento del capítulo IV: La descarga de sedimentos en ambos ríos está determinada como sigue:

<u>Puntos de Referencia de Sedimentos</u>	<u>Descarga de Sedimentos de Diseño</u>
Punto de Referencia en Achiguatze	1,940 x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
Punto de Referencia en Pantaleón	3,246 x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>

#### Descarga de Crecidas de Diseño

La descarga de crecidas de diseño que corresponde al período de retorno de 30 años está determinado como sigue:

<u>Puntos de Referencia de Crecidas</u>	<u>Descarga de Crecidas de Diseño</u>
Punto de Referencia I en Achiguate	1,200 m <sup>3</sup> /s
Punto de Referencia II en Achiguate	1,700 m <sup>3</sup> /s
Punto de Referencia en Pantaleón	1,150 m <sup>3</sup> /s

La distribución de la descarga de diseño en ambos ríos Achiguate y Pantaleón está mostrada en la figura 5-1.

### 5.3 Estudio Comparativo

#### 5.3.1 Presas de Control de Sedimentos

Es de importancia predominante el regular por completo la descarga de sedimentos durante una crecida. En consideración debida de la descarga de sedimentos y las condiciones topográficas, son consideradas las construcciones de tres (3) presas de control de sedimentos en el río Achiguate, una (1) en el río Ceniza, un tributario del río Achiguate, y seis (6) en el río Pantaleón. En el río Taniluya al que entran gran cantidad de sedimentos, ningún lugar adecuado de presa se pudo reconocer. (Referirse a la figura 5-3).

eventualmente la combinación siguiente de las presas está propuesta para regular la descarga de sedimentos de diseño hasta la óptima.

Río	Lugar de Presa	Altura Efectiva (m)	Volúmen Regulado (x 10 <sup>3</sup> m)
Achiguate	A - 1	8.0	990
	A - 2	18.0	562
	C - 1	7.0	338
Pantaleón	P - 1	5.0	60
	P - 2	9.0	976
	P - 3	11.0	235
	P - 4	9.0	315
	P - 5	18.0	1,370

#### 5.3.2 Mejoramiento de Cauce entero del Río

El mejoramiento del cauce entero del río para proteger totalmente todos los bienes a lo largo de un río de los daños por inundaciones y sedimentos es esencial para el plan de mejoramiento del cauce. Este método se podrá denominar como el plan comprensivo de mejoramiento del cauce. (Referirse a la Figura 5-2)

Las características principales del plan comprensivo son resumidas como sigue:

### Río Achiguate

#### (1) Canal de Río

##### (a) Localización y Extensión

Los trabajos de mejoramiento del río para el Río Achiguate cubren la extensión de 43.8 Kms a partir de la desembocadura. El extremo superior de los trabajos de mejoramiento es el sitio de la presa de control de sedimentos.

##### (b) Alineamiento

Un nuevo alineamiento del río Achiguate con un ancho de aproximadamente 250 m, lo cual corresponde al ancho promedio del curso presente del río es delineado de la boca del río a 33.24 km en el punto de confluencia con el río Guacalate, mientras que la extensión entre 33.24 km y 43.8 km es delineada con un ancho aproximado de 100 m. (Referirse a la figura 5-3)

##### (c) Perfil Longitudinal

La profundidad de excavación está establecida dentro de 3.5 m y el diseño del nivel de aguas altas está fijado a menos de 2 m sobre el promedio de altura del terreno que coincide con el plano de agua de registro máximo de aguas altas. La altura del dique se diseñó a menos de 3.0 m sobre la altura del terreno incluyendo 1.0 m de borda libre. El gradiente de lecho del río varía gradualmente de 1/500 a 1/110 en proporción a la distancia del estuario como se muestra en la figura 5-4.

##### (d) Sección-Transversal

Una sección-transversal compuesta es aplicada a la extensión corriente abajo del punto de confluencia situado en el km 33.24. El canal de agua baja puede confinar una descarga de 450 m<sup>3</sup>/s la que coincide con la probable descarga de un período de retorno de 1.5 años. Todos los gradientes de pendientes para el canal de agua alta y baja se fijaron en 1:2.

Una sección-transversal simple es aplicada para la extensión arriba del punto de confluencia. La pendiente del canal es 1:2 en la extensión entre el km 33.24 y el km 39.6 y 1:0.5 en la extensión entre el km 39.6 y el km 43.8. El patrón de sección transversal se muestra en la figura 5-3.

(2) Estructuras Ribereña

Las estructuras ribereñas requeridas para este plan consisten de revestimiento, solera de fondo, espigón, dique de drenaje y esclusa. El revestimiento será provisto para canales de agua baja y alta de la sección-transversal compuesta y la cantidad total de longitud es aproximadamente de 21.5 km. Revestimiento en una longitud total de 21.12 km es también aplicado al canal de la sección transversal simple.

También 30 soleras de fondo, 2 secciones de espigones en una longitud total 5,600 m, dique de drenaje de 66.48 km de longitud y 17 esclusas serán instaladas en y a lo largo del canal del río.

(3) Tratamiento de Desembocadura

Se propone establecer los espolones de 280 m y 380 m de largo, el anterior al banco izquierdo y el posterior al derecho, con el fin de que la arena movediza, causada principalmente por las ondas, no entre en la desembocadura tanto desde la dirección sureste como desde la suroeste respectivamente.

Río Pantaleón

(1) Cauce del Río

(a) Localización y Extensión

Los trabajos de mejoramiento del río cubren toda el tramo desde boca del Río Cristóbal hasta el km 22 aguas arriba en el cual la mayoría de diques de control de sedimentos corriente abajo serán construídos.

(b) Alineamiento

El nuevo alineamiento del río Pantaleón es propuesto con un ancho de aproximadamente 80 m lo cual corresponde al promedio del ancho del río y al posible ancho máximo en expansión en el pueste del ferrocarril.

(c) Perfil Longitudinal

La profundidad promedio de excavación está establecida en menos de 3 m y el diseño de nivel de aguas altas es así diseñado como para permanecer bajo el promedio de altura del terreno. El gradiente del lecho del río varía gradualmente de 1/105 a 1/38 en proporción a la distancia del punto de confluencia con el Río Cristóbal. (Referirse a la figura 5-4)

(d) Sección-Transversal

Una sección transversal simple es aplicada a la extensión completa con una pendiente de los taludes del banco de 1:0.5. El patrón de sección transversal está presentado en la figura 5-3.

(2) Estructuras Ribereñas

Las estructuras ribereñas de revestimiento, solera de fondo y espigón serán provistas para el Río Pantaleón.

Se revestirá todo lo largo de río con 22.0 km y se instalarán 293 soleras de fondo.

Evaluación

El plan de control de inundaciones y sedimentos para el mejoramiento de la protección de todos los bienes en el Area de Estudio cuenta con muy poca viabilidad económica y necesita un gran fondo para su implementación, como se describe abajo de tal forma que es impracticable, el poner este plan en implementación bajo el punto de vista presente.

(1) Costo de Construcción

El costo de construcción requerido para este plan se estima de tanto como US\$ 192 millones comprendiendo US\$ 27 millones para trabajos de control de sedimentos y US\$ 165 millones para trabajos de control de crecida.

(2) El beneficio promedio anual que se asegurará después de la finalización de este plan se estima en US\$ 8.6 millones. La tasa económica interna de retorno (TEIR) es estimada en 2% en base al calendario de desembolso del período de construcción de 10 años.

5.3.3 Mejoramiento Parcial del Cauce (Caso I)

Juzgando los resultados y evaluación para el mejoramiento del plan comprensivo del río en todo el cauce que está descrito en la subdivisión anterior, el mejoramiento parcial del cauce se deberá aplicar a los ríos. Achiguate y Pantaleón para la protección de los bienes específicos, de las inundaciones.

Al respecto, el mejoramiento parcial del cauce para defender los bienes designados B y C que se extienden sobre una gran área ha sido estudiado y los resultados resumidos, como sigue:

Río Achiguate

(1) Cauce de Río

Las obras de mejoramiento del cauce cubren dos (2) tramos; es decir, del estuario al km 16 y del km 28 al 43.8, donde el nuevo alineamiento, perfil longitudinal y la sección

transversal son delineados en la misma forma como la del mejoramiento comprensivo del curso completo del río.

(2) Estructuras Ribereñas

El acortamiento del tramo para el mejoramiento permite la reducción en longitud y cantidad de las estructuras ribereñas requeridas; revestimiento de total de 33.12 km, 30 soleras de fondo, una sección de espigón, zanjas de drenaje por 42.48 km y 12 esclusas.

(3) Tratamiento de Desembocadura

Un rompeolas se diseña como contramedida para evitar el taponamiento de la boca del río en la misma forma que la del mejoramiento comprensivo del río.

Río Pantaleón

(1) Cauce del Río

El tramo del km 6 al km 22 será mejorado en base al nuevo alineamiento, perfil longitudinal y sección transversal que son diseñados en la misma forma que la del mejoramiento comprensivo del río.

(2) Estructuras Ribereñas

Las estructuras ribereñas requeridas para el mejoramiento del cauce del río Pantaleón son así mismo modificados al revestimiento de un total de 32 km y 241 soleras de fondo.

Evaluación

Este plan de mejoramiento parcial del cauce (caso I) para protección de los bienes B y C tiene una viabilidad económica muy pequeña y requiere un fondo enorme para su implementación, similar al plan de mejoramiento comprensivo del cauce. Por consiguiente, este plan casi no se puede considerar que sea práctico en la actualidad. El costo de construcción y viabilidad económica están brevemente evaluados como sigue:

(1) Costo de Construcción

El costo total de construcción requerido para esta plan se estima en tanto como US\$ 143 millones, US\$ 27 millones son para las obras de control de sedimentos y US\$ 116 millones para las obras de control de inundaciones.

(2) Viabilidad Económica

El beneficio promedio anual que se acumulará después de la terminación de este plan se estima en US\$ 8.0 millones y la tasa económica interna de retorno (TEIR) está calculado en 3% basado en el calendario de desembolso con un período de construcción de 10 años.



#### 5.3.4 Mejoramiento Parcial del Cauce (Caso II)

Este plan es tratado para la protección de sólo los bienes que están enumerados como sigue:

<u>Río</u>	<u>Bienes Objetivo</u>
Achiguate	Puente de la CA-2 y el del ferrocarril La Finca La Trinidad (área urbana en el lado izquierdo); y Finca la Barrita (área urbana en el lado derecho)
Pantaleón	El puente de la CA-2 y el Ferrocarril

Fueron evaluados, no sólo el mejoramiento del cauce del río, sino que, varios métodos para liberar los bienes de los daños por inundaciones, como sigue:

##### Río Achiguate

###### (1) Los Puentes de la Carreteras y del Ferrocarril

Los estragos sobre el puente de la CA-2 son principalmente causados por erosiones severas del banco y/o socavaciones del lecho del cauce alrededor de los pilares, mientras el del puente del ferrocarril es debido a la capacidad insuficiente de flujo en el tramo aguas abajo del km 41.7.

