

経済学博士 藤田 昌久
経済学博士 山本 隆夫
経済学博士 佐藤 隆夫
経済学博士 佐藤 隆夫
経済学博士 佐藤 隆夫

経済学博士 佐藤 隆夫
経済学博士 佐藤 隆夫

経済学博士 佐藤 隆夫

博士

経済学博士 佐藤 隆夫
博士

経済学博士 佐藤 隆夫

経済学博士 佐藤 隆夫

経済学博士 佐藤 隆夫

経済学博士 佐藤 隆夫

経済学博士 佐藤 隆夫

経済学博士 佐藤 隆夫
経済学博士 佐藤 隆夫
経済学博士 佐藤 隆夫
経済学博士 佐藤 隆夫

経済学博士 佐藤 隆夫
博士

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DEL AMBIENTE Y
DE LOS RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
DGSPROA - LNH

AGENCIA DE COOPERACION
INTERNACIONAL DEL JAPON

**ESTUDIO SOBRE
EL
MEJORAMIENTO INTEGRAL
DE
LA CUENCA DEL RIO APURE**

INFORME FINAL

**VOLUMEN I
RESUMEN EJECUTIVO**

 LIBRARY



1112277(7)

NOVIEMBRE DE 1993

NIPPON KOEI CO., LTD.
NIKKEN CONSULTANTS, INC.
KOKUSAI KOGYO CO., LTD.
TOKIO, JAPON

Este informe consiste de los siguientes cinco volúmenes.

VOLUMEN I: RESUMEN EJECUTIVO (Inglés y Español)

VOLUMEN II: INFORME PRINCIPAL (Inglés y Español)

VOLUMEN III: INFORME DE APOYO (Inglés)

PARTE-A: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

PARTE-B: ESTUDIOS GEOLOGICOS Y GEOMORFOLOGICOS

PARTE-C: AGRICULTURA Y ESTUDIO DE LA UTILIZACION
DE LA TIERRA

PARTE-D: ESTUDIOS HIDROLOGICOS E HIDRAULICOS

PARTE-E: ESTUDIO SOBRE LA ESTABILIZACION DEL CANAL
PARA LA NAVEGACION

PARTE-F: ESTUDIO SOBRE CONTROL DE INUNDACIONES

PARTE-G: PLAN DE CONSTRUCCION Y ESTIMATIVA DE
COSTO

PARTE-H: ESTUDIO SOCIO-ECONOMICO Y EVALUACION
PRELIMINAR DEL PROYECTO

PARTE-I: ESTUDIO AMBIENTAL

VOLUMEN IV: LIBRO DE DATOS NO. I (Inglés)

VOLUMEN V: LIBRO DE DATOS NO. II (Inglés)

La estimación de costo fué hecha en base a los niveles de precios prevalecientes en
Febrero de 1993, expresado en Bolívares de acuerdo con la siguiente tasa de cambio.

US\$ 1.00 = Bs. 82.00 = ¥ 119.72

(Del 17 de Febrero, 1993)

国際協力事業団

26118

Prefacio

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Venezuela, el Gobierno del Japón decidió realizar un estudio sobre el Mejoramiento Integral de la Cuenca del Río Apure y encargó dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió a la República de Venezuela una misión de estudio presidida por el Ing. Yoichi Takeuchi de Nippon Koei Co., Ltd., y compuesta de miembros de la misma compañía, de Nikken Consultants, Inc. y Kokusai Kogyo Co., Ltd., la cual visitó Venezuela cuatro veces entre Marzo de 1992 y Octubre de 1993.

La misión sostuvo discusiones con las autoridades relacionadas del Gobierno de Venezuela y realizó investigaciones en los lugares destinados al Estudio. Después de su regreso al Japón, la misión realizó más estudios analíticos y se completó el presente informe.

Espero que este informe sirva al desarrollo del Proyecto y contribuya a promover las relaciones amistosas entre los dos países.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a las autoridades pertinentes del Gobierno de la República de Venezuela, por su estrecha cooperación brindada a la misión.

Noviembre 1993

Kensuke Yanagiya
Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Noviembre de 1993

Sr. Kensuke Yanagiya
Presidente
Agencia de Cooperación Internacional del Japón
Tokio, Japón

Estimado Sr. Yanagiya

Carta de Tramitación

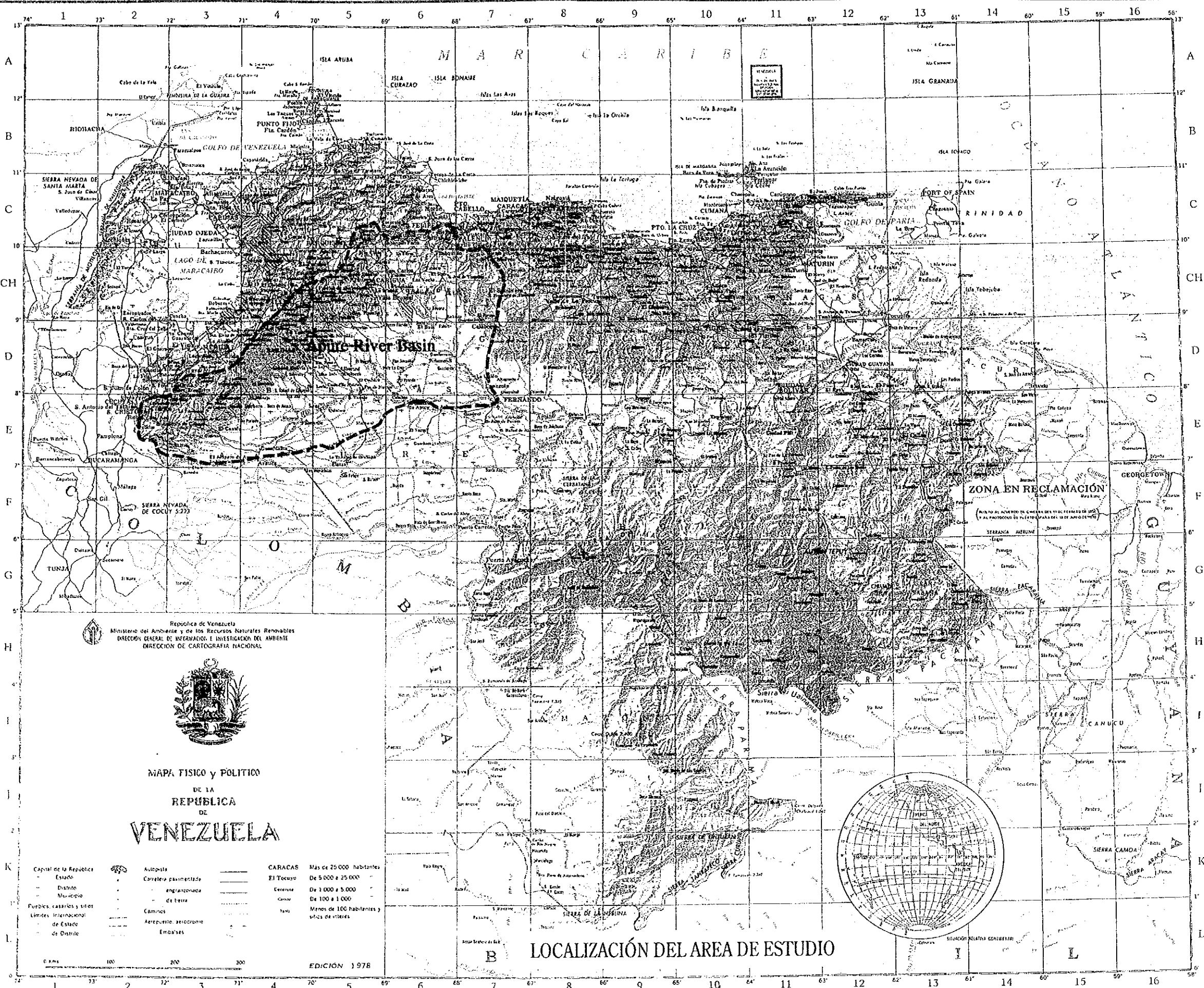
Nosotros estamos complacidos en entregarle el Reporte Final del Estudio para el Mejoramiento Integral de la Cuenca del Río Apure. Este reporte concierne con la formulación de los conceptos básicos y las medidas para la estabilización de cauce de los ríos para navegación, y con la mitigación de los daños causados por las inundaciones; el estudio es a nivel de plan maestro.

El reporte consiste de cinco (5) volúmenes, El Resumen Ejecutivo, Reporte Principal, Reporte de Soporte, Libro de Datos I y Libro de Datos II. Los resultados principales presentados en el Reporte son el Plan de Estabilización de Cauce para navegación y el Plan para Mitigación de Inundaciones. El primero propone varias medidas para estabilizar el cauce, tales como canal de derivación, tratamiento de las desviaciones del río, normalización de los alinamientos, etc. Mientras que el segundo propone la construcción de diques a lo largo del cauce de los ríos para mitigar los daños causados por las inundaciones en el área de estudio.

Nosotros deseamos expresar nuestro reconocimiento de agradecimiento al personal de su Agencia, al Comité asesor, al Ministerio de Relaciones Exteriores, al Ministerio de Trabajo, a la Embajada del Japón en Venezuela, y también a los funcionarios y personalidades del Gobierno Venezolano por su asistencia y consejos dados al Equipo de Estudio. Nosotros deseamos sinceramente que los resultados de éste estudio contribuyan al mejoramiento del Área de Estudio.

Sinceramente Suyo,

Yoichi Takeuchi
Jefe del Equipo
Estudio para el Mejoramiento Integral
de la Cuenca del Río Apure



Republica de Venezuela
 Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables
 DIRECCION GENERAL DE INFORMACION E INVESTIGACION DEL AMBIENTE
 DIRECCION DE CARTOGRAFIA NACIONAL

MAPA FISICO Y POLITICO
DE LA
REPUBLICA
DE
VENEZUELA

Capital de la Republica	Autopista	CARACAS	Más de 25 000 habitantes
Estado	Carretera pavimentada	El Tocuyo	De 5 000 a 25 000
Distrito	Carretera engranada	Cerecote	De 1 000 a 5 000
Municipio	Carretera de tierra	Casare	De 100 a 1 000
Pueblos, caseríos y sitios	Caminos	Yaguajay	Menos de 100 habitantes y sitios de interés
límites internacionales de Estado	Aeropuerto aerodromo		
de Distrito	Embalses		

C. 1:100 000
 0 100 200 300
 EDICION 1978

B LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

**ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO INTEGRAL
DE
LA CUENCA DEL RIO APURE**

SINOPSIS DEL ESTUDIO

INTRODUCCION

1. **OBJETIVO DEL ESTUDIO:** El objetivo del estudio es formular los conceptos basicos y las medidas para el mejoramiento integral de la cuenca del rio Apure para la estabilización del cauce del rio y la mitigación de los daños causados por las inundaciones. Transferencia de tecnologia fué realizada durante el periodo de estudio.

2. **PERIODO DE ESTUDIO:** El periodo total de estudio fué de veintiun (21) meses desde el comienzo en Marzo de 1992 hasta la entrega del reporte final en Noviembre de 1993; Se dividió en cuatro (4) fases, cada una de las cuales consistió de levantamientos de campo en Venezuela y trabajo de gabinete en Japón.

3. **AREA DE ESTUDIO:** El area de estudio cubre:
 - 1) Los tramos principales del rio Apure desde la confluencia con el rio Orinoco hasta Guasualito, y el rio Portuguesa desde San Fernando hasta El Baúl, para el estudio de estabilización del cauce.
 - 2) El área limitada por los rios Apure, Masparro y Portuguesa para el estudio de mitigación de daños causados por inundaciones.
 - 3) La cuenca completa del rio Apure para los estudios hidrológicos relacionado con el estudio.

4. **RIO APURE:** El rio Apure, el cual es uno de los tributarios más grandes del rio Orinoco, se origina al noroeste de la cordillera de los Andes en Venezuela, cerca del borde con Colombia. El area de la cuenca es de 111,800 km² hasta San Fernando. La longitud del rio Apure principal es 681 km desde la confluencia con el Orinoco hasta el puente el Remolino cerca de Guasualito. Los tributarios más importantes del rio Apure son los rios Portuguesa, Masparro, Pagüey, Canagua,

Suripa, Caparo, Uribante y Sarare desde la cordillera de Mérida; y el río Guarico desde las planicies en la margen derecha.

ESTUDIO PARA EL PLAN DE ESTABILIZACION DE CUENCA

5. **MEDIDAS PARA LA ESTABILIZACION DE CAUCE PARA NAVEGACION:**
Para mejorar la capacidad del cauce para la navegación, las siguientes dos medidas principales fueron consideradas.

1) Incremento del caudal:

Canal de derivación usando el agua desfogada desde hidroeléctrica.

2) Mejoramiento del cauce:

- a. Tratamiento de las desviaciones del río por medio de diques sumergidos y de cierres.
- b. Normalización de la dirección del cauce por medio de obras de realineamiento y canales de acortamiento.
- c. Mejoramiento del cauce por medio del tratamiento de islotes, dragado del cuauce, protección del río y obras temporales de mejoramiento de cauce.

6. **PLAN A CORTO PLAZO:** El plan de corto plazo está dirigido a lograr las siguientes metas físicas:

- 1) Río Apure: Lograr ocho (8) meses de navegación desde la desembocadura del río hasta el puerto de San Fernando (St-A1) y siete (7) meses de navegación desde el puerto San Fernando hasta el puerto Santos Luzardo (St-A2, A3 y A4).
- 2) Río Portuguesa: Lograr ocho (8) meses de navegación desde el puerto San Fernando hasta puerto El Baúl (St-A2, P1 y P2).

El plan de corto plazo incluye las obras siguientes:

- 1) Obras de canal de derivación: Canal de derivación Caparo-Uribante Viejo, desde el desfogadero de aguas de la estación hidroeléctrica La Vueltosa, en la etapa inicial de desarrollo.
- 2) Obras para el tratamiento de desviaciones: En los lugares Chirel y Bravo/Garzas.
- 3) Obras para la normalización de alineamiento: Para curvas críticas con $R_c < 320$ m para el río Apure, y $R_c < 150$ m para el río Portuguesa.

4) Obras para el mejoramiento de la sección del cauce: Para ocho (8) meses de navegación para St-A1, A2, P1, P2, y siete (7) meses de navegación para St-A3 y A4.

7. PLAN DE MEDIANO PLAZO: El plan de mediano plazo está dirigido a lograr las siguientes metas físicas:

1) Río Apure: Lograr nueve (9) meses de navegación desde la desembocadura del río hasta el puerto de San Fernando (St-A1) y ocho (8) meses de navegación desde el puerto San Fernando hasta el puerto Santos Luzardo (St-A2, A3 y A4).

2) Río Portuguesa: Lograr nueve (9) meses de navegación desde el puerto San Fernando hasta puerto El Baúl (St-A2, P1 y P2).

El plan de mediano plazo incluye las siguientes obras:

1) Incremento del caudal por medio del canal de derivación Caparo-Uribante Viejo, desde el desfogue de agua de la presa hidroeléctrica La Vueltosa, en la etapa final de desarrollo.

2) Obras para la normalización de alineamientos: Para curvas críticas con $R_c < 560$ m para el río Apure, y $R_c < 240$ m para el río Portuguesa.

3) Obras para el mejoramiento de la sección : Para nueve (9) meses de navegación para St-A1, A2, P1, P2, y ocho (8) meses de navegación para St-A3, y A4.

8. ESTIMACION DE COSTOS: El costo requerido para la implementación del proyecto fué estimado en US \$ usando la tasa de cambio prevaeciente en Febrero de 1993 como sigue:

1) Plan de Corto Plazo	:	US \$ 53.705.000
2) Plan de Mediano Plazo	:	US \$ 74.587.000
3) Suma de Corto y Mediano Plazo	:	US \$ 128.293.000

9. EVALUACION ECONOMICA: El beneficio de la navegación fluvial fué estimado cosiderando la reducción de los costos de transporte fluvial en comparación con el transporte terrestre, y por la extensión del período de navegación como resultado de las obras de estabilización de cauce. Debido a que el plan maestro de navegación no ha sido preparado aún, algunas consideraciones

económicas para el plan de estabilización de cauce fueron basadas en los datos de carga preparados provisionalmente por PROA.

Plan	EIRR (%)	B/C	B-C (US \$ 1.000)
1) Corto Plazo	17,7	1,72	38.677
2) Corto + Mediano Plazo	13,7	1,46	46.666

ESTUDIO DEL PLAN PARA MITIGACION DE INUNDACIONES

10. **AREA DE ESTUDIO:** El área sujeta al presente estudio para la mitigación de inundaciones es de 21.200 km² limitado por el río Apure al sur, río Portuguesa al norte y el éste, y la carretera local número 2 al oeste. El área de estudio es amplia, y actualmente está mayormente en condición natural, por lo cual las consideraciones acerca del medio ambiente son importantes.

11. **AREA A SER PROTEGIDA:** El área a ser protegida fué seleccionada aplicando los criterios de que debe tener posibilidad de solucionar el problema de drenaje, y tener asignación de uso futura. Como resultado, las siguientes cuatro (4) área fueron seleccionadas.

- 1) Area "A" : El área que se extiende en la margen derecha del caño Iguez
- 2) Area "B" : El área que se extiende en la margen derecha del río Guanare
- 3) Area "C" : El área que se extiende en la margen izquierda del río Apure
- 4) Area "D" : La ciudad de San Fernando y sus áreas circundantes

Area "D" fué seleccionada debido a que las obras propuestas para la mitigación de inundaciones para las áreas "A", "B" y "C" aguas arriba de San Fernando podrían afectar éste ciudad, por lo tanto sería necesario aumentar el grado de seguridad para proteger la ciudad de San Fernando contra las inundaciones.

12. **PLAN PROPUESTO:** Para las área a proteger señaladas arriba, varios planes alternativos tales como diques , presas, cuencas de retención, etc. fueron formulados y estudiados en los aspectos de ingeniería y ambientales. Como resultado se seleccionaron los siguientes planes.

- 1) Area "A" : Dique en la margen derecha del río Portuguesa (Plan A1)
- 2) Area "B" : Dique en la margen derecha del río Guanare (Plan B1)

- 3) Area "C" : Dique en la margen izquierda del río Apure, o alternativamente Modulos tipo Apure (Plan C3)
- 4) Area "D" : Ningun plan fué propuesto debido a que no hay influencia de los planes anteriores.

El plan propuesto para la mitigación de inundaciones en área de estudio completa es una integración de los planes "A1", "B1", y "C1" (o C3) debido a que no se observo interferencia mútua entre los planes.

13. **PLAN DE LARGO PLAZO:** El plan de largo plazo está derijido a lograr el plan completo para la mitigación de inundaciones, y consiste en las siguientes obras.
 - 1) Construcción de dique en la margen derecha del río Portuguesa (187 km de largo)
 - 2) Construcción de dique en la margen derecha del río Guanare (145 km de largo)
 - 3) Construcción de dique en la margen izquierda del río Apure (155 km de largo).
14. **PLAN A CORTO PLAZO:** El plan de corto plazo está dirigido a la implementación de las siguientes obras prioritarias y efectivas para el plan de largo plazo.
 - 1) Dique parcial en el río Portuguesa (103 km de longitud) desde la carretera troncal 8 hasta Nueva Flórida, en relación con el proyecto de via férrea.
 - 2) Dique parcial en el río Guanare (25 km de longitud) para conectar las carreteras existentes y usarlas como diques.
15. **ESTIMACION DE COSTOS:** El costo requerido para la implementación del plan para la mitigación de inundación fué estimado en US \$ usando la tasa de cambio prevaleciente en Febrero de 1993 como sigue:
 - 1) Plan A1 : US \$ 34.185.000
 - 2) Plan B1 : US \$ 25.553.000
 - 3) Plan C1 : US \$ 34.110.000
 - 4) Conjuntos : US \$ 93.848.000
16. **EVALUACION ECONOMICA:** Los beneficios derivados de los planes para mitigación de las inundaciones son : Beneficios como resultado de la disminución de inundaciones, y beneficios por el mejoramiento de las condiciones de la tierra. Basado en el costo del proyecto y en los beneficios estimados, se calcularon la

tasa interna de retorno (EIRR) y la relación Cost-Beneficio para los respectivos planes como sigue:

Plan	EIRR (%)	B/C	B-C (US \$ 1.000)
Plan A1	11,0	1,39	9.124
Plan B1	11,0	1,45	7.295
Plan C1	6,6	0,82	-5.212
Conjuntos	9,2	1,15	7.614

PROGRAMA DE IMPLEMENTACION

17. PROGRAMA DE IMPLEMENTACION: El plan de corto plazo debe ser implementado primero y luego el plan de mediano plazo. La secuencia para las obras del proyecto debería ser como sigue:

- (1) Plan para la estabilización de cauce
 - 1) Preparación del proyecto: Desde el 1ro hasta el 5to año
 - 2) Plan a corto plazo: Desde el 1ro hasta 7mo año.
 - 3) Plan de mediano plazo: Desde el 6to hasta el 17mo año.