A juzgar por la causa de daños los tres (3) métodos siguientes pueden ser sugeridos para la protección de los puentes de la CA-2 del Ferrocarril. (Referirse a la figura 5-5)

- Método I - 1: Mejoramiento del Río
- Método I - 2: Mejoramiento del cauce del río con un dique de guía.
- Método I - 3: Elevación del puente del río incluso el terraplén en sus partes de acceso y revestimiento del cauce principal cerca del puente sobre la carretera.

El método I-1 ocasiona el menor costo de los tres métodos en cuanto al costo requerido durante todo el tiempo del proyecto. Aunque la inversión inicial para el método I-2 se limita a una cantidad pequeña comparando con la del método I-1, el dique de guía contenido en el método I-2 requiere un alto costo de reemplazo cada 10 años, debido a su poca durabilidad. Así mismo, el método I-3 tiene la desventaja de que el daño potencial no puede ser reducido por causa de no incrementar la capacidad de caudal del río. De acuerdo con esto el método I-1 es empleado para la sección de mejoramiento. (Referirse a la table 5-1.)

(2) Ara Urbana, Finca La Trinidad

Los estragos por inundaciones sobre el área principalmente se atribuyen a las aguas sobrepasadas de crecida en el tramo del km 28 al km 30 por consiguiente, los métodos siguientes son sugeridos para la protección de la finca La Trinidad como está ilustrado en la figura 5-5.

- Método II - 1: Mejoramiento del cauce del río
- Método II - 2: Elevación de la CA-9
- Método II - 3: Dique de anillo.

El método II-1 será recomendable aunque sea inferior al método II-2 en la proporción del beneficio y costo, por causa de que este método puede proteger los bienes en ambos lados del río de una forma igual, no causando problema social derivado de la protección para sólo un lado que puede ser provocado por la implementación del método II-3. (Referirse a la tabla 5-1.)

(3) Area Urbana, Finca La Barrita

Los daños de inundaciones en esta área son principalmente debidos a la capacidad insuficiente de caudal del río en el tramo más bajo del km 9, se sugieren los dos métodos siguientes para proteger la Finca La Barrita. (Referirse a la Figura 5-5.)

- Método III - 1: Mejoramiento del cauce del río y dique de guía.
- Método III - 2: Dique de anillo con estructuras de drenaje.

La capacidad del caudal del cauce es tan pequeña que las áreas de los tramos más bajos se inundan en gran extensión por las aguas de las crecidas.

La protección para esta área urbana por medio del método III-1 será más costosa, porque un largo tramo de un cauce se deberá mejorar. Por consiguiente, desde el punto de vista económico el método III-2 es muy superior al método III-1, como se ve en la tabla 5-1.

Río Pantaleón

(1) Puentes de la Carretera y del Ferrocarril

El puente sobre la CA-2 y el del ferrocarril que están bajo la misma situación que los del río Achiguate, podrán protegerse por los dos métodos siguientes:

- Método IV - 1: Mejoramiento del cauce
- Método II - 2: Mejoramiento del Cauce con Dique de Guía.

El método IV - 1 no requiere tanto costo de construcción como el método IV - 2, además el dique de guía en el método IV-2 necesita ser restituido con alto costo cada 10 años.

El método IV-1, por esta razón es utilizado para esta sección de mejoramiento.

La ubicación de estas obras está ploteada en la figura 5-5 y el resultado de su estudio económico comparativo se aprecia en la Tabla 5-1.

### Evaluación

El plan de control de inundaciones para la protección de los bienes B se deberá llevar a cabo por medio de los métodos I-1, II-1, III-2 y IV-1 los cuales han sido determinados a través del estudio comparativo en las subdivisiones que preceden. Apesar de que este plan (Caso II) todavía presenta una tasa interna de retorno un poco más baja del estándar económico definido en el Capítulo IV, los bienes B deberán ser protegidos en vista de requerimientos sociales.

#### 5.4 Plan Propuesto a Largo-Plazo

##### 5.4.1 Características del Plan

EL perfil de Plan Propuesto a largo-plazo de ambos ríos Achiguate y Pantaleón, se resume como sigue:

#### Río Achiguate

##### (1) Control de Sedimentos

Las obras de control de sedimentos para el río Achiguate se componen de tres (3) presas del tipo concreto ciclópeo cuyas características están resumidas en la tabla siguiente. (Referirse a la figura 5-6.)

Lugar	Area Tri- butaria (km <sup>2</sup> )	Altura Efectiva (m)	Longitud de Muros (m)	Volúmen del Cuerpo de la Presa	Volúmen Regulado (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
A-1	92.0	8.0	460	21,000	990
A-2	39.0	18.0	135	24,000	562
C-1	112.0	7.0	455	19,000	338

##### (2) Control de Inundaciones

las obras de control de inundaciones consisten en las obras de mejoramiento del cauce en dos tramos, uno para el puente de la CA-2 y el otro para el área urbana de la Finca la Trinidad y un dique de anillo alrededor del área urbana de la finca La Barrita. (Referirse a la figura 5-6.)

(a) La Carretera CA-2 y Puentes del Ferrocarril

El mejoramiento del tramo superior es de 5 Kms de largo del Km 38 al km 43 (el punto 180 mts más arriba del puente de la CA-2), cubriendo los puentes de la carretera y el ferrocarril, lo cual incluye una sección de transición de 1.6 kms en la parte baja del río. El alineamiento propuesto con ancho de unos 100 mts ha sido arreglado tan suavemente como sea posible de conformidad con el alineamiento existente.

El gradiente del lecho es 1/110 en el tramo del Km 39.6 al Km 43 y el de las secciones de transición es 1/170. El nivel de aguas altas de diseño está fijado a 2.45 m sobre el lecho en el tramo y la profundidad del canal incluye un espacio libre de 1.0 metros.

Una sección transversal simple con un gradiente de 1:0.5 se aplicó al tramo completo. La porción de la sección transversal de transición se ajusta gradualmente para peguir la sección transversal presente según el patrón de la sección transversal de diseño.

Las estructuras ribereñas requeridas son revestimientos para ambos lados de la pendiente del cauce en una longitud total 2.3 km y 17 soleras de fondo con ancho de 100 m aproximadamente, instalados a intervalos de 150 metros.

(b) Area Urbana, Finca La Trinidad

El mejoramiento del tramo se extiende por 6.0 km del Km 25.5 al Km 31.5 incluyendo las secciones de transición de 1.5 kms en el tramo superior y de 2.5 kms en el inferior. El alineamiento propuesto con un ancho de aproximadamente 250 m será dibujado con una línea suave conforme al alineamiento existente.

El gradiente del lecho del cauce está fijada a 1/300, y los de 1/250 y 1/340 se aplican a las secciones de transición más arriba y más abajo del tramo de mejoramiento respectivamente. El nivel de aguas altas de diseño está fijado a 1.7 metros sobre la altura del suelo. Se incluye 1 metro de espacio libre en la altura del terraplén.

La sección transversal compuesta con la gradiente de 1:2 se aplica a todo el tramo. La sección transversal de la parte de transición es ajustada de la misma manera que la del mejoramiento del cauce para el tramo del km 38 al km 43.

(c) Area Urbana, Finca La Barrita

Un dique de anillo será construido con un largo de 5 kms alrededor del área urbana llamada La Barrita.

Este dique de anillo es diseñado con la gradiente del talúd de 1:2, y el revestimiento exterior del dique será colocado en una longitud de 3 kms.

Estructuras de drenaje se proporcionan para drenar el agua del lado interior del área rodeada del dique de anillo.

### Río Pantaleón

#### (1) Control de Sedimentos

Las obras de control de sedimentos se componen de cinco presas para el control de sedimentos del tipo de concreto ciclópeo. (Referirse a la figura 5-6). Las características de estas presas serán resumidas como sigue:

Lugar de Presa	Area Tri-butaria (kms.)	Altura Efectiva (m)	Longitud de Flujo (m)	Volúmen del Cuerpo de Presa (m <sup>3</sup> )	Volúmen Regulado (x 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
P-1	115.0	5.0	210	7,000	60
P-2	107.0	9.0	392	17,000	976
P-3	62.0	11.0	160	17,000	235
P-4	61.0	9.0	190	12,000	315
P-5	60.0	18.0	230	44,000	1,370

#### (2) Control de Inundaciones

##### (a) Puentes de la CA-2 y del Ferrocarril

Las obras para el control de inundaciones para este río se componen de obras para el mejoramiento del cauce del río, incluso el revestimiento del cauce en la vecindad del puente sobre CA-2 como está mostrado en la Figura 5-6. La extensión de mejoramiento es de 3.4 km comenzando del km 18.0 al km 21.4.

El nuevo alineamiento propuesto de 80 metros de ancho ha sido arreglado en la misma forma que a del río Achiguate.

El gradiente del lecho del río está fijado en 1/38. El nivel de aguas altas de diseño está establecido a 2.0 m sobre el lecho y se estima 1.0 metro de espacio libre para fijar la altura del banco.

La sección transversal sencilla con gradiente de talúd de 1:0.5 es aplicada a todo el tramo. La sección transversal de la parte de transición será ajustada gradualmente para seguir la sección actual.

Las estructuras ribereñas requeridas son revestimientos para ambos lados de la pendiente del lecho para un tramo de 2.3 km y se instalarán 47 soleras de fondo con un ancho de 80 metros de ancho a intervalos de 50 metros.

#### 5.4.2 Calendario de Construcción y costo

En la preparación del calendario de construcción y la estimación de costo de los materiales de construcción, maquinaria y equipo se presumen que serán suministrados y dispuestos como está descrito mas adelante.

En la construcción de las presas de control de sedimento en general se usarán niveladoras, camiones de descarga, etc., para para las obras de tierra. las obras de excavación del cauce se realizarán con la utilización de niveladoras y camiones de descarga. La colocación de concreto se hará con mezcladoras de concreto y carros de bombeo. La maquinaria y equipo que se usará en el futuro se deberán importar ya que tienen que ser de gran precisión.

Los materiales de construcción requeridos para estas estructuras tales como pilotes de madera, agregados de concreto, piedrín, cascajo, etc., están disponibles localmente. Sin embargo, el acero estructural, barras reforzadas, cementos y cables para mallas de gaviones, combustibles y aceite y algunos otros materiales necesitan ser de alta calidad, por lo tanto deben ser importados también.

#### Calendario de Construcción

El calendario propuesto de construcción en éste reporte han sido trabajado esencialmente desde el punto de vista técnico y económico, por consiguiente es necesario revisarlo desde el punto de vista financiero y hacerle enmienda o alteracione en el momento de la implementación real.

Los trabajos para la construcción de presas de control de sedimentos consisten en los trabajos de camino de acceso, excavación y concreto. Las obras de mejoramiento del cauce abarca excavación, terraplén y la instalación de estructuras ribereñas tales como revestimiento, soleras de fondo, espigón, etc. Los volúmenes de trabajo están tabulados en la table 5-2.

Basicamente es más efectivo ejecutar trabajos de cuenca por cuenca e iniciar primero las estructuras de control de sedimentos.

El período propuesto de los trabajos de construcción es de siete (7) años incluyendo servicios de ingeniería de diseño detallado de dos (2) años como sigue:

#### Plan de Trabajo

#### Año

(1) Servicios de Ingeniería de diseño detallado 1°al 2°

(2) Trabajos de Construcción

- |  |         |
|--|---------|
| (a) Construcción de presas de control de sedimentos en Achiguate | 3°al 6° |
| (b) Construcción de presas de control de sedimentos en Pantaleón | 3°al 7° |
| (c) Obras de control de inundaciones en Achiguate                | 4°al 7° |
| (d) Obras de control de inundaciones                             | 6°al 7° |

El calendario de construcción que cubre todos las fases de este plan es mostrado en la figura 5-7.

Estimación del Costo

(1) Costo de Construcción

El costo de construcción estimado en base al contrato y precios en agosto de 1984, abarca el costo directo de construcción de las obras de control de sedimentos e inundaciones para cuenca del río, compensación, costos de administración y costo de servicio de ingeniería, más el 10% de contingencias físicas.

Tomando en cuenta la contingencia de precio basada en la proporción escalonada anual de 6% para ambas monedas extranjeras y locales, el costo total financiero de construcción se estima US\$63.2 millones de los cuales US\$36.2 millones o 57% son en moneda extranjera y US\$27.0 millones o el 43% en moneda local.

El análisis y el desembolso anual del costo financiero de construcción están presentados en la tabla 5-2 y la tabla 5-3 respectivamente.

(2) Costos de Operación, Mantenimiento y Reemplazo

Los costos de operación, mantenimiento y reemplazo abarcan el costo de personal, el de maquinaria (costo de remoción de sedimentos) el costo de administración y costos misceláneos.

Los costos anuales, de operación, mantenimiento y reemplazo se estiman en US\$0.56 millones. El costo de reemplazo de las estructuras de drenaje para el dique de anillo cada 20 años ha sido tomado en cuenta dentro de este costo.

## CAPITULO VI PLAN URGENTE

### 6.1 General

El plan a largo plazo para el control de inundaciones y sedimentos ha sido formulado para proteger los bienes en el Area de Estudio, los cuales fueron reconocidos como importantes socialmente. A fin de liberar el Area de Estudio de los daños por sedimentos e inundaciones tan pronto como sea posible, es formulado un plan urgente de control de sedimentos e inundaciones a base práctica limitando los bienes-objetivo a aquellos que de ser dañados senamente, afectarían las actividades economicos de un area grande.

Primero un plan urgente propuesto fue formulado a base del precepto de que la viabilidad económica se puede maximizar en debida consideración de las necesidades sociales en el área.

En la formulación del plan propuesto se han realizado varias clases de estudio sobre los métodos óptimos de control de sedimentos e inundaciones y la escala óptima del proyecto. El plan propuesto ha sido proyectado bajo la condición de que el proyecto será implementado con asistencias financieras de un país eligible.

En caso de que el constreñimiento financiero surja como resultado de la dificultad de implementar el plan propuesto, un plan alternativo cuya construcción se puede ejecutar de una manera más escalonada bajo sólo las finanzas locales fue preparado bajo las mismas condiciones tales como bienes-objetivos, descargas de sedimentos e inundaciones de diseño, etc. como aquellas del plan prepuesto.

### 6.2 Bienes-objetivo

En el plan a largo plazo, el plan propuesto fue formulado para proteger el puente de la CA-2, el del ferrocarril y las áreas urbanas como la Finca La Trinidad y La Barrita de los daños por inundaciones.

Con respecto al plan urgente los bienes-objetivos son limitados a los puentes de la CA-2 y del ferrocarril que extienden sobre los ríos Achiguate y Pantaleón por las razones citadas abajo.

- (1) CA-2 es la carretera nacional que une la frontera de México y la de El Salvador. Desde el punto de vista económico es uno de los sistemas vitales de tráfico de la nación que interconectan la ciudad de Guatemala, Puerto de San José y un area importante de producción agrícola. Cualquier daño que resulte en la interrupción del sistema de tráfico producirá un efecto adverso sobre una gran área de esa región.
- (2) El agua de inundacion se extiende ampliamente sobre las áreas de las fincas de La Trinidad y La Barrita cada una



con unos 4,000 habitantes. La profundidad del agua de inundación no es tan alta; solo menos de 0.5 m con un período de retorno de 10 años. Lo cual no generará a la población de ambas áreas una inconveniencia tan serida que se debe resolver con urgencia.

- (3) El costo, del proyecto se redujo a lo mínimo posible para facilitar la construcción del proyecto propuesto.

### 6.3 Estudio Comparativo

#### 6.3.1 Obras del Control de Sedimentos

En primer lugar es necesario, al igual que el plan a largo plazo, el regular por completo la descarga de sedimentos durante una crecida, por presas del control de sedimentos. Los lugares de la construcción posible de las presas son sugeridos para regular la descarga de sedimentos que pueda producirse por los depósitos de sedimentos acumulados que existen a la fecha de 1983. La selección de los lugares está a base de la eficiencia económica que se representa por la proporción del costo de construcción al volumen de regulación en la misma manera que el plan a largo plazo.

Dos (2) presas del control de sedimentos se necesitan en el río Achiguate para regular las descargas de sedimentos de los períodos de retorno de 5, 10 y 30 años probables, mientras una (1) para los períodos de retorno de 5 y 10 años y dos (2) para el período de retorno de 30 años, son necesarias para el río Pantaleón.

Están tabulados los nombres de presas, alturas efectivas y volúmenes de regulación como sigue, y las localizaciones de las presas están ploteadas en la figura 6-1.

Río	Período de Retorno	Nombre de Presa	Altura Efectiva (m)	Volúmen de Regulación ( $10^3 \text{ m}^3$ )
Achiguate	5 años	A-1	6.0	431
		C-1	4.0	94
	10 años	A-1	6.5	551
		C-1	4.5	119
	30 años	A-1	7.0	755
		C-1	5.5	165
Pantaleón	5 años	P-2	8.0	767
		P-2	9.0	976
	30 años	P-2	9.0	976
		P-6	8.0	357

El período de retorno que se aplica para las presas del control de sedimentos debe ser siempre el mismo que para las obras del mejoramiento del cauce. En otras palabras, una escala apropiada de la presa del control de sedimentos sólo puede ser determinado en combinación con el mejoramiento del cauce en el mismo período de retorno.

### 6.3.2 Obras del Control de Inundaciones

#### Tramo de Mejoramiento

Las obras del control de inundaciones son requeridas en los tramos siguientes para defender los puentes de la carretera y del ferrocarril. (Referirse a la figura 6-1.)

Río Achiguate	del km 38.0 al km 43.0 (Sección de transición: del km 18.0 al km 18.45)
Río Pantaleón	del km 18.0 al km 21.4 (Sección de transición: del km 38.0 al km 39.75)

#### Métodos Aplicables

Los tramos arriba mencionados son subdivididos en las secciones siguientes por causa de sus capacidades mínimas de flujo.

Río	Sección	Capacidad Mínima de Flujo (m <sup>3</sup> /s)
Achiguate	km 39.75 al km 40.4	150
	km 40.4 al km 41.7	1,000
	km 41.7 al km 43.0	1,400
Pantaleón	km 18.45 al km 19.5	550
	km 19.5 al km 20.5	1,000
	km 20.5 al km 21.4	1,300

En general, se consideran varios métodos para mejorar un cauce de río, pero los métodos aplicables para las secciones arriba mencionados se limitan a sólo uno o dos debido a sus situaciones existentes como se describe más a bajo.

(1) Río Achiguate, km 39.75 al km 40.4

En esta sección existe el puente del ferrocarril que dificulta ensanchar o terraplanar el cauce del río de manera que solo la excavación del cauce es aplicable.

(2) Río Achiguate, km 40.4 al km 41.7

Hay dos métodos que son aplicables para esta sección; excavación del cauce y provisión de un dique de guía en la izquierda. El primero es apropiado en vista de mantener consistencia con su sección inferior mientras el último puede aprovecharse en función de almacenamiento en área no usada que existe.

(3) Río Achiguate, km 41.7 al km 43.0

Esta sección goza de suficiente capacidad de flujo, ya que no se necesitan obras para incrementar la capacidad de flujo. Sólo únicamente las obras de protección están propuestas en aguas arriba y abajo cercanas al puente de la

carretera par protegerlo de un posible daño provocado por la erosión de las orillas y de la socavación del lecho del cauce.

(4) Río Pantaleón, km 18.45 al km 19.5

La situación de esta sección es casi igual a la de la sección del km 39.75 al km 40.4 del Río Achiguate. En adición de la excavación del cauce, el terraplén (provisión de un dique de guía) puede también ser aplicable para esta sección, porque hay suficiente espacio libre bajo la viga del puente.

(5) Río Pantaleón, km 19.5 al km 20.5

La excavación del cauce y terraplén (provisión de un dique de guía) son aplicables en esta sección para conformarse con la sección más arriba.

(6) Río Pantaleón, km 20.5 al km 21.4

Las obras de protección sólo son necesarios para asegurar el puente sobre la carretera por la misma razón que para la sección del km 41.7 al km 43.0 en el Río Achiguate.

Selección de Métodos

Un estudio sobre la combinación de los métodos aplicables para cada sección los que han sido discutidos arriba fue desarrollado para las descargas probables de los períodos de retorno de 5, 10 y 30 años con el fin de seleccionar el método optimo.

La combinación posible de los métodos aplicables se supone en los cuatro (4) casos que siguen:

Río	Caso	Sección	Combinación de Métodos
Achiguate	Caso A-E	km 39.75 al km 40.4	Excavación del cauce
		km 40.4 al km 41.7	Excavación del cauce
		km 41.7 al km 43.0	Obras de protección
	Caso A-T	km 39.75 al km 40.4	Excavación del cauce
		km 40.4 al km 41.7	Dique de guía
		km 41.7 al km 43.0	Obras de protección
Pantaleón	Caso P-E	km 18.45 al km 19.5	Excavación del cauce
		km 19.5 al km 20.5	Excavación del cauce
		km 20.5 al km 21.4	Obras de protección
		km 18.45 al km 19.5	Dique de guía
		km 19.5 al km 20.5	Dique de guía
		km 20.5 al km 21.4	Obras de protección

El estudio comparativo sobre los casos citados arriba ha sido realizado tomando en cuenta el costo de construcción, y resultó como sigue: (Referirse a la tabla 6-1 y a la figura 6-2.)