- (2) Plan para Mitigación de inundaciones
 - 1) Periodo preparatorio: Desde el 1ro hasta el 5to año
 - 2) Plan a corto plazo: Desde el 2do hasta el 10 mo año
 - 3) Plan a largo plazo: Desde el 8vo hasta el 20do año.

**ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO INTEGRAL
DE
LA CUENCA DEL RIO APURE**

INFORME FINAL

VOLUMEN I : RESUMEN EJECUTIVO

INDICE

LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

SINOPSIS DEL ESTUDIO

ABREVIATURAS

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. AREA DE ESTUDIO	2
III. LEVANTAMIENTO E INVESTIGACION.....	3
IV. ESTUDIOS BASICOS	4
V. ESTUDIO DEL PLAN DE ESTABILIZACION DEL CAUCE	8
V.1 Estudios y obras previas	8
V.2 Características del cauce.....	9
V.3 Evaluación de la capacidad del cauce para la navegación.....	10
V.4 Medidas de estabilización del cauce para la navegación	14
V.5 Formulación del plan para estabilización del cauce	15
VI. ESTUDIO DEL PLAN PARA MITIGACION DE INUNDACIONES.....	18
VI.1 Area de estudio.....	18
VI.2 Condiciones actuales del área de estudio.....	18
VI.3 Concepto básico para la planificación de la mitigación de inundaciones	20
VI.4 Estudio preliminar para el plan de mitigación de inundaciones.....	22

VI.5	Formulación de planes alternativos	23
VI.6	Estudio de los planes alternativos	25
VI.7	Plan propuesto para mitigación de inundaciones.....	27
VII.	FORMULACION DEL PLAN MAESTRO	29
VIII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1: CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS REPRESAS EN Y ALREDEDOR DEL AREA DE ESTUDIO	T.1
Tabla 2 PROFUNDIDAD MAXIMA DE INUNDACION POR BLOQUE (PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS (1/2)	T.2
Tabla 2 PROFUNDIDAD MAXIMA DE INUNDACION POR BLOQUE (PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS (2/2).....	T.3

LISTA DE FIGURAS

		Página
Fig. 1	Area de estudio.....	F.1
Fig. 2	Flujo total de las obras del estudio.....	F.2
Fig. 3	Características generales del río Apure (1/2)	F.3
Fig. 3	Características generales del río Apure (2/2)	F.4
Fig. 4	Secciones críticas del río Apure.....	F.5
Fig. 5	Secciones críticas del río Portuguesa.....	F.6
Fig. 6	Medidas para estabilización del cauce	F.7
Fig. 7	Ubicación de las secciones críticas del río Apure (1/8).....	F.8
Fig. 7	Ubicación de las secciones críticas del río Apure (2/8).....	F.9
Fig. 7	Ubicación de las secciones críticas del río Apure (3/8).....	F.10
Fig. 7	Ubicación de las secciones críticas del río Apure (4/8).....	F.11
Fig. 7	Ubicación de las secciones críticas del río Apure (5/8).....	F.12
Fig. 7	Ubicación de las secciones críticas del río Apure (6/8).....	F.13
Fig. 7	Ubicación de las secciones críticas del río Apure (7/8).....	F.14
Fig. 7	Ubicación de las secciones críticas del río Apure (8/8).....	F.15
Fig. 8	Ubicación de las secciones críticas del río Portuguesa (1/2).....	F.16
Fig. 8	Ubicación de las secciones críticas del río Portuguesa (2/2).....	F.17
Fig. 9	Area habitual de inundación	F.18
Fig. 10	Posibilidad de solución de los problemas de drenaje.....	F.19
Fig. 11	Capacidades de descarga actuales de los ríos en y alrededor del área de estudio	F.20
Fig. 12	Ubicación del dique existente del río y otras instalaciones.....	F.21
Fig. 13	Sitios existentes y propuestos para represas en la cuenca del río Portuguesa.....	F.22
Fig. 14	Aliviadero existente y canal de derivación propuesto	F.23
Fig. 15	Area preservada para uso agrícola y proyectos de desarrollo agrícola existentes	F.24
Fig. 16	Areas a ser protegidas para el estudio mitigación de inundaciones	F.25
Fig. 17	Distribución probable de caudales pico de la inundación con las represas existentes y las propuestas (período de retorno de 10 años)	F.26

Fig. 18	Figura esquemática del módulo Apure	F.27
Fig. 19	Planes alternativos de mitigación de inundaciones para las áreas respectivas	F.28
Fig. 20	Plan propuesto para mitigación de inundaciones	F.29
Fig. 21	Secciones transversales típicas de los diques y disposición recomendable para el dique.....	F.30
Fig. 22	Programación tentativa para implementación	F.31

ABREVIATURAS

MARNR	:	Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (Ministry of Environment and Natural Resources)
JICA	:	Agencia de Cooperación Internacional de Japón (Japan International Cooperation Agency)
PROA	:	Programa Orinoco-Apure (Orinoco-Apure Program)
DHM	:	Dirección de Hidrología y Metereología (Direction of Hydrology and Meteorology)
INC	:	Instituto Nacional de Canalizaciones (National Institute of Canalizations)
ICN	:	Instituto de Cartografía Nacional (National Cartography Institute)
DC	:	Dirección de Cartografía (Direction of Cartography)
DPRH	:	Dirección de Planificación de los Recursos Hidráulicos, Suelo, Vegetación y Fauna (Direction of Planning of the Hydraulic Resources, Soils, Vegetation and Fauna)
DPC	:	Dirección de Planes Conservacionistas (Direction of Conservation Plans)
DEP	:	Dirección de Estudios y Proyectos (Direction of Studies and Projects)
PROFAUNA	:	Servicio Autónomo de Profeción Fomento de la Fauna Silvestre (Wildlife Protection and Development Services)
CVS	:	Corporación Venezolana del Suroeste (Southwest Venezuelan Corporation)

- CVG : Corporación Venezolana de Guayana
(Venezuelan Guayana Corporation)
- LNH : Laboratorio Nacional de Hidraulica
(National Hydraulic Laboratory)
- AUDUBON : Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela
(Venezuelan Chapter of the Audubon Society)
- BID : Banco Interamericano de Desarrollo
(Interamerican Development Bank)
- FUDENA : Fundación para la Defensa de la Naturaleza
(Foundation for the defence of Nature)
- INPARQUES : Instituto Nacional de Parques
(National Institute of Parks)
- UCV : Universidad Central de Venezuela
(Central University of Venezuela)
- UNELLEZ : Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales
"Ezequiel Zamora"
(National Experimental University of the Western Llanos " Ezequiel
Zamora")

I. INTRODUCCION

- 1.1 ANTECEDENTES: Al recibir la solicitud del gobierno de Venezuela, el gobierno de Japón decidió otorgar cooperación técnica para el estudio integral para el mejoramiento de la cuenca del río Apure (el estudio), a través de su agencia ejecutora, la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA).
- 1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO: El objetivo del estudio es formular los conceptos y medidas básicas para el mejoramiento integral de la cuenca del río Apure para la estabilización de los cauces de los ríos y la mitigación de los daños causados por las inundaciones. En el curso del estudio se efectúa la transferencia de tecnología.
- 1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO (Fig. 1): El estudio deberá abarcar:
 - 1) Los tramos del río Apure principal desde la confluencia con el río Orinoco hasta Guasualito y del río Portuguesa desde San Fernando hasta El Baúl para el estudio de estabilización de cauce;
 - 2) El área limitada por los ríos Apure, Masparro y Portuguesa para el estudio de la mitigación de los daños causados por las inundaciones y;
 - 3) Toda la cuenca del río Apure para el estudio hidrológico relacionado con el estudio.
- 1.4 TRABAJO DEL ESTUDIO (Fig. 2): El período total de estudio fue programado para veinte (21) meses desde el inicio en marzo de 1992 hasta la entrega del informe final en noviembre de 1993. El período de estudio está dividido en cuatro (4) fases, cada una de las cuales consistente de la investigación en Venezuela y el trabajo domiciliario en Japón. Los trabajos del estudio fueron implementadas efectivamente por el grupo de estudio de MARNR y JICA. Existen varias agencias del MARNR relacionadas con el estudio, que son: PROA, LNH, DHM, DC, DPRH, DEP, DPC, y CVS. Las agencias PROA y LNH, funcionan conjuntamente como agencia líder del MARNR para el estudio.

II. AREA DE ESTUDIO

- 2.1 **UBICACION** (Fig. 1): El área de estudio cubre la cuenca del río Apure, el cual es uno de los mayores tributarios del río Orinoco. El área está ubicada de 7°N a 10°N y 66°O a 73°O. La cuenca está limitada por la Cordillera de la Costa al norte y por Los Andes al oeste. La vasta planicie que se extiende entre el río Orinoco, Los Andes y la cordillera de la Costa se denomina Llanos Venezolanos. La cuenca del río Apure cubre desde el punto de vista administrativo los estados Barinas, Portuguesa y Cojedes; una parte de los estados Táchira y Apure; y pequeñas áreas de estados Mérida, Trujillo, Lara, Yaracuy, Carabobo y Guárico.
- 2.2 **GEOLOGIA**: Las rocas mesozoica y terciarias entran en contacto en muchas fallas de cabalgamiento al pie de las montañas. A lo largo de la Falla del Caribe, han ocurrido muchos terremotos al igual que en la Falla Boconó. Desde el período Cretáceo, los Andes y la Cordillera de la Costa han sido afectados por el movimiento ascendente de la corteza. Por otro lado, la cuenca del Apure ha sido afectada por asentamiento. Consecuentemente las formaciones mesozoicas y terciarias se depositan con grandes espesores en la cuenca. Estas formaciones están actualmente cubiertas por formaciones cuaternarias.
- 2.3 **METEOROLOGIA**: El clima del área de estudio está comprendido en su mayoría en un clima de sabana tropical de la clasificación de Koppen. Las precipitaciones son las más distintivas en el clima del área de estudio. Las precipitaciones anuales varían de 1.200 mm. a 1.600 mm. en el área de llanura y llega a 2.800 mm. en el área montañosa. La estación de las lluvias en el área de estudio va de abril a noviembre. La temperatura máxima ocurre en marzo y la mínima en julio, aunque la variación es pequeña. En el área de los llanos la temperatura mensual promedio va de 25° C a 29° C durante todo el año.
- 2.4 **RIO APURE**: El río Apure se origina en al noroeste de Los Andes en Venezuela, cerca de la frontera con Colombia. El área de captación es de 111.800 km² en San Fernando. La longitud del río Apure principal es de 681 km. desde la confluencia del río Orinoco hasta el puente Remolino, cercano a Guasualito. Los tributarios principales del Apure son los ríos, Portuguesa, de la cordillera de la costa, Masparro, Pagithey, Canaguá, Suripá, Caparo, Uribante y Sarare, desde los Andes, y el río Guaritico desde el área de llanura de la margen derecha.

2.5 AREA DE LA CUENCA: Las áreas de la cuenca y subcuencas en los puntos de mayor interés están listadas abajo:

- 1) Río Apure principal: 111.800 km² en San Fernando
 - a) P. Remolino: 8.400 km²
 - b) Bruzual: 40.000 km²
 - c) El Samán: 48.000 km²
 - d) San Fernando: 111.800 km²

- 2) Río Portuguesa: 54.600 km² en la confluencia con el río Apure
 - a) El Baúl: 13.200 km²
 - b) El Jobalito: 23.300 km²
 - c) Camaguán: 54.400 km²

Las áreas de drenaje del Apure principal (57.200 km²) y del Portuguesa (54.600 km²), son casi iguales en su confluencia, aunque las características de los ríos son bastante diferentes. El cauce del río Apure principal es más ancho y trezado en algunos lugares, mientras que el del Portuguesa es más estrecho y con meandros.

III. LEVANTAMIENTO E INVESTIGACION

3.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: El levantamiento topográfico fue realizado en dos veces desde mayo hasta Julio 1992 y desde Enero hasta marzo de 1993 para los ríos Apure y Portuguesa. El levantamiento consiste de lo siguiente:

- 1) Levantamiento de la sección transversal del cauce (191 secciones en total)
- 2) Levantamiento de cotas de nivel (430 km. en total)

3.2 INVESTIGACION DE MATERIALES: Las siguientes investigaciones de materiales fueron efectuadas en los ríos Apure Portuguesa, y en sus tributarios, y en el río Orinoco.

- 1) Investigación del material del lecho del río: 39 sitios entre el Apure, Portuguesa, tributarios y río Orinoco
- 2) Perforaciones: 13 sitios en los ríos Apure y Portuguesa
- 3) Pozos de sondeo: 13 sitios en los ríos Apure y Portuguesa
- 4) Pruebas de laboratorio: 5 tipos de pruebas

3.3 **INVESTIGACION HIDROLOGICA:** Durante el período de estudio se efectuaron las siguientes investigaciones hidrológicas:

- 1) Recolección de datos y revisión
- 2) Observación de inundaciones
- 3) Medición de caudales
- 4) Observación de sedimentos
- 5) Observación del nivel del agua
- 6) Pruebas de calidad del agua

3.4 **ESTUDIO AGRICOLA Y DE USO DE LA TIERRA:** Se estudiaron las condiciones agrícolas actuales del área, los planes de desarrollo agrícola existentes, uso actual y propuesto para la tierra, etc.

3.5 **ESTUDIO SOCIO-ECONOMICO:** Se estudiaron las condiciones socio-económicas del área de estudio tales como población, fuerza de trabajo, producto nacional bruto, índice de precios, y tasa de cambio de moneda extranjera.

3.6 **ESTUDIO AMBIENTAL:** Se estudiaron las condiciones ambientales actuales del área de estudio, la organización institucional y la distribución de los elementos a ser preservados. También se efectuó un taller sobre medio ambiente para escuchar las opiniones de expertos en la materia y personal relacionado a la misma.

IV. ESTUDIOS BASICOS

4.1 **ESTUDIO GEOMORFOLOGICO:** Como datos básicos para el estudio Principalmente para mitigación de inundaciones fueron preparados los mapas de curvas de nivel y el del área propensa a inundaciones. El mapa de curvas de nivel fue preparado basado en el mapa topográfico con escala de 1/100.000 refiriéndose a los datos de inundación disponibles. El mapa tiene curvas de nivel separadas a intervalos de 5 m. El mapa del área propensa a inundaciones fue fundamentalmente preparado por medio de la interpretación de imágenes de satélites.

- 4.2 **ANÁLISIS DE LA INUNDACION:** El análisis de la inundación consiste en el análisis del escurrimiento de la inundación y del de la inundación por desborde. El análisis de la inundación por desborde fue introducido para interpretar las condiciones hidráulicas ya que el área para mitigación de inundaciones posee un área de inundación amplia y el método de cálculo hidrológico normal del escurrimiento de la inundación no es adecuado para entender el efecto del plan de mitigación de inundaciones. El área de estudio para mitigación de inundaciones está sujeta al análisis de la inundación por desborde y el área restante de la cuenca del río Apure está sujeta al análisis de escurrimiento de la inundación.
- 4.3 **ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES:** Incluye una duración de precipitaciones de diseño de 8 meses, correspondientes a la estación de las lluvias y considerando la inundación a largo plazo del área de estudio. El patrón de precipitaciones en 1981 es el máximo registrado en la cuenca del río Portuguesa. Se seleccionaron sesentauna (61) estaciones representativas para estimar las precipitaciones probables medias de la cuenca por medio del método del polígono de Thiessen. Las precipitaciones probables y medias de la cuenca durante 10 y 50 años para 8 meses fueron calculadas con el método Gumbel de la siguiente manera:

Período de retorno	Cuenca del Río Apure	Cuenca del Río Portuguesa	Toda la cuenca (*)
10 años	1.942	1.576	1.742
50 años	2.184	1.808	1.958
1981 (actual)	2.004	1.623	1.818

Nota: *aguas arriba de San Fernando

- 4.4 **ANÁLISIS DEL ESCURRIMIENTO DE LA INUNDACION:** Se empleó el método de función de almacenamiento para calcular el escurrimiento de la inundación. Para la construcción del modelo de escurrimiento de la inundación, se dividió la cuenca del río Apure en 107 sub-cuencas y en 17 cauces. El escurrimiento probable de la inundación fue calculado sobre la base de las precipitaciones medias probables en la cuenca bajo las siguientes tres condiciones, exceptuando el área de análisis de la inundación por desborde.

- Sin represa
- Con las represas existentes
- Con las represas existentes y propuestas

La calibración de las constantes fue efectuada para las inundaciones de 1976 y 1981.

- 4.5 **ANALISIS DE LA INUNDACION POR DESBORDE:** Para analizar la inundación por desborde, se empleó el método del modelo de estanque. Toda el área de estudio para mitigación de inundaciones fue sujeta al análisis de la inundación por desborde. Para el cálculo de la inundación por desborde en el área objetivo fue dividida en 495 bloques. El tamaño de la cuadrícula es de 10 x 10 km. básicamente. Se efectuó también el cálculo de la inundación por desborde para los planes alternativos de mitigación de inundación. El escurrimiento probable de la inundación con las represas existentes y precipitaciones probables en el área objetivo fluyen hacia el área de análisis de inundación. La calibración de constantes fue efectuada para las inundaciones de 1976 y 1981.
- 4.6 **PROPORCION ANUAL DE ESCURRIMIENTO:** La proporción promedio anual de escurrimiento del río Apure principal varía de 0,84 en Puente Remolino a 0,41 en San Fernando, decreciendo aguas abajo. La proporción de escurrimiento del río Portuguesa varía de 0,41 en El Baúl a 0,20 en Camaguán, aumentando levemente aguas abajo. La proporción de escurrimiento de el río Portuguesa es marcadamente reducida. Esto puede ser ocasionado por las precipitaciones menore en la cuenca y las pérdidas debido a la evaporación y al posible movimiento de aguas freáticas.
- 4.7 **NIVEL DEL AGUA:** El nivel del agua del río Apure forma un ciclo hidrográfico único durante un año con el pico en agosto y el valle en marzo o abril. Las fluctuaciones diarias y mensuales son leves. Por ejemplo, la diferencia entre los niveles máximo y mínimo del agua durante un año es de 6 a 7 m. en San Fernando y de 4 m. en Bruzual, al mismo tiempo que la fluctuación durante un mes en el periodo de inundacion es de 0,5 m. o menor.
- 4.8 **ANALISIS DEL FLUJO DEL CAUCE:** Los modelos de flujo del cauce fueron construídos para la evaluación de la navegabilidad y para analizar las características del flujo de cauce. Los tramos del río estudiados en marzo de 1992 por PROA fueron utilizados para el río Apure, complementando algunos tramos con los resultados del sondeo de I.N.C. Se incorporaron cuarentainueve (49) tramos en el modelo de flujo del cauce para un tramo de 681 desde la confluencia con el río Orinoco hasta el puente Remolino.

En relación al río Portuguesa, PROA estudió treinta y nueve (39) tramos en octubre de 1989, que fueron utilizados para un tramo de 249 km. desde la confluencia con el río Apure hasta el puerto El Baúl. Todos estos tramos son el resultado de los sondeos realizados desde la superficie del agua y no están relacionados con los datos de MSL. Para construir el modelo de flujo de cauce para evaluar la capacidad de navegación bajo diferentes caudales de cauce, se asumieron cotas del perfil del lecho y se estimó la rugosidad del cauce.

- 4.9 **MAGNITUD DE LA INFLUENCIA DEL RIO ORINOCO:** De acuerdo con el análisis de flujo de cauce, la influencia hidráulica del río Orinoco se extiende hasta 94 km. desde la boca del río (cerca de Danta Flaca, aproximadamente 29 km. aguas abajo de Arichuna). Se prevé la formación de un cauce del río Apure aguas de Arichuna como resultado de la influencia del río Orinoco.
- 4.10 **CAPACIDAD DEL CAUCE A SECCION PLENA:** La capacidad de transporte a sección plena del río Apure fué estimada por medio del modelo de flujo de cauce es y resumida a continuación.

Tramos (desde la boca del río)	Capacidad a sección plena (m ³ /seg.)		Observaciones
	Promedio	Mínimo	
0 - 70 km	2.290	2.210	Tramos inferiores
70 - 130 km	2.480	1.750	Tramos con ramificaciones con retorno al cauce principal
	(1.760)	(1.110)	(Apure principal solamente)
130 - 195 km	4.140	2.990	Entre ramificaciones con retorno al cauce principal
195 - 275 km	3.150	3.150	Tramos con ramificaciones con retorno al cauce principal
	(1.380)	(1.380)	(Apure principal solamente)
275 - 450 km	3.380	2.500	El Samán - Bruzual
450 - 520 km	2.080	1.800	Bruzual - R. Suripá
520 - 680 km	910	600	Suripá - Guasualito

- 4.11 **TRANSPORTE ANUAL DE SEDIMENTOS:** La capacidad anual para transporte de sedimentos fue estimada como el promedio de cada tramo del río, como se indica abajo.