(1) Río Achiguate

La combinación en el caso A-T se puede recomendar para las inundaciones de los períodos de retorno de 5 y 10 años, mientras la combinación en el caso A-E es apropiada para el control de una inundación con el período de retorno de 30 años.

(2) Río Pantaleón

La combinación en el caso P-E viene a ser óptima para cualquier descarga probable.

Selección de la Escala Optima

Las obras urgentes se deber proponer en una escala en la que las descargas de sedimento e inundaciones del período de retorno de 10 años pueden ser controladas en debida consideración desde el punto de vista económico y social como está mencionado abajo.

(1) Punto de Vista de la Viabilidad Económica

La tasas internas económicas de retorno (TIER) de tales escalas de proyecto para los períodos de retorno de 5- 10- y 30 años fueron estimadas y dadas en la tabla 6-2 y la figura 6-3. Segur se verificó en la figura 6-3, el plan urgente con escala de proyecto de período de retorno de 10 años es la mas viable en una forma económica teniendo el 7.0% de TIER que está arriba del TIER normal para la evaluación económica definida en el Capítulo IV (referirse a la tabla 4-4).

(2) Punto de Vista Necesidad Social

La escala de proyecto contra la inundación del período del retorno de 10 años puede mencionarse que alcanza el nivel nacional en comparación con las situaciones sociales concernientes a los daños de inundación en otras cuencas de río que habían experimentado daños de inundaciones con una frecuencia que varía de cada 3 a 10 años, a pesar de que otras pocas cuencas de río están en una condición mas segura. (Referirse a la figura 6-4.)

6.4 Descarga de Sedimentos y Crecidas de Diseño

Las descargas de sedimentos y crecidas de diseño del período de retorno de 10 años se utilizan para el plan urgente del control de inundaciones.

Las descargas de sedimentos de diseño se estiman en  $710 \times 10^3 \text{ m}^3$  y  $1,206 \times 10^3 \text{ m}^3$  y las descargas de inundaciones de diseño también están fijadas en  $950 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $900 \text{ m}^3/\text{s}$  para los ríos Achiguate y Pantaleón respectivamente.

## 6.5 Plan Propuesto

El plan propuesto del proyecto urgente ha sido formulado como sigue:

### 6.5.1 Características del Plan

El plan urgente del control de inundaciones está diseñado para hacer frente a la descarga de diseño del período de retorno de 10 años. Sin embargo, con respecto a las obras del mejoramiento del cauce el revestimiento y soleras de fondo de este plan deberá ser removido y reconstruido, cuando se ponga en implementación el plan a largo plazo.

El estudio ha sido realizado en la idea de proveer las estructuras en la escala del plan a largo plazo, es decir, un período de retorno de 30 años (referirse al Reporte Auxiliar para su detalle), y se concluyó que dichas estructuras deben ser construidas en este plan urgente a la escala del plan a largo plazo para evitar la duplicación de construcción y doble inversión.

Las características del plan urgente en el que se considera la idea arriba mencionada son resumidas como sigue:

#### Río Achiguate

##### (1) Control de Sedimentos

Las obras del control de sedimentos se componen de dos presas del control de sedimentos del tipo de concreto ciclópeo en los sitios A-1 y C-1, cuyos artículos en detalle son como sigue (referirse a la figura 6-5):

Características	Sitio A-1	Sitio C-1
Area Tributaria	92 km <sup>2</sup>	112 km <sup>2</sup>
Volúmen de Regulación	551,000 m <sup>3</sup>	119,000 m <sup>3</sup>
Altura Efectiva	6.5 m	4.5 m
Largo de Muro	409 m	425 m
Volúme de Cuerpo de Presa	14,000 m <sup>3</sup>	10,000 m <sup>3</sup>

##### (2) Control de Inundaciones

###### (a) Localización y Extensión

Las obras del mejoramiento del cauce para el río Achiguate cubren el tramo del km 38.0 al km 43.0 en donde se encuentran los puentes de la carretera el ferrocarril.

###### (b) Alineamiento

El nuevo alineamiento es dibujado en principio a lo largo del curso presente del río. El ancho del río está fijado en 100 m (referirse a la figura 6-6.)

(c) Perfil Longitudinal

El perfil longitudinal se diseña a 1/110 en la cercanía de la gradiente del lecho del río existente. El nivel de aguas altas de diseño se establece bajo la altura del suelo. (Referirse a la figura 6-7.)

(d) Sección Transversal

La sección transversal sencilla se aplica a todo el tramo de mejoramiento del cauce. (Referirse a la figura 6-7.)

(e) Estructuras Ribereñas

Las estructuras ribereñas necesitadas son el revestimiento por mampostería mojada y soleras de fondo a intervalos de 150 m (del km 39.75 al km 40.4 y del km 42.8 al km 43.0), y la protección de pies de talva por espigón en el lado izquierdo (del km 40.4 al 41.7).

Río Pantaleón

(1) Control de Sedimentos

Una presa del control de sedimentos del tipo concreto ciclópeo está propuesta en el sitio P-2, la cual cuenta con los aspectos siguientes: (Referirse a la figura 6-5.)

<u>Características</u>	<u>Sitio P-2</u>
Area Tributaria	107 km <sup>2</sup>
Volúmen de Regulación	976,000 m <sup>3</sup>
Altura Efectiva	9.0 m
Largo de Muro	392 m
Volúmen del Cuerpo de Presa	17,000 m <sup>3</sup>

(2) Control de Inundaciones

(a) Localización y Extensión

Las obras del mejoramiento del cauce cubren el tramo del km 18.0 al km 21.4 en donde están los puentes de la carretera y el ferrocarril.

(b) Alineamiento

El alineamiento nuevo es dibujado a lo largo del curso actual del río, y el ancho del río está fijado a 80 metros. (Referirse a la figura 6-6.)

(c) Perfil Longitudinal

El perfil longitudinal está diseñado a 1/38 conforme a la gradiente del lecho actual. El nivel de aguas

altas de diseño se determina bajo la altura del suelo. (Referirse a la figura 6-7.)

(d) Sección Transversal

La sección transversal sencilla se aplica a todo el tramo de mejoramiento del cauce. (Referirse a la figura 6-7.)

(e) Estructuras Ribereñas

Las estructuras ribereñas consisten en el revestimiento por mampostería mojada, y soleras de fondo a intervalos de 50 m los que serán proporcionados en los tramos del km 18.45 al km 19.5 y del km 21.3 al km 21.4.

## 6.5.2 Diseño Preliminar

### Presa del Control de Sedimentos

La presa del control de sedimentos está compuesta estructuralmente de la presa maestra principal, sub-presa y vertedero, cuyos diseños preliminares fueron preparados tal como se aprecia en la figura 6-8.

(1) Tipo de la Presa Principal (Maestra)

Los tipos presa aplicables para el área de control de sedimentos son de concreto, de concreto ciclópeo, de armazón de acero, de bloque de concreto y de colchón de gavión. La presa del tipo de concreto ciclópeo está escogida para el plan propuesto a favor del mínimo costo de construcción. (Referirse a la tabla 6-3.)

El cimiento de la presa es encajado hasta 1.5 metros bajo del lecho del río existente para asegurar la estabilidad del cuerpo de la presa. La profundidad de 1.5 metros se escogió la actual situación de los sedimentos inestables. El ancho de la cresta está diseñado en 2.0 metros.

El talúd de la presa aguas abajo está fijado a 1:0.2 para evitar daños del impacto de la caída de piedras. Aguas arriba, el talúd se establece en el intervalo de 1:0.45 a 1:0.65 para dar resistencia contra cualquier presión posible.

Las dimensiones detalladas de cada presa junto con las secciones de derrame están demostrados en la tabla 6-4.

(2) Sección de Derrame

La sección de inundación está diseñada en tales posiciones y direcciones que las aguas puedan fácilmente concentrarse al centro aguas abajo para estimular la estabilización del cauce. La dimensión de esta sección es diseñada en una forma igual para todas las presas para que

una descarga de 1,250 m<sup>3</sup>/s que corresponde a una crecida del período de retorno de 100 años pueda correr hacia aguas abajo sin peligro.

(3) Sub-presa y Vertedero

La sub-presa y vertedero, incluyendo muros laterales hechos en concreto ciclópeo y mampostería mojada, son diseñados aguas abajo de la presa y funcionarán como estructuras para prevenir socavación.

Estructuras Ribereñas

Las estructuras ribereñas son revestimiento, espigón y solera de fondo. El revestimiento y espigón tienen como funciones la protección de las orillas del río contra erosiones, mientras la solera de fondo es necesaria para la estabilización del lecho del río. Cada estructura cuenta con varios tipos conforme a los materiales de construcción involucrados.

(1) Tipos Estructurales aplicables

Cada estructura puede dividirse en cuatro (4) tipos, los cuales serán clasificados en los permanentes y semi permanentes según la durabilidad. El estudio comparativo acerca de los tipos se ha desarrollado en vista del costo de construcción y de reemplazo para seleccionar el óptimo en cada grupo para cada estructura como está tabulado en la tabla 6-5.

Los tipos aplicables de estructura son resumidos como sigue:

Estructura	Tipo	Durabilidad
Revestimiento	Mampostería Mojada	Permanente
	Cilíndro de Gavión	Semi Permanente
Espigón	Concreto	Permanente
	Encofrado	Semi Permanente
Solera de Fondo	Concreto	Permanente
	Gavión	Semi Permanente

Los tipos apropiados de estructura son seleccionados para la sección de mejoramiento del cauce como está descrito en lo siguiente:

- (a) Río Achiguate, km 39.75 al km 40.4 y km 42.8 al km 43.0

Las obras de protección son requeridas para las orillas de la derecha y la izquierda en dichas secciones en donde están localizados los puentes de la



carretera y el ferrocarril. El revestimiento y espigón pueden sugerirse para la protección de orillas, pero el espigón no es recomendable considerando que el caudal con alta velocidad pueda destruir o arrastrar el espigón debido a la socavación del lecho en ese lugar. Por consiguiente, el revestimiento se aplica para esta sección como obras de protección de orillas. La estructura permanente de mampostería mojada se diseña para el plan propuesto.

La estabilización del lecho está también requerida en esta sección para asegurar los puentes contra los estragos que sean provocados por la socavación del mismo. El tipo de concreto (estructura permanente) se adopta para este plan.

(b) Río Achiguate, del km 40.4 al km 41.7

Las obras de protección de las orillas deben ser provistas sólo en la orilla izquierda, porque en la orilla derecha existe un terreno ondulado adyacente al cauce del río. Un canal ancho de aguas altas se extiende a lo largo de la orilla derecha del río con ancho máximo de 600 metros. Por lo que el revestimiento no es necesario y aún los espigones semi permanentes son suficientemente durables cuando se protege la orilla. El espigón permeable para la protección del pie que se hace de encofrado es utilizado para esta sección. No se provee ninguna solera de fondo.