Tramos	Carga Anual de Sedimentos (mil.m ³ /año)	Longitud del Tramo (km.)	Ancho aprox. del Cauce (m.)
Boca del río a S. Fernando	14,7	167,3	340
S. Fernando a El Samán	15,2	180,8	342
El Samán a Bruzual	14,5	94,1	522
Bruzual a R. Suripá	13,0	81,4	501
R. Suripá a P. Remolino	14,3	139,8	265

V. ESTUDIO DEL PLAN DE ESTABILIZACION DEL CAUCE

V.1 Estudios y obras previas

- 5.1 **OBRAS PARA MEJORAMIENTO DEL CAUCE:** El mejoramiento del río Apure se inició en 1960 conjuntamente con el desarrollo de recursos hídricos. Las obras para mejoramiento del cauce implementadas hasta el presente son en su mayoría para proteger pueblos, instalaciones públicas y tierras de cultivo contra desbordes y erosión de márgenes. Recientemente se iniciaron los estudios y las obras en el río Apure como cauce de navegación.

- 5.2 **OBRAS EFECTUADAS POR PROA:** En este momento están en construcción cuatro (4) puertos fluviales.

- 1) Puerto San Fernando: construído
- 2) Puerto El Baúl: en construcción
- 3) Puerto de Nutrias/Bruzual: construído
- 4) Puerto Santos Luzardo: construído

También se están implementando estudios y diseños de algunas obras para mejoramiento del cauce. El estudio para el plan maestro de navegación fluvial para el sistema Orinoco-Apure, está programado para ser conducido independientemente a corto plazo.

V.2 Características del cauce

5.3 CARACTERISTICAS GENERALES DEL CAUCE (Fig. 3): Las características principales del río Apure para los tramos respectivos son las siguientes:

- 1) Tramo A1 (desde la boca del río Apure hasta el puerto San Fernando): La inclinación del terreno es de $1/8.500$. Este tramo presenta grandes ramificaciones con retorno al cauce principal. El río no está trezado. El ancho promedio del río es de 257 m. yendo de 120 a 600 m. en el Apure principal y de 340 m. (135 a 600 m.) incluyendo las ramificaciones con retorno al cauce principal.
- 2) Tramo A2 (puerto San Fernando hasta la confluencia del río Portuguesa), y A3.1 (confluencia del río Portuguesa a Apurito): La inclinación del terreno es de $1/7.200$. Este tramo presenta grandes ramificaciones con retorno al cauce principal. El río no está trezado. El ancho promedio del río es de 251 m. yendo de 100 m. a 560 en el Apure principal y de 342 m. (250 a 560 m.), incluyendo las ramificaciones con retorno al cauce principal.
- 3) Tramo A3.2 (Apurito a Puerto de Nutrias): La inclinación del terreno es de $1/5.000$. El río está trezado y el ancho promedio del mismo es de 522 m. fluctuando de 200 a 880 m.
- 4) Tramo A4.1 (Puerto de Nutrias a la confluencia del río Suripá): La pendiente del terreno es de $1/4.200$. Se observa la confluencia de varios tributarios. El río está trezado y el ancho promedio del mismo es de 501 m. fluctuando de 220 a 880 m.
- 5) Tramo A4.2 (confluencia del río Suripá a puerto Santos Luzardo): La inclinación del terreno es de $1/2.500$. No existe confluencia de tributarios importantes y el cauce no está trezado. El ancho promedio del río es de 265 m., fluctuando de 100 a 370 m.

5.4 VARIACIONES HISTORICAS: De acuerdo con el estudio de los mapas topográficos del año 1988 (escala $1/10.000$), y los del los años 1960 y 1966 (escala $1/25.000$), las variaciones de las márgenes derecha e izquierda fueron muy pronunciadas en los tramos A3.2 y A4.1.

5.5 VARIACION DURANTE LA ESTACION DE LLUVIAS: Se compararon las características del cauce de las secciones estudiadas en junio/julio de 1992 y en enero/febrero de 1993. Los cambios del cauce del río durante la estación de lluvias está perfilado como sigue:

- 1) El cauces del río Portuguesa en el sitio Camaguán es profundo y estrecho con una relación ancho-profundidad (B/h) de 19, mientras que el del río Apure en los sitios Guasdualito y Bruzual es relativamente plano con relaciones ancho-profundidad de 72 y 82, respectivamente.
- 2) En relación a los cambios de ancho y profundidad máximos del cauce y al movimiento de las márgenes, los cambios en Guasdualito y Bruzual son notables. El cauce del sitio Camaguán es estable comparado con los de los otros dos sitios.
- 3) Los valores máximos de relación de profundidad (h_{max}/h_m) están alrededor de 2,5, 3 y 2 en los sitios Guasdualito, Bruzual y Camaguán, respectivamente.
- 4) Las relaciones de profundidad de los sitios Guasdualito y Bruzual presentan tendencias similares al incremento cuando la profundidad máxima está cercana a las márgenes del río. Pero, la del sitio Camaguán es muy diferente de las de otros sitios, no presentando tendencias significativas en el lugar con profundidad máxima.
- 5) Los cambios significativos de las relaciones de profundidad en los tramos durante 1992 y 1993 no fueron observados en Guasdualito y Camaguán. En el sitio Bruzual, el límite superior de la relación de profundidad en 1992 es casi la mitad de la de 1993. Esto puede ser debido al relleno que produce el caudal de estiaje.

V.3 Evaluación de la capacidad del cauce para la navegación

5.6 CRITERIO: La navegabilidad del cauce del río fue examinada a través de la profundidad del agua, el radio de curvatura, y al ancho del cauce adoptándose el criterio presentado a continuación.

1) Criterio para el tamaño del cauce

Puntos	Río Apure	Río Portuguesa
a) Profundidad del agua	≥ 2,00 m	≥ 1,70 m
b) Radio de curvatura	≥ 560 m	≥ 240 m
c) Ancho del cauce	≥ 80 m	≥ 30 m

- 2) Criterio para la definición de caudales: Se adoptó como criterio para el período navegable, el caudal diario. El caudal diario se define como los caudales diarios desde el mínimo anual basado en la duración promedio del caudal en las estaciones de aforo instaladas en San Fernando, El Samán, Bruzual, y puente Remolino a lo largo del río Apure principal, y en Camaguán, Jobalito y El Baúl a lo largo del río Portuguesa

5.7 EVALUACION DEL RIO APURE (Fig. 4): Las secciones críticas para la navegación fueron evaluadas utilizando el modelo de flujo el cauce y mapas topográficos de gran escala, de la siguiente manera:

1) Profundidad crítica ($D_c < 2$ m.)

Meses de Navegación	No. de Secciones Críticas			
	St-A1 (Sec.) (%)	St-A2 (Sec.) (%)	St-A3 (Sec.) (%)	St-A4 (Sec.) (%)
12	43 (9,4)	24 (15,2)	367 (23,2)	423 (29,1)
11	25 (5,5)	18 (11,4)	331 (20,9)	359 (24,7)
10	21 (4,6)	17 (10,8)	272 (17,2)	289 (19,9)
9	11 (2,4)	13 (8,2)	214 (13,5)	192 (13,2)
8	3 (0,7)	6 (3,8)	148 (9,4)	95 (6,5)
7	1 (0,2)	3 (1,9)	38 (2,4)	45 (3,1)
6	0 (0)	1 (0,6)	6 (0,4)	26 (1,8)
5	0 (0)	0 (0)	0 (0)	18 (1,2)
Total de secciones	(458)	(158)	(1581)	(1455)

Nota: Las secciones en el tramo inferior al km 95,74. de St-A1 no están incluidas ya que no existen datos.

2) Ancho crítico ($W_c < 80$ m.)

Meses de Navegación	No. de Secciones Críticas			
	St-A1 (Sec.) (%)	St-A2 (Sec.) (%)	St-A3 (Sec.) (%)	St-A4 (Sec.) (%)
12	6 (55)	0 (0)	9 (56)	12 (71)
11	4 (36)	0 (0)	9 (56)	9 (53)
10	1 (9)	0 (0)	7 (44)	5 (29)
9	1 (9)	0 (0)	4 (25)	2 (12)
8	0 (0)	0 (0)	1 (6)	0 (0)
7	0 (0)	0 (0)	1 (6)	0 (0)
6	0 (0)	0 (0)	1 (6)	0 (0)
Total de secciones	(11)	(3)	(16)	(17)

3) Radio de Curvatura Crítica ($R_c < 560$ m.):

Radio	No. de Curvaturas Críticas			
	St-A1 (km./sec.)	St-A2 (km./sec.)	St-A3 (km./sec.)	St-A4 (km./sec.)
$R_c < 560$ m.(sec.)	12 (14)	0 (-)	16 (16)	12 (18)
$R_c < 320$ m. (sec.)	6 (36)	0	5	5
Longitud del cauce (km.)	167,3	24,9	250,0	221,2

4) Resumen: La insuficiencia de la profundidad del agua es el problema principal del río Apure. Para un período de navegación mayor de nueve (9) meses, el ancho del cauce se vuelve crítico. Basándose en la profundidad crítica del agua, los meses navegables del río Apure fueron evaluados de la siguiente manera, suponiendo que, de las secciones críticas existentes menos de 1% son navegables con pequeñas mejoras:

- Tramo:	St-A1	St-A2	St-A3	St-A4
- Meses navegables	8	6	6	4

5.8 EVALUACION DEL RIO PORTUGUESA (Fig. 5): Las secciones críticas para la navegación fueron evaluadas de forma similar a las del río Apure, de la siguiente manera:

1) Profundidad crítica ($D_c < 1,7$ m.)

Meses Navegables	No. de Secciones Críticas	
	St-P1 (Sec.) (%)	St-P2 (Sec.) (%)
12	3 (10)	0 (0)
11	1 (3)	0 (0)
10	1 (3)	0 (0)
9	1 (3)	0 (0)
8	0 (0)	0 (0)
Total de secciones	(31)	(8)

2) Ancho crítico ($W_c < 30$ m.)

Meses navegables	No. de Secciones Críticas	
	St-P1 (Sec.) (%)	St-P2 (Sec.) (%)
12	15 (48)	8 (100)
11	9 (29)	8 (100)
10	7 (23)	5 (63)
9	3 (10)	3 (38)
8		1 (13)
Total de secciones	(31)	(8)

3) Radio de Curvatura Crítica ($R_c < 240$ m.):

Radio	No. de Curvas Críticas	
	St-P1 (km./sec.)	St-P2 (km./sec.)
$R_c < 240$ m. (sec.)	27 (8)	5 (7)
$R_c < 150$ m. (sec.)	5	2
Longitud del canal (km.)	214,8	33,7

- 4) Resumen: La estrechez del cauce y el radio de curvatura son los principales problemas del río Portuguesa. Las secciones críticas aumentan abruptamente para la navegación durante más durante más de nueve mese nueve (9) meses. Basándose en el ancho crítico y en los meses navegables del río Portuguesa, se estableció que éstos son ocho (8) meses para St-P1, y siete (7) para St-P2.

V.4 Medidas de estabilización del cauce para la navegación

5.9 PRINCIPIOS PARA LA ESTABILIZACION DEL CAUCE (Fig. 6): Para mejorar la capacidad de navegabilidad del cauce, se consideraron dos (2) medidas principales: (1) Incremento del caudal para aumentar los niveles en el cauce y (2) mejoramiento del cauce para suministrar una sección suficiente. Se hizo todo lo posible para incorporar ideas y esquemas de estudio efectuados por PROA y por otras dependencias relacionadas.

5.10 INCREMENTO DEL CAUDAL: Basándose en los resultados de la evaluación de los posibles efectos de las medidas, se establecieron los siguientes principios para la formulación del plan de estabilización del cauce:

- 1) Incremento del caudal en el Apure superior: Es necesario construir el canal de derivación Caparo-Uribante Viejo. Las obras relacionadas con represas no deben ser incluídas ya que no se proponen nuevas represas porque se utilizará el agua liberada por las plantas hidroeléctricas.
- 2) Incremento del caudal en el Apure medio: Se descartó el canal de derivación Boconó-Masparro, ya que sus efectos hidráulicos son bajos en la etapa inicial y, sobretudo, que se reducirán aun más en el futuro debido al aumento de la demanda de agua para riego.
- 3) Incremento del caudal en el Portuguesa superior: En el presente estudio no se consideró el canal de derivación Cojedes-El Frasco, pero podría ser incorporado en el futuro para mejorar la capacidad de navegación, basada en el plan maestro y después de examinar su viabilidad económica.

5.11 MEJORAMIENTO DEL CAUCE: El plan para estabilización del mismo se realizó basándose en la evaluación de los efectos de los siguientes principios:

- 1) El tratamiento de ramificaciones con retorno al cauce principal en los sitios Chirel, Bravo/Garzas, debe ser implementado ya que el tratamiento del sitio Chirel será efectiva para la estabilización de la bifurcación y el tratamiento del sitio Bravo/Garzas será también efectivo para mejorar el flujo del río Apure principal. Sin embargo, estas medidas necesitan de estudios e investigaciones más detallados sobre canales, instalaciones y medio ambiente.

- 2) Normalización de la alineación del cauce: La realineación y cortes de meandros son las medidas principales para la sección con radios críticos de curvatura en los tramos con meandros.
- 3) Mejoramiento de la sección del cauce: El tratamiento de islas y el dragado del cauce serán las medidas principales. Otras obras para mejoramiento de la sección del cauce, taler como enderesamiento y obras temporales serán adoptadas gradualmente dependiendo del progreso de las medidas a través de la acumulación de tecnología y experiencia utilizando pruebas en modelos hidráulicos en el laboratorio y pruebas prototipo en el río Apure.

V.5 Formulación del plan para estabilización del cauce

5.12 ORGANIZACION DE LOS PLANES POR ETAPAS (Figs. 7 y 8): Se consideraron tres (3) planes por etapas para el plan de estabilización del cauce: plan a corto, mediano y largo plazo. Los objetivos físicos de los planes por etapas fueron establecidos en consideración a los meses navegables existentes y al límite de las obras de mejoramiento del cauce en la etapa actual. El límite de las obras de mejoramiento del cauce fue asumido como siendo el 10% de la longitud total del cauce, y como objetivo físico del plan a mediano plazo. El objetivo físico del plan a corto plazo fue establecido como obras a ser realizadas inmediatamente. El objetivo físico del plan a Largo Plazo debe ser discutido en línea con el plan maestro de navegación a ser preparado.

(1) Plan a Corto Plazo

- 1) Obras para canal de derivación: Canal de derivación CaparoUribante Viejo con liberación de agua en la planta generadora de energía hidroeléctrica La Vultosa, en la etapa inicial de desarrollo.
- 2) Obras para tratamiento de ramificaciones con retorno al cauce principal: Sitios Chirel y Bravo/Garzas
- 3) Obras para normalización de la alineación: Para curvas críticas con $R_c < 150$ m. en el río Apure, y de $R_c < 150$ m. en el río Portuguesa
- 4) Obras para mejoramiento de la sección del cauce: Para obtener 8 meses de navegación en el plan St-A1, A2, P1 y P2 y 7 meses de navegación en el plan St-A3 y A4.

(2) Plan a Mediano Plazo

- 1) Mejoramiento del flujo por medio del canal de derivación Caparo-Uribante Viejo con liberación de agua en la represa hidroeléctrica La Vultosa en la etapa final de desarrollo.
- 2) Obras para normalización de la alineación: Para curvas críticas con $R_c < 560$ m. en el río Apure y de $R_c < 240$ m. en el río Portuguesa.
- 3) Obras para mejoramiento de la sección del cauce: Para obtener nueve (9) meses de navegación en St-A1, A2, P1 y P2, y 8 meses de navegación en St-A3 y A4.

(3) Plan de largo Plazo: No fue considerado en este estudio

5.13 ESTIMACION DE COSTOS: El costo del proyecto necesario para la implementación del mismo fue estimada en US\$ utilizando la tasa de cambio de moneda extranjera de febrero de 1993. El costo del proyecto fue estimado tal como se resume a continuación.

Obra	PCP (US\$1.000)	PMP (US\$1.000)	PCP+PMP (US\$1.000)
1) Costo de construcción	40.013	55.576	95.589
a) Obras preparatorias	3.737	5.053	8.690
b) Canal de derivación	3.020	0	3.020
c) Tratamiento de ramificaciones con retorno al cauce principal	1.029	0	1.029
d) Normalización de alineación	20.941	27.813	48.754
e) Mejoramiento de la sección del cauce	10.326	21.239	31.565
f) Obras misceláneas	1.060	1.471	2.531
2) Adquisición de tierras	5	2	7
3) Costo de administración	2.001	2.780	4.781
4) Costo de los servicios de ingeniería	6.803	9.448	16.251
5) Contingencias físicas	4.883	6.781	11.664
6) Total	53.705	74.587	128.293

5.14 **CONSIDERACIONES ECONOMICAS:** La navegación fluvial tiene como ventajas su bajo costo y los grandes volúmenes de carga que pueden transportarse. El beneficio de la navegación fluvial será establecido fundamentalmente sobre la base de la reducción del costo de transporte en comparación con el transporte terrestre, durante un período de navegación extendido por medio de las obras de estabilización del cauce. Algunas de las consideraciones económicas del plan de estabilización del canal fueron hechas sobre la base de los datos de transporte de carga obtenidos por PROA debido a que el plan maestro de navegación aún no ha sido preparado.

Plan	EIRR(%)	B/C*	B-C (US\$1.000)
1) Plan a corto plazo	17,7	1,72	38.677
2) Plan a mediano plazo	13,7	1,46	46.666

* B/C y B-C Para una tasa de descuento de 8% anual.

5.5 **CONSIDERACIONES AMBIENTALES:** La estabilización del cauce para la navegación será lograda por medio del mejoramiento del flujo y del cauce. El mejoramiento del cauce incluye obras tales como tratamiento de ramificaciones con retorno al cauce principal, normalización de la alineación, mejoramiento de la sección del cauce y protección de márgenes. La implementación de las obras de estabilización del cauce producirá cambios del río y en las áreas circundantes. Entre ellos, los cambios en las ramificaciones con retorno al cauce principal aguas abajo de los diques de cierre y sumergido, y los sitios para la disposición de los materiales del dragado serán importantes. Es necesario efectuar estudios e investigaciones más detalladas durante la etapa de diseño sobre los siguientes aspectos pero no limitándose a los mismos:

- 1) Uso actual del agua
- 2) Condición ecológica actual
- 3) Identificación de los elementos a ser preservados

Es necesario revisar el plan y el diseño basándose en el estudio y en la investigación, en caso de que así se lo determine para preservar y/o compensar los derechos de los residentes y del sistema ecológico.

VI. ESTUDIO DEL PLAN PARA MITIGACION DE INUNDACIONES

VI.1 Area de estudio

- 6.1 **AREA DE ESTUDIO** (Fig. 1): El área sujeto del estudio actual para mitigación de inundaciones es de 21.200 km², estando limitada al sur por el río Apure, al norte y al este por el río Portuguesa y al oeste por la carretera local No. 2. El área de estudio es extensa y actualmente está mayormente en condiciones naturales siendo por ello necesario considerar con suma atención el aspecto ambiental. Un cambio drástico de las condiciones hidráulicas del área resultantes de la implementación de las obras para mitigación de inundaciones producirá un fuerte impacto en el medio ambiente del área.

Los ríos principales del área de estudio son los ríos Apure, Portuguesa y Guanare, este último fluye a través de la parte central del área de estudio. Además de ello, existen muchas pequeñas corrientes llamadas "Caño" que fluyen en el área de estudio. El área de estudio pertenece a tres estados desde el punto de vista administrativo, éstos son: Barinas, Portuguesa y Cojedes. En el área de estudio el distrito Arismendi es conocido como el centro de la depresión Apure que es la zona más baja de los llanos occidentales.

VI.2 Condiciones actuales del área de estudio

- 6.2 **CARACTERISTICAS HIDRAULICAS** (Figs. 9 a 11): El área habitual de inundación está ampliamente distribuída en el área de estudio y las causas de inundación fueron clasificadas en tres categorías dependiendo del origen. El área total de inundación es de 11.200 km² lo cual corresponde al 53% del área de estudio. La inundación causada por el desborde de los ríos se distribuye a lo largo de los ríos Portuguesa, Guanare y Apure, que son los principales en el área de estudio.

La posibilidad de solución de los problemas de drenaje en el área de estudio, están someramente clasificados en tres categorías de acuerdo con el estudio efectuado por MARNR. Las áreas con pocas o ninguna posibilidad de solución ocupan la mitad del área de estudio. Las áreas con posibilidades de solución de los problemas están distribuídas en las cuencas superior y media y parte en el área de la margen izquierda del río Apure, mientras que la mayoría de las cuencas bajas no presentan

casi ninguna posibilidad de solución de los problemas de drenaje.

Las capacidades de descarga actuales de los ríos en y alrededor del área de estudio son bastante reducidas y abajo se las muestra por áreas de captación:

Río	Area de captación (km ²)	Punto Base	Capacidad (m ³ /s)
1. Apure	111.800	San Fernando	6.900
2. Apure	40.000	Bruzual	3.800
3. Portuguesa	23.300	El Jobalito	600
4. Portuguesa	54.400	Camaguán	1.200
5. Guanare	4.200	Arismendi	200
6. Guanare	10.800	La Unión	140

6.3 DIQUES EXISTENTES Y PROPUESTOS PARA EL RIO (Fig. 12): Se han construido siete (7) diques hasta el momento, paralelos al curso del río y un (1) dique está incluido en el proyecto de vía férrea que está planeada en la margen derecha del río Portuguesa.