(c) Río Pantaleón, del km 18.45 al km 19.5 y del km 21.3 al km 21.4

Las obras de protección de orillas y de estabilización del lecho son necesarias para estas secciones para proteger los puentes de la carretera y del ferrocarril.

Con respecto al revestimiento el tipo de mampostería mojada está propuesta por causa del caudal de alta velocidad. En cuanto a la solera de fondo el tipo concreto se aplicará para la estabilización del lecho del cauce.

(2) Estructuras Ribereñas Propuestas

Las estructuras ribereñas necesarias para el plan propuesto junto con sus secciones respectivas del río están resumidas en la tabla siguiente y mostradas en la figura 6-9.

Estructura	Tipo	Río	Sección
Revestimiento	Mampostería Mojada	Achiguate	km 39.75 al km 40.4
			km 42.8 al km 43.0
		Pantaleón	km 18.45 al km 19.5 km 21.3 al km 21.4
Espigón	Encofrado	Achiguate	km 40.4 al km 41.7
Solera de fondo	Concreto	Achiguate	km 39.75 al km 40.4
			km 42.8 al km 43.0
		Pantaleón	km 18.45 al km 19.5 km 21.3 al km 21.4

(a) Revestimiento

El revestimiento del tipo mampostería mojada tiene un talúd encarpado de 1:05 para sufrir tan poco como sea posible el daño causado por las piedras que caen. La altura del muro se diseña para coincidir con el del dique que se diseña. El cimiento es encajado hasta 1.0 metro bajo del lecho del río, y el concreto de base es puesto en ese lugar para apoyar el revestimiento. El colchón de gavión es colocado para la protección del pie con un anchor de 3 metros a fin de prevenir la socavación del lecho al pie del revestimiento.

(b) Espigón

El espigón del tipo encofrado se hace con encofrados de forma conica, en los que cilindros de gavión son colocados para su estabilización. Estos espigones serán distribuidos a lo largo de la línea del banco a intervalos de 20 metros.

(c) Solera de Fondo

El ancho de la cresta del cuerpo principal está diseñado en 1.0 metro y el cimiento es encajado hasta 2.0 metros bajo el lecho de diseño, es decir, la elevación del fondo es un poco más profunda que la del muro de otra solera de fondo instalada, aguas abajo. Las mallas de gavión también serán colocadas aguas abajo del lecho en un ancho de 6.0 metros con el propósito de prevenir socavación en ese sitio.

### 6.5.3 Calendario de Construcción y Costo

#### Calendario de Construcción

Las obras de construcción son ampliamente divididas en la construcción de presas de control de sedimentos y en la de obras de control de inundaciones.

En el plan propuesto los renglones principales de trabajo de las presas de control de sedimentos incluyen excavación, conglomeramiento de concreto ciclópeo y provisión de mampostería mojada. Los de las obras de control de inundaciones consisten en, excavación, disposición de mampostería mojada, pavimento de concreto, instalación de cilindro y malla de gavión y espigón.

El trabajo de construcción se llevará a cabo en un período de cinco (5) años incluyendo un período de un (1) año de servicios de ingeniería para el diseño detallado, el que ha sido determinado por el volumen de trabajo de cada renglon de trabajo. La figura 6-10 muestra el calendario de construcción que es brevemente explicado como sigue:

<u>Jornada de Trabajo</u>	<u>Año</u>
(1) Diseño detallado	1°
(2) Trabajos de Construcción	
(a) Construcción de Presa A-1	2° al 4°
(b) Construcción de Presa C-1	2° al 4°
(c) Construcción de Presa P-2	2° al 5°
(d) Obras de mejoramiento del cauce en Achiguate	3° al 5°
(e) Obras de mejoramiento del Cauce en pantaleón	3° al 5°

#### Estimación Costo

##### (1) Costo de Construcción

El costo total financiero de construcción se estima en las porciones de la moneda extranjera y local en bases contractuales a los precios de referencia en agosto de 1984. La cantidad de trabajo se calcula en base del diseño preliminar el cual ha sido preparado durante el período de estudio. Los precios unitarios requeridos para la implementación del proyecto están sujetos a los precios recientes de licitación para obras similares.

Costos imprevistos del 10% han sido aplicados sobre todos los renglones de trabajo. Los imprevistos de precio son también tomados en cuenta a razón del 6% de la escala anual.

Los financieros costos estimados de construcción del plan propuesto son resumidos en el siguiente table, junto con los porcentajes de los componentes de las monedas extranjera y local.

Plan	Moneda Extranjera (US\$ 10 <sup>6</sup> )	Moneda Local (US\$ 10 <sup>6</sup> )	Total (US\$ 10 <sup>6</sup> )
Plan Propuesto	11.5 (56%)	9.0 (44%)	20.5 (100%)

El análisis y el desembolso anual del costo financiero de construcción están mostrados en la tabla 6-6 y la 6-7 respectivamente.

(2) Costos de Operación, Mantenimiento y Reemplazo

Los costos de operación, mantenimiento y reemplazo abarcarán el costo de personal, el de maquinaria (costo para quitar sedimentos), el de reemplazo para espigones y mallas de gavión en cada 10 años, el de administración y otros costos miscelaneos.

Los costos anuales de operación, mantenimiento y reemplazo se estiman en US\$ 0.3 millones.

6.6 Plan Alternativo

Las obras de construcción del plan alternativo para el proyecto urgente de control de sedimentos e inundaciones se espera sean implementados sujetos al límite de la disponibilidad para el proyecto. Por consiguiente, el plan alternativo ha sido formulado en consideración de (1) la posibilidad de construcción escalonada, (2) método de construcción más fácil y (3) disponibilidad de los materiales en la proximidad del sitio de construcción.

Con respecto al plan de control de sedimentos para los ríos Achiguate y Pantaleón, los sitios de presas pueden ser escogidos con dos ideas diferentes concernientes a la altura de presa; es decir el construir presas altas en los sitios limitados que tienen eficiencia más alta de regulación de sedimentos y el proveer presa bajas en varios sitios que puedan extenderlos en un área ancha. El último puede implementarse de una forma gradual utilizando materiales que estan en la proximidad de los sitios.

6.6.1 Características del Plan

Río Achiguate

(1) Control de Sedimentos

De acuerdo con el concepto de planeamiento para las alternativas, las obras de control de sedimentos se componen de cuatro (4) presas (tres para el curso principal del Achiguate y una para el río Ceniza), cuyos aspectos detallados son como sigue (referirse a la figura 6-11):

<u>Aspectos</u>	<u>Presa A-1</u>	<u>Presa A-1'</u>	<u>Presa A-2</u>	<u>Presa C-1</u>
Area Tribo- taria (km <sup>2</sup> )	92.0	87.0	39.0	112.0
Volúmen de Regulación (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	350	111	90	119

<u>Aspectos</u>	<u>Presa A-1</u>	<u>Presa A-1'</u>	<u>Presa A-2</u>	<u>Presa C-1</u>
Altura Efectiva	5.0	3.5	5.0	4.5
Largo de Muro (m)	404	401	101	424
Volúmen del Cuerpo de la Presa (m <sup>3</sup> )	38,000	21,000	9,000	35,000

(2) Control de Inundaciones

La ubicación y extensión de las obras de mejoramiento del cauce, el alineamiento del perfil longitudinal y sección transversal son las mismas que en el plan propuesto excepto las estructuras ribereñas requeridas.

Las estructuras ribereñas requeridas son el revestimiento por cilindros de gaviones y soleras de fondo a intervalos de 150 m (del km 39.75 al 40.4 y del km 42.8 al 43.0). Espigón de protección del pie en el lado izquierdo (del km 40.4 al 41.7).

Río Pantaleón

(1) Control de Sedimentos

Cinco (5) presas de control de sedimentos están propuestas en los sitios P-2, P-2', P-3, P-4 y P-5, las cuales tienen aspectos siguientes (referirse a la figura 6-11):

<u>Aspectos</u>	<u>Presa P-2</u>	<u>Presa P-2'</u>	<u>Presa P-3</u>	<u>Presa P-4</u>	<u>Presa P-5</u>
Area Tribo taria (km <sup>2</sup> )	107.0	64.0	62.0	61.0	60.0
Volúmen de Regulación (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	370	101	105	180	220
Altura Efectiva (m)	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0
Largo de Muro (m)	276	308	167	170	158
Volúmen del Cuerpo de la Presa (m <sup>3</sup> )	23,000	21,000	16,000	14,000	18,000

(2) Control de Inundación

La ubicación y extensión de las obras del mejoramiento del cauce, su alineamiento, perfil longitudinal, sección transversal son los mismos que en el plan propuesto, excepto los estructuras ribereñas requeridas.

Las estructuras ribereñas consisten en el revestimiento por cilindro de gaviones y soleras de fondo a intervalos de 50 m (del km 18.45 al 19.5 y del km 21.3 al 21.4).

6.6.2 Diseño Preliminar

Estructuras de Control de Sedimentos

El tipo malla de gaviones se utiliza para el plan alternativo, porque sólo el mismo puede ser construido menor dificultad técnica usando los materiales disponibles en la cercanía de los sitios de construcción. La presa de mallas de gaviones consiste en presa principal, derramadero y vertedero se aprecia en la figura 6-12.

(1) Presa Principal

El lecho del cauce para el fundamento está sólo nivelado y las mallas de gaviones son puestas instantemente sobre él debido a que la presa de mallas de gaviones tiene un fondo relativamente ancho en comparación con su altura y no requiere una gran capacidad de soporte. La presa tiene el ancho del muro de 2.0 m, la pendiente aguas-abajo de 1:0.2 y la pendiente aguas-arriba de 1:1. La pendiente aguas-abajo está diseñada en forma escarpada por la misma razón que la del plan propuesto. Se resume las dimensiones en la tabla 6-4.

(2) Derramadero

El diseño del derramadero fue hecho en la misma manera que en el plan propuesto.

(3) Vertedero

El vertedero será preparado instalando la malla de gaviones en un ancho de 12.0 m aguas abajo de la presa para prevenir socavación del lecho causado por aguas de inundación.

Estructuras Ribereñas

Las estructuras ribereñas aplicadas para el plan alternativo están presentadas junto con sus secciones respectivas del río en la tabla siguiente (Referirse a la Figura 6-13.)

<u>Estructura</u>	<u>Tipo</u>	<u>Río</u>	<u>Sección</u>
Revestimiento	Cilindro de Gavión	Achiguate	km 39.75 al 40.4 km 42.8 al 43.0

<u>Estructura</u>	<u>Tipo</u>	<u>Río</u>	<u>Sección</u>
		Pantaleón	km 18.45 al 19.5 km 21.3 al 21.4
Espigón	Encofrado	Achiguate	km 40.4 al 41.7
Solera de fondo	Malla de gavión	Achiguate	km 39.75 al 40.4 km 42.8 al 43.0
		Pantaleón	km 18.45 al 19.5 km 21.3 al 21.4

(1) Revestimiento

Con respecto al revestimiento del tipo cilindro de gavión la pendiente esta fijada a 1:1.5 para una construcción más fácil. La altura de muro está diseñada a la misma elevación que la altura de dique de diseño. Los cilindros serán también colocados en el lecho del cauce en un ancho de 3.0 m desde el pie del talud para que la erosión del lecho no pueda afectar directamente la estructura.