6.4 REPRESAS EXISTENTES Y PROPUESTAS (Tabla 1 y Fig. 13): En la cuenca del río Portuguesa a la cual pertenece el área de estudio, se han construido siete (7) represas hasta el momento y hay dos (2) más programadas para construcción. El área total del embalse de las represas es de 10.960 km². La capacidad de almacenamiento efectiva y la capacidad total de control de desborde son de 6.325 x 10⁶ m³ y 749 x 10⁶ m³, respectivamente.

6.5 ALIVIADERO EXISTENTE Y CANAL DE DERIVACION PROPUESTO (Fig. 14): Existe un aliviadero desde el río Portuguesa al río Apurito en Hato Gorrin, 6 km. al norte del cruce San Fernando, dique carretera Camaguán-San Fernando para drenar el agua de inundación. El ancho es de 400 m. pero se estrecha a la altura de un puente de 120 m. de longitud y no posee canal para aguas de estiaje. La longitud es de 10 km. y la descarga diseño es de 190 m³/seg. para un desborde probable en 50 años.

MARNR propuso un canal de derivación en Sombrerito aproximadamente 3 km. al norte del aliviadero existente. El ancho es de 400 m. y el canal para aguas de estiaje es de 60 m, pero se estrecha a la altura de un puente de 85 m. de longitud. La longitud es de 18 km. y la descarga de diseño es de 440 m³/seg. para un desborde probable en 50 años.

- 6.6 **PROYECTO EXISTENTE Y PROPUESTO (Figs. 12 y 15):** En el área solo está siendo ejecutado el proyecto para desarrollo agrícola Guanare-Masparro, situado en la parte superior del área. Por otro lado, existen dos proyectos propuestos. Uno es la extensión del proyecto Guanare-Masparro que está siendo considerado y el otro es el proyecto de vía férrea arriba mencionada, el cual está programado para ser implementado en un futuro próximo.
- 6.7 **PLAN EXISTENTE PARA UTILIZACION DE LA TIERRA (Fig. 15):** Los planes de ordenamiento territorial de los estados de Barinas, Portuguesa y Cojedes han sido preparados por el MARNR, y apuntan a la representación del desarrollo futuro de los respectivos estados hasta el año 2010. El uso propuesto para la tierra es en su mayoría agricultura (cría de ganado). Las áreas a ser destinadas para uso agrícola están clasificadas en tres categorías de prioridad, alta, media y baja. Por otro lado, la llanura de inundación ocupa el 27% del área de estudio (aprox 5.700 km²), y las áreas sin uso asignado para la tierra ocupan el 29% del área de estudio (aproximadamente 6.000 km²).

VI.3 Concepto básico para la planificación de la mitigación de inundaciones

- 6.8 **CONSIDERACIONES BASICAS:** Es necesario considerar como de importancia fundamental el mitigar la inundación, aumentando las capacidades de descarga de los ríos en el área. Sin embargo, esto producirá la concentración del flujo de la inundación en el embudo San Fernando, y no se prevé un gran incremento de la capacidad de descarga del embudo. Por lo tanto, el método para mejoramiento que produzca la concentración de la inundación en San Fernando no será apropiado para el estudio actual. También, la inundación por desborde contribuye a la vida de los habitantes del área suministrando recursos hídricos aunque causen daños. Es importante considerar el aspecto ambiental ya que el área de estudio está en condiciones naturales en su mayoría. Por consiguiente, el plan para mitigación de inundaciones propuesto en este estudio deberá cambiar las condiciones de la inundación y regular el escurrimiento a través del retardo.
- 6.9 **PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACION:** El plan propuesto para mitigación de inundaciones será formulado por medio del siguiente procedimiento.
- 1) Selección de áreas a ser protegidas
 - 2) Selección de la escala de diseño del plan

- 3) Selección de las medidas posibles
- 4) Formulación de planes alternativos
- 5) Estudio de los planes alternativos
- 6) Consideraciones ambientales
- 7) Determinación del plan propuesto para mitigación de inundaciones

6.10 AREA A SER PROTEGIDA (Fig. 16): El área a ser protegida fue seleccionada aplicando el criterio de que deberá existir posibilidad de solución de los problemas de drenaje y de asignación futura de la utilización de la tierra. Consecuentemente se seleccionaron las siguientes cuatro (4) áreas:

- 1) Area "A": Area que se extiende en la margen derecha de Caño Igües
- 2) Area "B": Area que se extiende en la margen derecha del río Guanare
- 3) Area "C": Area que se extiende en la margen izquierda del río Apure
- 4) Area "D": Ciudad San Fernando y áreas circundantes

El área "D" fue seleccionada ya que las obras para mitigación de inundaciones para las áreas "A", "B" y "C", aguas arriba, pueden influenciar el área y por lo tanto es necesario aumentar el grado de seguridad contra desbordes para proteger la ciudad de San Fernando.

6.11 ESCALA DE DISEÑO DEL PLAN: Como escala de diseño del plan se utilizó un período de retorno de 10 años, lo cual es comunmente aplicado en el área rural de Venezuela. Las precipitaciones de diseño con un período de retorno de 10 años corresponden al 96% de las precipitaciones en 1981 que fueron las mayores registradas en el área de estudio.

6.12 MEDIDAS POSIBLES: Las medidas posibles para la planificación de mitigación de inundaciones son las siguientes:

- 1) Diques
- 2) Canales de derivación
- 3) Embalses moderadores (naturales y artificiales)
- 4) Represas
- 5) Ensanchamiento y profundización del cauce actual de los ríos

VI.4 Estudio preliminar para el plan de mitigación de inundaciones

- 6.13 POSIBILIDAD DE DIQUES EN AMBAS MARGENES DEL RIO:** Para estimar la influencia producida por el confinamiento del agua de escurrimiento del desborde en el canal del río, se efectuó el cálculo on base en el desborde de 1981.

De acuerdo con los resultados del cálculo, el escurrimiento pico en Camaguán en el río Portuguesa es de 6.800 m³/seg., para un canal de 10 km. de ancho en los tramos aguas abajo. Considerando la capacidad actual de descarga del río Apure en San Fernando (sección plena - 6.900 m³/seg.), y también la dificultad para aumentar la capacidad, el plan para mitigación de inundaciones que confina el agua de escurrimiento en el cauce del río no es apropiado.

- 6.14 EFECTO DE LAS REPRESAS (Fig. 13):** Existen seis (6) represas, exceptuando la de Boconó-Tucupido; las dos (2) represas propuestas no producen casi ningún efecto en la mitigación de la inundación dentro del área de estudio ya que están lejos de la misma y tienen insuficiente capacidad de almacenamiento para el escurrimiento total de la cuenca del río Portuguesa. La capacidad total efectiva del embalse y la capacidad de mitigación de inundación de las ocho (8) represas es de 9% y 1% del escurrimiento total, respectivamente.

- 6.15 APLICABILIDAD DEL MODULO TIPO APURE (Fig. 18):** La conservación de los recursos hídricos en el área de estudio es otro aspecto importante así como también lo es la mitigación de inundaciones. El módulo tipo Apure es una de las medidas posibles para el propósito mencionado y posee una capacidad de almacenamiento de casi 90% de las precipitaciones probables en 10 años, dentro del área del módulo.

El módulo tipo Apure posee la ventaja de almacenar agua para la estación seca y beneficia la cría extensiva de ganado, y por ello debe ser introducido para propósitos de desarrollo.

- 6.16 POSIBILIDAD DE ENSANCHAMIENTO Y PROFUNDIZACION DEL CAUCE ACTUAL DEL RIO:** El ensanchamiento y la profundización del los cauces actuales de los ríos es un método común para aumentar la capacidad de los cauces de los ríos, pero no serán empleados en el estudio actual debido a las siguientes razones:

- Concentración de inundación aguas abajo
- Rotura de la estabilidad del cauce resultando en pérdida de bosques en las márgenes en algunos tramos
- Influencia en la navegación por reducción de la profundidad del agua en la estación seca

VI.5 Formulación de planes alternativos

6.17 PLANES ALTERNATIVOS PARA EL AREA "A" (Fig. 19): Las medidas posibles para proteger el área "A" son las siguientes:

- a) Dique contra desborde y
- b) Represa para disminuir el pico de inundación

Sin embargo, el plan de represa fue descartado debido a que no existen represas propuestas o viables efectivas para la protección del área "A".

Considerando que la inundación en y alrededor del área a ser protegida es causada principalmente por el desborde del río Portuguesa y de Caño Igües, se formularon los siguientes tres (3) planes alternativos. La extensión de diques en cada uno de los planes va desde la carretera nacional No. 5 hasta la confluencia del río Portuguesa y Caño Igües, cubriendo de esta manera toda el área "A".

- 1) Plan A1: Dique sobre la margen derecha del río Portuguesa (187 km. de longitud)
- 2) Plan A2: Dique sobre la margen derecha de Caño Igües (190 km. de longitud)
- 3) Plan A3: Dique sobre la margen derecha del río Portuguesa y margen izquierda de Caño Igües (185 km. de longitud)

6.18 PLANES ALTERNATIVOS PARA EL AREA "B" (Fig. 19): Las medidas posibles para proteger el área "B" son las siguientes:

- a) Dique contra el desborde
- b) Represa para disminuir el pico de la inundación
- c) Mejoramiento de los cauces existentes de los ríos

Sin embargo, el plan de represa fue descartado ya que no existen represas propuestas y viables para protección del área "B" además de la represa existente

Boconó-Tucupido.

Para evitar el desborde del río Guanare y también mitigar la inundación del área, se formularon los siguientes tres planes alternativos.

- 1) Plan B1: Dique en la margen derecha del río Guanare (145 km. de longitud)
- 2) Plan B2: Dique en la margen derecha del río Guanare (145 km. de longitud) y mejoramiento del río Guanare Viejo (95 km. de longitud)

Para el mejoramiento de la capacidad del río Guanare Viejo, este plan fue dividido en los dos casos siguientes:

- Plan B2A: El ancho y Profundidad Propuesta del río Guanare Viejo son de 25 m y 3 m respectivamente.
(con capacidad aproximada de 100 m³/seg.)
- Plan B2B: El ancho y Profundidad Propuesta del río Guanare Viejo son de 50 m y 3 m respectivamente.
(con capacidad aproximada de 200 m³/seg.)

6.19 PLANES ALTERNATIVOS PARA EL AREA "C" (Fig. 19): Las medidas posibles para proteger el área "C" son las siguientes:

- a) Dique contra desborde
- b) Estructura tipo Modulos de Apure para Proteger algunas áreas específicas.

Para evitar el desborde del río Apure, se formularon los siguientes tres planes alternativos.

- 1) Plan C1: Dique en la margen izquierda del río Apure desde Puerto de Nutrias a Samanal (155 km. de longitud)
- 2) Plan C2: Dique en la margen izquierda del río Apure desde Puerto de Nutrias hasta Apurito (105 km. de longitud)
- 3) Plan C3: Estructura tipo Modulos de Apure en las áreas que no a estan sujetas a preservación del medio ambiente.

6.20 PLANES ALTERNATIVOS PARA EL AREA "D" (Fig. 19): El propósito de la mitigación de inundaciones en el área "D" es hacer frente a la influencia prevista de los planes de mitigación de inundaciones de las áreas "A", "B" y "C", y luego

incrementar el grado de seguridad contra las mismas. Las medidas posibles seleccionadas fueron las siguientes:

- a) Ensanchamiento del cauce actual del río Apure
- b) Canal de derivación para aliviar la carga del río Apure
- c) Embalse moderador para regular la concentración de inundación en el embudo San Fernando
- d) Elevación del dique existente que rodea San Fernando y
- e) Reducción del nivel del agua en el tramo aguas abajo de San Fernando.

Entre ellas, las medidas a) y e) fueron descartadas debido a su dificultad y efecto reducido, respectivamente. La medida d) debe ser empleada cuando otras medidas no sean efectivas ya que la misma no implica el mejoramiento de la condición hidráulica del área.

En relación a las medidas b) y c) se formularon los siguientes tres (3) planes alternativos:

- 1) Plan D1: Canal de derivación del río Portuguesa al Apurito

Este plan fue dividido en los siguientes dos (2) casos.

Plan D1A: Mejoramiento del aliviadero existente

Plan D1B: Mejoramiento del aliviadero existente y canal de derivación propuesto

El mejoramiento del aliviadero y el canal de derivación propuesto, tienen la misma dimensión, con un ancho total de 400 m. y con un canal para aguas de estiaje de 60 m. de ancho.

- 2) Plan D2: Embalse moderador por medio del módulo tipo Apure

VI.6 Estudio de los planes alternativos

- 6.21 ESTUDIO HIDRAULICO (Tabla 2): Se estudiaron los efectos y las influencias de los planes alternativos respectivos desde el punto de vista hidráulico, por medio del método de modelo tipo estanque y con la máxima profundidad de inundación en cada bloque, la diferencia con las condiciones actuales y los cambios principales de

la inundación por plan. Basándose en estos resultados, se seleccionó el plan propuesto para cada área.

- 6.22 PLAN PROPUESTO PARA EL AREA "A" (Fig. 20): Entre los planes alternativos se seleccionó el plan A1, Principalmente debido a ventajas economicas. Los planes A2 y A3 triener menores aumento de la profundidad de inundación en la margen izquierda del rio Apure Comparados con el plan A1, pero por el contrario los plane A2 y A3 reducen más el área a ser protegida (cerca de 30 %), ese es el beneficio. Por el contrario, el plan A1 aumenta la profundidad de inundación en la margen izquierda del rio Portuguesa en 40~50 cm como maimo para las condiciones actuales; sin embargo el área de inundación no se extenderia debido a condiciones topográficas; Además se Considera que no Producirá importante impacto ambiental, de acuerdo con las investigaciones preliminares. Este plan tendra efecto economico resultado del uso del dique como carretera, conectando las carreteras troncales 5 y 8.
- 6.23 PLAN PROPUESTO PARA EL AREA "B" (Fig. 20); Entre los planes alternativos se seleccionó el plan B1 ya que el efecto de mejoramiento del canal existente de los planes B2A y B2B es de 3 a 6 cm. como reducción de la profundidad de inundación, aunque dura un período más largo y el costo es de 2 a 3 veces mayor que el delplan B. La prevención de desborde del río Guanare es esencial para el plan actual para mitigación de inundaciones aunque la reducción de la profundidad de inundación del área será de 5 cm. aproximadamente. Este plan ofrece ventajas económicas al utilizar el dique como carretera y también al usar las carreteras existentes de 120 km. de longitud como dique.
- 6.24 PLAN PROPUESTO PARA EL AREA "C" (Fig. 20): Tanto el plan C1 como el C2 elevan el nivel del agua del río Apure en 1 m. aproximadamente, pero la influencia no llega a San Fernando. En el caso del plan C2, desborde con profundidad entre 0.5~1 m continúa produciéndose en los tramos aguas abajo de Apurito, ya que la influencia del nivel mencionado del agua aumenta influenciando el área. Entre los planes C1 y C3, el plan a ser propuesto debe ser seleccionado en base a estudios más detallados, por tanto ambos planes C1 y C3 permanecen como planes propuestos para el presente estudio.
- 6.25 AREA "D": No se ha seleccionado ningún plan para la misma debido a los reducidos efectos del plan alternativo respectivo y no hay ninguna influencia del plan de mitigación de inundaciones en las áreas A, B y C aguas arriba. La elevación

de los diques que circundan el área será económica, en caso de ser necesaria. Los canales de mitigación de los planes D1A y D1B reducen el nivel del agua del río Apure en San Fernando de 10 a 20 cm. aproximadamente. El efecto del módulo tipo Apure del plan D2 es la reducción en 10 cm. aproximadamente de la profundidad de inundación en el área más baja.

- 6.26 **CONSIDERACIONES AMBIENTALES:** El área de estudio se encuentra en su mayor parte en condiciones naturales, por ello la consideración del aspecto ambiental es importante. De acuerdo con el estudio preliminar, no se espera ningún impacto ambiental significativo aunque es necesario realizar un análisis del mismo más detallado para llegar a conclusiones definitivas.

En las áreas protegidas por diques sobre las márgenes derechas del Portuguesa y del Guanare (áreas "A" y "B" respectivamente), la intervención humana ya ha causado un impacto físico en la naturaleza y por ello los diques propuesto no causarán un impacto ecológico grande, al contrario, promoverán la consolidación del desarrollo incipiente de granjas protegiéndolas contra el desborde de los ríos.

Por otro lado, el área "C" protegida por el dique en la margen izquierda del río Apure es un área con mucho menos intervención humana que las áreas "A" y "B". Por ello, el impacto ambiental del dique debe ser analizado antes de su construcción. Si la construcción del mismo no es autorizada desde el punto de vista ambiental, se debe considerar un plan para proteger áreas específicas por medio de módulos, por ejemplo, como alternativa en lugar de el dique continuo a lo largo del río.

VI.7 Plan propuesto para mitigación de inundaciones

- 6.27 **PLAN PROPUESTO PARA MITIGACION DE INUNDACIONES (Fig. 20):** El plan propuesto para mitigación de inundaciones ha sido formulado integrando los siguientes planes componentes propuestos para las áreas a ser protegidas.

Plan A1 para el área "A" (dique del río Portuguesa)

Plan B1 para el área "B" (dique del río Guanare)

Plan C1 o C3 para el área "C" (dique del río Apure o módulos)

En relación al área "C", si no se autoriza el plan del dique desde el punto de vista ambiental, se deben considerar otros planes en un estudio más detallado.

Como no se producen cambios significativos en la inundación con la integración de los respectivos planes componentes comparados con el resultado del estudio hidráulico de cada plan, este plan fue adoptado como el propuesto para la mitigación de inundaciones.

6.28 DISEÑO PRELIMINAR DE INSTALACIONES (Fig. 21): El dique fue diseñado para servir como carretera. Tiene un ancho de 10 m. en la parte superior y está pavimentado con asfalto. Su altura es de más de 2 m. El dique tiene aliviaderos en puntos donde las corrientes existentes cruzan el mismo, para asegurar el suministro de agua existente y rutas de drenaje. Para reducir el impacto ambiental, se propone una excavación de forma redondeada e inclinación suave para extracción de material del lado del río, así como una excavación continua del lado de tierra.

6.29 ESTIMACION DE COSTOS: El costo del proyecto para la implementación del plan para mitigación de inundaciones fue estimado en US\$ utilizando la tasa de cambio de moneda extranjera de febrero de 1993. El costo estimado del proyecto está resumido a continuación:

Componentes De Trabajo	Plan A1 (US\$1.000)	Plan B1 (US\$1.000)	Plan C1 (US\$1.000)	Total (US\$1.000)
1) Costo de Construcción	25.312	18.916	25.284	69.512
a) Obras preparatorias	2.240	1.674	2.238	6.152
b) Fundación excavación	960	740	790	2.490
c) Dique embanque	19.400	14.500	19.925	53.825
d) Capa vegetal	1.240	900	1.060	3.200
e) Aliviaderos	800	600	600	2.000
f) Obras misceláneas	672	502	671	1.845
2) Adquisición de tierras	187	145	155	487
3) Costo de administración	1.275	953	1.272	3.500
4) Costo de los servicios de ingeniería	4.303	3.216	4.298	11.817
5) Contingencias físicas	3.108	2.323	3.101	8.532
6) Total	34.185	25.553	34.110	93.848

6.30 **CONSIDERACIONES ECONOMICAS:** Los beneficios producidos por la implementación del plan propuesto para mitigación de inundaciones son la reducción de la inundación y el mejoramiento de la tierra. Basándose en el costo del proyecto y en los beneficios estimados, la razón de retorno económico (EIRR) y la relación costo beneficio (B/C) para los planes respectivos es la siguiente:

Plan	Beneficio anual (US\$1.000)	EIRR (%)	B/C*	B-C (US\$1.000)
A1	4.482	11,0	1,39	9.124
B1	3.473	11,0	1,45	7.295
C1	4.042	6,6	0,82	-5.212
Total	11.286	9,2	1,15	7.614

* B/C y B-C: Para tasa de descuento anual de 8 %

VII. FORMULACION DEL PLAN MAESTRO

7.1 **DISPOSICION DE PLANES:** El estudio sobre el mejoramiento integral de la cuenca del río Apure incluye dos planes componentes que son el plan de estabilización de canal y el plan de mitigación de inundaciones. Estos dos planes pueden ser tratados independientemente, ya que el canal de derivación y obras para el tratamiento de las ramificaciones para estabilización del cauce están diseñados principalmente para no producir cambios radicales en el flujo de los desbordamientos, mientras que el plan de mitigación de inundaciones no intenta causar substancial drenaje de las aguas de inundación y ensanchamiento del cauce del río, por lo tanto, no se espera ningún efecto sobre la estabilización del cauce para navegación. Además, los objetivos, problemas y las bases de planificación de los dos planes son diferentes. Para la promoción del proyecto es mejor tratar esos dos componentes separadamente.

7.2 **PLAN PARA LA ESTABILIZACIÓN DE CAUCE:**

(1) Plan a Corto Plazo (PCP)

El plan de corto plazo está dirigido a lograr las siguientes metas físicas:

1) Río Apure: Lograr ocho (8) meses de navegación desde la desembocadura del río hasta el puerto de San Fernando (St-A1) y siete (7) meses de navegación

desde el puerto de San Fernando hasta el Puerto Santos Luzardo (St-A2, A3 y A4).

- 2) Río Portuguesa: Lograr ocho (8) meses de navegación desde el puerto de San Fernando hasta el puerto El Basil (St-A2, P1, P2).

El plan a corto plazo incluye las siguientes obras:

- 1) Obras para canal de derivación: Canal de derivación CaparoUribante Viejo con liberación de agua en la planta generadora de energía hidroeléctrica La Vultosa, en la etapa inicial de desarrollo.
- 2) Obras para tratamiento de ramificaciones con retorno al cauce principal: Sitios Chirel y Bravo/Garzas
- 3) Obras para normalización de la alineación: Para curvas críticas con $R_c < 150$ m. en el río Apure, y de $R_c < 150$ m. en el río Portuguesa
- 4) Obras para mejoramiento de la sección del canal: Para obtener 8 meses de navegación en el plan St-A1, A2, P1 y P2 y 7 meses de navegación en el plan St-A3 y A4.

(2) Plan a Mediano Plazo (PMP)

El objetivo del plan a mediano plazo es obtener el siguiente objetivo físico:

- 1) Río Apure: Obtención de nueve (9) meses de navegación desde la boca del río hasta el puerto San Fernando (St-A1) y ocho (8) meses de navegación desde el puerto San Fernando al puerto Santos Luzardo (St-A2, A3 y A4).
- 2) Río Portuguesa: Obtención de nueve (9) meses de navegación desde el puerto San Fernando hasta el puerto El Baúl (St-A2, P1 y P2).

El plan a mediano plazo incluye las siguientes obras:

- 1) Mejoramiento del flujo por medio del canal de derivación Caparo-Uribante Viejo con liberación de agua en la represa hidroeléctrica La Vultosa en la etapa final de desarrollo.
- 2) Obras para normalización de la alineación: Para curvas críticas con $R_c < 560$ m. en el río Apure y de $R_c < 240$ m. en el río Portuguesa.
- 3) Obras para mejoramiento de la sección del cauce: Para obtener nueve (9) meses de navegación en St-A1, A2, P1 y P2, y 8 meses de navegación en St-A3 y A4. Pueden ser tratados independientemente, ya que

7.3 PLAN PARA MITIGACION DE INUNDACIONES:

(1) Plan a Largo Plazo:

El objetivo del plan a largo plazo es realizar todo el plan propuesto para mitigación de inundaciones. El plan a largo plazo consiste de las siguientes obras:

- 1) Construcción del dique en la margen derecha del río Portuguesa (187 km. de longitud)
- 2) Construcción del dique en la margen derecha del río Guanare (145 km. de longitud)
- 3) Construcción del dique en la margen izquierda del río Apure (155 km. de longitud) o módulos tipo Apure (en sectores específicos)

El orden de implementación del plan a largo plazo está determinado en consideración los puntos de vista económico y ambiental como se indica a continuación:

Orden de implementación	Obras
1 ro	Construcción del dique del río Portuguesa
2 do	Construcción del dique del río Guanare
3 ro	Construcción del dique del río Apure o Módulos

(2) Plan a Corto Plazo:

El plan a corto plazo apunta a la implementación de las obras prioritarias y efectivas del plan a largo plazo. En el plan propuesto para mitigación de inundaciones, las siguientes dos obras fueron tomadas como plan a corto plazo.

- 1) Dique parcial del río Portuguesa (103 km. de longitud), desde la ruta nacional No. 8 a Nueva Florida, en relación con el proyecto de vía férrea.
- 2) Dique parcial del río Guanare (25 km. de longitud), para conectar las carreteras existentes utilizándolas como dique.

7.4 PROGRAMA DE IMPLEMENTACION:

(1) Plan Para Estabilizacion del Cauce (Fig. 22):

El plan a corto plazo deberá ser implementado primero y luego el plan a mediano plazo dependiendo del aumento de la carga a ser transportada y de la viabilidad económica. El programa de implementación fue propuesto tentativamente y debe ser revisado conjuntamente con el plan maestro de navegación. La secuencia de las obras del proyecto sería la siguiente:

- 1) Preparación del proyecto: 1ro. a 5to. año
 - a) Estudio del plan maestro de navegación
 - b) Estudio de factibilidad
 - c) Financiamiento
- 2) Plan a corto plazo:
 - a) Preparación: 1ro. a 2do. año
 - b) Diseño detallado: 1ro. a 2do. año
 - c) Obras de construcción: 3ro. a 7mo. año
- 3) Plan a mediano plazo:
 - a) Preparación: 6to. a 7mo. año
 - b) Diseño detallado: 6to. a 7mo. año
 - c) Obras de construcción: 8vo. a 17mo. año
- 4) Plan a largo plazo: Sin programación (después del 18vo. año)

(2) Plan Para Mitigacion de Inundaciones (Fig. 22):

El plan a corto plazo debe ser implementado primero y luego el plan a largo plazo. La secuencia de las obras del proyecto para mitigación de inundaciones sería la siguiente:

- 1) Período preparatorio: 1ro. a 5to. año
 - a) Estudio de factibilidad
 - b) Financiamiento

- 2) Plan a corto plazo: 2do. a 10mo. año
 - a) Preparación: 2do. a 3er. año
 - b) Diseño detallado: 4to. a 5to. año
 - c) Dique parcial del río Portuguesa para el proyecto de vía férrea (103 km. de longitud): 6to a 8vo. año
 - d) Dique parcial del río Guanare (25 km. de longitud): 9no. a 10mo. año

- 3) Plan a largo plazo: 8vo. a 20vo. año
 - a) Preparación: 9no. a 10mo. año
 - b) Diseño detallado: 9no. a 10mo. año
 - c) Dique del río Portuguesa (los 84 km. restantes): 11ro. a 12do. año
 - d) Dique del río Guanare (los 120 km. restantes): 13ro. a 16to. año
 - e) Dique del río Apure (155 km. de longitud): 17mo. a 20mo. año
Estructuras tipo Modulos de Apure (en algunos areas especificas: 17 mo. a 20 mo. año)

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 PLAN DE ESTABILIZACION DE CAUCE:

(1) Conclusion

El estudio del plan de estabilización de canal concluyó con lo siguiente:

- 1) Considerando la cantidad de carga estimadas no sería practico desde el punto de vista economic hacer cambios radicales en todos los tramos. El mejoramiento del cauce para la navegación en los ríos Apure y Portuguesa debe ser planeada considerando al matimo las características exstentes de esos rios.

- 2) La insuficiente profundidad del agua es el problema principal para la navegación fluvial del río Apure. Los meses navegables en el Apure fueron estimados en 8 para los tramos aguas abajo de San Fernando y en 6 para los tramos aguas arriba. En relación al río Portuguesa, la estrechez del canal y radios de curvatura son los problemas principales. Los meses navegables en el río Portuguesa fueron estimados en ocho (8) para los tramos aguas abajo de la confluencia del río Cojedes y en siete (7) para los tramos aguas arriba.

- 3) Se consideraron tres (3) etapas para el plan de estabilización del cauce para la navegación fluvial, plan a corto, mediano y largo plazo. Los objetivos físicos de los planes son los siguientes:
 - a) Plan a corto plazo: Ocho (8) meses navegables para los tramos desde el río Orinoco, via Puerto San Fernando hasta el puerto El Baúl y siete (7) meses navegables para los tramos desde puerto San Fernando, via Puerto de Nutrias hasta el puerto Santos Luzardo.
 - b) Plan a mediano plazo: Se aumentará en un (1) mes los meses navegables del plan a corto plazo. El plan requiere un mejoramiento de cauce en 10% de su longitud total.
 - c) El plan a largo plazo no ha sido discutido en detalle.
- 4) El plan fue evaluado desde el punto de vista económico como siendo factible, de acuerdo al estudio preliminar.

(2) Recomendación

Se recomiendan los siguientes estudios para profundizar el plan de estabilización de cauce:

- 1) Implementación del estudio sobre el plan maestro de navegación lo más rápidamente posible. El plan maestro será la base de todas las actividades relacionadas con la navegación fluvial, incluyendo la estabilización del cauce. La revisión de la viabilidad económica y del programa de implementación deben ser incluidas en el estudio del plan maestro de navegación.
- 2) Para efectuar estudios geomorfológicos e hidráulicos más detallados sobre medidas para estabilización de cauce, especialmente para las obras de los canales de derivación y tratamiento de ramificaciones.
- 3) Desarrollo de medidas de mejoramiento de canal aplicables a los ríos Apure y Portuguesa por medio de pruebas de modelo hidráulico en el laboratorio y pruebas de prototipos en el campo.

8.2 PLAN DE MITIGACION DE INUNDACIONES:

(1) Conclusión

El plan propuesto para mitigación de inundaciones consiste en esto es, la construcción de diques en las márgenes derechas de los ríos Portuguesa y Guanare

y en la margen izquierda del río Apure o módulos (en algunos lugares específicos) Para el área "C". De acuerdo a la evaluación económica, excepto para los Módulos de Apure, la viabilidad económica de los planes de diques para proteger las áreas "A" y "B" son suficientes, Mientras que la viabilidad económica del plan de dique para proteger el área "C" es relativamente baja.

Por lo tanto, concluimos que la construcción de diques del río Portuguesa y del río Guanare deben continuarse a estudios detallados prestando extremada atención al aspecto ambiental. Sin embargo, como la mitigación o control de inundaciones están estrechamente relacionadas con vidas de personas que viven en el área, la implementación de obras para la mitigación de inundaciones no se pueden decidir tomando únicamente en consideración el aspecto económico. La mitigación de inundaciones en el área "C" debe ser planificada basado en estudios de impacto ambiental más detallados, de tal manera que la construcción del dique en la Margen izquierda del río Apure debe ser evaluada desde el punto de vista ambiental antes de su construcción.

(2) Recomendación

Para el estudio detallado del plan propuesto para mitigación de inundaciones se recomienda lo siguiente:

- 1) Acumular sistemáticamente datos básicos e información tales como hidrología, hidráulica, topografía, geología, geomorfología, etc.
- 2) Establecer un plan de desarrollo más concreto del área sujeto tomando en consideración el aspecto ambiental.
- 3) Relacionar el plan de mitigación y control de inundaciones con el plan de desarrollo mencionado.

TABLAS

Tabla 1 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE REPRESAS EN LA CUENCA DEL RIO PORTUGUESA

Represa	Estado	Dueño	Función	Area de embalse (km2)	Capacidad bruta (mil. m3)	Capacidad efectiva (mil. m3)	Capacidad de la inundación (mil. m3)	Capacidad de control canal aliviadero (m3/seg.)
1. Boconó-Tucupido	Construida	CADAFE/MARNR	P, I, W, F	2,020	3,485	2,595	249	687
2. Guaremal	Construida	-	F	-	4	(Lleno con sedimento)		
3. Las Majaguas	Construida	MARNR	I, F	100	304	303	41	60
4. Cabuy	Construida	MARNR	I	44	11	10	4	80
5. Pao Cachinche	Construida	INOS	I, W	940	170	165	67	760
6. Pao La Balsa	Construida	INOS	I, W	2,700	394	369	56	60
7. Tiznados	Construida	MARNR	I, F	1,480	870	820	229	486
8. Yacambú	En Construcción	MARNR	I, W, F	335	435	313	26	480
9. Las Palmas	En Licifación	MARNR	P, I, W, F	4,325	1,920	1,750	125	170

Nota: No hay datos disponibles P - Generacion de energía eléctrica
I - Irrigación W - Suministro de agua
F - Control de inundación

En marzo de 1993

Tabla 2 PROFUNDIDAD MAXIMA DE INUNDACION POR BLOQUES (PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS) (1/2)

Bloque No	Condición actual	A1		B1		B2A		B2B		C1		C2	
		Prof.	Diferencia	Prof.	Diferencia	Prof.	Diferencia	Prof.	Diferencia	Prof.	Diferencia	Prof.	Diferencia
1	0.25	0.25		0.25		0.25		0.25		0.25		0.25	
2	0.35	0.77	0.42	0.35		0.35		0.35		0.35		0.35	
3	0.10	0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10	
4	0.13	0.13		0.13		0.13		0.13		0.13		0.13	
5	0.05	0.05		0.06	0.01	0.06	0.01	0.06	0.01	0.05		0.05	
6	0.12	0.12		0.12		0.12		0.12		0.12		0.12	
7	0.24	0.10	-0.14	0.24		0.24		0.24		0.24		0.24	
8	0.29	0.41	0.12	0.30	0.01	0.29	0.01	0.29		0.29		0.29	
9	0.18	0.18		0.20	0.02	0.19	0.01	0.19	0.01	0.18		0.18	
10	0.17	0.17		0.24	0.07	0.24	0.07	0.24	0.07	0.17		0.17	
11	0.37	0.17	-0.20	0.37		0.37		0.37		0.37		0.37	
12	0.52	0.40	-0.12	0.53	0.01	0.53	0.01	0.53	0.01	0.52		0.52	
13	0.07	0.07		0.06	-0.01	0.06	-0.01	0.06	-0.01	0.07		0.07	
14	0.08	0.08		0.08		0.08		0.08		0.08		0.08	
15	0.14	0.14		0.14		0.12	-0.02	0.12	-0.02	0.14		0.14	
16	0.30	0.30		0.25	-0.05	0.23	-0.07	0.20	-0.10	0.30		0.30	
17	0.49	0.45	-0.04	0.49		0.48	-0.01	0.48	-0.01	0.49		0.49	
18	1.77	1.74	-0.03	1.78	0.01	1.78	0.01	1.78	0.01	1.77		1.77	
19	0.13	0.13		0.13		0.13		0.13		0.13		0.13	
20	0.41	0.41		0.41		0.41		0.42	0.01	0.13		0.13	
21	0.50	0.50		0.47	-0.03	0.52	0.02	0.54	0.04	0.36		0.36	
22	0.07	0.07		0.07		0.07		0.07		0.07		0.07	
23	0.31	0.31		0.31		0.31		0.31		0.31		0.31	
24	1.28	1.28		1.28		1.28		1.28		1.90		1.90	

Nota: A1 Dique para el río Portuguesa (margen derecha)

B1 Dique para el río Guanare (margen derecha)

B2A Dique para el río Guanare (margen derecha) + mejoramiento del río Guanare Viejo

B2B Dique para el río Guanare (margen derecha) + mejoramiento del río Guanare Viejo

C1 Dique para el río Apure (margen izquierda)

C2 Dique para el río Apure (margen izquierda - acortado)

D1A Canal de derivación para mejoramiento del aliviadero existente

D1B D1A + nuevo canal de derivación

D2 Embalse moderador aplicado al módulo tipo Apure

General Plan A1 + Plan B1 + Plan C1

Tabla 2 PROFUNDIDAD MAXIMA DE INUNDACION POR BLOQUES (PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS) (2/2)

Bloque No.	D1A		D1B		D2		Plan general	
	Prof.	Diferencia	Prof.	Diferencia	Prof.	Diferencia	Prof.	Diferencia
1	0.25		0.25		0.25		0.25	
2	0.35		0.35		0.56	0.21	0.77	0.42
3	0.10		0.10		0.10		0.10	
4	0.13		0.13		0.13		0.13	
5	0.05		0.05		0.05		0.06	0.01
6	0.12		0.12		0.11	-0.01	0.11	-0.01
7	0.24		0.24		0.62	0.38	0.10	-0.14
8	0.29		0.29		0.40	0.11	0.41	0.12
9	0.18		0.18		0.18		0.18	
10	0.17		0.17		0.17		0.24	0.07
11	0.37		0.37		0.51	0.14	0.17	-0.20
12	0.52		0.52		0.56	0.04	0.41	-0.11
13	0.07		0.07		0.07		0.06	-0.01
14	0.08		0.08		0.08		0.08	
15	0.14		0.14		0.14		0.14	
16	0.30		0.30		0.30		0.25	-0.05
17	0.49		0.49		0.40	-0.09	0.41	-0.08
18	1.77		1.77		1.67	-0.10	1.74	-0.03
19	0.13		0.13		0.17	0.04	0.13	
20	0.41		0.41		0.41		0.13	-0.28
21	0.50		0.50		0.43	-0.07	0.31	-0.19
22	0.07		0.07		0.43	0.36	0.07	
23	0.31		0.31		0.30	-0.01	0.31	
24	1.28		1.28		1.90	0.62	1.90	0.62

Nota:

A1 Dique para el río Portuguesa (margen derecha)

B1 Dique para el río Guanare (margen derecha)

B2A Dique para el río Guanare (margen derecha) + mejoramiento del río Guanare Viejo

B2B Dique para el río Guanare (margen derecha) + mejoramiento del río Guanare Viejo

C1 Dique para el río Apure (margen izquierda)

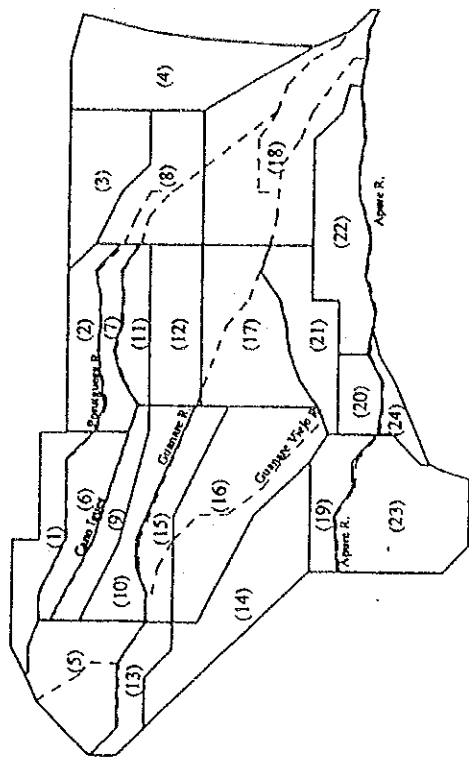
C2 Dique para el río Apure (margen izquierda - acortado)

D1A Canal de derivación para mejoramiento del aliviadero existente

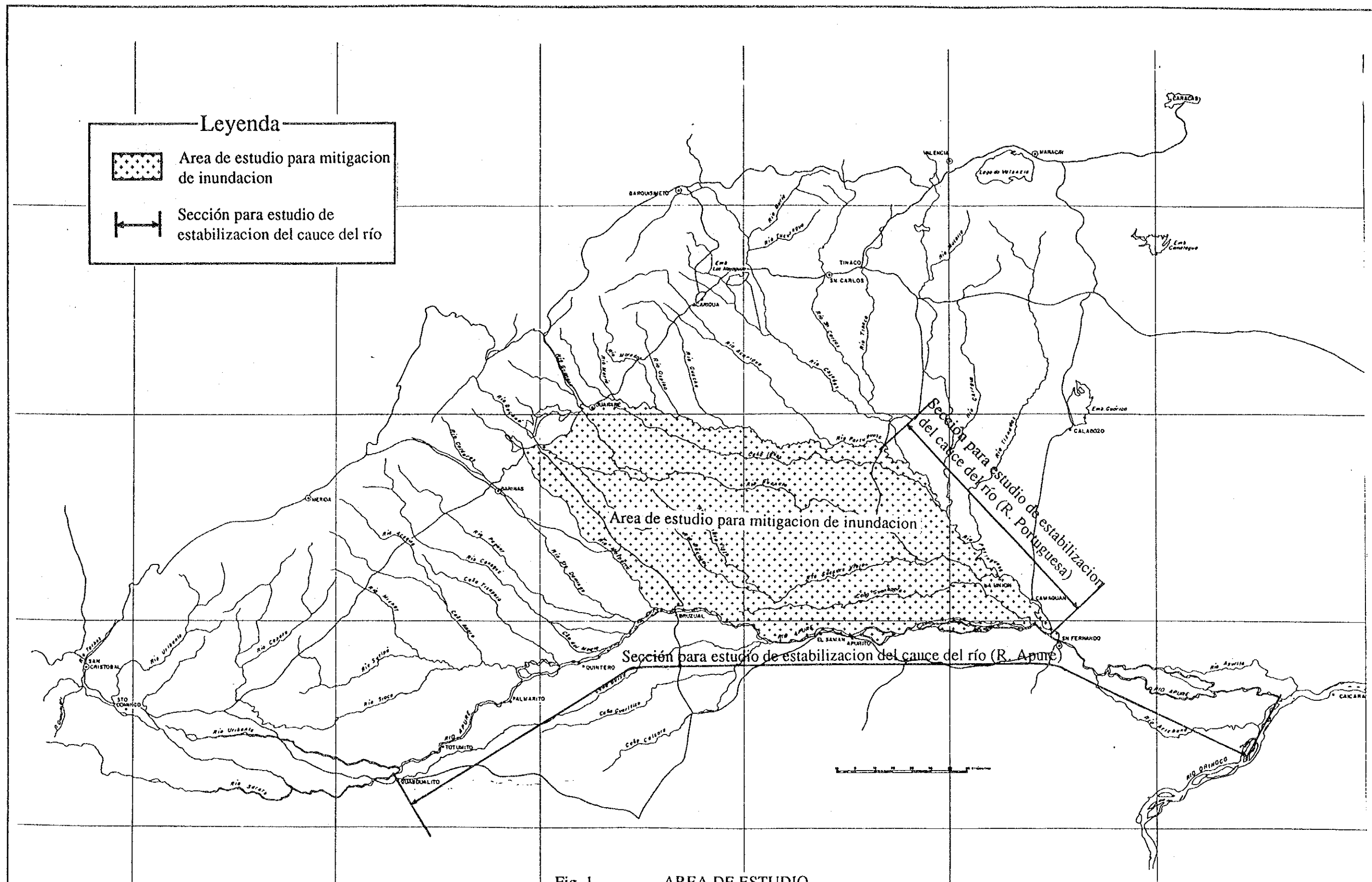
D1B D1A + nuevo canal de derivación

D2 Embalse moderador aplicado al módulo tipo Apure

General Plan A1 + Plan B1 + Plan C1



FIGURAS



THE REPUBLIC OF VENEZUELA
 COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
 OF THE APURE RIVER BASIN
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