(2) Espigón

El espigón del tipo encofrado está diseñado en el mismo concepto que para el plan propuesto.

(3) Solera de Fondo

Las mallas de gaviones son encajadas hasta 1.0 m bajo el lecho de diseño (3) unidades de malla que tiene cada 3.0 m de ancho cada una estan puestas adyacentes mutuamente en un largo total de 9.0 m como ayuda de flexibilidad contra la fluctuación del lecho.

### 6.6.3 Calendario de Construcción y Costo

#### Calendario de Construcción

El plan alternativo tiene renglones principales de trabajo tales como excavaciones e instalación de las mallas de gavión para la construcción de presas de control de sedimentos y excavación, instalación de gavión de cilindro malla y espigón para las obras de control de inundaciones.

El calendario de los trabajos de construcción ha sido determinado en este estudio de cinco (5) años, como en el plan propuesto y está resumido como sigue para comparación con la viabilidad económica del plan propuesto. Por consiguiente, es necesario el hacer enmiendas o alteraciones siguiendo la distribución del presupuesto anual esperado en el momento de implementación real. (Referirse a la figura 6-14.)

<u>Plan de Trabajo</u>	<u>Año</u>
(1) Diseño Detallado	1°
(2) Obras de Construcción	
(a) Construcción de presas en Achiguate	2° al 3°
(b) Construcción de presas en Pantaleón	4° al 5°
(c) Obras de Mejoramiento del cauce en Achiguate	3° al 5°
(d) Obras de Mejoramiento del Cauce en Pantaleón	4° añ 5°

Estimación Costo

(1) Costo de Construcción

El costo total financiero de construcción del plan alternativo es resmido mas abajo, junt con los porcentajes de los componentes de las monedas extranjera y local.

Plan	Moneda Extranjera (US\$ 10 <sup>6</sup> )	Moneda Local (US\$ 10 <sup>6</sup> )	Total (US\$ 10 <sup>6</sup> )
Plan alter- nativo	10.7 (49%)	11.1 (51%)	21.8 (100%)

El análisis y desembolso del costo de construcción están presentados en la tabla 6-8 y la 6-9.

(2) Costos de Operación, Mantenimiento y Reemplazo

Los costos de operación, mantenimiento y reemplazo para este plan abarcarán los mismos renglones que el plan propuesto. Los costos anuales de operación, mantenimiento y reemplazo se estiman en US\$0.64 millones.



## CAPITULO VII EVALUACION DEL PROYECTO

### 7.1 General

El plan óptimo para el proyecto a largo plazo de control d inundaciones ha sido formulado, como está descrito en el Capitulo V, en base a las necesidades sociales en debidas consideraciones de los aspectos financieros económicos y técnicos. El plan óptimo para el proyecto urgente con menos escala que el proyecto a largo plazo, también ha sido formulado, como está expuesto en el Capitulo VI, basado en los aspectos económicos, financieros y técnicos.

En cuanto al óptimo plan urgente, excepto el óptimo plan propuesto, otro plan alternativo ha sido elaborado en consideración del método de construcción. En el capitulo presente el Proyecto está evaluado desde el punto de vista puramente económico con respecto a los tres (3) planes arriba mencionados.

La evaluación económico es realizada fpara indagar la viabilidad económica comparando el costo económico que se invierte para el Proyecto y el beneficio económico que aumentará por la implementación del Proyecto.

La viabilidad económica es valorada por la Tasa Interna Económica de retorno, Valor Actual Neto (VAN) y Proporción del Beneficio y Costo (B/C), y la prueba de sensibilidad para la tasa interna de retorno del óptimo plan urgente es hecha en cuanto a los variaciones en el costo y/o el beneficio.

La evaluación está basada en las hipótesis siguientes:

#### (1) Vida económica

La vida económica del Proyecto es considerada como 30 años después del término de las obras de construcción.

#### (2) Beneficios directos tangibles

Sólo los beneficios directos tangibles son principalmente contados en la evaluación y los beneficios indirectos y/o intangibles se describen como impactos socio-económicos del Proyecto en la Sección 7.5.

#### (3) Período de implementación

El período de implementación del Proyecto es de 7 años en el plan a largo plazo y de 5 años en el plan urgente, incluyendo los períodos de diseño detallado de 2 años y 1 año respectivamente.

### 7.2 Condición y Metodología para la Estimación del Costo y Beneficio Económicos

### 7.2.1 Precios

Al estimar el costo y beneficio económicos, los precios económicos se asumen como sigue:

- (1) El tipo de cambio extranjero está fijado a Q.1.00 contra US\$1.00 en base a las situaciones siguientes:
  - (a) El tipo de cambio oficial es 0.1.00 contra US\$1.00 en la actualidad
  - (b) El tipo de cambio sombra es casi igual a 1.00 en los años recientes como se aprecia en la tabla 7-1.
- (2) Los precios económicos de los obreros no especializados quienes son contratados localmente se presumen en el 70% de los precios actuales de mercado tomando en cuenta de la situación de desempleo en el país en los años recientes.
- (3) Con respecto a los pagos de transferencia tales como el impuesto y derecho de aduana, se supone que las mercancías y servicios obtenidos localmente incluye el pago de transferencia del 10% de sus precios, y que las importadas fuera del país excluya cualquier pago de transferencia.
- (4) Se realizó la cotización del costo y beneficio de acuerdo con el nivel del precio del agosto de 1984.

### 7.2.2 Costos

Los costos financieros de construcción, como se describen en los capítulos V y VI, consisten en los artículos siguientes:

- (1) Costos directos de construcción,
- (2) Costo de adquisición de terrenos y compensación,
- (3) Gastos administrativos de Gobierno,
- (4) Costo del servicio técnico,
- (5) Contingencia física, y
- (6) Contingencia de precios.

### 7.2.3 Beneficios

Los beneficios tangibles directos del Proyecto se dan como el efecto económico de reducción de daños por inundaciones contra los bienes que están alrededor y dentro del área de inundación.

Los beneficios incrementarán inmediatamente después de la terminación de las obras de construcción. Los beneficios parciales que acrecentarán para el período de construcción, se estiman en la misma manera que los costos OMR (Operación, Mantenimiento, Reemplazo), proponiendo que los beneficios sean incrementados en proporción al avance de las obras de construcción.

### Bienes a ser protegidos de Inundaciones

Los bienes principales que se protegen de inundaciones en los ríos Achiguate y Pantaleón son:

- (1) Cuatro (4) puentes: dos (2) puentes sobre CA-2 y dos (2) puentes sobre el ferrocarril nacional.
- (2) Sistemas de transporte de la CA-2 y el ferrocarril,
- (3) Casa y efectos domésticos,
- (4) Cosechas agrícolas,
- (5) Actividades comerciales.
- (6) Las Instalaciones públicas salvo las arriba-mencionadas.

En base a las informaciones acopiadas y los resultados de los estudios de reconocimiento del campo, los bienes son evaluados como sigue:

- (1) Puentes de la Carretera y del Ferrocarril

Los puentes de la carretera y del ferrocarril sobre los ríos Achiguate y pantaleón están valorados a los precios en el año 1983 como lo siguiente, a base de la información de CAMINOS.

<u>Puente</u>	<u>Evaluación (US\$ 10<sup>3</sup>)</u>
Puente de la Carretera de Achiguate	1,000
Puente de la Carretera de Pantaleón	750
Puente del Ferrocarril de Achiguate	230
Puente del Ferrocarril de Pantaleón	420

- (2) Volúmen del Tráfico

El volúmen promedio del tráfico diario en la estación 200 se estima en 4,500 vehículos en 1984 y en 6,000 vehiculos en el año 2,010 a base de la estadística de tráfico por CAMINOS El primero es aplicado a la estimación del beneficio para el plan urgente, y el último para el plan a largo plazo.

El volúmen de mercancías y el número de pasajeros que son transportados por ferrocarril se estiman en el 5% de esos por carretera según las informaciones de FEGUA.

---

/1: A 78 km de la ciudad de Guatemala

(3) Casas y Efectos Domesticos

Basado en el censo de viviendas hecho en 1981, el número de casas en el Area de Estudio se estima en 405 casas por km<sup>2</sup> en el área urbana y 13 casas por km<sup>2</sup> en el área rural en 1984, y su proporción promedio aumento anual fue del 2.81% en el período de 1973 a 1981.

Suponiendo que tal aumento seaf mantenido el número de casas en las área rurales en el año 2,010 se estima en 810 y en 26 por km<sup>2</sup> respectivamente. Estas cifras están utilizadas para la estimación del beneficio de proyecto para el plan a largo plazo.

En cuanto al plan urgente, está a base del estudio actual en el que se estima que 20 alquerías en el Area de Estudio sean sumergidas debido a las descargas de crecida del período de retorno de más de dos (2) años.

En el Area de Estudio existen varias clases de casas tales como residenciales, alquerías, tiendas, oficinas, iglesias, etc. y sus evaluaciones también son numerosas. Ya que es difícil el evaluar estas casas individualmente, en el estudio actual las alquerías, las que ocupan una mayor parte de las casas en el Area del Estudio, son adoptadas como un objeto de la evaluación de los bienes.

Basado al estudio de sitio, la valoración de las casas está fijada en Q.3,750 por casa por término medio. La valoración de efectos domésticos se estima en una tercera parte (1/3) de la de las casas en conformidad con los estudios de proyectos similares en Guatemala.

(4) Cosechas Agrícolas

El rendimiento unitario de las cosechas agrícolas ha sido estimado en base a la producción y área cultivada de cada cosecha en los años recientes en el Departamento de Escuintla.

Estos valores están usados no sólo para el plan urgente, sino también para el plan a largo plazo, porque el rendimiento unitario de mayores cosechas en el Departamento de Escuintla permanece también sin carga desde 1973. Se aprecian en la tabla 7-2 los rendimientos unitarios de las cosechas principales, junto con sus precios unitarios económicos.

Proporciones de Daños contra Bienes

(1) Puentes

Se presume que dos (2) puentes sobre el ferrocarril sean arrastrados por crecidas con las descargas del período de retorno de más de 2 años basado en el resultado del estudio sobre las inundaciones pasadas. En este caso, el

daño se da como en un costo requerido para restaurar los puentes.

Con respecto a dos (2) puentes sobre la carretera CA-2 se presume que una parte de la estructura de los puentes sean dañados por inundaciones con las descargas del período de retorno de 2 años y el monto de daños que se da como el costo de reparación.

## (2) Sistema de Transporte

Los estragos por inundaciones contra el sistema de transporte están la tabla 7-3 muestra la proporción de daño de los bienes tales como casas efectos domésticos y cosechas agrícolas en donde la proporción de daño significa la de reducción en valoración de las casas y efectos domésticos, inundados y la de decrecimiento en producción de las cosechas inundadas, respectivamente.

Estudiados principalmente sobre el tráfico de caminos, porque el volúmen de transporte por ferrocarril está muy pequeño como está mencionado arriba.

El tráfico en la CA-2 se presume que sea interrumpido por las descargas de crecidas del período de retorno de más de 2 años, a base del estudio sobre las inundaciones en el pasado en los ríos Achiguate y pantaleón. Durante el período de su interrupción los pasajeros y corporaciones concernientes se ven obligados a esperar o desviarse, usando otras rutas. Basado al estudio del origen y destino en CA-2 y a las condiciones de los caminos que se conectan con CA-2 se presume que:

- (a) cerca del 90% de los vehículos que pasan por CA-2 en el Area del Estudio se originan de o se destinan a la ciudad de Guatemala, ciudad de Escuintla o sus áreas circundantes.
- (b) debido a la interrupción del tráfico en CA-2, dichos vehículos escojen la ruta CA-1 a través de Cocales y Godínez desde el punto de vista económico.

El este caso el estrago se dará como el incremento en distancia y tiempo corrientes de los vehículos.

El daño a los vehículos que esperan se estimará como la pérdida debido a la suspensión de las actividades comerciales.

Las mercancías y pasajeros que se transportan por ferrocarril también se verán obligados a esperar o hacer conversión del ferrocarril a transporte terrestre hasta que los puentes destruidos sean restaurados.

En el estudio presente los daños por inundaciones contra el transporte de ferrocarril simplemente se estima en el

5% de los mismos contra el transporte de carretera tomando poco volumen de transporte en cuenta.

(3) Casas, Efectos Domésticos y Cosechas Agrícolas

La proporción de daños de los bienes inundados se dará como una función de la profundidad de aguas y la duración de inundación. Sin embargo, ya que no existe ningún dato disponible en este país, la proporción de daño utilizada en la zona capital se aplica a este estudio.

(4) Actividades Comerciales

Algunas actividades comerciales de los habitantes y corporaciones alrededor del área de inundación y dentro de la misma estarán suspendidas durante el período de inundación. No obstante, ya que es muy difícil el estimar con exactitud tal pérdida en el estudio actual, su pérdida se estima en el 6% del caño total contra casas, efectos domésticos y sistema de transporte a base del estudio realizado en el Japón.

Beneficio económico

El daño por inundación se presume para las respectivas descargas probables de los períodos de 2,5,10 y 30 años de retorno.

El daño promedio anual de inundación se puede estimar por medio de integrar el producto del daño causado por una descarga de inundación de la descarga inocua a la máxima de inundación sobre la descarga infinitamente pequeña.

El beneficio del proyecto se da como la diferencia entre ambos daños con y sin el proyecto y es expresado como el efecto de disminución en el daño promedio anual de inundación.

7.3 Evaluación Económica para el Plan a Largo Plazo

7.3.1 Costo Económico

El costo económico de construcción del Proyecto para el óptimo plan a largo plazo se estima en US\$46.6 millones, los que consisten en la moneda extranjera de US\$28.6 millones y la local de US\$18.1 millones, en la tabla 7-5 se aprecia el desembolso anual del costo económico de construcción.

Los costos económicos de operación y mantenimiento (costos de OMR) se estiman en US\$0.5 millones por año durante todo el período de la vida económica del proyecto después de que la obra de construcción este terminada. En la tabla 7-4 se muestra el flujo anual de los costos OMR incluyendo esos para el período de construcción.

### 7.3.2 Beneficio Económico

El área de inundación debido a la descarga probable de inundaciones de 30 años en los ríos Achiguaté y Pantaleón se estima en más o menos 14,300 ha. en total. Del área inundada, el área de 3,271 ha. incluso 2,054 casas puede ser salvada de la inundación implementando el plan óptimo a largo plazo. El análisis del área de inundación está mostrado en la tabla 4-3.

Los beneficios, los que son incrementados por la disminución de los daños por inundaciones contra casas, efectos domésticos y cosechas agrícolas, se estiman por el uso de estas cifras junto con las evaluaciones de las casas, efectos domésticos y rendimientos unitarios y precios de las cosechas agrícolas descritas en la sección 7.2.3.

El beneficio económico anual del Proyecto para el plan óptimo a largo plazo se estima en US\$3,218 x 10<sup>3</sup> que consisten en los artículos siguientes:

ARTICULOS	BENEFICIO ANUAL (US\$ 10 <sup>3</sup> )
(1) Puentes de Ferrocarril	465
(2) Puentes de Carretera	126
(3) Sistema de Transporte	1,179
(4) Casas y Efectos Domésticos	651
(5) Cosechas Agrícolas	1,059
TOTAL	3,478

### 7.3.3 Evaluación Económica

La tasa interna económica de retorno junto con el Beneficio y Costo y el Valor Actual Neto en los caos descontado en las proporciones del 5% y 6% se resume como lo siguiente:

ARTICULO	Tass Interna Económica Económica de Retorno (TIER)	B/C		VAN (US\$10 <sup>3</sup> )	
		Tasa de Des- cuento. (5%)	Tasa de Des- cuento. (6%)	Tasa de Des- cuento. (5%)	Tasa de Des- cuento. (6%)
Plan a Largo Plazo	5.1	1.01	0.92	446	-3.411

Resulta que el proyecto para el plan óptimo a largo plazo es relativamente de baja viabilidad económica. Sin embargo, el porcentaje de la tasa interna económica de retorno está en el

rango de las tasas máximas y mínimas de interés de las agencias financieras en Guatemala, como está descrito en la sección y está cerca de la proporción normal para la evaluación económica definida en la misma sección.

Este resultado de una evaluación general desde el punto de vista económica. El estudio más amplio acerca de la evaluación económica será, realizada para el planf urgente, como está descrito en la sección que sigue:

#### 7.4 Evaluación Económica para el Plan Urgente

##### 7.4.1 Costo Económico

El costo económico de construcción del proyecto bajo el plan urgente ha sido estimado y resumido como sigue:

Plan	Moneda Extranjera (US\$ 10 <sup>6</sup> )	Modedaf Local (US\$ 10 <sup>6</sup> )	Total (US\$ 10 <sup>6</sup> )
Plan Propuesto	8.8	5.8	14.6
Plan Alternativo	8.3	7.3	15.6

Los desembolsos anuales de los económicos de construcción estan mostrados en las Tablas 7-5 y 7-6.

El costo anual de operación y mantenimiento se estima en US\$260 mil para el Plan Propuesto y en US\$540 mil para el plan Alternativo durante el período de vida económica del proyecto despues de que las obras de construcción sean completadas. La cantidad anual de los costos de operación y mantenimiento, incluso para los del período de construcción, estan tambien dados en las Tablas 7-5 y 7-6.

##### 7.4.2 Beneficio Económico

El área que se puede salvar de la inundación del período de retorno de menos de 10 años implementando el plan urgente se estima en 291 ha junto con 28 casas, como se muestra en la Tabla 6-10 del Sector 6 del reporte Auxiliar.

Los beneficios los cuales se incrementan por la reducción en el daño de sedimentos e inundaciones contra los bienes tales como casas, efectos domesticos y productos agrícolas, son estimados por medio de usar las cifras citadas arriba unto con las evaluaciones de casas y efectos domesticos, y los rendimientos unitarios y precios de productos agrícolas descritos en la Subsección 7.2.3.

El beneficio económico anual del proyecto bajo el plan urgente se estima en US\$1,465 mil respectivamente para los planes propuestos y alternativos, consistiendo en los siguientes artículos:



<u>Artículo</u>	<u>Beneficio Anual (US\$ 10<sup>3</sup>)</u>
(1) Puentes de Ferrocarril	422
(2) Puentes de Carretera	114
(3) Sistema de Transporte	802
(4) Casas y Efectos Demosticos <u>1/</u>	38
(5) Productos Agrícolas	89
TOTAL	1,465

Los beneficios se incrementaran durante el período de vida económica de proyecto. Las cantidades anuales de beneficio, incluyendo el beneficio parcial que aumentará para el período de construcción estan mostrados en las Tablas 7-5 y 7-6.

#### 7.4.3 Evaluación Económica

La tasa interna económica de retorno del proyecto bajo el plan Urgente se estima en 7.3% para el Plan Propuesto y el 4.4% para el plan Alternativo, como esta mostrado en la Tabla siguiente junto con B/C y VPN en casos descontados en las proporciones de 6% y 7% por año.

<u>Plan</u>	<u>TIER (%)</u>	<u>B/C</u>		<u>VAN (US\$ 10<sup>3</sup>)</u>	
		<u>Tipo de Descuento (6%)</u>	<u>Tipo de Descuento (7%)</u>	<u>Tipo de Descuento (6%)</u>	<u>Tipo de Descuento (7%)</u>
Plan Propuesto	7.3	1.12	1.06	1,779	774
Plan Alternativo	4.4	0.93	0.87	1,211	-2,152

TIER del proyecto no es tan alto para ninguno de los dos, pero TIER para el plan propueste excede de cierta forma el tipo normal de 6.5% mencionado en el Capitulo IV, por consiguiente, se ha identificado para ser viable economicamente.

En adición a lo mencionado arriba, debe ser enfatizado que el proyecto tenga las necesidades sociales más seriamente, y su implementación generara impactos grandes socio-económicos como se describe en la sección que sigue.

La viabilidad económica del proyecto se discute más adelante bajo la Prueba de Sensibilidad.

---

1/ Incluye el beneficio para las actividades comerciales y estructuras publicas tales como sistemas de fuerza eléctrica y suministro de agua, estructuras agrícolas y caminos en el área de inundación.

#### 7.4.4 Prueba de Sensibilidad

La prueba de sensibilidad es realizada para las variaciones en el costo y/o beneficio para un 5% par el TIER del plan propuesto del proyecto regente, y los resultados estan resumidos como sigue:

<u>Caso</u>	<u>TIER</u>
Decrecimiento de 5% del beneficio	6.7
Incremento de 5% del costo	6.8

En los dos casos tales como el decrecimiento del 5% del beneficio y el incremento del 5% de costo, TIER todavía ocupa tipo mas alto que el tipo normal del 6.5%, y es identificado para ser viable económicamente.

#### 7.5 Impactos Socio-económicos

Ademas de los beneficios descuidados mas antes, los siguientes efectos serían producidos de la implementación y complementación de las obras de control de sedimentos e inundaciones:

- (1) Efecto estimulativo para la promoción de desarrollo de la socio-economía en la región de costa sur por medio de obtener la seguridad de transportes en la carretera nacional principal de CA-2 y el ferrocarril nacional;
- (2) Estabilización de los medios de vida de la gente en el Area de Estudio por causa de la reducción de amenazas por inundación, mejoramiento de las condiciones ambientales y el uso efectivo de terrenos; y
- (3) Oportunidades mas grandes de empleo para la gente dentro y al rededor del Departamento de Escuintla atraves de la implementación de los trabajos de construcción.