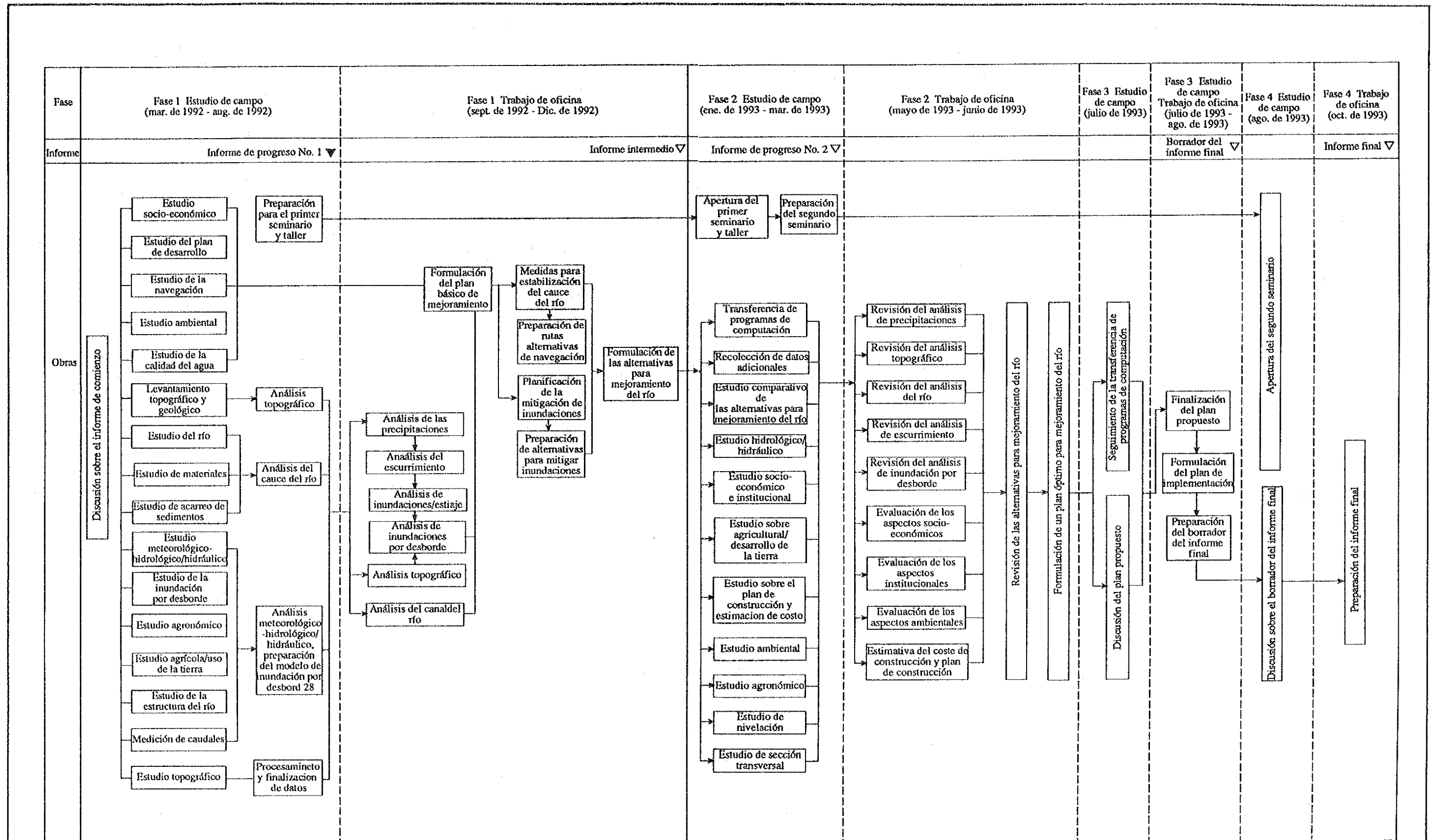


Fig. 2 FLUJO TOTAL DE LAS OBRAS DEL ESTUDIO

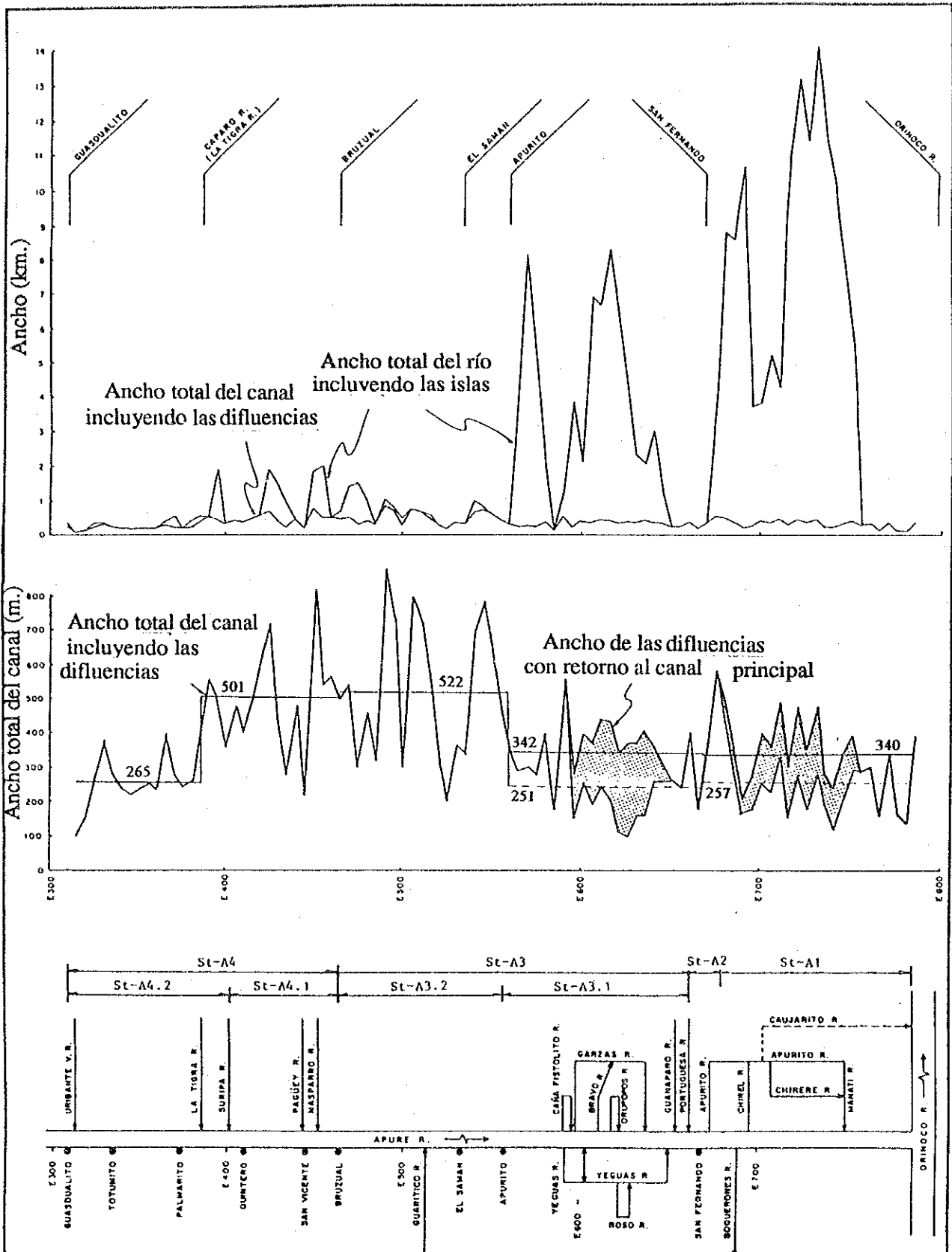


Fig. 3 CARACTERISTICAS GENERALES DEL RIO APURE (1/2)

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
 COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
 OF THE APURE RIVER BASIN
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

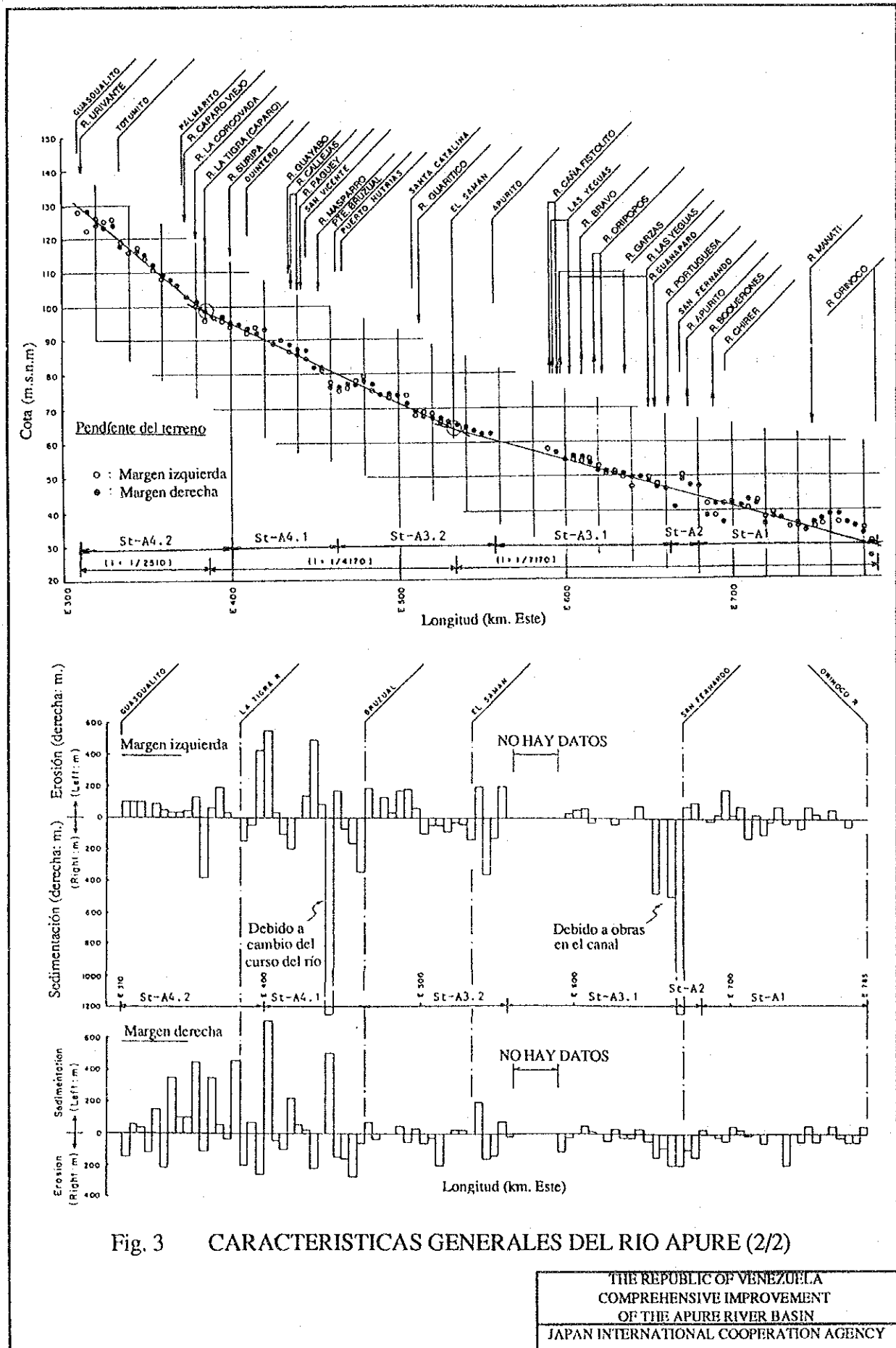


Fig. 3 CARACTERISTICAS GENERALES DEL RIO APURE (2/2)

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
 COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
 OF THE APURE RIVER BASIN
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

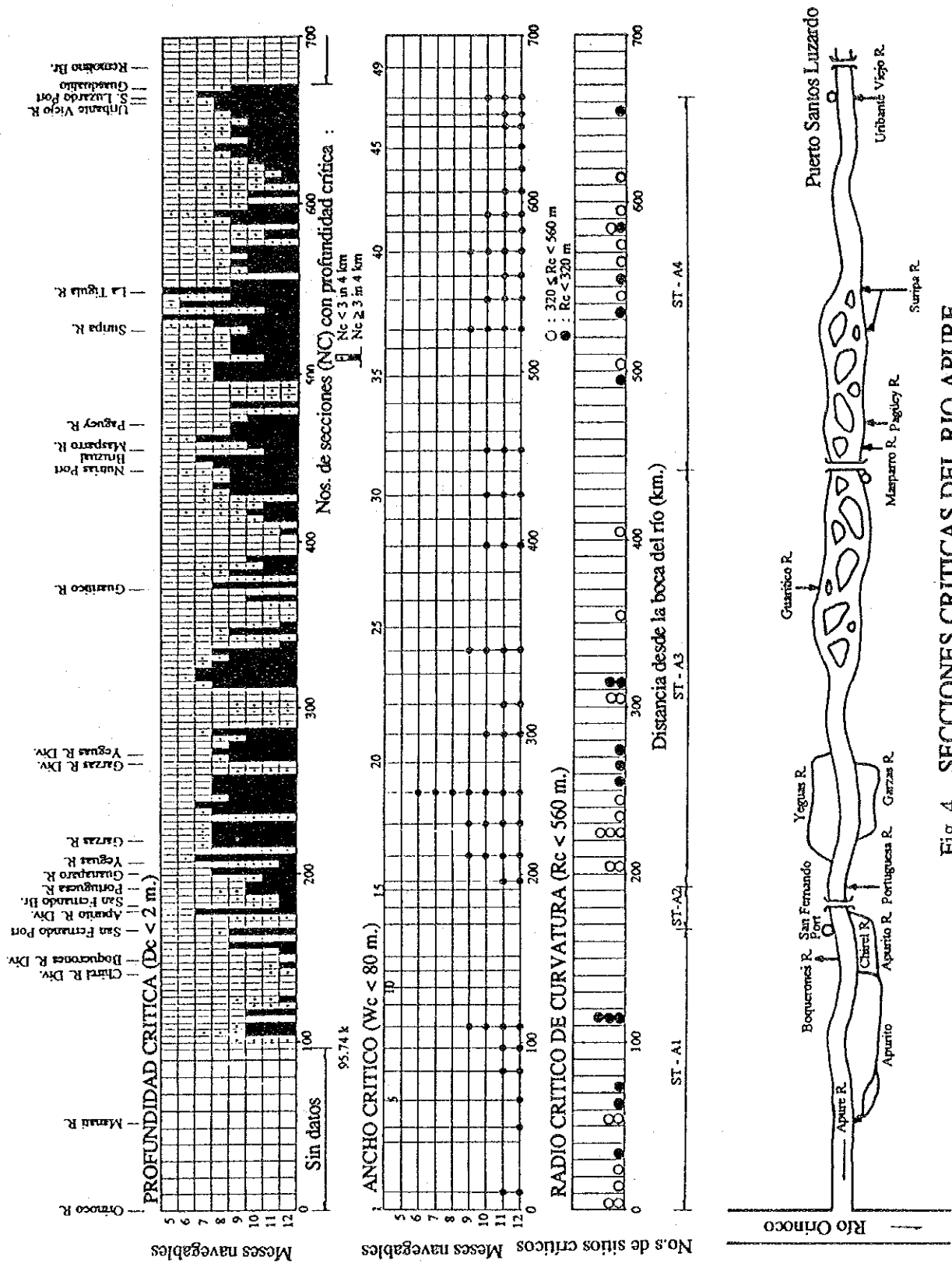


Fig. 4 SECCIONES CRITICAS DEL RIO APURE

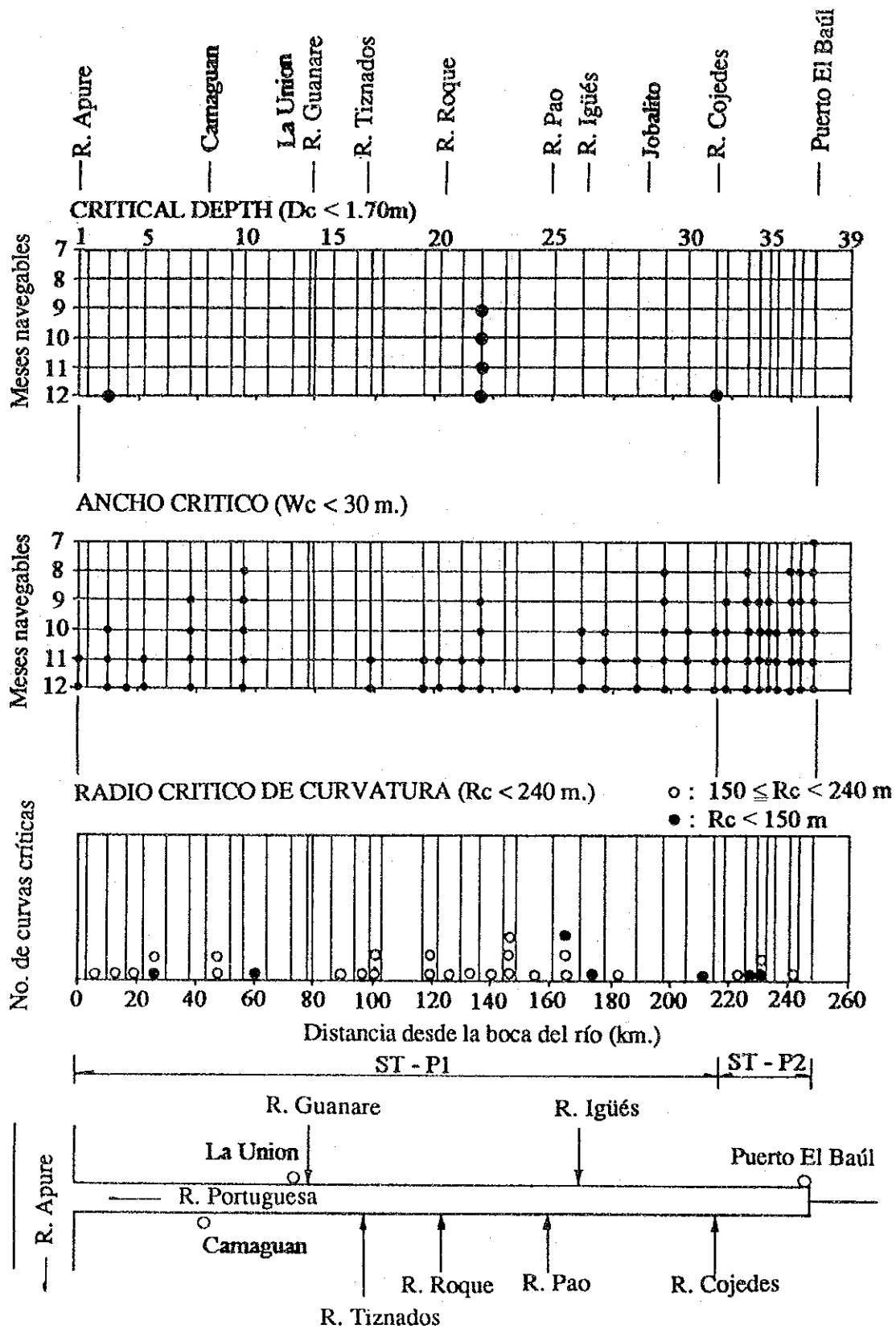


Fig. 5
SECCIONES CRITICAS DEL RIO PORTUGUESA

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
OF THE APURE RIVER BASIN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