## CAPITULO VIII SISTEMA DE LA ADMINISTRACION DE RIOS

### 8.1 General

En Guatemala no se encuentra tal agencia gubernamental integrada como la tituladas para desempeña la administración de ríos al nivel nacional. Varias agencias entán individualmente a cargo de la restauración de daños causados por las descargas de crecidas y de sedimentos al igual que el manejo del uso de aguas de ríos.

Este capítulo trata sobre la función y actividades de las agencias que están a cargo del manejo de agua y las leyes relacionadas en Guatemala. Los sistemas de administración de ríos en los países extrajeros rales como el Japón, los Estados Unidos y El Reino Unido, están presentados para ser consultados para el establecimiento de un nuevo sistema en Guatemala.

### 8.2 Manejo de Aguas en Guatemala

#### 8.2.1 Maquinaria del Gobierno

La República de Guatemala y su pueblo están gobernados por tres dependencias que son la administración, la legislación y la judicatura. La función administrativa se atribuye a la Dependencia admnistrativa presidida por el Presidente de la República de Guatemala, quien representa la nación y actúa con sus ministros en una forma separada o conjunta.

#### Gobierno Central

El Gobierno Central de Guatemala se encuentra en la ciudad de Guatemala. La Organización abarca once (11) ministerios que se dividen en las direcciones con funciones específicas. Las agencias que funcionan como corporaciones o institutos han sido también establecidas con carácter de agencias descentralizadas bajo los ministerios. A estas agencias se les proporciona la asistencia presupuestaria desde el ministerio respectivo y sus programas se implementan con la aprobación del ministerio a que pertenecen. (Referirse a la figura 8-1.)

Los presupuestos anuales nacionales par los años 1981, 1982 fueron de Q.1,465.7 millones, Q.1,481.4 millones y Q.1,314.3 millones respectivamente. Los presupuestos nacionales se distribuyen entre la agencias gubernamentales como se aprecia en la tabla 8-1, y son clasificados en los sectores económicos como se aprecia enla Tabla 8-2.

#### Gobierno Local

El país está devidido en más de 20 Departamentos, la división más grande de administración en Guatemala, cuyos gobernadores son asignados por el presidente, aunque los Departamentos no

tienen ninguna organización de operaciones. El gobernador sirve como un vínculo entre la presidencia y las municipalidades, las cuales son la unidad gubernamental más local y también hace el papel del presidente del Comité Departamental de Emergencia en CONE.

Los desastres serios al ser infligidos sobre las municipalidades, son informados a la presidencia a través de los gobernadores y el trabajo de restauración será desempeñado por el Gobierno Central.

Además los Departamentos se dividen en más de trescientas Municipalidades, en las cuales una organización de operaciones está establecida bajo el Alcalde para proveerlas a los residentes con los servicios administrativos. A las Municipalidades, bajo la jurisdicción del Ministerio de Gobernación, se les otorga la asistencia presupuestaria a través del INFOM, una de las agencias de la organización descentralizada. Está presentada en la figura 8-2 la organización de operaciones de la Municipalidad de Escuintla, como un ejemplo, aunque es diferente en cierto modo por la Municipalidad.

#### 8.2.2 Agencias Relacionadas con el Manejo de Agua

El manejo de agua en Guatemala está realizado por cinco Ministerios en el gobierno Central; 1) el Ministerio de Comunicaciones, Transportes y Obras Públicas, 1) de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 3) de la Defensa Nacional, 4) de Salud Pública y Asistencia Social y 5) de Gobernación y también por los Departamentos y las Municipalidades en el gobierno local, involucrando los sectores privados algunas veces.

Como sigue son resumidas las direcciones y corporaciones bajo los mismos y otras agencias encargadas.

##### (1) El Ministerio de Comunicaciones, Transportes y Obras Públicas

DGC	(Dirección General de Caminos)
DGOP	(Dirección General de Obras Públicas)
INSIVUMEH	(Instituto Nacional de Sismología, Volcanología, Meteorología e Hidrología)
XAYA-PIXCAYA	(Proyecto Nacional XAYA-PIXCAYA)
INDE	(Instituto Nacional de Electrificación)
FEGUA	(Empresa de Ferrocarriles de Guatemala)

##### (2) Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación

DIGESA	(Dirección General de Servicios Agrícolas)
INAFOR	(Instituto Nacional Forestal)

(3) Ministerio de la Defensa Nacional

IGM (Instituto Geográfico Militar)  
CONE (Comité Nacional de Emergencia)

(4) Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

UNEPAR (Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales)  
DGSS (Dirección General de Servicios de Salud)

(5) Ministerio de Gobernación

INFOM (Instituto de Fomento Municipal)

(6) Otras

EMPAGUA (Empresa Municipal de Aguas)

Están mostradas la organización y agencias en la figura 8-3, y las actividades principales concernientes al manejo de agua de estas agencias están en resumen en la tabla 8-3. Dichas agencias se pueden clasificar en tres categorías; Prevención de Inundación, Suministro de aguas, Investigación y Conservación Ambiental.

Prevención de Inundación

Las agencias tales como DGC, FEGUA, DIGESA; INDE y CONE están a cargo de prevención, restauración y actividades de asistencias contra los estragos provocados por las descargas de inundaciones y de sedimentos. Entre estas cinco agencias, DGC, FEGUA y DIGESA implementan los trabajos de prevención de inundación para proteger sólo las estructuras bajo su administración. Las obras de restauración son realizadas por todas las agencias mismas excepto CONE, cuando estén dañadas sus estructuras. CONE es responsable para alertar y salvar vidas en casos de emergencia tales como, inundaciones, erupción volcánica y terremotos.

Suministro de Agua

Las estructuras de aguas potables y de aguas negras son diseñadas, construídas y mantenidas por tantas agencias como DGOP, INFOM, UNEPAR, DESS, Municipalidad, EMPAGUA, XAYA-PIXCAYA y así sucesivamente, las cuales tienen una relación compleja una a otra como se encuentra tabulado abajo.

<u>Agencia</u>	<u>Servicios</u>	<u>Area Objetiva</u>
DGOP	Diseño	Toda el área residencial
INFOM	Diseño y Construcción	Area central de Municipalidad (Cabecera Municipal)

<u>Agencia</u>	<u>Servicios</u>	<u>Area Objetiva</u>
UNEPAR	Diseño y Construcción	Comunidad con la población menos de 500
DGSS	Diseño y Construcción	Comunidad con la población menos de 500
Municipalidad	Operación y Mantenimiento	Area central de Municipalidad
EMPAGUA	Construcción, Operación y Mantenimiento	Ciudad de Guatemala
XAYA-PIXCAYA	Diseño y Construcción	Area Proyectada de XAYA-PIXCAYA
COMUNIDAD	Operación y Mantenimiento	Comunidad
Compania de Construcción	Diseno y Construcción	Area especifica

DIGESA tiene responsabilidad de la implementación de los proyectos de irrigación y drenaje cubriendo todo el país, la cual está a cargo de investigación, planeamiento, construcción, operación y mantenimiento para dichos proyectos. En las fincas, sin embargo, las estructuras de irrigación y drenaje están dispuestas por cuenta propia de los dueños y su área y el volumen de agua consumida no están identificados.

INDE es una sola agencia que desarrolla proyectos de fuerza hidro eléctrica y su alcance de servicios abarca planeamiento, construcción, operación y mantenimiento y manejo concerniente a los proyectos.

DGC lleva a cabo las obras de drenaje para la conservación de navegación en el canal de Chiquimulilla, además de las obras de prevención de inundación para los caminos.

Los Departamentos o Gobernadores están a cargo de la coordinación entre los empresarios de agua y también de la administración de navegación exclusivamente en los Departamentos de Izabal y Sololá que cuentan con la navegación de gran tamaño.

#### Investigación y Conservación Ambiental

Las observaciones sobre la precipitación y nivel de aguas de río las conducen principalmente INSIVUMEH e INDE: INSIVUMEH acopia datos de 137 estaciones de precipitación y 38 de observación del nivel de aguas las que están instaladas en todo el país. INDE, en adición a lo citado arriba, obtiene 38 y 42 estaciones para las observaciones de la precipitación y del nivel de aguas de río, respectivamente a fin de juntar los datos necesarios para la operación de presas de fuerza hidroeléctrica.

### 8.3 Leyes concernientes al Manejo de Agua en Guatemala

#### Leyes Existentes sobre el Manejo de Agua

El manejo de agua actualmente está siendo reforzado en pertinencia a varias leyes existentes relacionadas al suministro de agua potable, alcantarillado, agricultura, fuerza hidroeléctrica, y así sucesivamente como está presentado en la tabla 8-4. Sin embargo, ninguna ley específica ha sido establecida para prevenir inundaciones y manejar el uso de aguas a base de la cuenca del río. Por consiguiente, es cierto que las obras de prevención de inundaciones sean de una manera individual dispuestas y mantenidas por las mismas agencias relacionadas y que no se pueda identificar la situación de la utilización de aguas en un sistema de río.

A pesar de que el Código Civil de Guatemala permite la propiedad privada de los recursos de aguas en conexión con el desarrollo y uso de cualquier terreno dado, mientras que esto no abuse del uso público de la misma agua una ley que dice el uso de agua y su distribución necesita ser promulgada nuevamente en tal manera que la propiedad pública de agua pueda establecerse firmemente. Por consiguiente, el borrador de una nueva ley general que tiene intenciones de regular el manejo de agua y ha sido estudiado desde hace 20 años.

Aunque todavía no hay una provisión concreta de una ley relacionada con el control de inundaciones, el código civil concerniente al uso de terreno provee al propietario del terreno con el derecho para construir estructuras de control de inundaciones en su propio terreno.

#### Borrador de la Ley de Agua

En vista, tanto de la conservación de los recursos naturales y su propio desarrollo como de minimizar su pérdida através de la falta de manejo y control adecuados, el Gobierno ha tratado de establecer una ley especificando instituciones y sus actividades para tales propósitos. En cuanto a los recursos de agua han pasado 20 años desde que el Gobierno romó iniciativa para establecer leyes e instituciones concernientes al manejo de los recursos de agua tal como los recursos de agua serían usados más racionalmente y desarrollados más suavemente. En esta manera el Ministerio de Comunicaciones, Transportes y Obras Públicas, organizó el "Proyecto de Ley de Aguas", el que consistía de los miembros tales como INFOM, Municipalidad de Guatemala, el Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Salud y Asistencia Social, Universidad de San Carlos de Guatemala, etc. Como resultado, el borrador de una ley general relacionada al agua, el cual se había preparado respecto a las leyes similares en otros países latinoamericanos fue presentado ante el congreso en 1982, pero no logró ser promulgado como una ley debido al poco tiempo para su consideración.