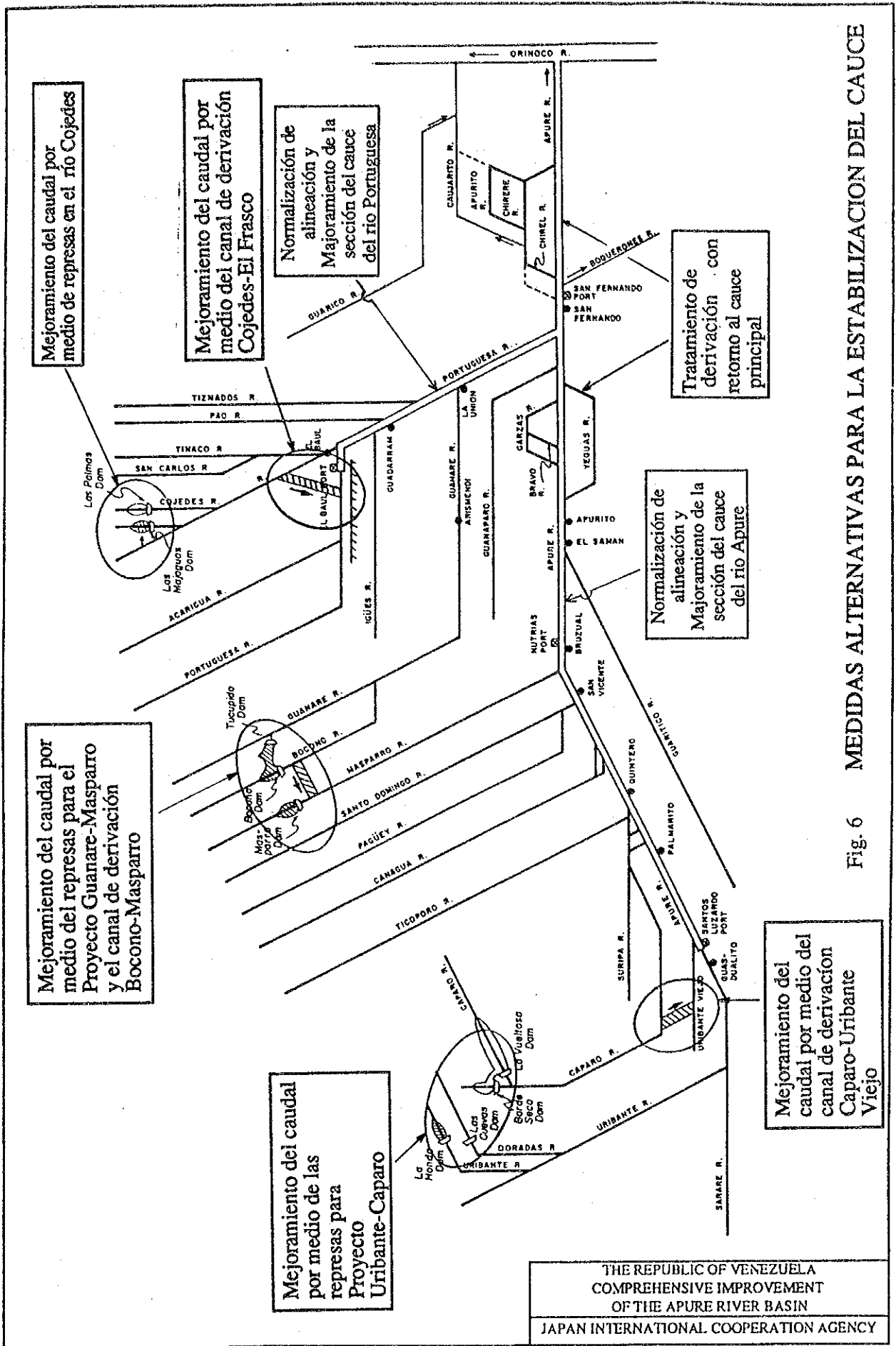
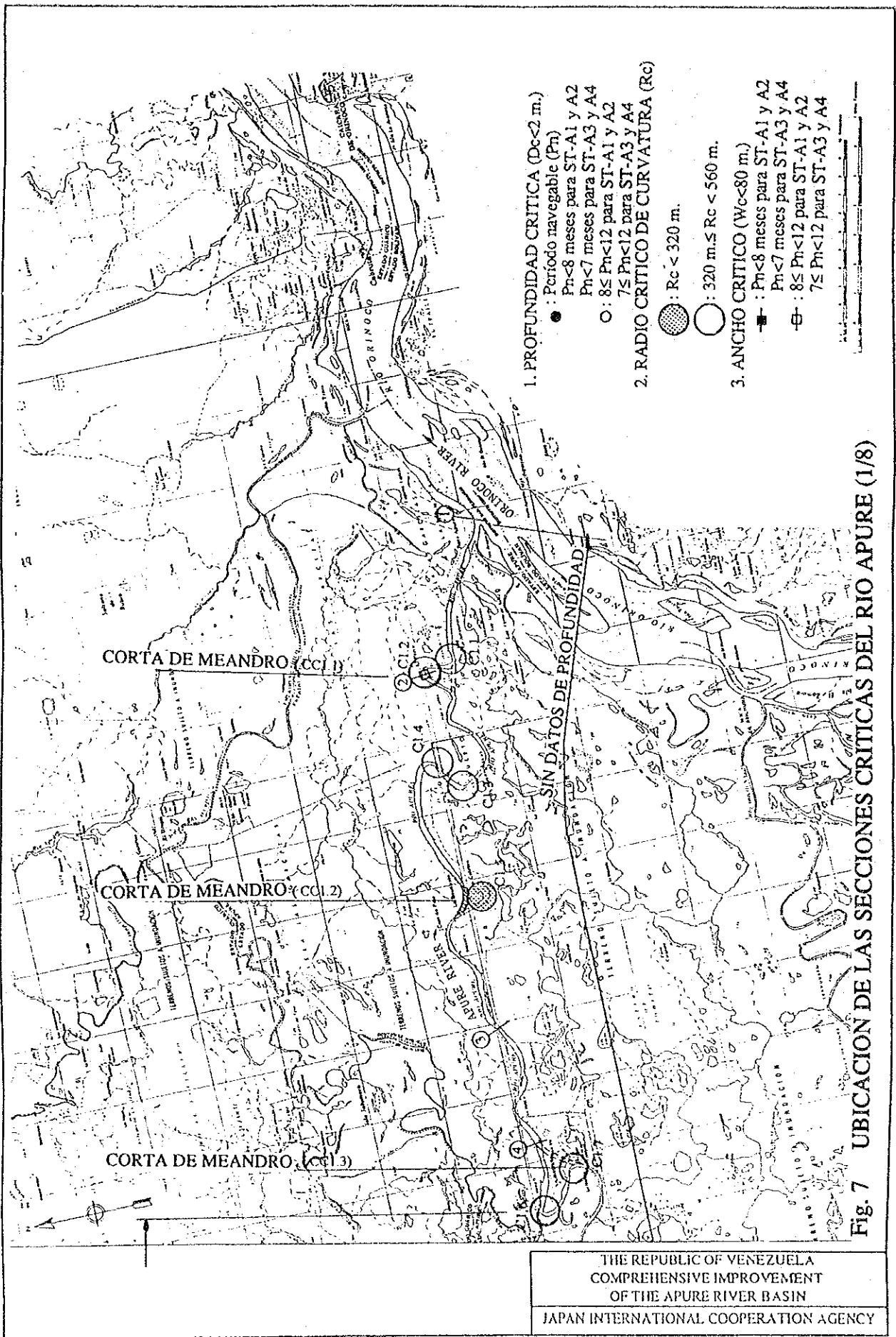
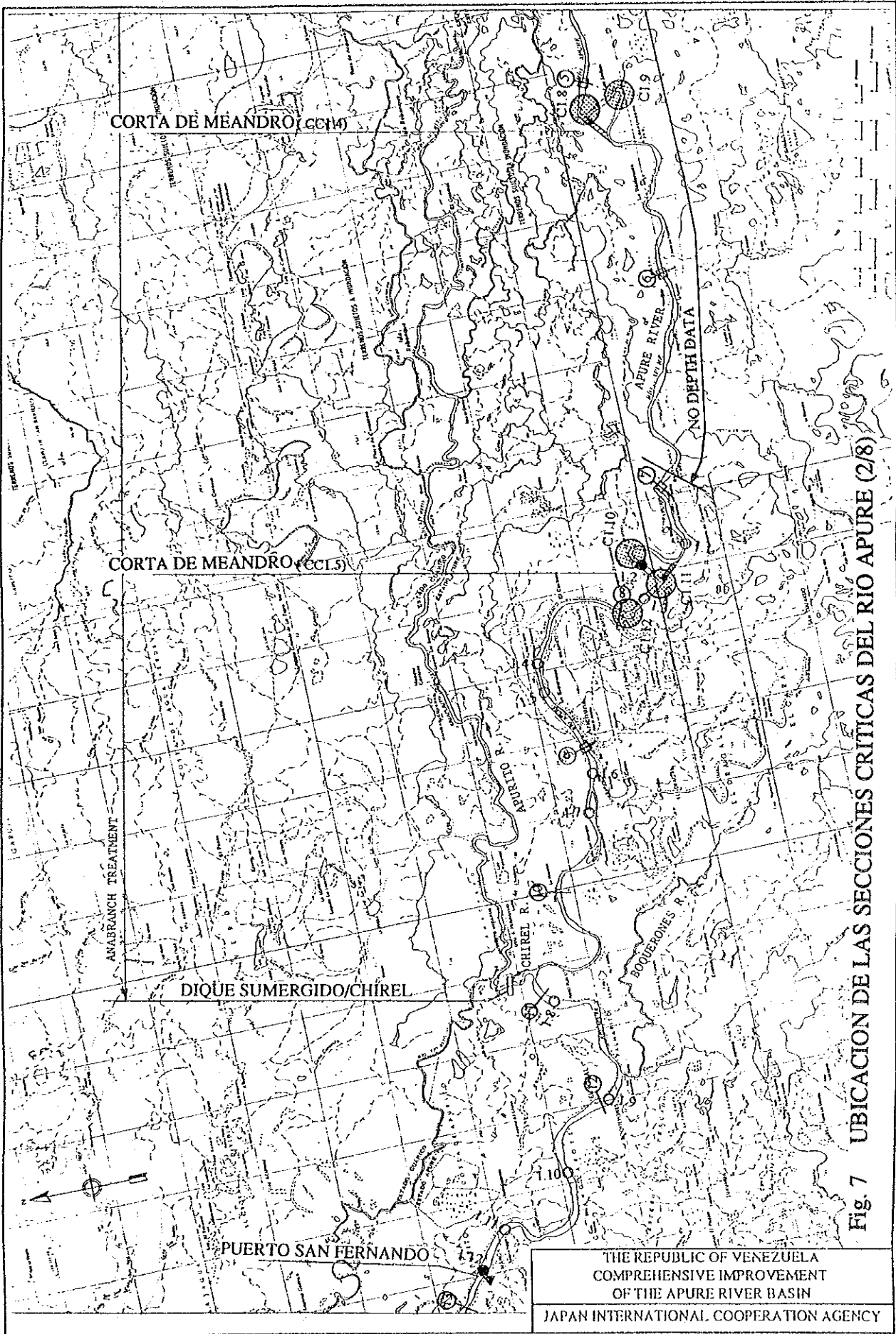


Fig. 6 MEDIDAS ALTERNATIVAS PARA LA ESTABILIZACION DEL CAUCE





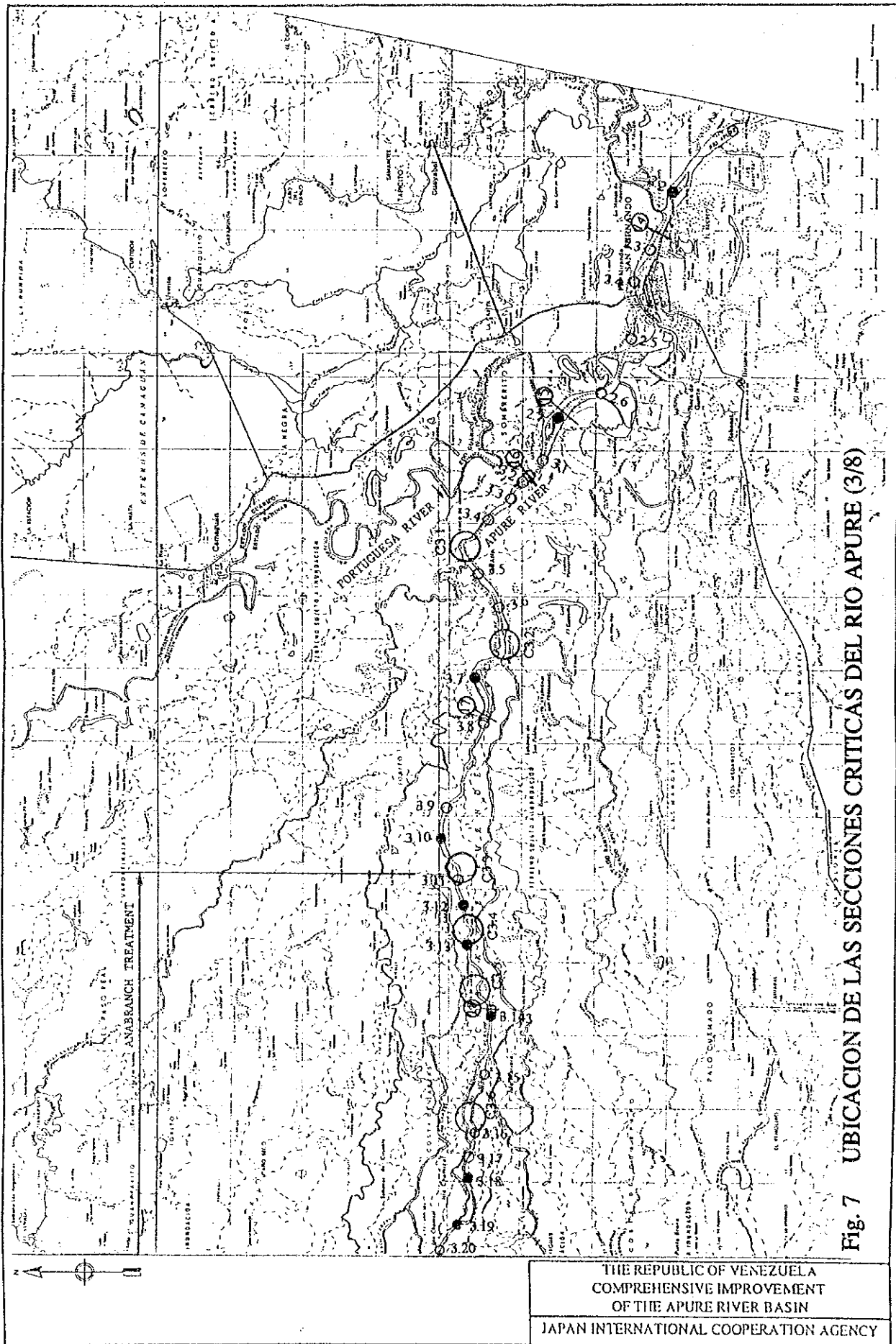


Fig. 7 UBICACION DE LAS SECCIONES CRITICAS DEL RIO APURE (3/8)

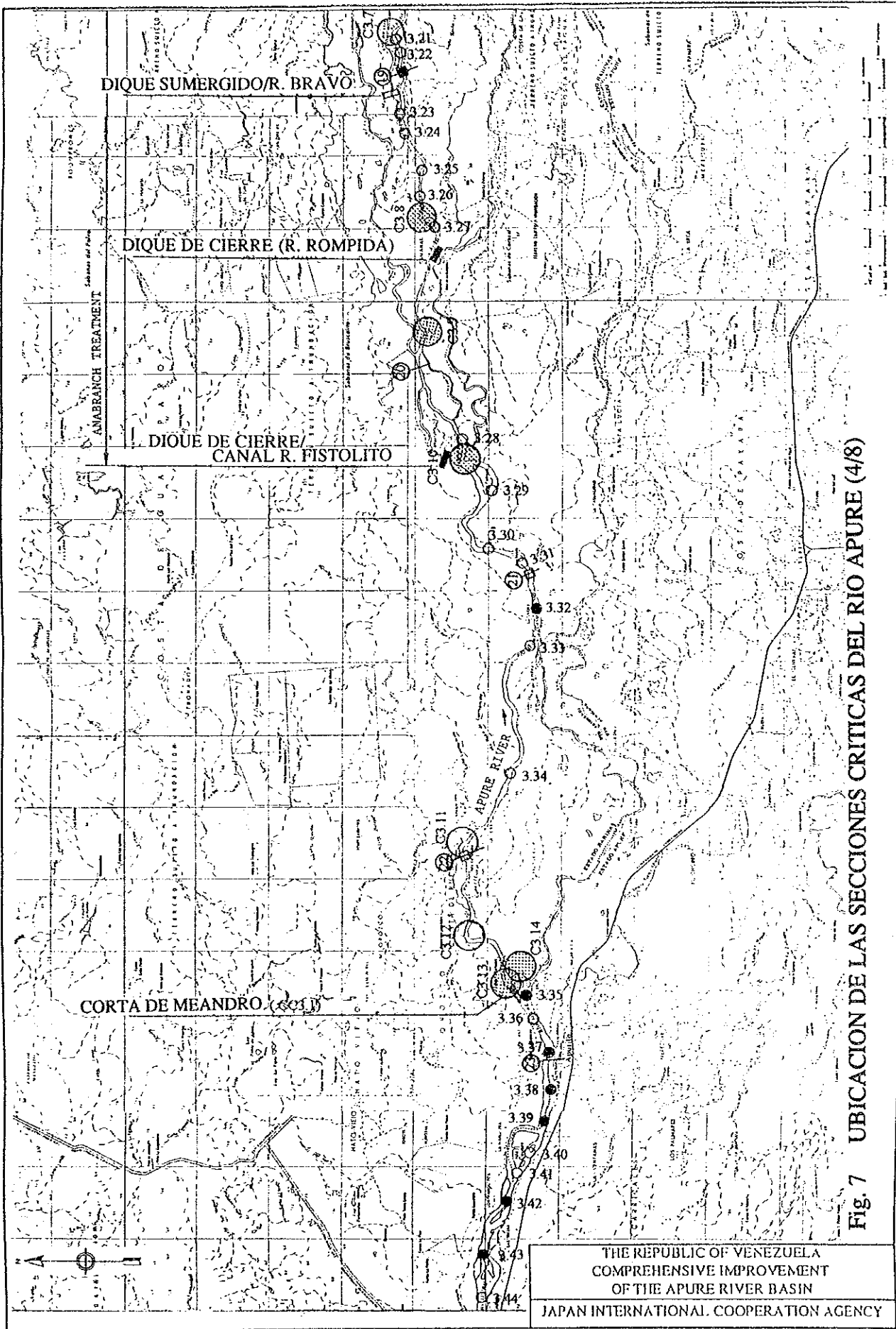


Fig. 7 UBICACION DE LAS SECCIONES CRITICAS DEL RIO APURE (4/8)

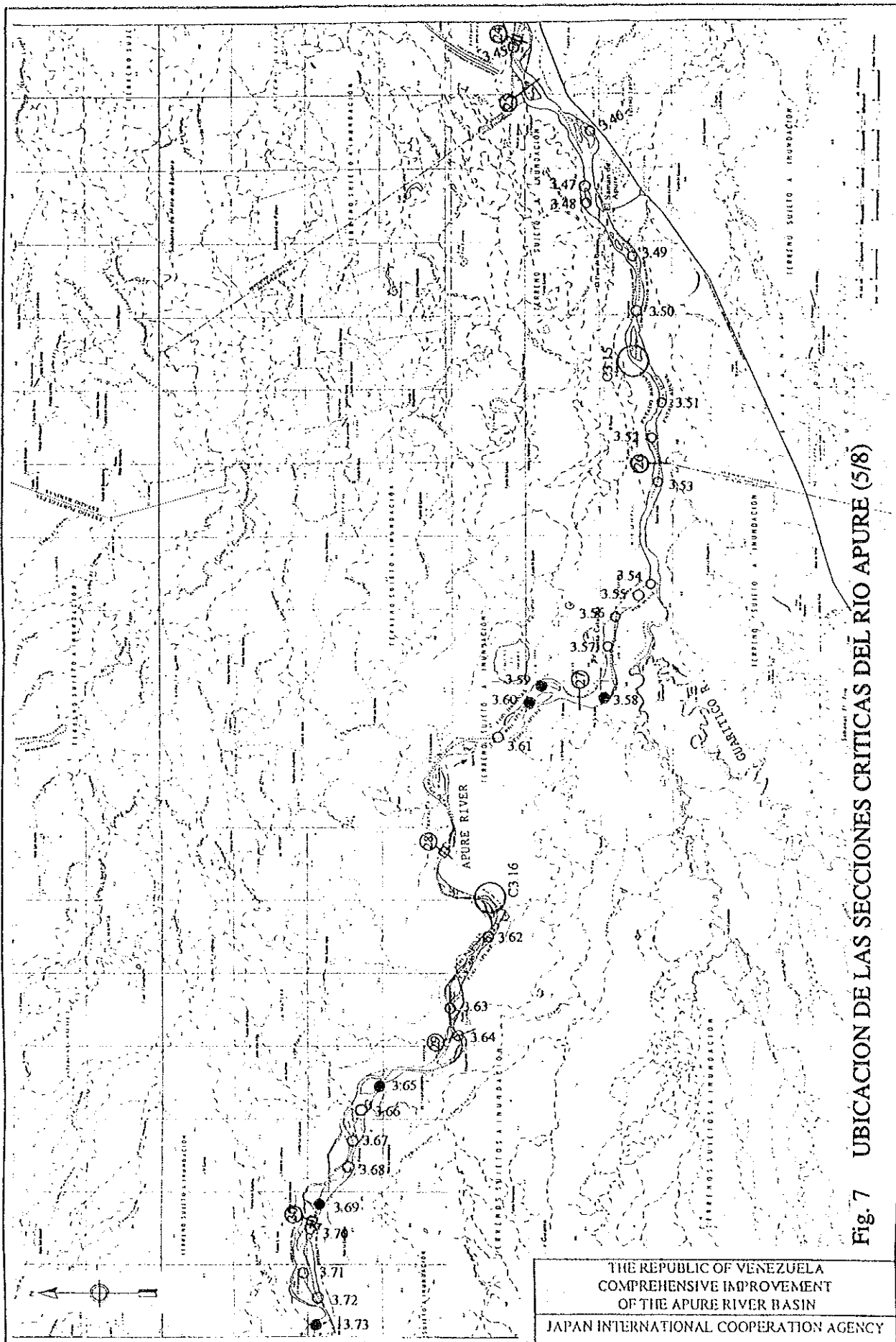


Fig. 7 UBICACION DE LAS SECCIONES CRITICAS DEL RIO APURE (5/8)

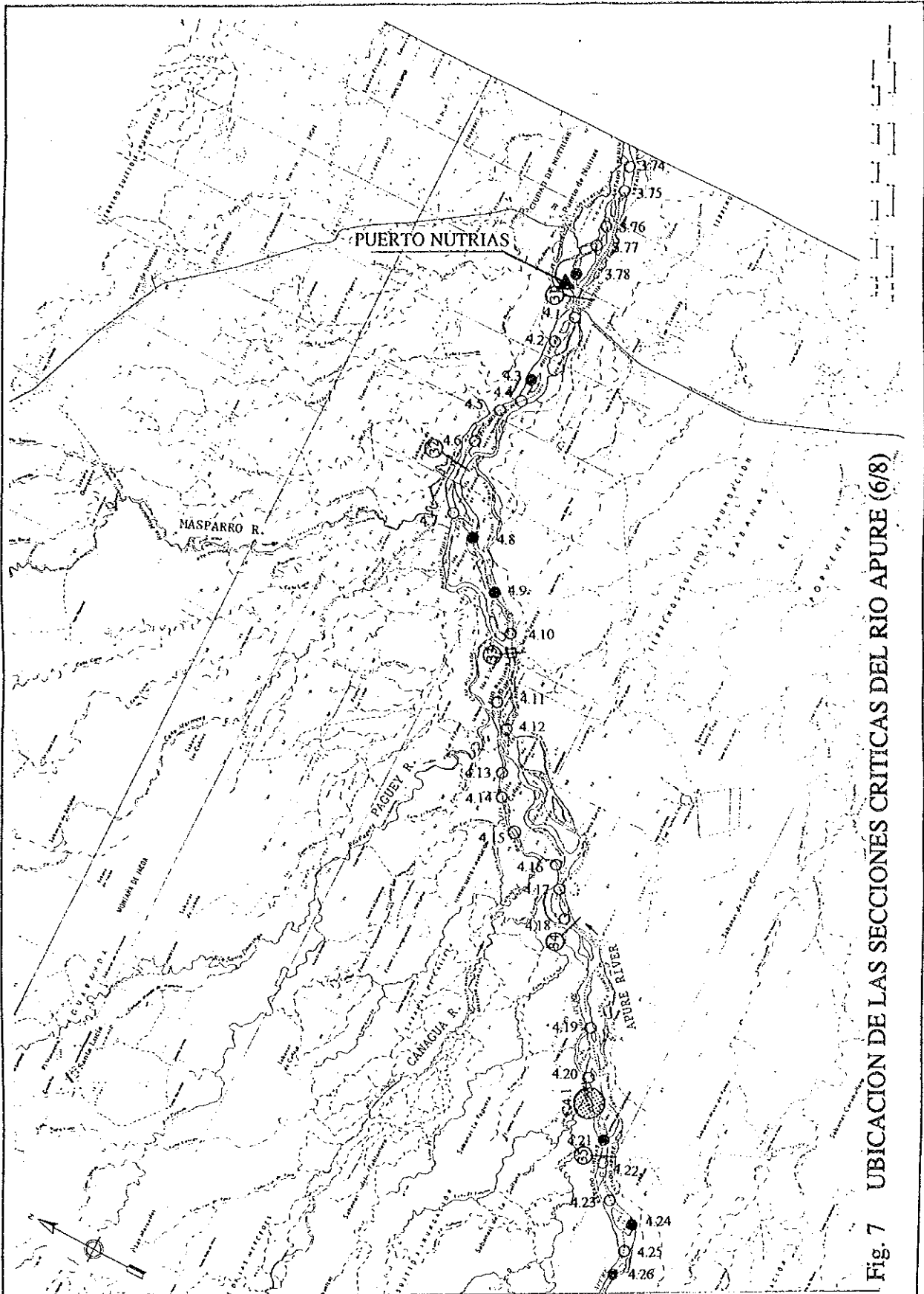


Fig. 7 UBICACION DE LAS SECCIONES CRITICAS DEL RIO APURE (6/8)

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
 COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
 OF THE APURE RIVER BASIN
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

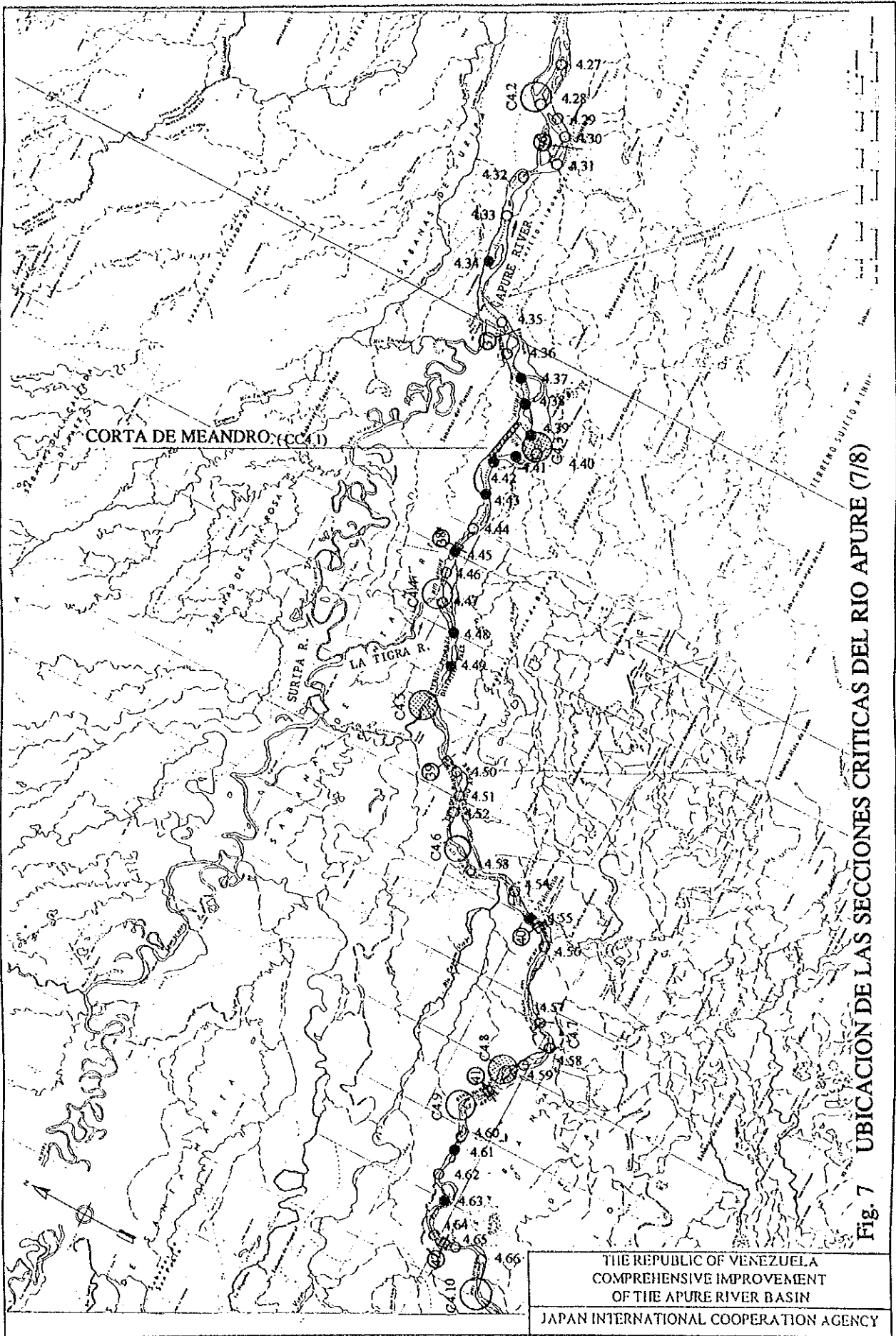


Fig. 7 UBICACION DE LAS SECCIONES CRITICAS DEL RIO APURE (7/8)

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
 COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
 OF THE APURE RIVER BASIN
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

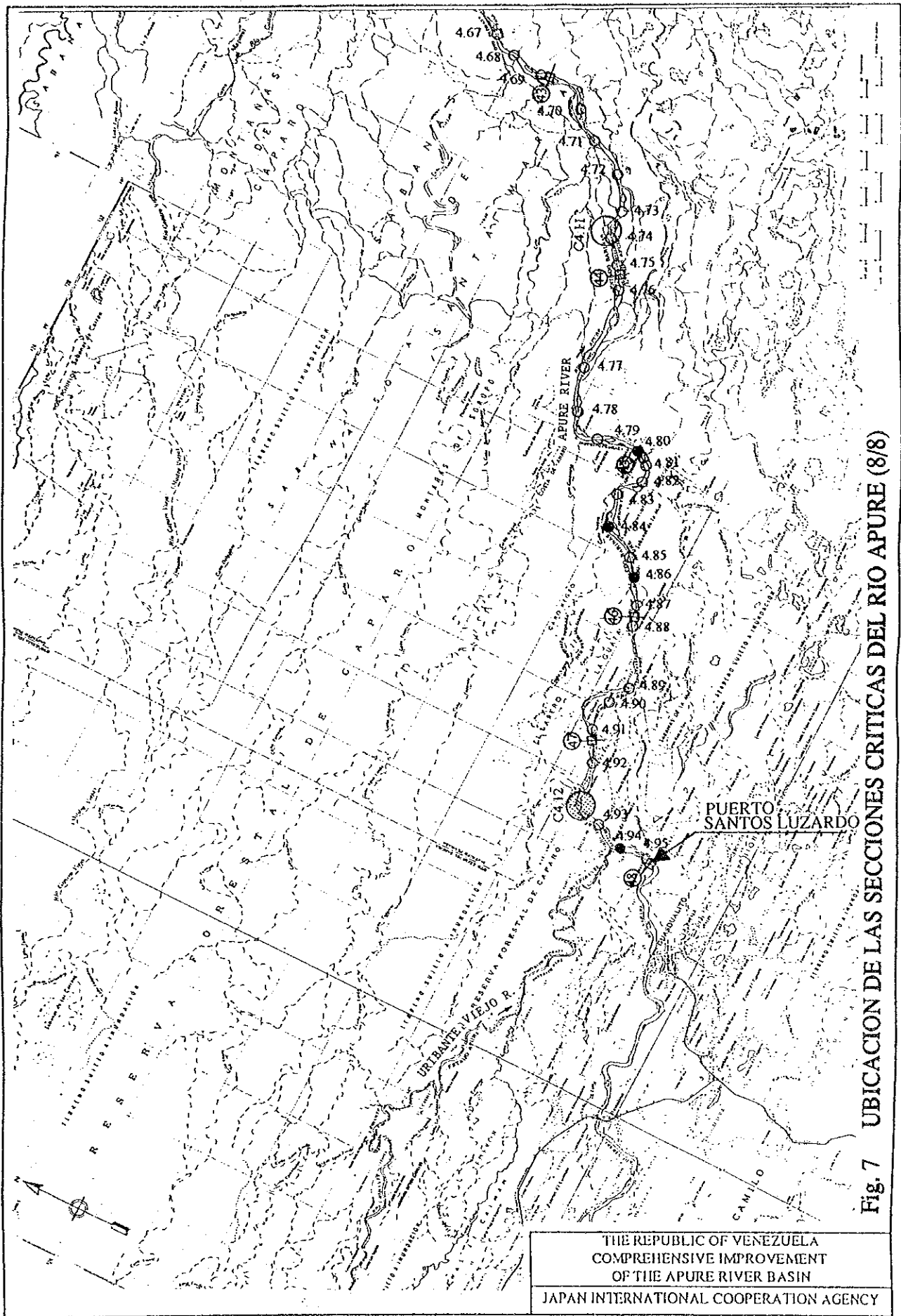


Fig. 7 UBICACION DE LAS SECCIONES CRITICAS DEL RIO APURE (8/8)

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
 COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
 OF THE APURE RIVER BASIN
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

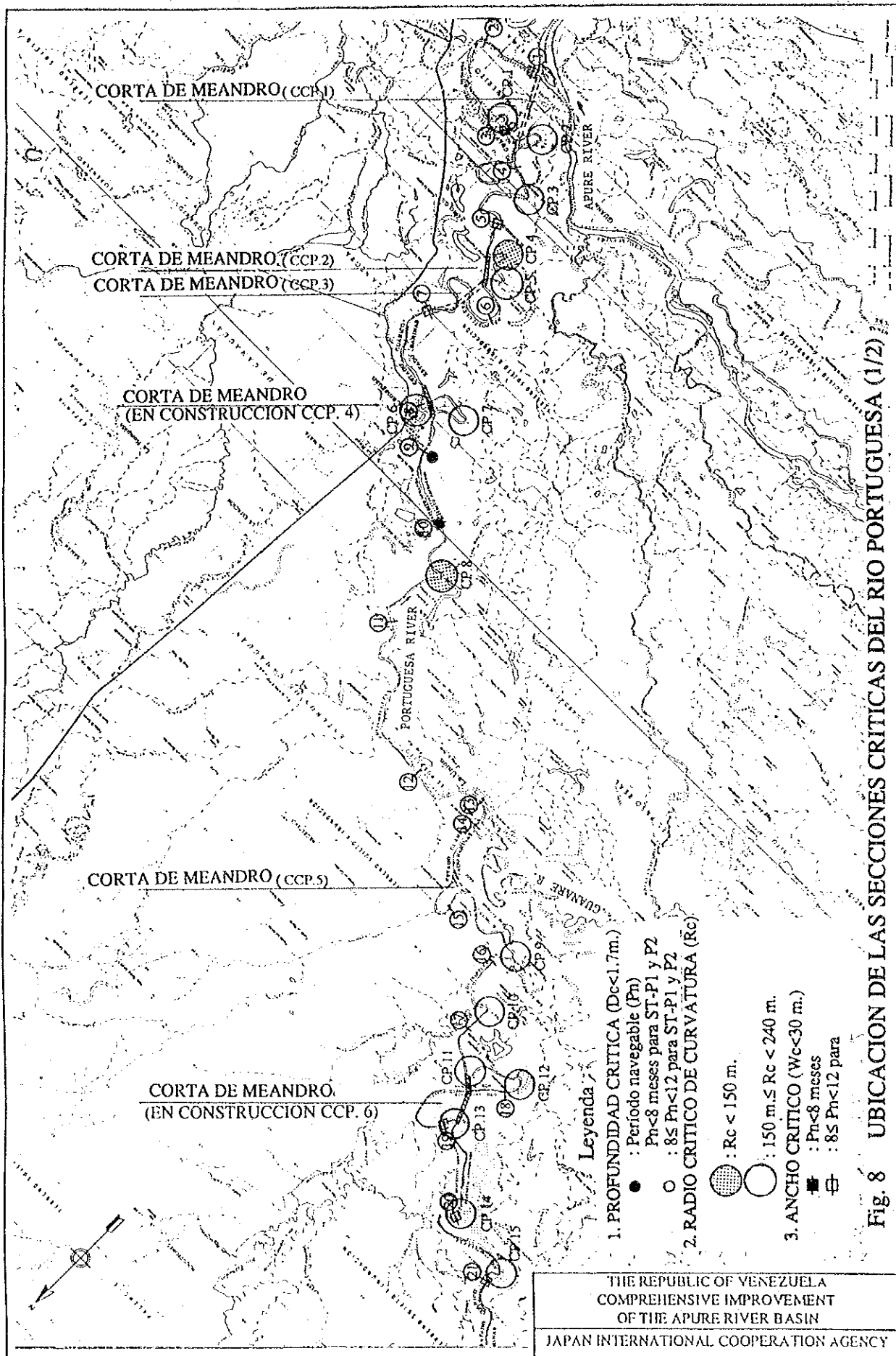


Fig. 8 UBICACION DE LAS SECCIONES CRITICAS DEL RIO PORTUGUESA (1/2)

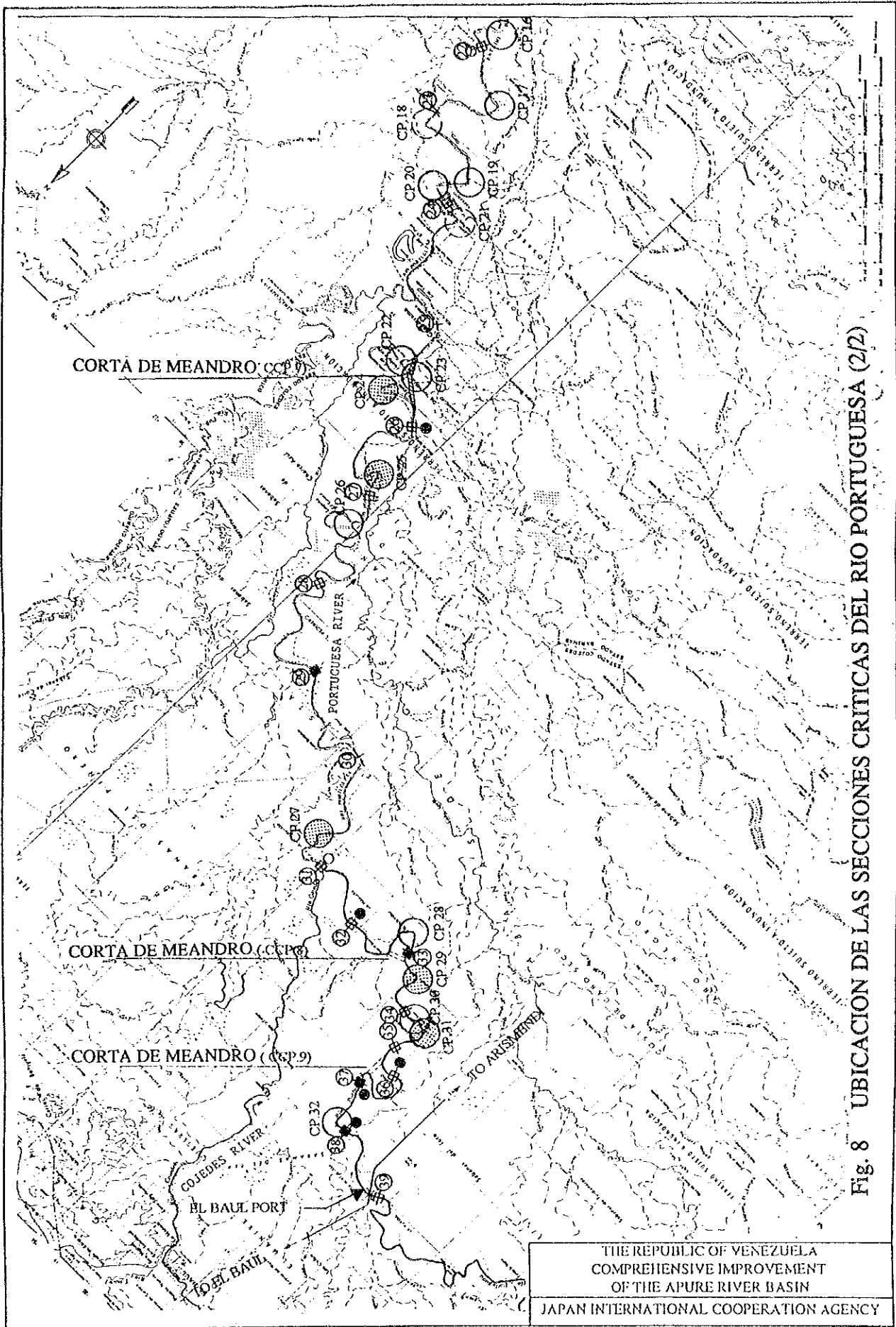


Fig. 8 UBICACION DE LAS SECCIONES CRITICAS DEL RIO PORTUGUESA (2/2)

THE REPUBLIC OF VENEZUELA
 COMPREHENSIVE IMPROVEMENT
 OF THE APURE RIVER BASIN
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY