a) Area plana

- Se ha planeado trabajos de mejoramiento en el cauce en el tramo (1/30 - 1/100) entre el punto de control de diseño y el punto de sub-control de diseño, a fin de estabilizar el curso del río.

b) Area montañosa

- Cinco (5) presas de control se han planificado en el tramo (1/19 - 1/15) aguas arriba del punto de sub-control. También, se han planificado dos presas de control en cada uno de los dos tributaios para controlar el flujo de avalanchas.

7.5 Area de Peligro Potencial por Flujo de Avalanchas

Las formas de terreno tales como conos de talud, conos aluviales y abanicos aluviales explican una historia de la producción y descarga regional de sedimentos. Los conos aluviales y abanicos aluviales podrían haber sido desarrollados por flujos de sedimento y flujos de avalancha en el pasado. Dado que la ocurrencia de flujos de avlancha, etc., se repite cada cierto período de tiempo, las áreas alrededor de estas formas de terreno probablemente continuarán experimentando las mismas ocurrencias.

Para una parte de las propuestas medidas no-estructurales, las áreas con peligro de flujos de avalancha se han identificado tentativamente para el área de estudio. Estas áreas de peligro de flujos de avalancha se han establecido refiriéndose tanto a la información obtenida de las formas de terreno, a la identificación basada en las fotografías aéreas tomadas en 1992 y en los méstodos de designación de áreas con peligro de flujos de avalancha desarrollados en el Japón. Una explicación detallada del método será dada después en el Reporte de Apoyo D.

Los flujos de avalancha peligrosos y las áreas son identificados de factores principalmente relacionados con la ocurrencia de flujos de avalancha, tales como pendiente del lecho del río, escala de la cuenca de drenaje y registros pasados de flujos de avalancha. Los resultados se presentan en las *Figs.* 7.6 (1)-(4).

TABLAS

TABLA 7.1 PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN AREAS NUEVAS Y AREAS DERRUMBADAS EN EXPANSION

C.P Drainage Basin Cuenca de Drenaje	D.A km²	A km²	r1 %	d1 m	L0 m	W0 m	d0 m	V1 x10³ m³
Rio Choloma Basin								
① Rio Majaine	34.63	33.49	9.68	1.0				3241.7
② Rio La Jutosa	20.39	18.29	9.68	1.0				1770.5
Remains	16.62	10.04	9.68	1.0				972.0
△ Rio Choloma (Total)	71.64							5984.2
Rio Blanco Basin								
① Rio del Zapotal	17.92	17.92	9.68	1.0				1734.5
② Rio de Armenta	9.02	9.02	9.68	1.0				873.1
③ Rio Chiquito	7.47	6.98	9.68	1.0				675.7
Remains	9.49	5.29	9.68	1.0				512.2
△ Rio Blanco (Total)	43.90	39.21						3795.5
Rio Santa Ana Basin								
① Rio Santa Ana	22.39	22.39			33760	2	1	67.4
Remains	15.24	6.02			13500	2	1	27.0
△ Rio Santa Ana (Total)	37.63	28.59			47260	2	1	94.4
Rio Piedras								
① Rio Piedras	20.09	20.09			25470	2	1	51.0
Remains	10.78	6.68			10680	2	1	21.4
△ Rio Piedras (Total)	30.87	26.77			36150	2	1	72.4

Note/Nota :

C.P, △ : Design control point / Punto de control de diseño
① : Sub-control point and number / Punto de sub-control y numero
Remains : Remains of drainage area / Restos en area de cuenca
D.A : Drainage area / Area de cuenca
A : Mountain slope area / Area montañosa
r1 : Ratio of collapsed area occured in 1974
/ Porcentaje de area de derrumbamiento ocurrio en 1974
d1 : Average collapsed depth
/ Profundidad promedio de pendiente derrumbadas
L0 : Zero order valley length / Longitud del valle de orden cero
W0 : Zero order valley width / Ancho del valle de orden cero
d0 : Thickness of zero order valley deposits
/ Espesor de depositos en el valle de orden cero
V1 : Sediment yield of newly and expanding collapsed area
/ Produccion de sedimentos en areas nuevas y areas derrumbados en expansion

Value of L0, W0, and d0 have been estimated based on aerial photo-interpretation and field investigations

(Rio Choloma and Rio Blanco)

$$V1 = A \times r1 \times d1$$

(Rio Santa Ana and Rio Piedras)

$$V1 = L0 \times W0 \times d0$$

TABLA 7.2 CALCULO DE DESCARGA DE INUNDACION

River Basin / River / Stream Order & Name	A	Main Stream H_1	H_2	H	L	L/H	W	T_o	T_1	T	R_{24}	r	f	Q
Rio Choloma Basin														
Rio Majaine 4-1	12.91	317	103	214	5560	26	3.5	26	30	56	340	68	0.73	178
Rio del Ocotillo 4-2	13.51	377	103	274	3200	12	3.5	15	30	45	340	71	0.70	187
Rio Chiolma 4-1,4-2	26.42													365
		103	75	28	1530	55	3.5	7						
Rio Chiolma 5-1-1	34.63	75	68	7	2020	289	2.1	16		79	340	63	0.67	406
Rio La Jutosa 4-3	20.39	549	68	481	8650	18	3.5	41	30	71	340	65	0.67	247
Rio Choloma 4-3,5-1-1	55.02													653
		68	65	3	600	200	2.1	5						
Rio Choloma	71.64	65	31	34	4050	119	3.0	23		107	340	58	0.64	739
Rio Blanco														
Rio Armenta 3-3-1	9.02	500	120	380	2000	5	3.5	10	30	40	340	72	0.80	144
Rio Armenta 3-3	9.31	120	76	44	1980	45	3.5	9		49	340	70	0.80	145
Rio del Zapotal 4-1-1	17.92	940	160	780	4500	6	3.5	21	30	51	340	69	0.80	275
Rio del Zapotal 4-1	19.93	160	76	84	3600	43	3.5	17		68	340	66	0.80	292
Rio Chiquito 3-5,3-6	7.47	240	160	80	2000	25	3.5	10	30	40	340	72	0.80	120
Rio Chiquito 4-3	9.97	160	60	100	4000	40	3.5	19		59	340	68	0.80	151
Rio Santa Ana														
Rio Santa Ana 4-1-1	22.39	1200	150	1050	8200	8	3.5	39	30	69	340	65	0.80	323
Rio Santa Ana 4-1	37.63	150	64	86	4200	49	3.5	20		89	340	61	0.80	510
Rio Piedras														
Rio Piedras 3-1-1,3-1-2	20.09	1000	69	931	7500	8	3.5	36	30	66	340	66	0.80	295
Rio Piedras 4-1	30.87	69	66	3	4600	1533	2.1	37		103	340	58	0.80	398

Note:

A (km²) = Catchment area / Area de cuenca

H_1 (m) = Highest elevation (segment) / Elevacion mas alta

H_2 (m) = Lowest elevation (Segment) / Elevacion mas bajo

$H = H_1 - H_2$

L (m) = Length of watercourese (Segment) / Longitud del canal

W = Average flood velocity / Velocidad media del flujo (3.5=(L/H≦100), 3.0=(200≧L/H>100), 2.1=(L/H>200))

T_o (min) = Arrival time from a upatream point to the calculation point along the river (L/W)
/ Tiempo de llegada desde un punto aguas arriva a lo largo del rio

T_1 (min) = Arrival time of surfacewater or groundwater from at a rainfall point on mountaonous slope to the river course
/ Tiempo de concentracion desde un punt de lluvia en vertiente montaña hasta curso del rio

T (min) = Arrival time of flood concentration to the calculation point
/ Tiempo de llegada del concentracion del flojo a un punto de calculo

R_{24} (mm/24 hour) = Maximum recorded 24-hour rainfall / Lluvia maxima recuerda de diaria

r (mm/hr) = Average rainfall intensity within the time of flood concentration / Intensidad media de lluvia
$r = R_{24} \times Ct/100$, $Ct = 34710/(t^{1.35} + 1502)$ (Iizuka formula)

f = Run-off coefficient / Coeficiente de escorrentia

Q (qu.m/sec) = Peak discharge / Descarge pico, $Q = 0.2778 \cdot f \cdot r \cdot A$ (Rational formula)

TABLA 7.3 PRODUCCION DE SEDIMENTOS DEBIDO A LA EROSION DE LA RIBERA DEL RIO

River Basin Name, Stream Order and Number C.P Nombre del Rio, Orden de La Corriente y Numero de Cuenca	D.A km²	Lz m	Wo m	Wf m	Hb m	V4 m³
① Rio Majaine 5-1-1	34.63	-	-	-	-	246360
② Rio La Jutosa 4-3	20.39	-	-	-	-	212480
Remains	16.62	-	-	-	-	598570
△ Rio Choloma Basin	71.64	-	-	-	-	1057410
① Rio del Zapotal 4-1-1	17.92	-	-	-	-	67872
② Rio de Armenta 3-3-1	9.02	-	-	-	-	6200
③ Rio Chiquito 3-5,3-6	7.47	-	-	-	-	39300
Remains	9.49	-	-	-	-	325760
△ Rio Blanco Baisin	43.90	-	-	-	-	439132
① Rio Santa Ana 4-1-1	22.39	-	-	-	-	5000
Remains	15.24	-	-	-	-	181350
△ Rio Santa Ana Basin	37.63	-	-	-	-	186350
① Rio Piedras 3-1-2	20.09	-	-	-	-	84624
Remains	10.78	-	-	-	-	91600
△ Rio Piedras Basin	30.87	-	-	-	-	176224

Note/Nota :

C.P, △ : Design control point / Punto de control de diseño

① : Sub-control point & number / Punto de sub-cotrol y numero

Remains : Remains of drainage area / Restos en area de cuenca

D.A : Drainage area / Area de cuenca

Lz : Length of unstable deposits area along the river / Longitud de area de depositos inestables a lo largo del rio

Wo : River width of ordinary water level / Ancho normal del nivel de agua del rio

Wf : River width of high water level / Ancho del nivel de agua alta en el rio

Hb : Eroded depth of river bank / Profundidad de las riberas

V4 : Sediment yield due to river bank erosion / Produccion de sedimentos debido a la erosion de la ribera del rio

TABLA 7.4 PRODUCCION DE SEDIMENTOS DE DISEÑO

C.P Drainage Basin Cuenca de Drenaje	D.A km²	V1 x10³ m³	V2 x10³ m³	V3 x10³ m³	V4 x10³ m³	V10 x10³ m³
Rio Choloma Basin						
① Rio Majaine	34.63	3241.7	16.8	483.6	246.4	3988.5
② Rio La Jutosa	20.39	1770.5	6.8	352.2	212.5	2342.0
Remains	16.62	972.0	2.5	149.3	598.8	1722.6
△ Rio Choloma (Total)	71.64	5984.2	26.1	985.1	1057.7	8053.1
Rio Blanco Basin						
① Rio del Zapotal	17.92	1734.5	16.5	212.2	67.9	2031.1
② Rio de Armenta	9.02	873.1	4.8	88.5	6.2	972.6
③ Rio Chiquito	7.47	675.7	0.3	105.1	39.3	820.4
Remains	9.49	512.2	0.4	32.7	287.8	833.1
△ Rio Blanco (Total)	43.90	3795.5	22.0	438.5	401.2	4657.2
Rio Santa Ana Basin						
① Rio Santa Ana	22.39	67.4	12.5	325.7	5.0	410.8
Remains	15.24	27.0	0.5	92.8	181.4	301.8
△ Rio Santa Ana (Total)	37.63	94.4	13.0	418.5	186.4	712.6
Rio Piedras						
① Rio Piedras	20.09	51.0	1.6	266.8	84.6	404.0
Remains	10.78	21.4	0.2	60.6	91.6	173.8
△ Rio Piedras (Total)	30.87	72.4	1.8	327.4	176.2	577.8

Note/Nota :

C.P, △ : Design control point / Punto de control de diseño

① : Sub-control point and number / Punto de sub-control y numero

Remains : Remains of drainage area / Restos en area de cuenca

D.A : Drainage area / Area de cuenca

V1 : Sediment yield of newly and expanding collapsed area
Produccion de sedimentos en areas nuevas y areas derrumbados en expansion

V2 : Residual collapsed sediment yield of existing past collapsed area
Produccion de sedimentos residuales existentes debido a areas derrubadas anterirmente

V3 : Sediment yield of surrounding riverbed area
Produccion de sedimentos alrededor en el area de lecho del rio

V4 : Sediment yield due to river bank erosion
Produccion de sedimentos debido a la erosion de la ribera del rio

V10 : Design sediment yield (V10=V1+V2+V3+V4)
Produccion de sedimentos de diseño

TABLA 7.5 SEDIMENTOS BASICOS DE DISEÑO

C.P Drainage Basin Cuenca de Drenaje	D.A km²	V10 x10³ m³	V20 x10³ m³	V30 x10³ m³	V40 x10³ m³	V50 x10³ m³
Rio Choloma Basin						
① Rio Majaine	34.63	3988.5	2696.0	1292.5	0.0	1292.5
② Rio La Jutosa	20.39	2342.0	1379.9	962.1	0.0	962.1
Remains	16.62	1722.6	2548.9			
△ Rio Choloma (Total)	71.64	8053.1	6624.8	1428.3	142.8	1285.5
Rio Blanco Basin						
① Rio del Zapotal	17.92	2031.1	357.7	1673.4	0.0	1673.4
② Rio de Armenta	9.02	972.6	197.0	775.6	0.0	775.6
③ Rio Chiquito	7.47	820.4	586.1	234.3	0.0	234.3
Remains	9.49	833.1	2715.8			
△ Rio Blanco (Total)	43.90	4657.2	3856.6	800.6	80.1	720.5
Rio Santa Ana Basin						
① Rio Santa Ana	22.39	410.8	20.0	390.8	0.0	390.8
Remains	15.24	301.8	286.6			
△ Rio Santa Ana (Total)	37.63	712.6	306.6	406.0	40.6	365.4
Rio Piedras						
① Rio Piedras	20.09	404.0	40.0	364.0	0.0	364.0
Remains	10.78	173.8	207.2			
△ Rio Piedras (Total)	30.87	577.8	247.2	330.6	33.1	297.5

Noto/Nota :

△ : Design control point / Punto de control de diseño

① : Sub-control point and number / Punto de sub-control y numero

Remains : Remains of drainage area / Restos en area de cuenca

D.A : Drainage area / Area de cuenca

V10 : Design sediment yield / Produccion de sedimentos de diseño

V20 : Naturally controlled sediment discharge along the river course / Descarga de sedimento controlada naturalmente a lo largo de los cursos del rio

V30 : Design sediment discharge / Descarga de sedimentos de diseño

V40 : Design allowable sediment discharge / Descarga de sedimentos permisible de diseño

V50 : Design excess sediment discharge / Descarga de sedimentos exceso de diseño

TABLA 7.6 BALANCE DE SEDIMENTOS PROPUESTO

C.P D.N	D.A	V10 x10³ m³	V20 x10³ m³	V30 x10³ m³	V40 x10³ m³	V50 x10³ m³	E1 x10³ m³	E2 x10³ m³	E1+E2 x10³ m³	P1 %	P2 %
Rio Choloma Basin											
① Rio Majaine	34.63	3988.5	2696.0	1292.5	-	1292.5	0.0	348.6	348.6	0	27
② Rio La Jutosa	20.39	2342.0	1379.9	962.1	-	962.1	20.9	260.8	281.7	2	29
Remains	16.62	1722.6	2548.9				0.0	655.2	655.2		
△ Rio Choloma (Total)	71.64	8053.1	6624.8	1428.3	142.8	1285.5	20.9	1264.6	1285.5	2	100
Rio Blanco Basin											
① Rio del Zapotal	17.92	2031.1	357.7	1673.4	-	1673.4	0.0	604.0	604.0	0	36
② Rio de Armenta	9.02	972.6	197.0	775.6	-	775.6	0.0	116.7	116.7	0	15
③ Rio Chiquito	7.47	820.4	586.1	234.3	-	234.3	0.0	0.0	0.0	0	0
Remains	9.49	833.1	2715.8				0.0	0.0	0.0		
△ Rio Blanco (Total)	43.90	4657.2	3856.6	800.6	80.1	720.5	0.0	720.7	720.7	0	100
Rio Santa Ana Basin											
① Rio Santa Ana	22.39	410.8	20.0	390.8	-	390.8	2.3	202.0	204.3	1	2
Remains	15.24	301.8	286.6				0.0	160.9	160.9		
△ Rio Santa Ana (Total)	37.63	712.6	306.6	406.0	40.6	365.4	2.3	362.9	365.2	1	100
Rio Piedras											
① Rio Piedras	20.09	404.0	40.0	364.0	-	364.0	1.1	202.6	203.7	0	56
Remains	10.78	173.8	207.2				0.0	95.2	95.2		
△ Rio Piedras (Total)	30.87	577.8	247.2	330.6	33.1	297.5	1.1	297.8	298.9	0	100

Note/Nota :

△ : Design control point / Punto de control de diseño

① : Sub-control point and number / Punto de sub-control y numero

Remains : Remains of drainage area / Restos en area de cuenca

D.N : Drainage name / Nombre de cuanca

D.A : Drainage area / Area de cuenca

V10 : Design sediment yield / Produccion de sedimentos de diseño

V20 : Naturally controlled sediment discharge along the river courses / Descarga de sedimento controlada naturalmente a lo largo de los cursos del rio

V30 : Design sediment discharge / Descarga de sedimentos de diseño

V40 : Design allowable sediment discharge / Descarga de sedimentos permisible de diseño

V50 : Design excess sediment discharge / Descarga de sedimentos exceso de diseño

E1 : Facilities effect(Existing) / Instalaciones efectivas(Existentes)

E2 : Facilities effect(Plan) / Instalaciones efectivas(Propuesta)

P1 : Sediment control ratio(Existing)(=100XE1/V50) / Porcentaje de control de sedimentos(Existentes)

P2 : Sediment control ratio(Plan)(=100X(E1+E2)/V50) / Porcentaje de control de sedimentos(Propuesta)

TABLA 7.7 (1) ESTRUCTURAS PROPUESTAS (RIO CHOLOMA)

Rio Choloma

D.N	T.F	H m	h m	L m	B1 m	B2 m	d1 m	d2 m	1/N	ALF	lc m	Vc1 m³	Vc2 m³	Vr m³	Vd m³	Ve m³
R4-1	D-1	14.0	11.5	197	50	55	2.0	2.0	28.6	0.37	658	208030	20800	80930		71790
R4-1	D-2	14.0	11.5	78	30	40	2.0	2.0	31.7	0.37	729	167690	16770	60510		54890
R4-1	D-3	14.0	11.5	76	27	35	2.0	2.0	24.0	0.37	552	111090	11110	42500		37890
R4-1	D-4	10.0	8.0	71	25	35	2.0	2.0	16.0	0.37	256	35840	3580	16900		14230
R4-1	(Sub-total)											522650	52260	200840		178800
R4-2	D-5	12.0	10.0	190	20	70	2.0	2.0	26.5	0.14	530	185500	18550	31800		45900
R4-2	D-6	14.0	11.0	84	20	50	2.0	2.0	15.0	0.14	330	90750	9080	20460		26680
R4-2	(Sub-total)											276250	27630	52260		72580
R3-5	D-7	14.0	11.0	97	10	40	2.0	2.0	15.0	0.05	330	72600	7260	13860		20430
R3-5	(Sub-total)											72600	7260	13860		20430
R5-1-1	CO.W1		2.5		150		2.0			0.52	200	0	0	60000		28800
R5-1-1	CO.W2		3.0		100		2.0			0.52	500	0	0	100000		48000
R5-1-1	(Sub-total)											0	0	160000		76800
Total	(Rio Majaine)															348610
2-30	D-8	10.0	8.0	121	20	55	2.0	2.0	14.5	0.17	232	51040	5100	12990		15880
2-30	(Sub-total)											51040	5100	12990		15880
R4-3	D-9	14.0	11.2	209	50	55	2.0	2.0	23.0	0.49	515	158680	15870	63040		48020
R4-3	D-10	14.0	11.0	123	30	40	2.0	2.0	20.0	0.49	440	96800	9680	36080		28080
R4-3	CO.W		1.5~3.0		150~250		2.0			0.49	870			331000		168810
R4-3	(Sub-total)											255480	25550	430120		244910
Total	(Rio La Jutosa)											306520	30650	443110		260790
R5-1-2	CO.W		1.0~2.0		200~300		2.0			0.58	2950			1560000		655200
R5-1-2	TL			1325												0
R5-1-2	(Sub-total)													1560000		655200
Total	(Rio Choloma)													1560000		655200

Note / Nota : Refer to the note of table for the Rio Santa Ana
Referirse a la nota de la tabla para el Rio Santa Ana

TABLA 7.7 (2) ESTRUCTURAS PROPUESTAS (RIO BLANCO)

Rio Blanco

D.N	T.F	H m	h m	L m	B1 m	B2 m	d1 m	d2 m	1/N	ALF	lc m	Vc1 m³	Vc2 m³	Vr m³	Vd m³	Ve m³
R3-1-2	D-5	14.0	11.0	68	20	35	2.0	2.0	9.0	0.08	198	38120	3810	12280		15110
R3-1-2	(TOTAL)											38120	3810	12280		15110
R4-1-1	D-1	14.0	12.0	122	35	60	2.0	2.0	25.6	0.16	614	221180	22120	57720		70600
R4-1-1	OD-2	11.0	9.0	193	30	90	2.0	2.0	28.7	0.16	517	209220	20920	40330	167380	222180
R4-1-1	OD-3	14.0	12.0	117	25	55	2.0	2.0	17.6	0.16	422	139390	13940	31230	111510	151680
R4-1-1	D-4	14.0	11.0	82	22	50	2.0	2.0	10.1	0.16	222	61110	6110	14650		18420
R4-1-1	CO.W				150		2.0			0.16	500			150000		126000
R4-1-1	(Sub-total)											630900	63090	143930	278890	588880
Total	(Rio del Zapotal)															603990
R3-3-1	D-6	11.0	9.0	55	20	40	2.0	2.0	20.0	0.20	360	64800	6480	20880		23180
R3-3-1	D-7	14.0	12.0	95	30	60	2.0	2.0	15.0	0.20	360	129600	12960	30240		37150
R3-3-1	D-8	14.0	12.0	83	25	55	2.0	2.0	14.0	0.20	336	110880	11090	24860		30980
R3-3-1	D-9	14.0	11.0	61	25	45	2.0	2.0	14.0	0.20	308	76230	7620	22180		25360
R3-3-1	DC			500												0
R3-3-1	(Sub-total)											381510	38150	98160		116670
Total	(Rio de Armenta)															116670
R4-1-2	DC			430												0
R4-1-2	DC			420												0
R4-1-2	DC			650												0
R4-1-2	DC			1050												0
R4-1-2	DC			500												0
R4-1-2	DC			400												0
R4-1-2	(Sub-total)															0
2-14	DC			110												0
2-14	(Sub-total)															0
R4-3	G	3.0		120												0
Total	(Rio Chiquito)															0
R5-1	G	3.0		150												0
R5-1	CH.W										1650					0
R5-1	(Sub-total)															0
Total	(Rio Blanco)															0

Note / Nota : Refer to the note of table for the Rio Santa Ana
Referirse a la nota de la tabla para el Rio Santa Ana

TABLA 7.7 (3) ESTRUCTURAS PROPUESTAS (RIO SANTA ANA)

Rio Santa Ana

D.N	T.F	H m	h m	L m	B1 m	B2 m	d1 m	d2 m	I/N	ALF	Lc m	Vc1 m³	Vc2 m³	Vr m³	Vd m³	Ve m³
R4-1-1	D-1	14.0	11.0	103	20	50	2.0	2.0	21.0	0.05	462	127050	12710	28640		39920
R4-1-1	D-2	14.0	11.0	78	20	40	2.0	2.0	18.0	0.05	396	87120	8710	24550		32030
R4-1-1	D-3	14.0	12.0	98	25	45	2.0	2.0	14.0	0.05	336	90720	9070	24860		32690
R4-1-1	D-4	14.0	11.5	51	15	25	2.0	2.0	12.0	0.05	276	39680	3970	14630		17870
R4-1-1	D-5	14.0	11.0	66	20	40	2.0	2.0	11.0	0.05	242	53240	5320	15000		19570
R4-1-1	D-6	14.0	12.0	57	25	35	2.0	2.0	15.0	0.05	360	75600	7560	26640		32870
R4-1-1	D-7	14.0	11.0	51	22	35	2.0	2.0	15.0	0.05	330	63530	6350	21780		27040
R4-1-1	(Sub-total)											536940	53690	156100		201990
TOTAL (Rio Santa Ana)																201990
R4-1-2	CH.W				65		1.5			0.34	2500			243750		160880
R4-1-2	(Sub-total)													243750		160880
TOTAL (Rio Santa Ana)																160880

Note / Nota :

D.N : Stream order and drainage number / Orden de la corriente y número de cuenca R : Remains of drainage area / Restos en area de cuenca

T.F : Facility type / Tipo de estructuras

D : Check dam(Sabo dam) / Presa de retención OD : Open type dam / Tipo de presa de retención abierta

CH.W : Channel warks / Trabajos en los cauces G : Consolidation dam / Presa consolidación

CO.W : Consolidation works / Trabajos de consolidación TL : Trainning levee / Dique de guía

H : Dam height / Altura de presa h : Effective dam height / Altura efectiva de presa

L : Dam length / Longitud de presa B1 : Riverbed width / Ancho del lecho del río

B2 : Average width of sedimentation area / Anchura promedio del área de sedimentación

d1 : Thickness of riverbed deposits / Espesor de sedimentos en del cauce del rio

d2 : Thickness of sediments at river bank slope / Espesor de sedimentos en la ribera del Rio

I/N : Riverbed gradient / Inclinación del cauce del río

ALF : Portion of V20 at calculation point to total volume of V10 at calculation point and V30 at the upper reaches of calculation point
Porcion en los V20 en punto de calculacion por totalidad volumen de V10 en punto de calculacion y V30 en area de parte mas alta del rio

Lc : Length of sedimentation area / Longitud de area de sedimentacion(=2XNXh)

Vc1 : Sediment trap capacity / Capacidad de la trampa de sedimentos(=NxB2xH²)

Vc2 : Contorolled sediment discharge capability / Capacidad de descarga de sedimentos controlados(0.1xVc1)

Vr : Sediment discharge suppression capability / Capacidad de descarga de sedimentos represiro(=Lcx(hXd2+B1Xd1))

Vd : Deposit volume / Volumen de depósitos(=0.8XVc1)

Ve : Effective sedimentation capacity / Capacidad de sedimentacion efectiva(=Vr(1-ALF)+Vd)

TABLA 7.7 (4) ESTRUCTURAS PROPUESTAS (RIO PIEDRAS)

Rio Piedras

D.N	T.F	H m	h m	L m	B1 m	B2 m	d1 m	d2 m	1/N	ALF	Lc m	Vc1 m³	Vc2 m³	Vr m³	Vd m³	Ve m³
R3-1-2	D-1	14.0	11.5	71	25	50	2.0	2.0	19.0	0.10	437	125640	12560	31900		41270
R3-1-2	D-2	14.0	11.0	93	30	55	2.0	2.0	16.0	0.10	352	106480	10650	28860		36620
R3-1-2	D-3	14.0	11.0	107	45	60	2.0	2.0	16.0	0.10	352	116160	11620	39420		47100
R3-1-2	D-4	14.0	11.0	99	40	60	2.0	2.0	15.0	0.10	330	108900	10890	33660		41180
R3-1-2	D-5	14.0	11.0	69	35	50	2.0	2.0	15.0	0.10	330	90750	9080	30360		36400
R3-1-2	(Sub-total)											547930	54800	164200		202570
Total (Rio Piedras)																202570
R3-2	D-6	14.0	11.5	86	20	35	2.0	2.0	8.0	0.06	184	37030	3700	11590		14590
R3-2	(Sub-total)											37030	3700	11590		14590
2-9	D-7	10.0	8.0	57	15	25	2.0	2.0	7.0	0.00	112	11200	1120	5150		6270
2-9	(Sub-total)											11200	1120	5150		6270
R3-1-3	CH.W				35		1.0			0.20	1500			52500		42000
R3-1-3	(TOTAL)													52500		42000
R4-1	CH.W				35		1.5			0.23	800			42000		32340
R4-1	(Sub-total)													42000		32340
TOTAL (Rio Piedras)															-	95200

Note / Nota : Refer to the note of table for the Rio Santa Ana
Referirse a la nota de la tabla para el Rio Santa Ana

FIGURAS

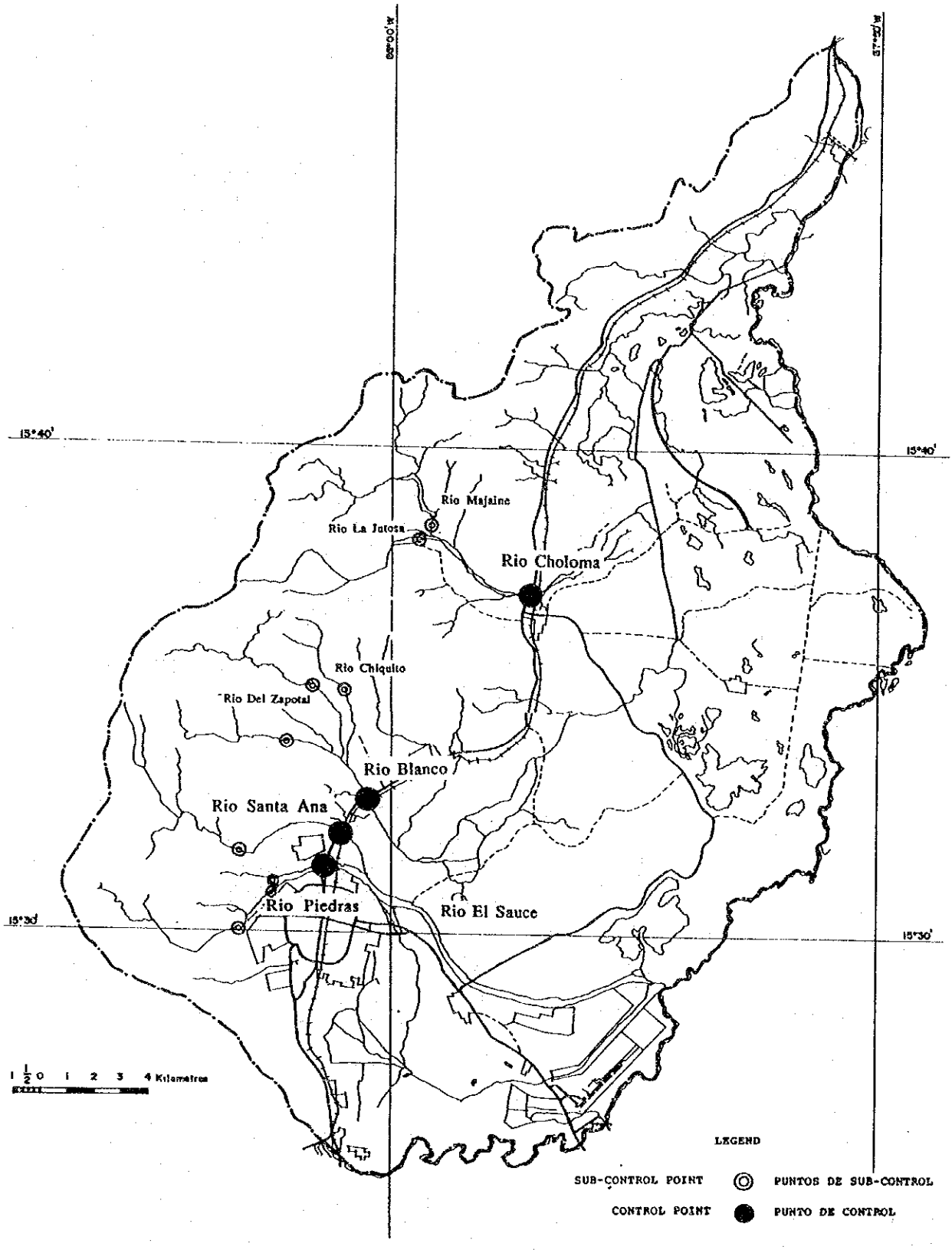
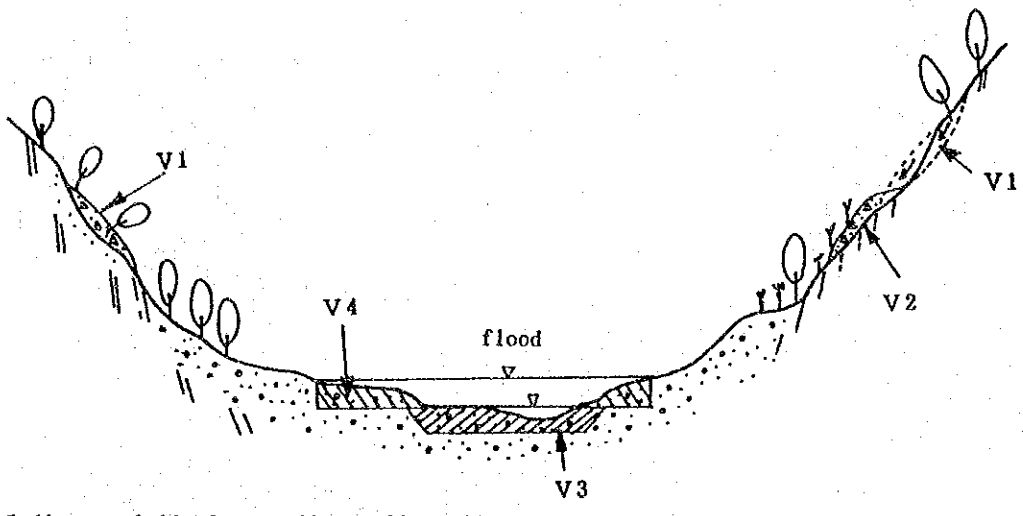
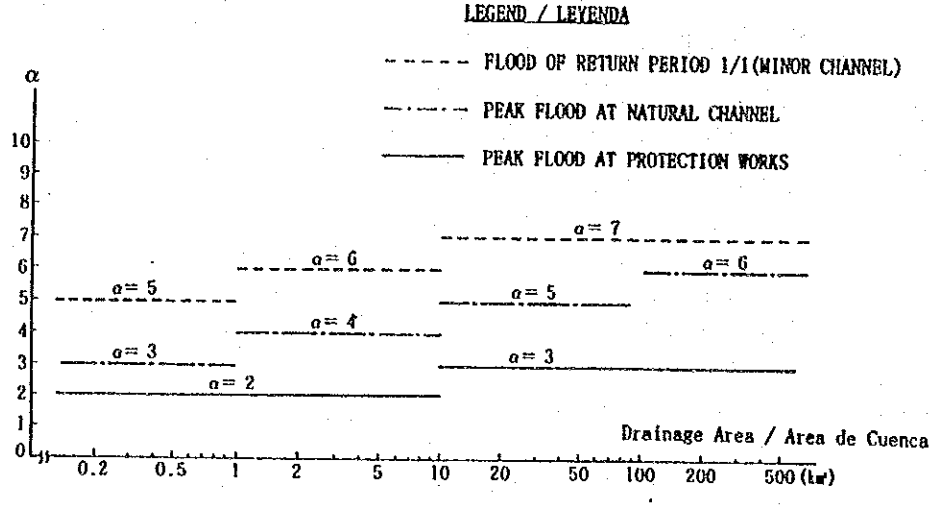


FIG.7.1 PUNTO DE CONTROL



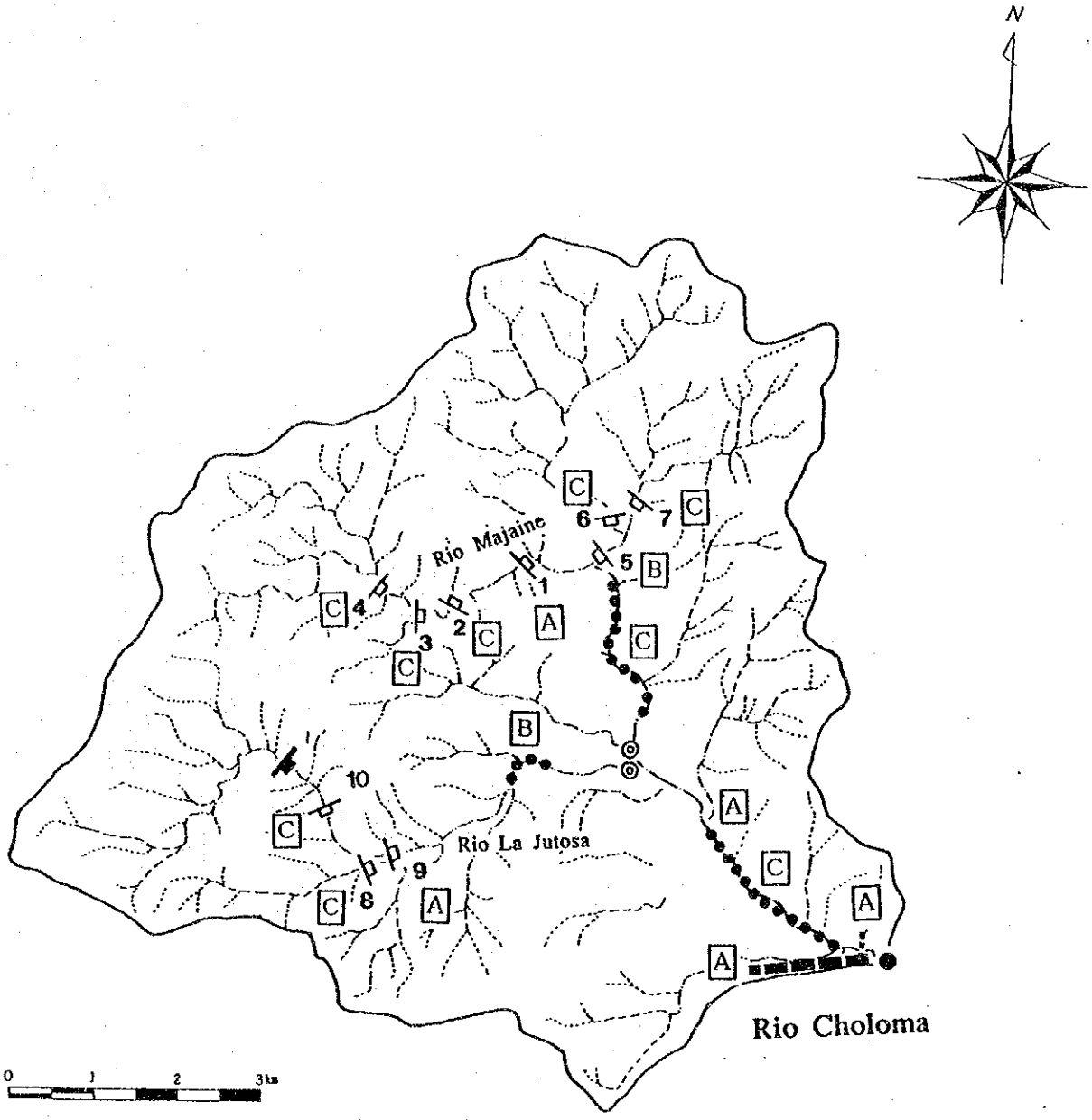
V1=Sediment yield of expanding collapsed area
Produccion de sedimentos de areas derrumbadas en expansion
V1=Sediment yield of newly collapsed area
Produccion de sedimento de nueva area derrumbada
V2=Residual collapsed sediment yield of existing past collapsed area
Produccion de sedimentos residuales existentes debido a areas derrumbadas anteriormente
V3=Sediment yield of surrounding riverbed area
Produccion de sedimentos alrededor en el area de lecho del rio
V4=Sediment yield due to river bank erosion
Produccion de sedimentos debido a la erosion de la ribera del rio
V10=design sediment yield / Produccion de sedimentos de diseño(=V1+V2+V3+V4)

FIG.7.2 CONCEPTO DE DISEÑO PARA LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS



FLOOD OF RETURN PERIOD 1/1(MINOR CHANNEL) / PERIODO DE RETORNO DEL FLUJO 1/1(CANAL MENOR)
PEAK FLOOD AT NATURAL CHANNEL / FLUJO MAXIMO EN CANAL NATURAL
PEAK FLOOD AT PROTECTION WORKS / FLUJO MAXIMO EN TRABAJOS DE PROTECCION

FIG.7.3 COEFICIENTE DE LA TEORIA DEL REGIMEN HIDRAULICO



[PRIORITY]

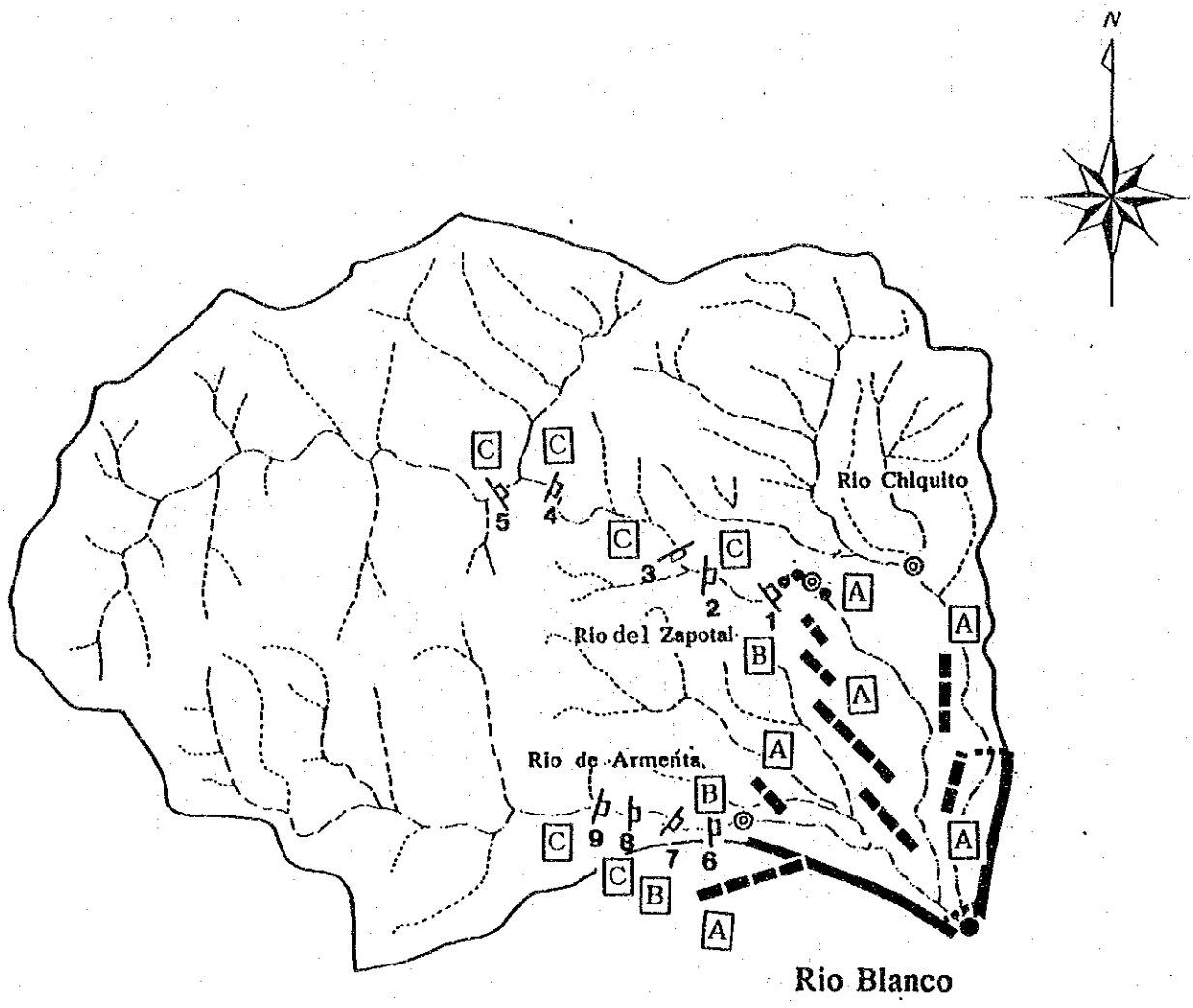
A B C

High ← → Low

LEGENDO / LEYENDA

CHECK (SABO) DAM (EXISTING)	PRESA DE RETENCION (SABO) (EXISTENTES)
CHECK (SABO) DAM (PLAN)	PRESA DE RETENCION (SABO) (PROPUESTA)
WATER INAKE	TOMA DE AGUA
CHANEL WORKS (PLAN)	TRABAJOS EN EL CANAL (PROPUESTOS)
CONSOLIDATION WORKS (PLAN)	TRABAJOS DE CONSOLIDACION (PROPUESTOS)
TRAINING LEVEE (PLAN)	DIQUE DE GUIA (PROPUESTOS)
EMBANKMENT (EXISTING)	BORDOS (EXISTENTES)
SUB-CONTROL POINT	PUNTOS DE SUB-CONTROL
DESIGN CONTROL POINT	PUNTO DE CONTROL DE DISEÑO

FIG.7.4 (1) UBICACION DE LAS FACILIDADES DE CONTROL DE EROSION Y SECUENCIA DE PRIORIDAD (RIO CHOLOMA)



0 1 2 3km

[PRIORITY]

A B C

High ← → Low

LEGENDO / LEYENDA

CHECK (SABO) DAM (EXISTING)	PRESA DE RETENCION (SABO) (EXISTENTES)
CHECK (SABO) DAM (PLAN)	PRESA DE RETENCION (SABO) (PROPUESTA)
WATER INAKE	TOMA DE AGUA
CHANEL WORKS (PLAN)	TRABAJOS EN EL CANAL (PROPUESTOS)
CONSOLIDATION WORKS (PLAN)	TRABAJOS DE CONSOLIDACION (PROPUESTOS)
TRAINING LEVEE (PLAN)	DIQUE DE GUIA (PROPUESTOS)
EMBANKMENT (EXISTING)	BORDOS (EXISTENTES)
SUB-CONTROL POINT	PUNTOS DE SUB-CONTROL
DESIGN CONTROL POINT	PUNTO DE CONTROL DE DISEÑO

FIG.7.4 (2) UBICACION DE LAS FACILIDADES DE CONTROL DE EROSION Y SECUENCIA DE PRIORIDAD (RIO BLANCO)

JICA

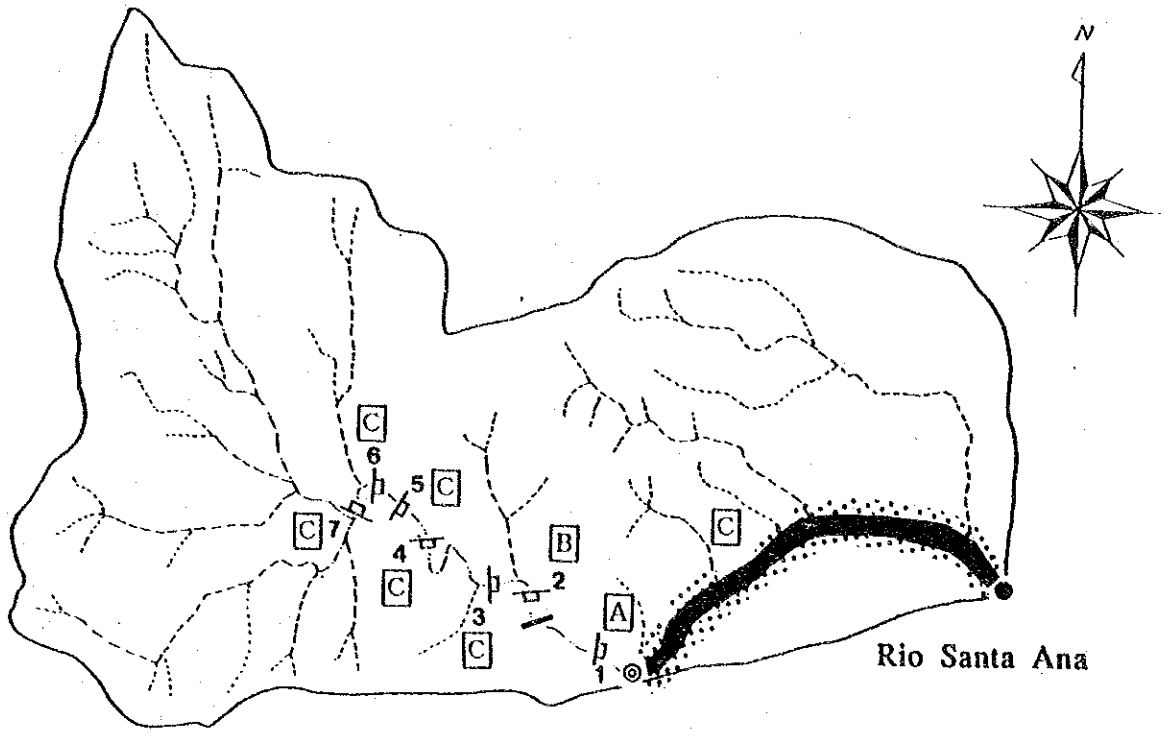


FIG.7.4 (3) UBICACION DE LAS FACILIDADES DE CONTROL DE EROSION Y SECUENCIA DE PRIORIDAD (RIO SANTA ANA)

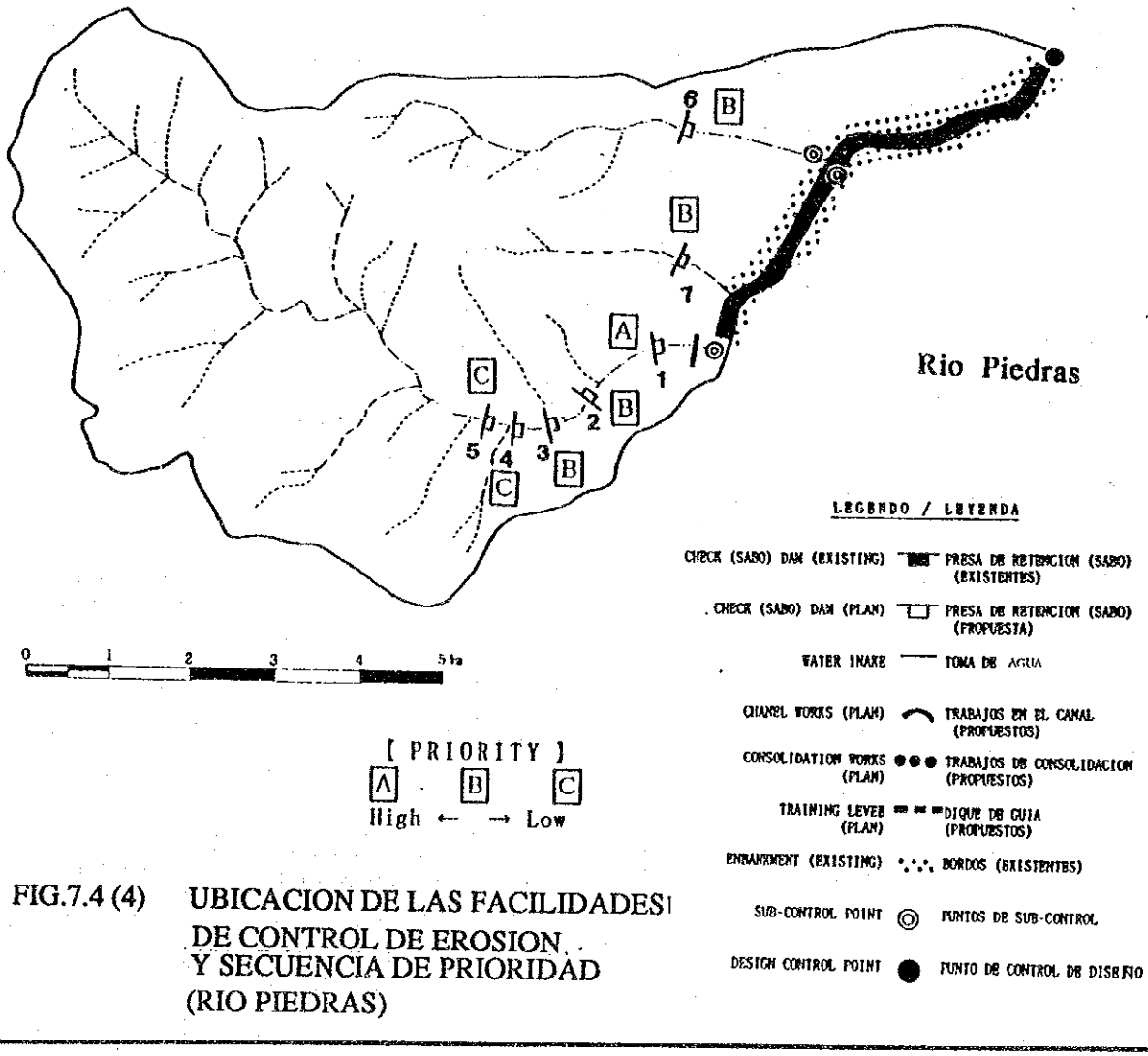


FIG.7.4 (4) UBICACION DE LAS FACILIDADES DE CONTROL DE EROSION Y SECUENCIA DE PRIORIDAD (RIO PIEDRAS)

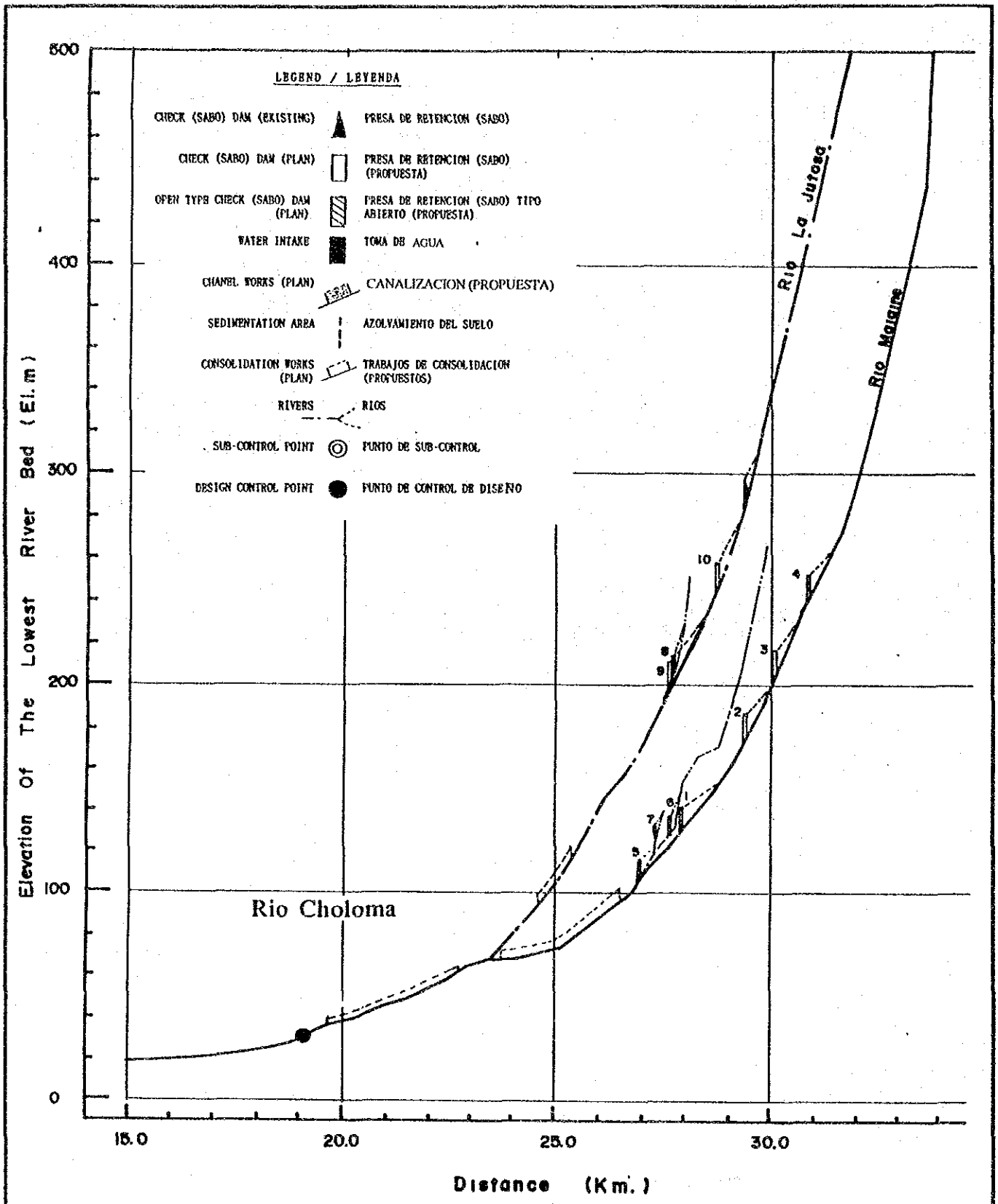


FIG.7.5 (1) PERFIL LONGITUDINAL DE LA DISPOSICION DE FACILIDADES DE CONTROL DE EROSION (RIO CHOLOMA)

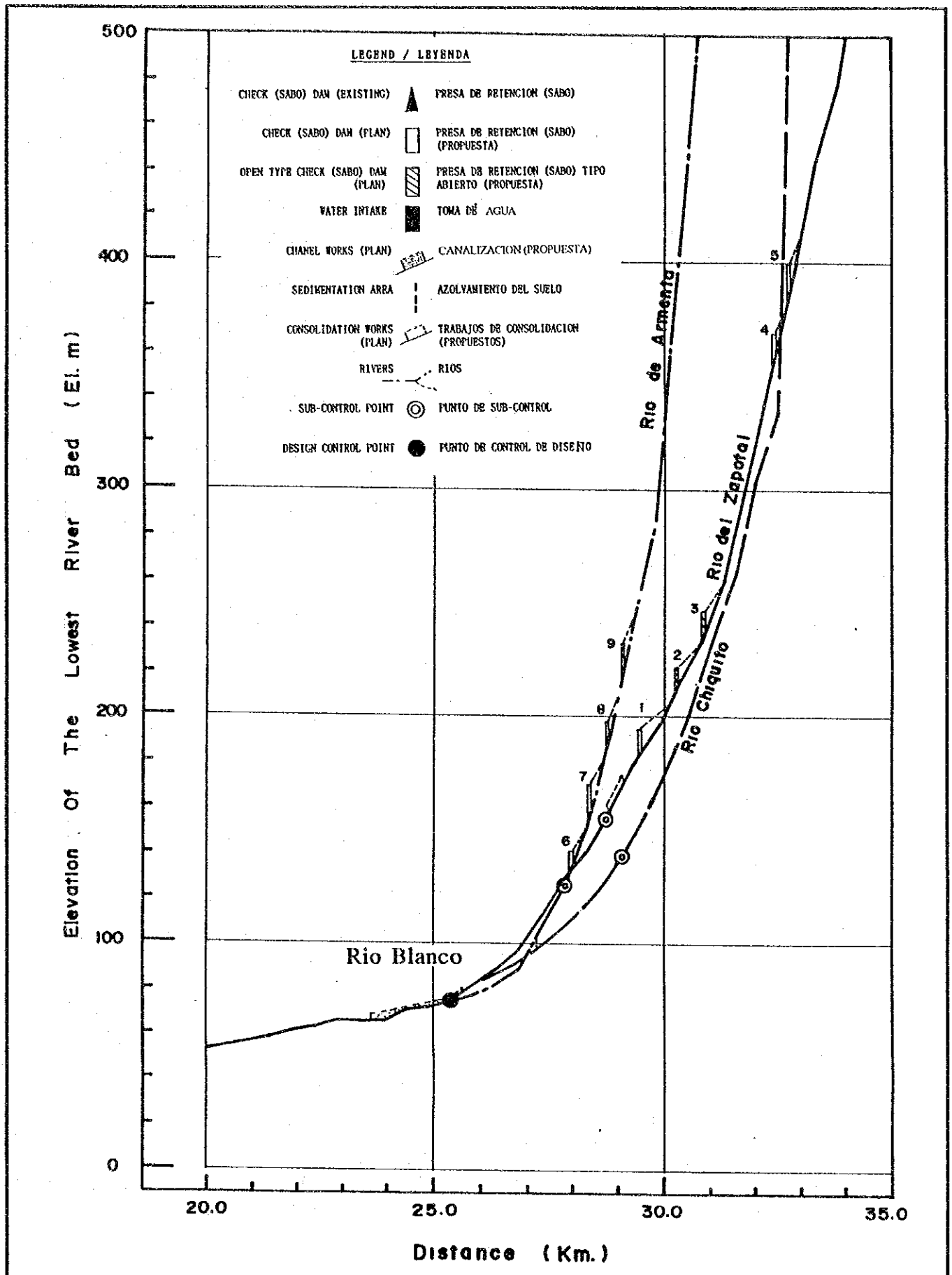


FIG.7.5 (2) PERFIL LONGITUDINAL DE LA DISPOSICION DE FACILIDADES DE CONTROL DE EROSION (RIO BLANCO)

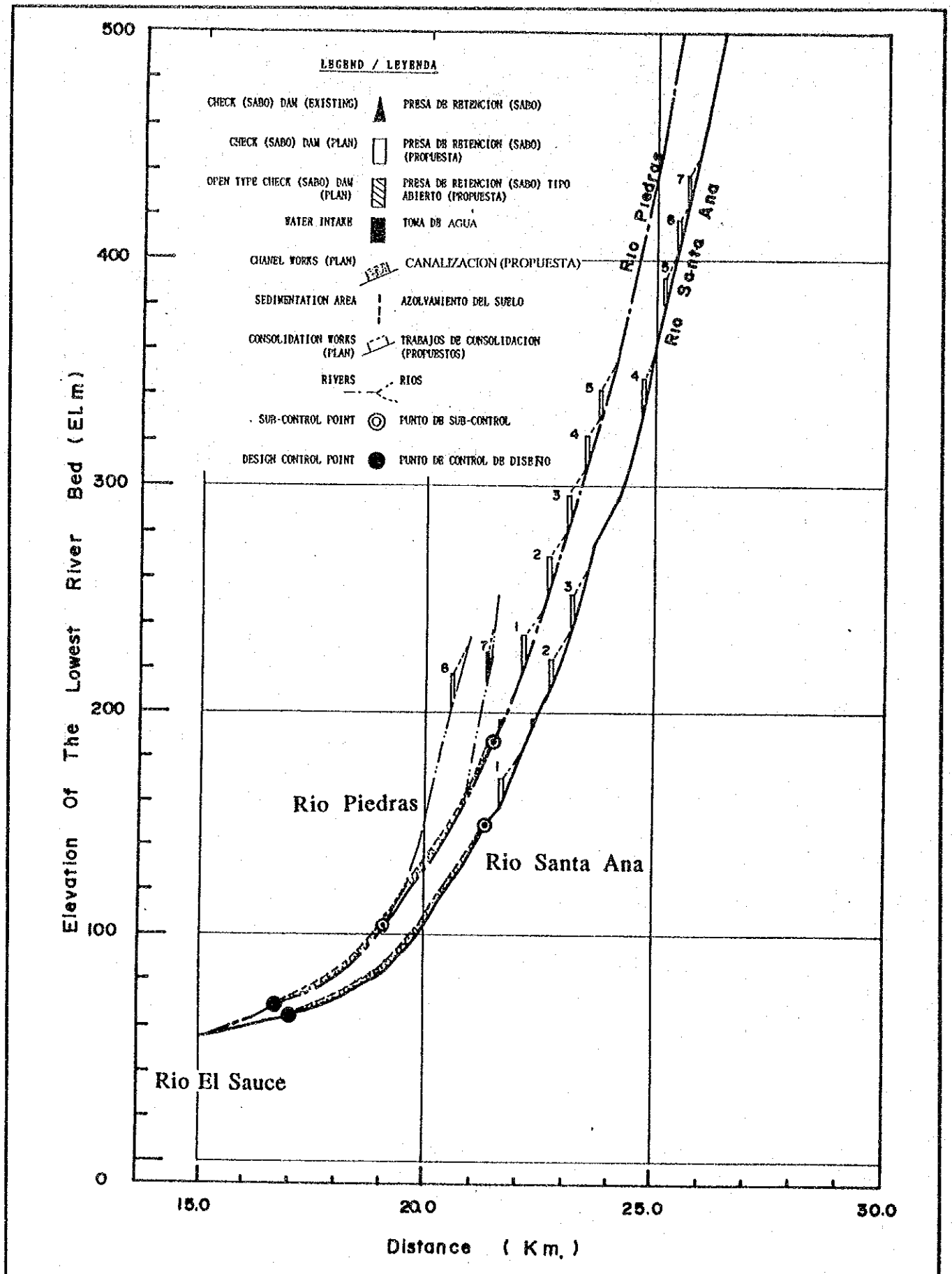


FIG.7.5 (3) PERFIL LONGITUDINAL DE LA DISPOSICION DE FACILIDADES DE CONTROL DE EROSION (RIO EL SAUCE)

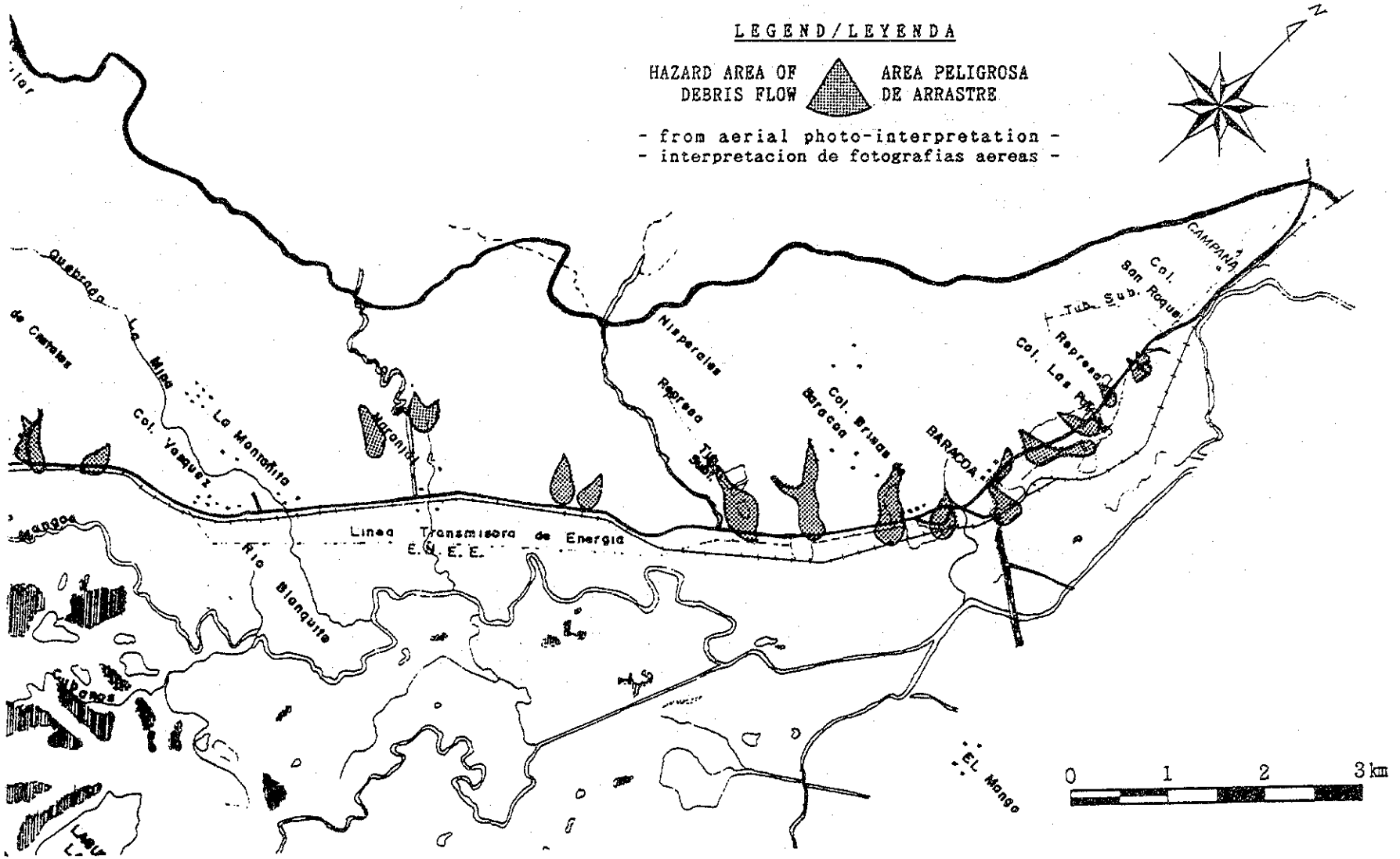


FIG.7.6 AREA PELIGLOSA CON POTENCIAL PARA EL FLUJO DE ESCOMBROS (1)

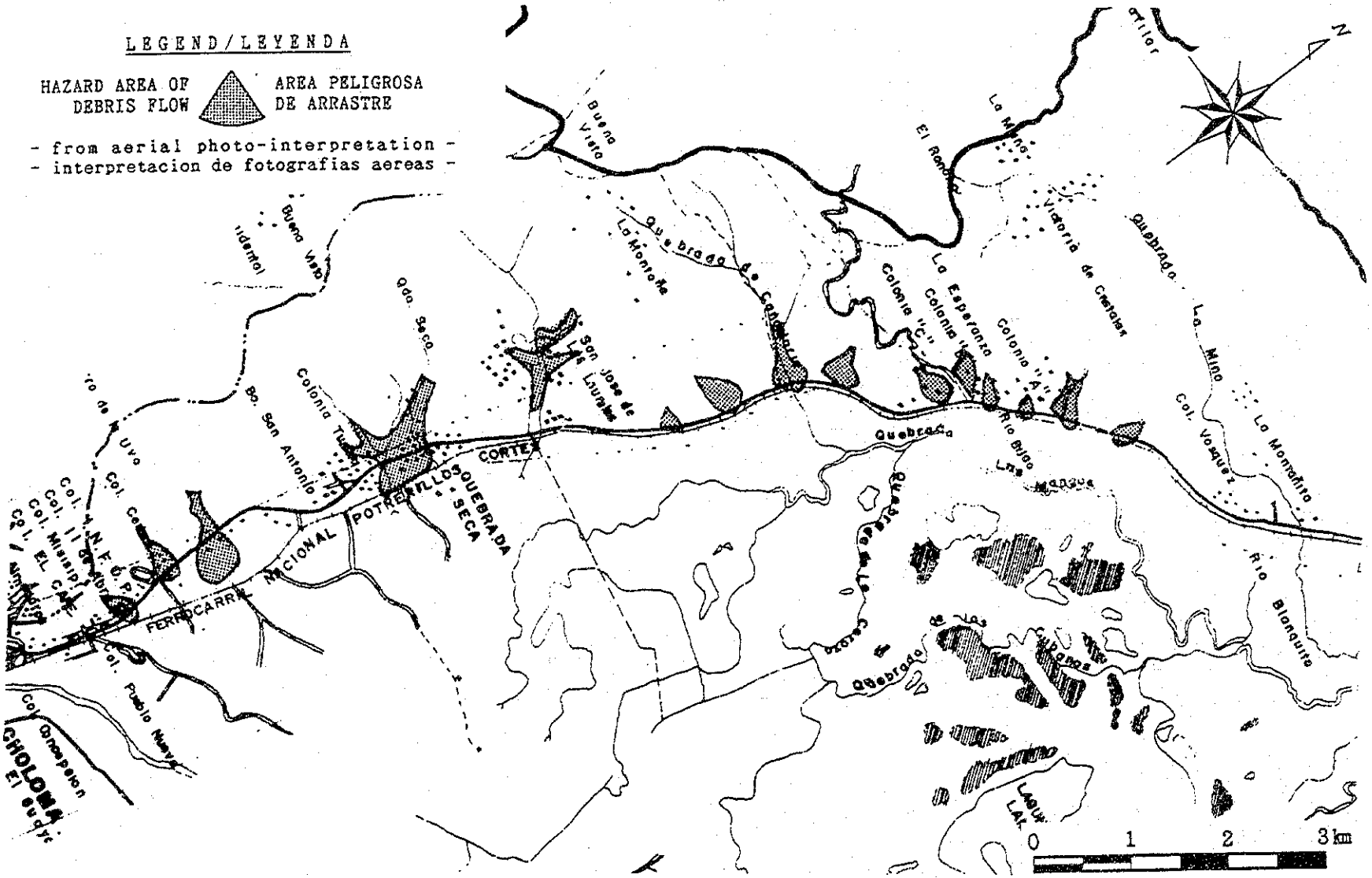


FIG.7.6 AREA PELIGLOSA CON POTENCIAL PARA EL FLUJO DE ESCOMBROS (2)

JICA

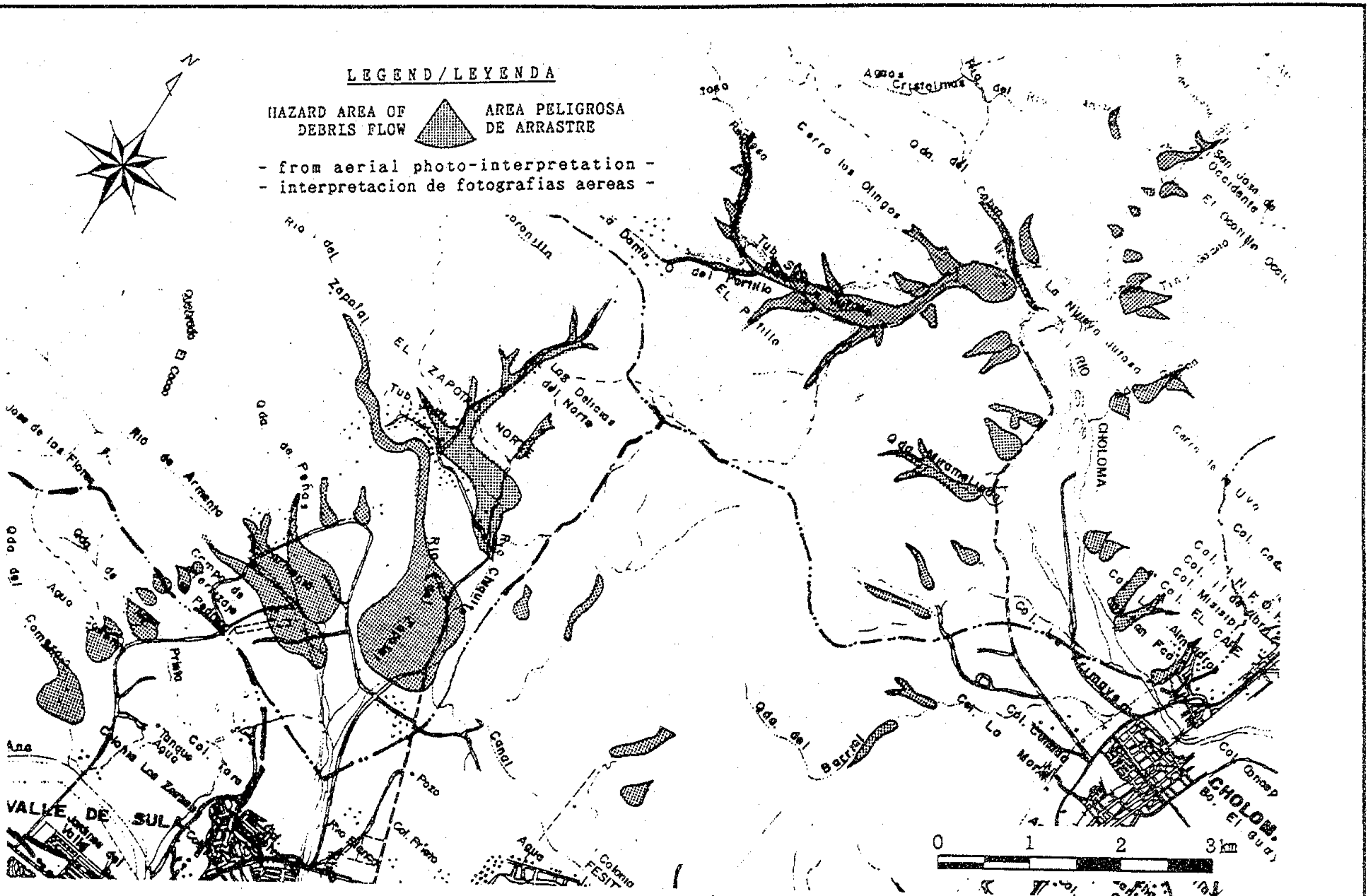


FIG.7.6 AREA PELIGLOSA CON POTENCIAL PARA EL FLUJO DE ESCOMBROS (3)

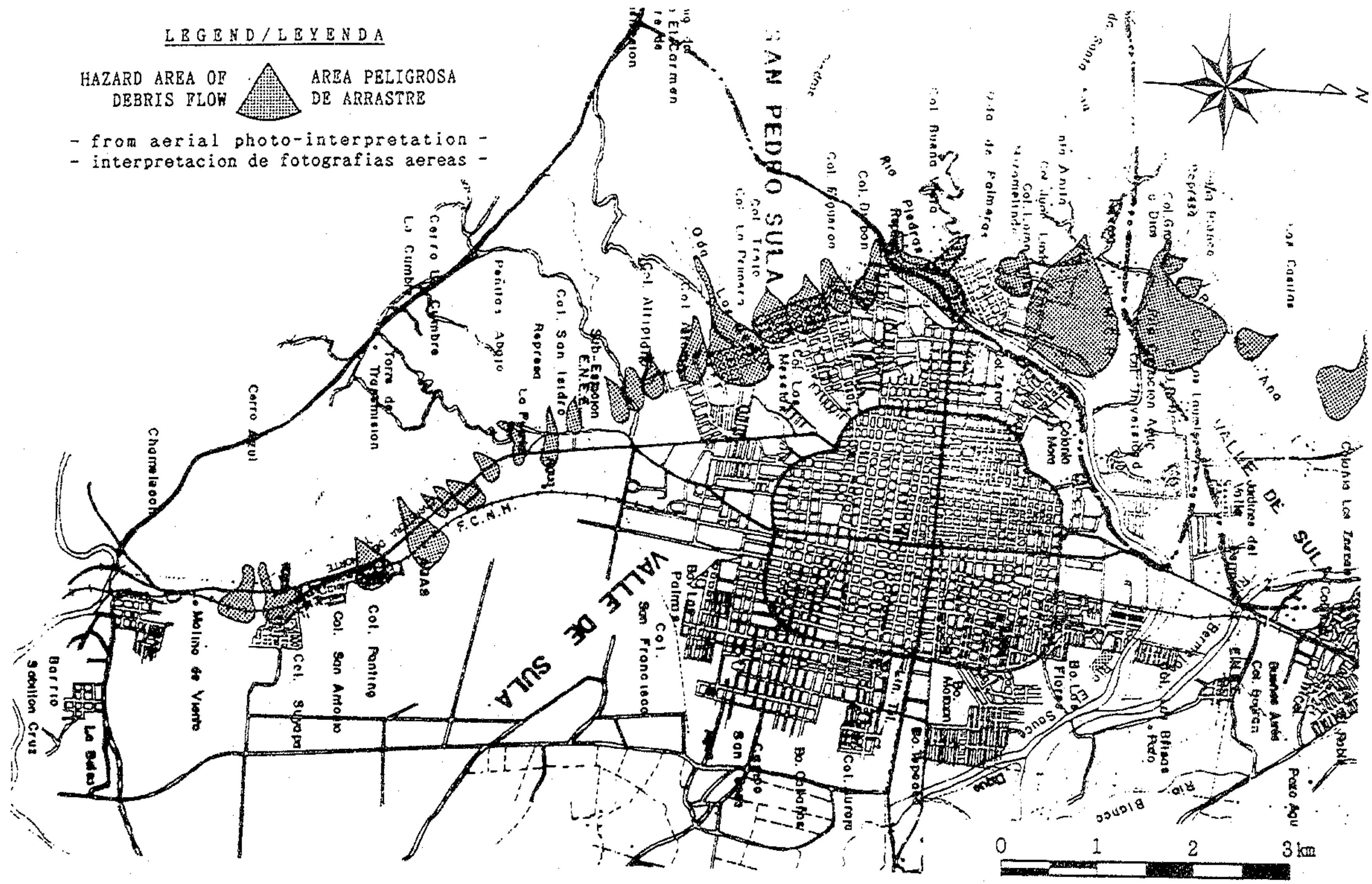


FIG.7.6 AREA PELIGLOSA CON POTENCIAL PARA EL FLUJO DE ESCOMBROS (4)

AGRADACION DEL CAUSE EN EL TRAMO BAJO DEL RIO CHOLOMA (1993)

CAPITULO 8
SEDIMENTOLOGIA

CAPITULO 8 SEDIMENTOLOGIA

8.1 Generalidades

En el Area de Estudio existen tres ríos tributarios principales y varios otros pequeños tributarios del Río Chamelecon. Los principales tributarios son el Río Choloma (área de captación de 106.89 km^2) el Río Blanco (área de captación de 190.24 km^2)y el Río El Sauce (área de captación de 118.33 km^2). Como las cantididades de descarga de sedimento de estos ríos son bastante grandes, los depósitos de sedimentos se pueden observar especialmente en la parte media y baja de estos ríos. Consecuentemente, esto causa los problemas de sedimentación incluyendo la agradación del lecho de río y reducción de la capacidad de descarga de inundación.

Por otra parte, la erosión y degradación se pueden observar en medio río del Río Blanco debido a que se está sacando la arena del lecho del río. A causa de ésta degradación del lecho de río, el zocalo y los pilares de madera de los cimientos del Puente existente del Ferrocarril Nacional se han expuesto sobre el lecho de río y se están convirtiendo en una condición peligrosa.

Entonces , para la estabilización del canal del río, es necesario mantener la condición de equilibrio dinámico de la descarga de sedimento del canal; ésta descarga es el balance del influjo de sedimento al canal de río arriba y del efluente de sedimento de las secciones río abajo del canal.

En éste capitulo, las condiciones del flujo de sedimento y del balance de la descarga de sedimento del Río Choloma, Río Blanco y Río El Sauce se describen.

8.2 Condiciones del Flujo de Sedimento en los Ríos

El Huracán Fifí en Septiembre de 1974 causó los arrastres más grandes en los ríos en el Area de Estudio, y cuantioso sedimento fue depositado o se derramó de los ríos.

En el Río Choloma, la profundidad de los depósitos de sedimento por el mencionado arrastre se estimó de 0.5 m a 3.0 m en el tramo entre el Puente de Carretera Nacional y la confluencia con el Río La Jutosa y de 0.5 m a 1.0 m en del tramo río abajo de el mismo puente.

Para el Río Blanco, la profundidad de los depósitos de sedimento por el mencionado arrastre se estimo de 1.0 m a 3.0 m en los abanicos aluviales del Río Zapotal y del Río Armenta incluyendo el tramo río arriba del Puente de Carretera Nacional.

En el Río El Sauce, Río Santa Ana y el Río Piedras, grandes arrastres como los del Río Choloma y del Río Blanco ni siquiera ocurrieron durante Fifí. Pero, los depósitos de sedimento en el tramo río abajo de Río Santa Ana/Bermejo durante Fifi se estimaron cerca de 2.0 m.

Considerando los flujos de sedimentos antes mencionados, los depósitos de éstos durante Fifi, y las investigaciones de campo, las condiciones de flujo de sedimento de los ríos existentes son estudiadas en esta sub-sección.

8.2.1 Patrón de los Flujos de Sedimento de los Ríos

Los flujos de sedimento se dividen generalmente en los siguientes cinco patrones:

a) Flujo de Avalancha

El flujo de avalancha de el flujo condensado de lodo, arena, cascajo, piedras y agua. La velocidad del flujo de arrastre es muy alta. Generalmente, éste tipo de flujo ocurre en el lugar con una inclinación de más de 15 grados (1/3.7) y para de fluir con la inclinación de 3 a 4 grados (1/14.3 a 1/19.1).

b) Flujo de Transición entre el Flujo de Avalancha y el Arrastre de Fondo

El flujo de transición es el flujo de sedimento entre el flujo de avalancha y el arrastre de material de fondo en el cual parte del espesor de arena y cascajo del lecho del río se mueven con el agua. Este flujo generalmente ocurre en el río con la inclinación de lecho de 4 grados a 10 grados (1/14.3 a 1/5.7).

c) Arrastre de Fondo

El arrastre de fondo es un tipo de flujo de sedimento de material de fondo que es el flujo de sedimento compuesto de arena y cascajo existente en el lecho del río. El arrastre de fondo se observa en el tramo aguas abajo del flujo de transición.

d) Arrastre Suspendido

El arrastre suspendido es también otro tipo de arrastre de material de fondo. El arrastre suspendido generalmente se observa en el tramo del río con el material de fondo que incluya un alto porcentage de arena fina. En el tramo de río abajo, el arrastre suspendido y el arrastre de fondo generalmente se observan en el mismo sitio.

e) Arrastre de Superficie

El arrastre de superficie es el flujo de sedimento compuesto de materiales muy finos. Los materiales flotantes del arrastre de superficie no son depó-sitados en el curso del río mientras son transportados.

Los patrones de flujos de sedimento que son importantes para la cantidad de descarga de sedimento de los ríos del Area de Estudio son: Flujo de avalancha, flujo de transición, arrastre de fondo y arrastre suspendido. De acuerdo a la investiga-ción de campo y las fotografías aéreas, los tramos de río para el flujo de arrastre, el flujo de transición, y el arrastre de fondo del Río Choloma, Río Blanco y Río El Sauce son apróximadamente identificados como se muestran en *Fig.* 8.1.

Aunque el arrastre suspendido ocurre en los tramos de medio río y río abajo de éstos ríos, los tramos del arrastre suspendido no se pueden identificar claramente.

8.2.2 Materiales del Lecho de Río de los Ríos

Con el objetivo de estudiar el balance de sedimento y de utilizar éstos resultados para planificar el canal del río con estabilidad dinámica, una investigación de lecho de río incluyendo muestras y exámenes de laboratorio para Río Choloma, Río Blanco y Río El Sauce se condujeron por este Estudio.

Los sitios de muestreo son 9 compuestos de 3 sitios para cada río de Río Choloma, Río Blanco and Río El Sauce. En cada río, se tomaron muestras, en la parte aguas abajo, medio y aguas arriba con 3 muestras de cada lado, derecho, centro e izquierdo. Las ubicaciones de los sitios de muestreo se presentan en *Fig.* 8.2.

Fig. 8.3 presenta la variación longitudinal de diámetro y el promedio longitudinal de la gravedad especifica de los materiales del lecho de río en los ríos mencionados. Existe una característica común del cambio brusco del diametro en el tramo medio río de cascajo en el tramo río arriba a arena en el tramo río abajo. La razón de éste cambio brusco es la reducción brusca de la fuerza tractiva del río debido a la reducción brusca de la inclinación del lecho de río en el tramo medio río.

8.3 Balance de Descarga de Sedimento de los Ríos

Para la estabilización del canal de río, es necesario mantener el balance longitudinal de la descarga de sedimento. En éste Estudio, se hicieron simulaciones de las descargas de sedimentos de los ríos para chequear el balance de sedimento y la tendencia de agradacion o de degradación del lecho de río.

8.3.1 Simulación de Sedimento del Plan Maestro de Estudio

El procedimiento de la simulación de sedimento para el Río Choloma, Río Blanco y el Río El Sauce del Estudio Plan Maestro es como sigue:

(1) La simulación se hizo de los tramos del arrastre de fondo

(2) Los parametros hidráulicos para la simulación se obtuvieron por medio de una calculación irregular para el diseño del gráfico hidráulico de inundacio-nes de 50 años.

(3) Datos de secciones transversales de ríos de 1.0 km intervalo incluyendo la información examinada de este Estudio fueron utilizados para la simulación

(4) Las descargas de sedimento fueron calculadas como descargas de arrastre de fondo por medio del Método Ashida-Michiue.

(5) El balance longitudinal de la descarga de sedimento, deposición y erosión de sedimento y agradación y degradación del lecho de río son calculados usando la descarga de sedimento antes mencionada.

(6) El balance de la descarga de sedimentos entre los tramos aguas arriba de los flujos de arrastre y de transición y la descarga de sedimentos los tramos del arraste de fondo, se chequearon en los puntos de control para planificar el control de erosión y sedimento.

Los casos de simulación son como sigue:

(1) Río Choloma

Caso 1-1 Sin control de inundación y sin control de erosión Y sedimento

Caso 1-2 Con control de inundación y con control de erosión y sedimento (ref. al Fig. 8.4)

(2) Río Blanco

Caso 2-1 Sin control de inundación y sin control de erosión y sedimento

Caso 2-2 Con control de inundación a lo largo del curso original del río y con control de erosión y sedimento (ref. al *Fig.* 8.5)

(3) Río El Sauce

Caso 3-1 Sin control de inundación y sin control de erosión y sedimento

Caso 3-2 Con control de inundación y con control de erosión y sedimento (ref. to *Fig.* 8.6).

(4) Plan de Desviación del Río Blanco con el Mejoramiento del Río El Sauce

Caso 4-1 El control de inundación por medio del canal de desviación del Río Blanco al Río El Sauce con el mejoramiento del Río El Sauce y control de erosión y sedimento de la cuenca del Río Blanco y la cuenca del Río El Sauce (ref. al *Fig.* 8.7)

Los resultados de las Simulaciones se describen como sigue.

1) Río Choloma

Fig. 8.8 y *Fig.* 8.9 muestran los resultados de Caso 1-1 y Caso 1-2, respectivamente.

(1) Para el Caso 1-1 (la sin condición de proyecto), existen un imbalance de descarga de sedimento en el canal del río. Especialmente, la notable tendencia de deposición y agradación de del lecho de río se han estimados a ocurrir en el tramo más río abajo. Pero, éstas tendencias mejorarán mucho y el canal del río estará en la condición de estabilidad dinámica con el Caso 1-2 (la con condición de proyecto)

(2) La descarga de sedimento de diseño o descarga de sedimento permitido de diseno de los tramos de río arriba del punto de control son más grandes que el volumen de descarga de sedimento de los tramos río abajo (flujo de fondo). Este punto de control de control planificado de la erosión y sedimento (flujo de avalancha, flujo de transición) se encuentra en el Puente de Ferrocarril Nacional. Para el Caso 1-1, la diferencia es 1,421,600 m^3, y la deposición de sedimento cerca de 75 cm ocurre en los tramos de río abajo (distancia 7.8 km). Pero, en el Caso 1-2, la diferencia será 137,900 m^3, y la profundidad de deposición será cerca de 30 cm solamente. Entonces, la influencia de ésta deposición de Caso 1-2 será mínima.

2) Río Blanco

Fig. 8.10 muestra los resultados del Caso 2-1. Como la mejoría del río se está considerando para el Canal San Roque y el tramo de aguas abajo alrededor del estuario

de la Laguna Carmen, el tramo de aguas arriba de la Laguna Carmen se quedará sin mejoría. Entonces, el balance de sedimento y la tendencia de agradación y degradación del Caso 2-2 son los mismos quel Caso 2-1.

(1) Aunque hay algo de desbalance en el volumen de la descarga de sedimento en el canal del río para las condiciones sin proyectos (Caso 2-1) y con proyectos (Caso 2-2), el canal del río es casi en la consición de estabilidad dinámica. Pero, debido al excesivo saque de arena del lecho del río, la degradación artificial del lecho ha ocurrido como también los pilares de los cimientos del Puente de Ferrocarril Nacional que están en una condición peligrosa. Este saque excesivo debe restringirse.

(2) El volumen anual de influjo de sedimento a la Laguna Carmen se ha estimado cerca de 21,700 m^3. Debido a este influjo de sedimento, la deposición de sedimento alrededor del área del estuario de la Laguna Carmen ocurrirá, y el tramo más río abajo del Río Blanco se ha suavizado, haciendose menos caudaloso. Antes de 1974, cuando el Río Blanco fluía al presente curso del Río El Sauce y parcialmente fluía a la Laguna Carmen, esta clase de desbalance de sedimento alrededor del área del estuario de la Laguna Carmen no había ocurrido.

3) La descarga de sedimento de diseño o descarga de sedimento permitido de diseño de los tramos de río arriba del punto de control son más grandes que el volumen de descarga de sedimento de los tramos río abajo (flujo de fondo). Este punto de control del control planificado de la erosión y sedimento (flujo de avalancha, flujo de transición) se encuentra en el Puente de Ferrocarril Nacional. Para el Caso 2-1, la diferencia es 787,600 m^3, y la deposición cerca de 165 cm ocurrirá en los tramos río abajo (distancia 3.4 km). Pero, para el Caso 2-2, la diferencia será 66,700 m^3, y la profundidad de deposición sera cerca de 15 cm solamente. Entonces, la influencia de ésta deposición del Caso 2-2 será mínima.

3) Río El Sauce (incluyendo el Río Santa Ana/Bermejo y el Río Piedras)

Fig. 8.11 a *Fig.* 8.13 y *Fig.* 8.14 a 8.16 muestra los resultados del Caso 3-1 y Caso 3-2, respectivamente.

(1) El desbalance del volumen de descarga de sedimento del los canales de la sin condición proyecto (Caso 3-1) no mejorará mucho en la condición proyecto (Caso 3-2). Entonces, el mantenimiento periódico del canal será necesario.

(2) La descarga de sedimento de diseño o descarga de sedimento permitido de diseño de los tramos de río arriba de los puntos de control son más grandes que el volumen de descarga de sedimento de los tramos río abajo (flujo de fondo). Estos puntos de control del control planificado de la erosión y sedimento (flujo de avalancha, flujo de transición) se encuentran en los Puentes de Carretera Nacional del Río Santa Ana/Bermejo y del Río Piedras). Para el Caso 3-1, la diferencia es 736,000 m^3, y la deposición cerca de 20 cm ocurrirá en los tramos río abajo (distancia total de 18.3 km). Pero, en el Caso 3-2, la diferencia será 72,300 m^3, y la profundidad de deposición será cerca de 6 cm solamente. Entonces, la influencia de ésta deposición del Caso 3-2 será mínima.

4) Plan de Desviación del Río Blanco con el Mejoramiento del Río El Sauce

Fig. 8.17 a 8.20 muestran los resultados de Caso 4-1.

(1) En referencia al canal de desviación del Río Blanco, deposición de sedimento ocurrirá cerca de la confluencia del Río El Sauce con la profundidad de deposición cerca de 25 cm. Para el Río El Sauce incluyendo Río Santa Ana/ Bermejo y Río Piedras, imbalance longitudinal de la descarga de sedimento ocurrirá. Por esta razón, el mantenimiento periódico de éstos canales incluyendo el dragado será necesario.

(2) La descarga de sedimento de diseño o descarga de sedimento permitido de diseño de los tramos de río arriba de los puntos de control son más grandes que el volumen de descarga de sedimento de los tramos río abajo (flujo de fondo). Estos puntos de control del control planificado de la erosión y sedimento (flujo de avalancha, flujo de transición) se encuentran en los Puentes de Carretera Nacional del Río Santa Ana/Bermejo y del Río Piedras). Para el Río Blanco y el Río El Sauce las diferencias y las profundidades de deposición son casi las mismas del Caso 2-2 y Caso 3-2, respectivamente. Entonces, la influencia de ésta deposición será mínima.

8.3.2 Simulación de Sedimento del Estudio de Factibilidad

Como resultado del Estudio del Plan Maestro, el Río Choloma (desde la confluencia con el Canal San Roque hasta la confluencia con el Río LaJutosa), el Río La Jutosa y el Río Majaine fueron seleccionados para los tramos de ríos del estudio de factibilidad (ref. al Capitulo 11)

Para el estudio de factibilidad, se condujeron un examen suplemental de la sección transversal del río, un estudio hidrológico y un estudio de daños por inundación.

Basado en estos datos actualizados, se actualizó la información para el mencionado plan maestro del control de inundaciones, erosión y sedimento del Río Choloma incluyendo el Río Majaine y el Río La Jutosa (ref. al Capitulo 7 y 9). Luego, se formularon proyectos urgentes como el control de inundación a largo plazo, el proyecto del control de la erosión y sedimento.

La descarga de sedimento y la tendencia de agradación o degradación del lecho del Río Choloma fueron simulados y evaluados utilizando los datos actualizados. Las siguientes condiciones son diferentes de las condiciones en las simulaciones del Estudio de Plan Maestro.

(1) Los tramos del Río Choloma para las simulaciones de sedimentos se encuentran entre la confluencia del Canal San Roque y la propuesta presa de consolidación cerca de 700 m río arriba del Puente de Carretera Nacional (existiendo una distancia acumulativa de 11.250 km a 19.780 km).

(2) Las secciones transversales de los ríos fueron examinados para las simulaciones de sedimentos del Estudio JICA en 1993 con un intervalo de distancia cerca de 200 m.

Los casos de simulacion son como sigue:

Caso 1 : sin control de inundación y sin proyecto de control de erosión y sedimento

Caso 2 : con control a largo plazo de inundación y con proyecto de control de erosión y sedimento

- mejoria del río entre la confluencia con el Canal San Roque y la propuesta presa de consolidación que se encuentra cerca de 700 m río arriba del Puente de Carretera Nacional (futura distancia acumulativa 11.250 km 18.885 km)

- control de erosión y sedimento para 10 presas de detención (7 en el Río Majaine, 3 en el Río La Jutosa), 17 presas de consolidación (7 en el Río Choloma, 2 en el Río Majaine, 8 en el Río La Jutosa) y 1 dique de agua en la márgen del río para el control de arrastre en el Río Choloma.

Caso 3 : con control urgente de inundación y con proyecto de control de erosión y sedimento

- mejoria del río entre el tramo medio y la propuesta presa de consolidación (distancia provisional acumulativa 15.610 km a 19.105 km)

- control de erosión y sedimento para 2 presas de detencion (1 en Río Majaine, 1 en Río La Jutosa), 2 presas de consolidación (2 en Río Choloma) y 1 dique de agua para el control de arrastre del Río Choloma

Fig. 8.21, *Fig.* 8.22 y *Fig* 8.23 muestran los resultados de Caso 1, Caso 2, y Caso 3, respectivamente.

(1) Para el balance de descarga de sedimento del canal de río, existe un desbalance del volumen de descarga de sedimento en la con proyecto condición (Caso 1). Debido a este desbalance, una notable tendencia de deposición de sedimento y agradación del lecho del río (máximo cerca de 100 cm) ocurrirá en el tramo más río abajo cerca de laconfluencia del Canal San Roque. Adicionalmente, una notable tendencia de erosión ocurrira cerca del Puente de Carretera Nacional (20 a 60 cm).

El antes mencionado desbalance del volumen de la descarga de sedimento mejorará mucho en los tramos con mejoría del proyecto a largo plazo

(Caso 2); los balances de sedimento de los tramos del proyecto urgente (Caso 3) también mejorarán.

No obstante, la tendencia local de deposición de sedimentos en el tramo más aguas abajo de la mejoría del Caso 2 y Caso 3 se mantendrá. Estas deposiciones no mejorarán mucho sin las mejorías de río para el Canal San Roque-Cuabanos y el Canal Copen-Higuero-Cuabanos como también para Río Chamelecon. Aunque la profundidad de deposición estimada es menos de 30 cm, es necesario un mantenimiento periódico así como el dragado.

Adicionalmente, la tendencia local de erosión alrededor del Puente de la Carretera Nacional se mejorará hasta cierto punto en Caso 2 y Caso 3, y las profundidades apróximadas de 20-50 cm permanecerán. Consecuentemente, la protección alrededor del Puente de la Carretera Nacional será necesario en Caso 2 y Caso 3.

(2) La descarga de sedimento de diseño del Caso 1 o descarga de sedimento permitido de diseño para Caso 2 y Caso 3 de los tramos de río arriba del punto de control son más grandes que el volumen de descarga de sedimento de los tramos río abajo (flujo de fondo). Este punto de control del control planificado de la erosión y sedimento (flujo de avalancha, flujo de transición) se encuentra en la propuesta presa de consolidación. Para el Caso 1-1, la diferencia es

1,426,700 m^3, y la deposición de sedimento con una profundidad promedio cerca de 70 cm ocurrirá en los tramos río abajo (distancia 8.5 km).

En el Caso 2, la diferencia será 137,900 m^3. Suponiendo que la deposición de sedimento ocurrirá dentro del canal agua baja, la profundidad promedio de deposición será de apróximadamente 40 cm, el cual es menos que la altura permitida de diseño para el bordo de 1.0 m. Entonces, la influencia de esta deposición será mínima.

Para el Caso 3, La diferencia será 979,000 m^3, y la profundidad de deposición promedio cerca de 80 cm ocurrirá dentro del canal agua baja del tramo con mejoria y el lecho de crecida del tramo existente del río. Considerando que la profundidad de deposición del tramo río arriba será más alto que el tramo río abajo, existirá una posibilidad que la profundidad de deposición alcance la altura permitida del diseño de bordo de 1.0 m en algunos lugares del tramo río arriba. Entonces, será necesario continuar la construcción paso a paso de las estructuras para el control de erosión y sedimento manteniendose con el plan de estructuras de largo plazo

FIGURAS

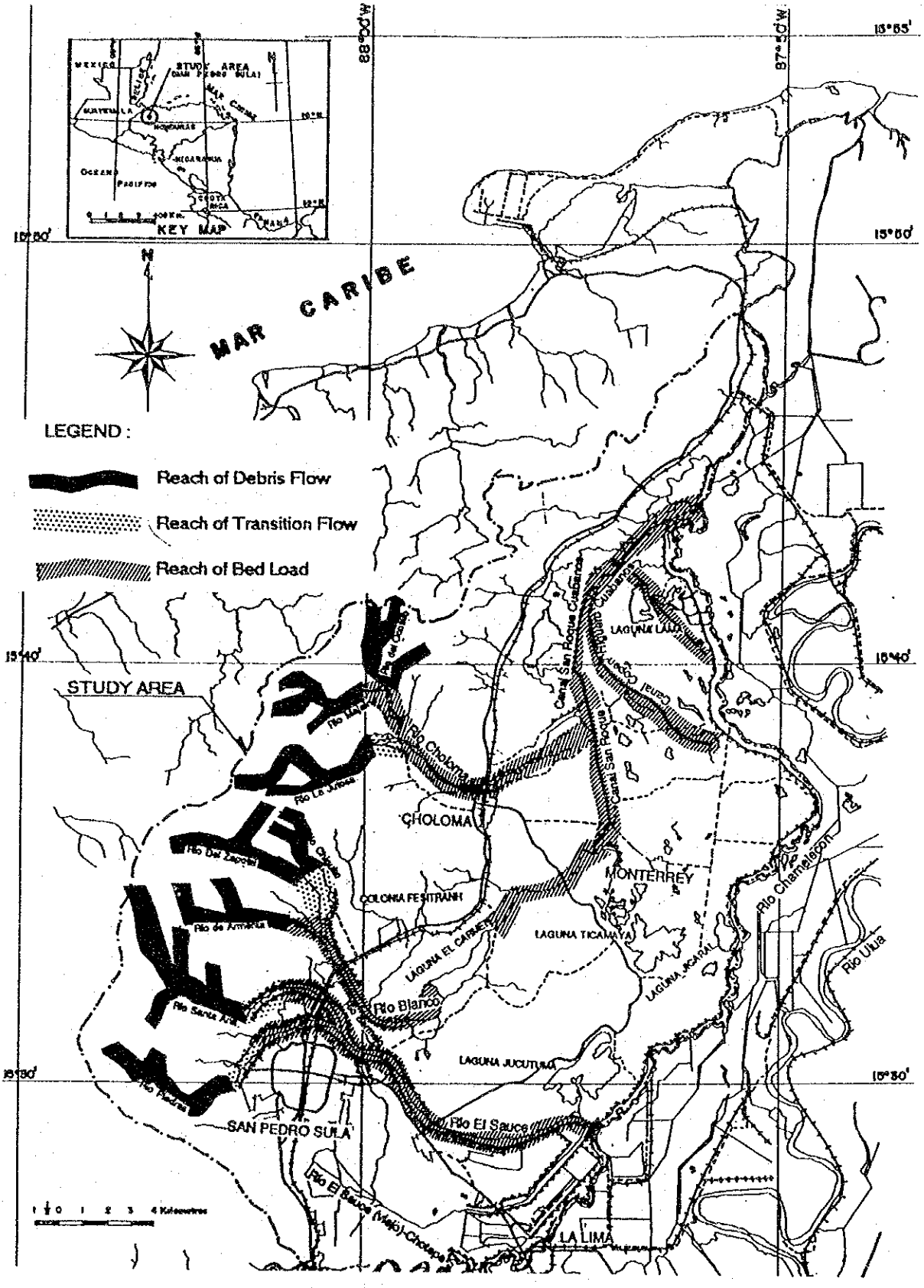


FIG.8.1 PATRONES DE FLUJO DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA, EL RIO BLANCO Y EL RIO EL SAUCE

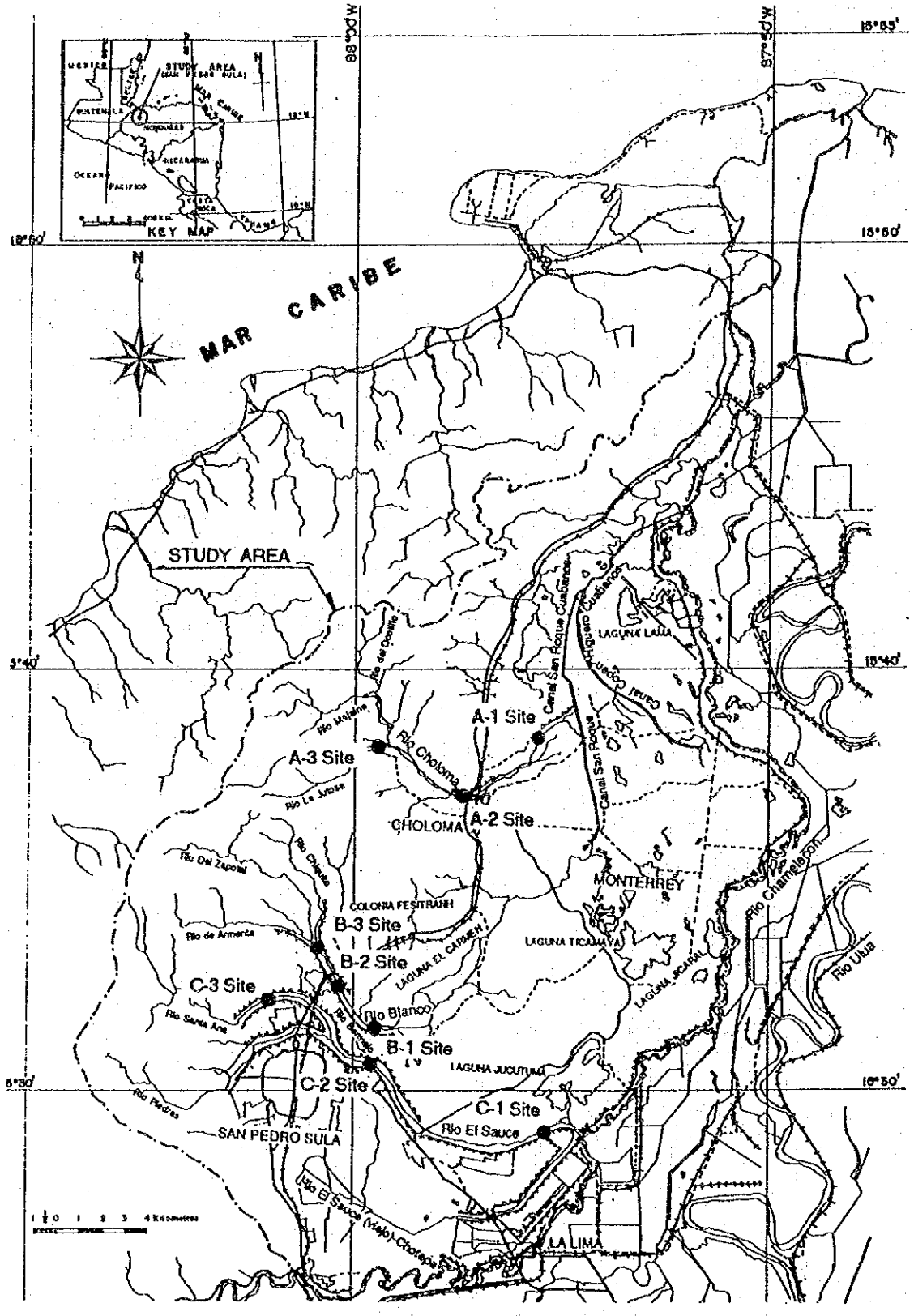


FIG.8.2 SITIOS DE MUESTREO DE LOS MATERIALES DEL LECHO DEL RIO INVESTIGACIONES PARA EL RIO CHOLOMA, RIO BLANCO Y RIO EL SAUCE

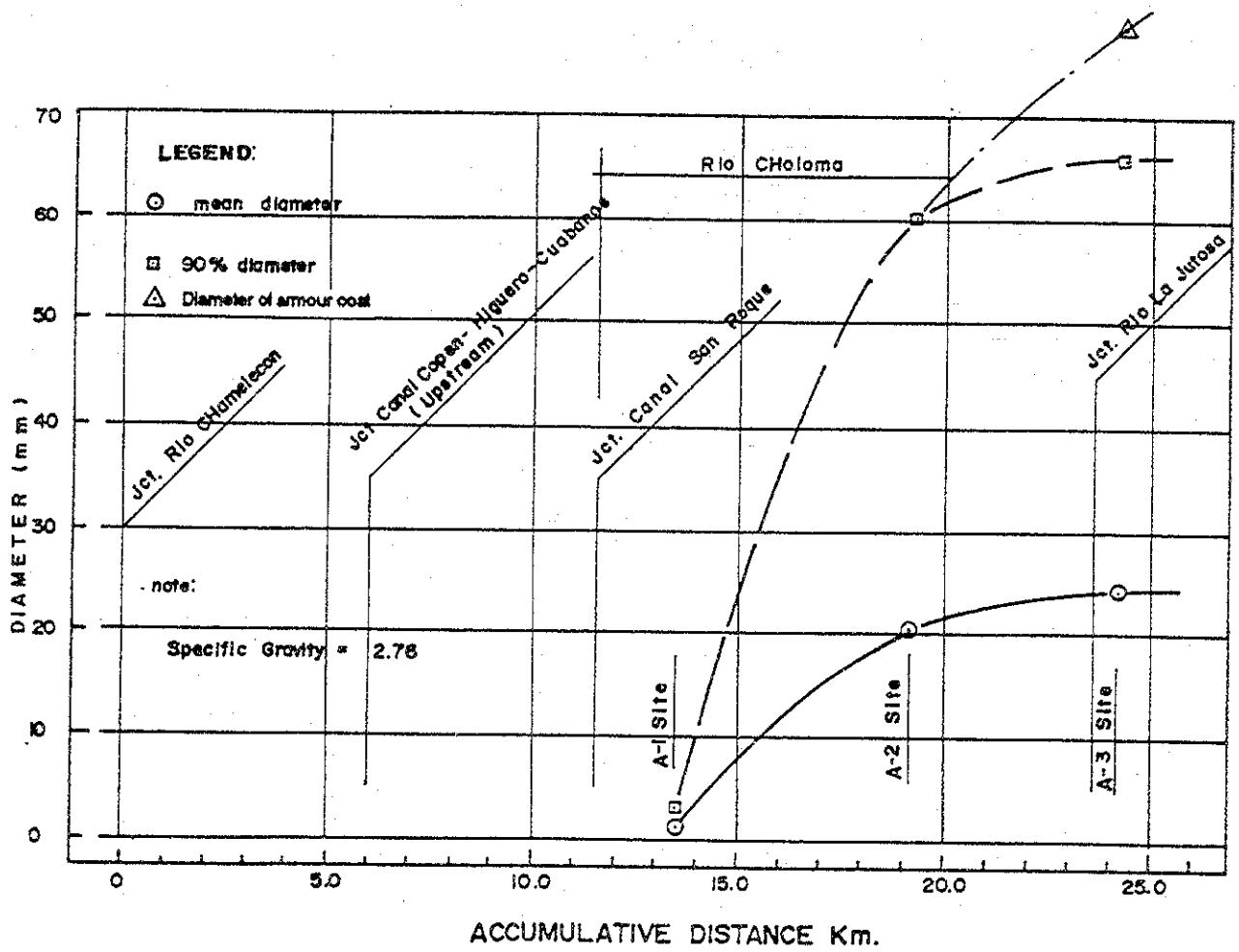


FIG.8.3 VARIACION LONGITUDINAL DEL DIAMETRO DE LOS MATERIALES DEL LECHO DEL RIO (1/3)

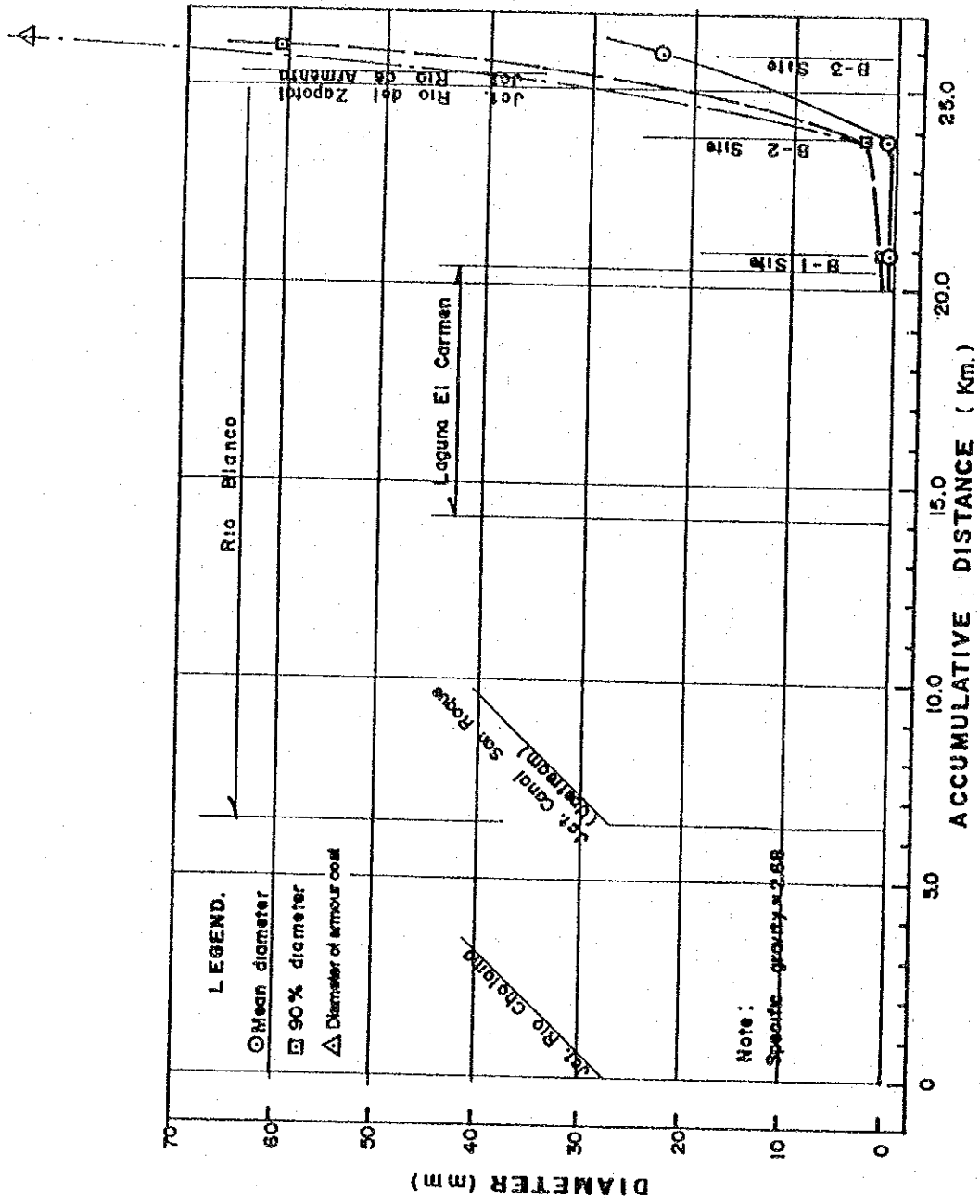


FIG.8.3 VARIACION LONGITUDINAL DEL DIAMETRO DE LOS MATERIALES DEL LECHO DEL RIO (2/3)

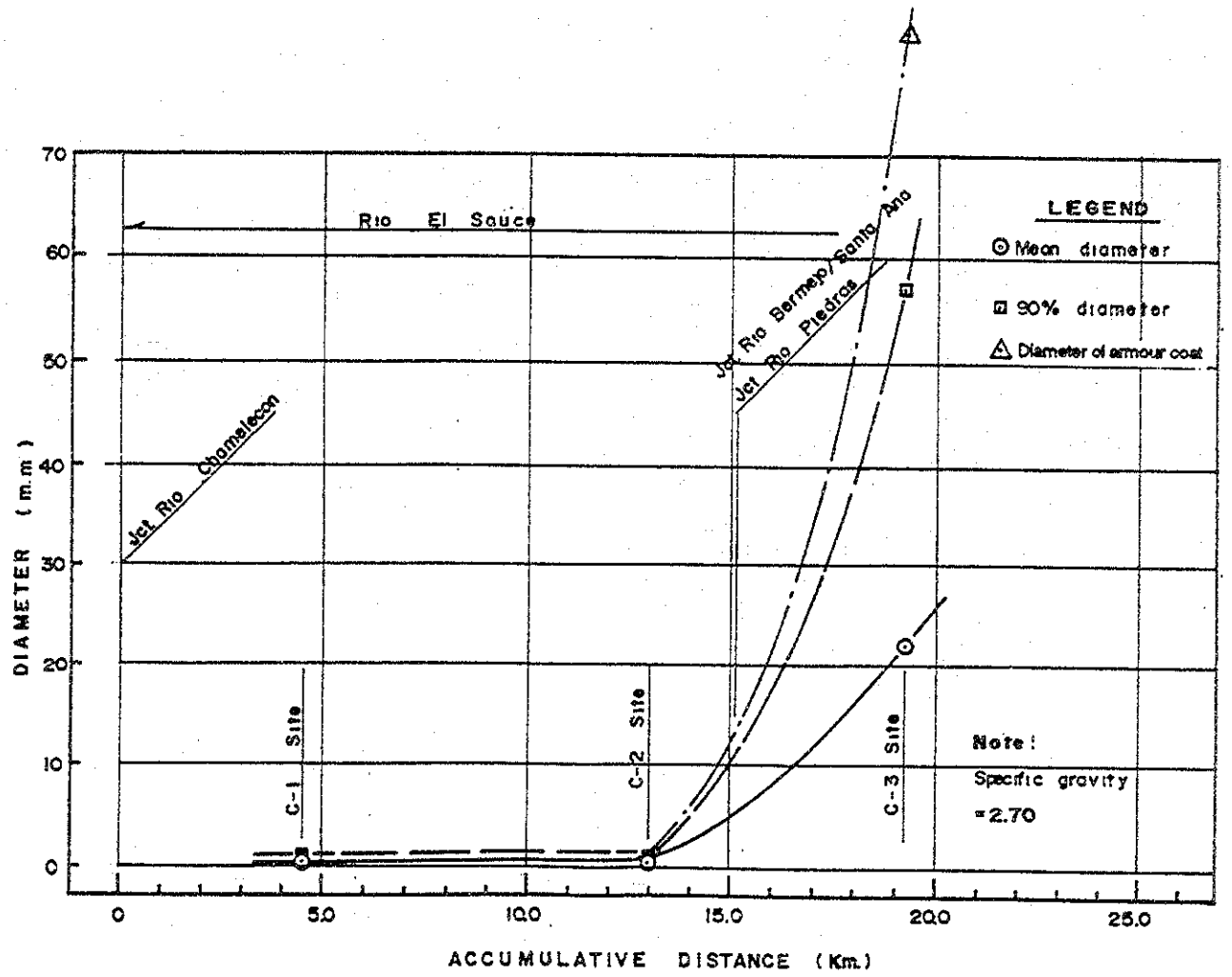


FIG.8.3 VARIACION LONGITUDINAL DEL DIAMETRO DE LOS MATERIALES DEL LECHO DEL RIO (3/3)

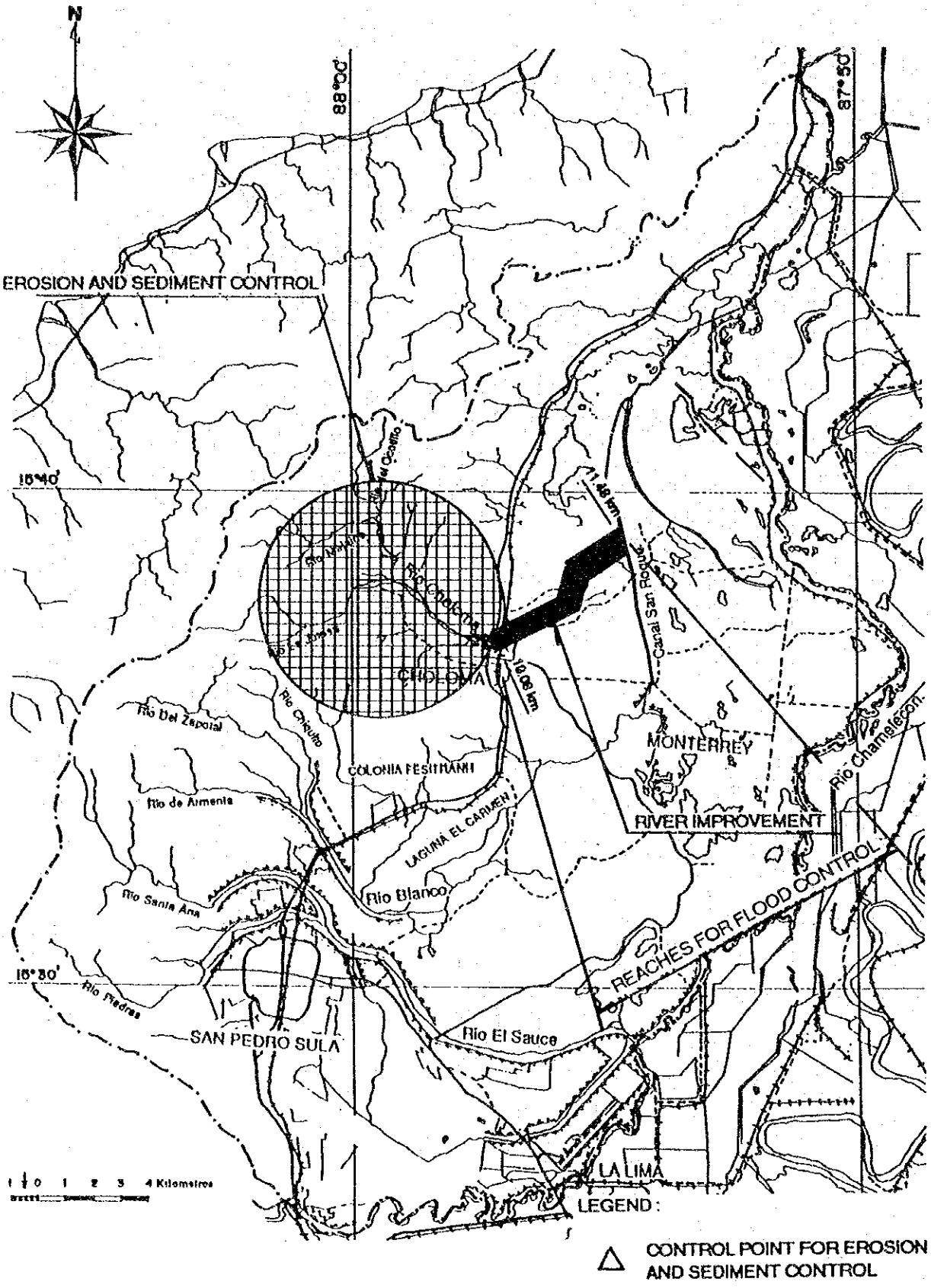


FIG.8.4 COMBINACION DEL MEJORAMIENTO DEL RIO Y CONTROL DE SEDIMENTACION Y EROSION PARA CASO 1-2 RIO CHOLOMA (CON PROYECTO)

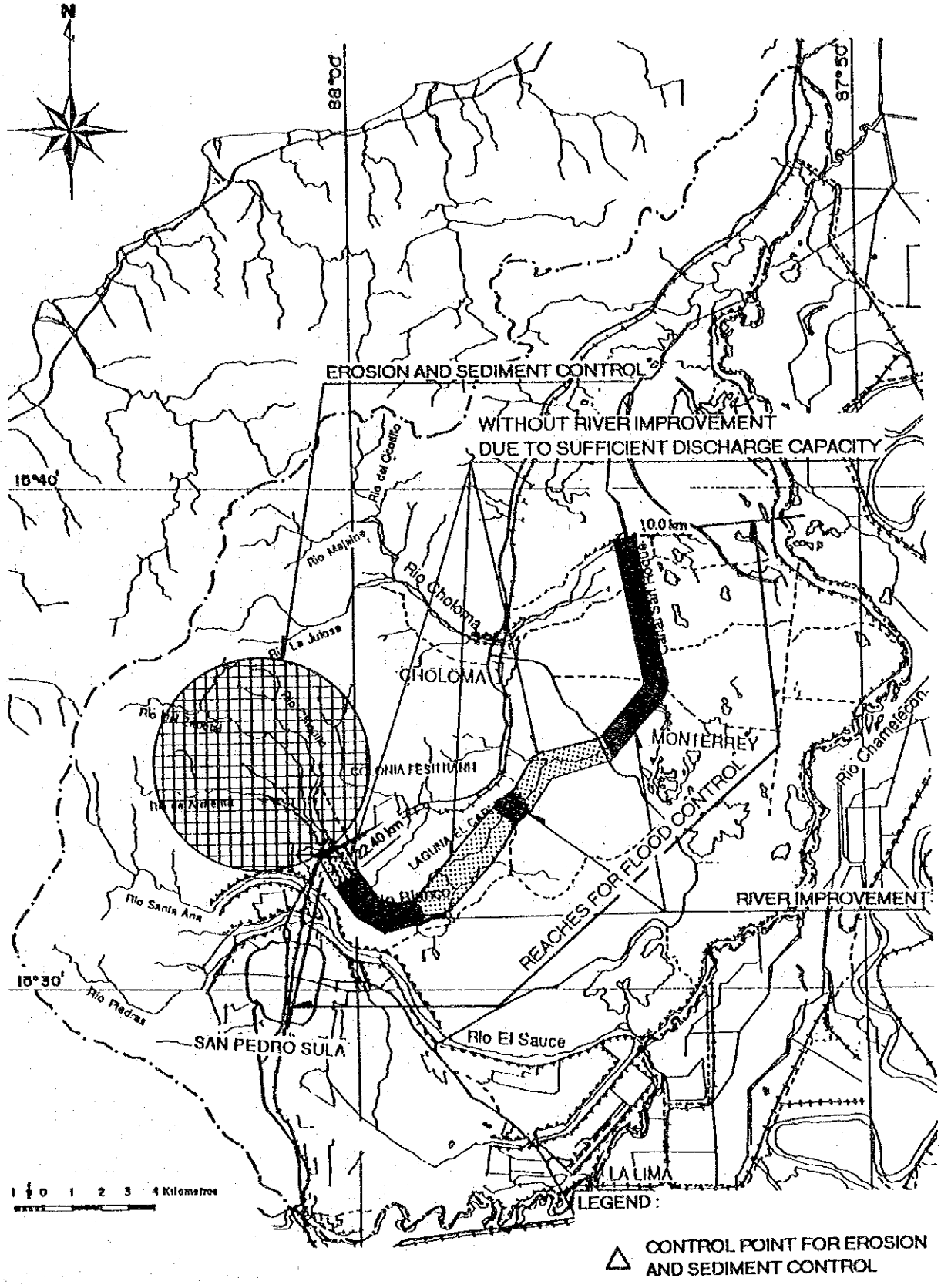


FIG.8.5 COMBINACION DEL MEJORAMIENTO DEL RIO Y CONTROL DE SEDIMENTACION Y EROSION PARA CASO 2-2 RIO BLANCO (CON PROYECTO)

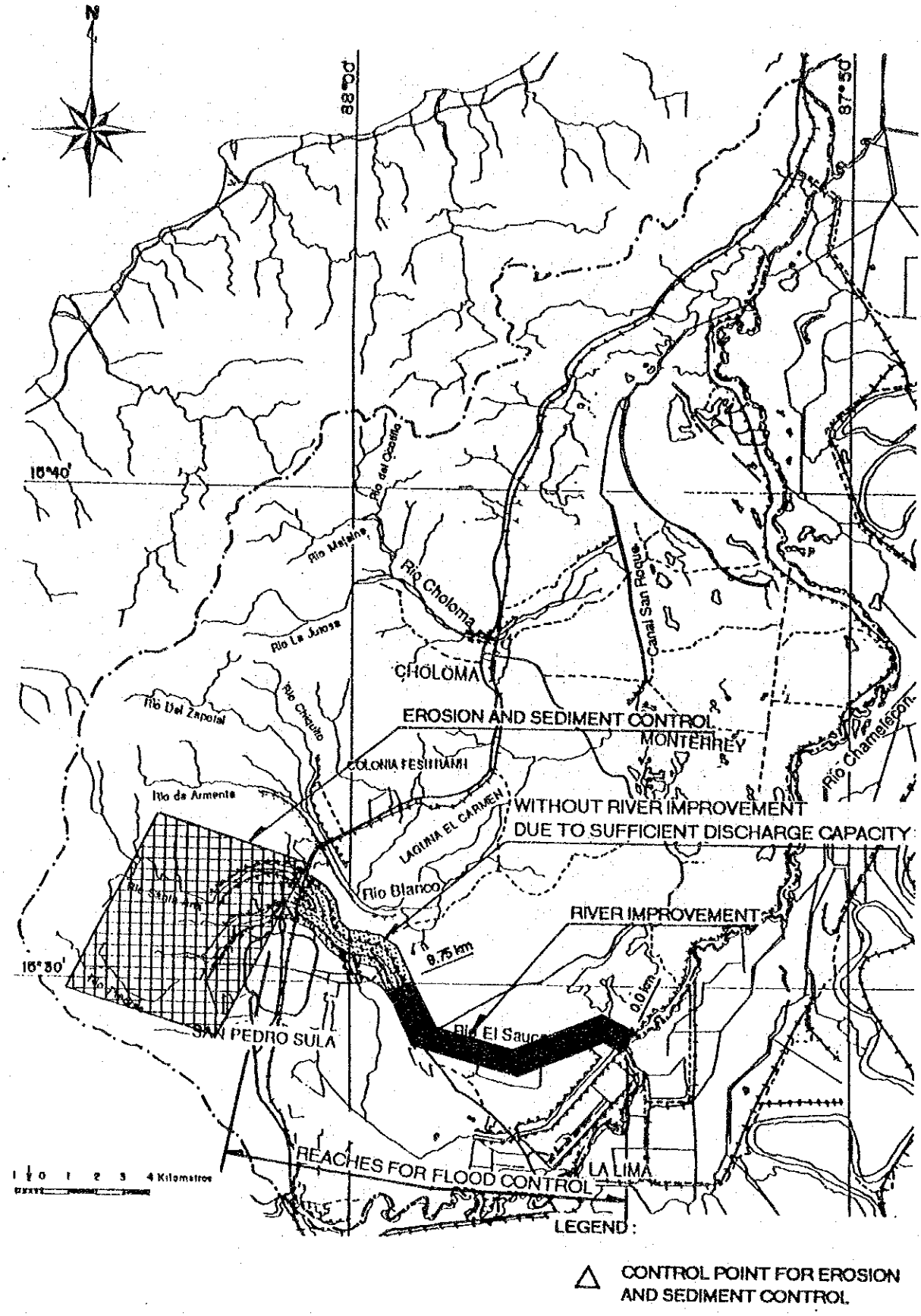


FIG.8.6 COMBINACION DEL MEJORAMIENTO DEL RIO Y CONTROL DE SEDIMENTACION Y EROSION PARA CASO 3-2 RIO EL SAUCE (CON PROYECTO)

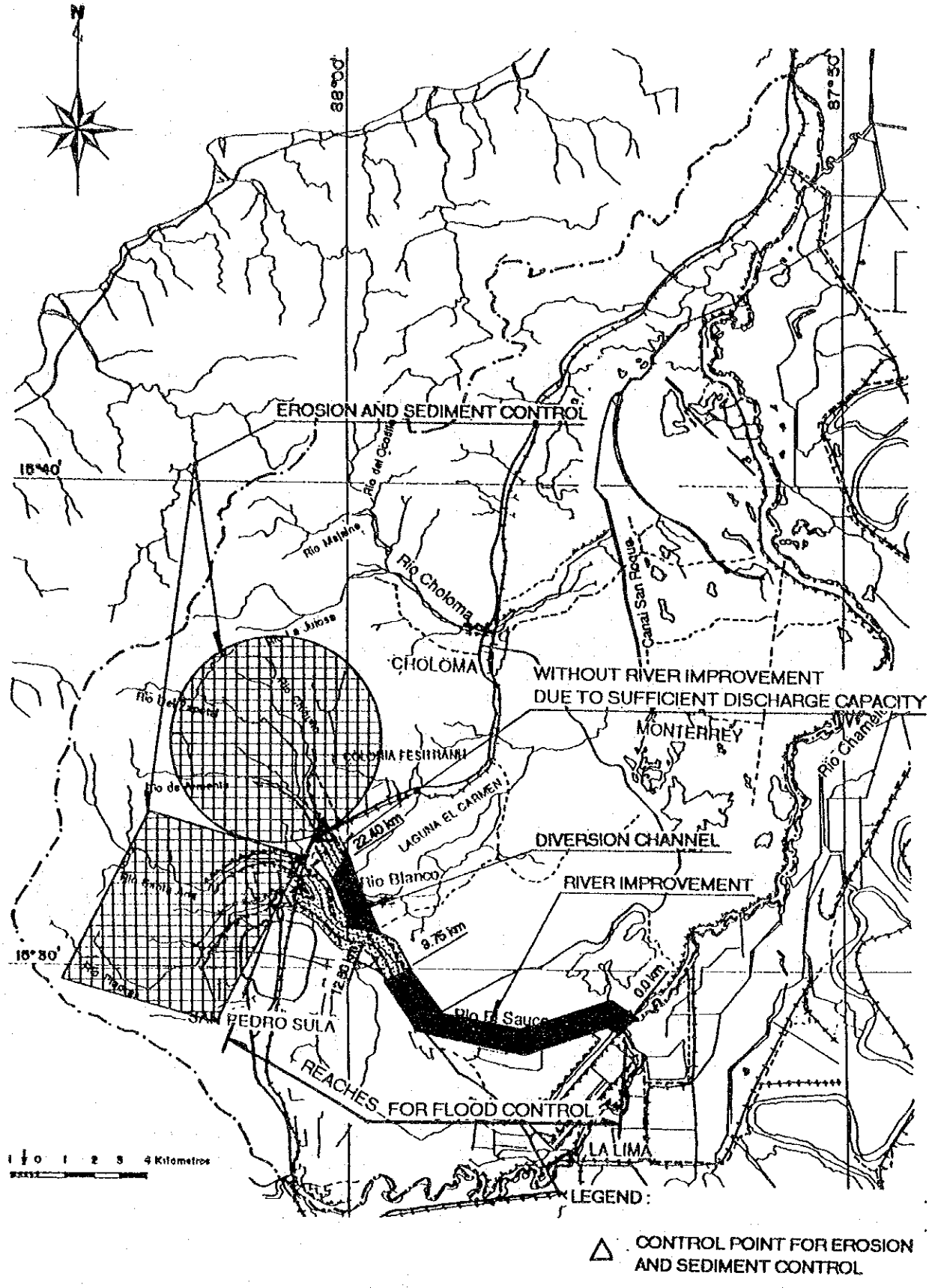


FIG.8.7 COMBINACION DEL MEJORAMIENTO DEL RIO Y CONTROL DE SEDIMENTACION Y EROSION PARA CASO 4-1 PLAN DE DERIVACION DEL RIO BLANCO

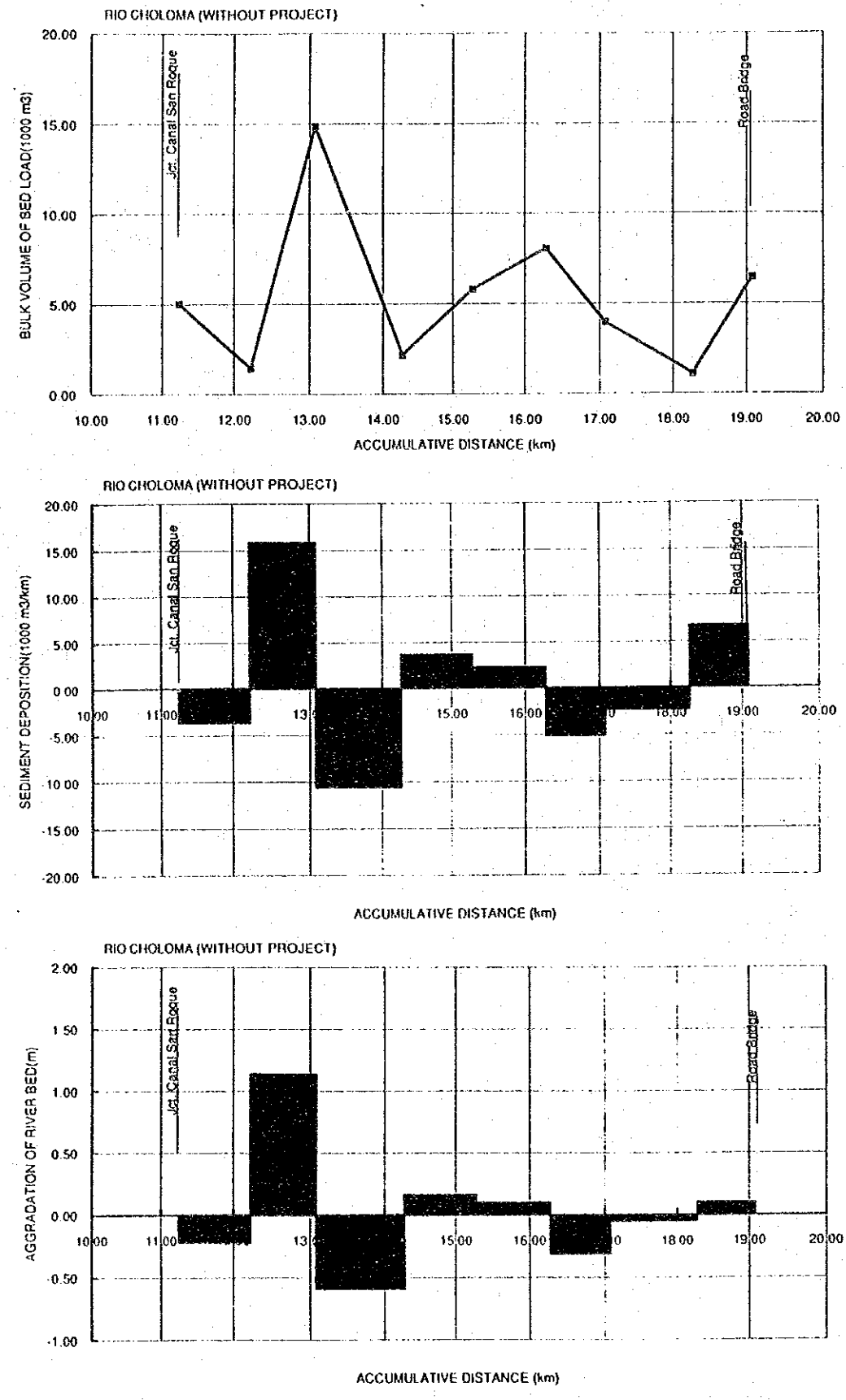
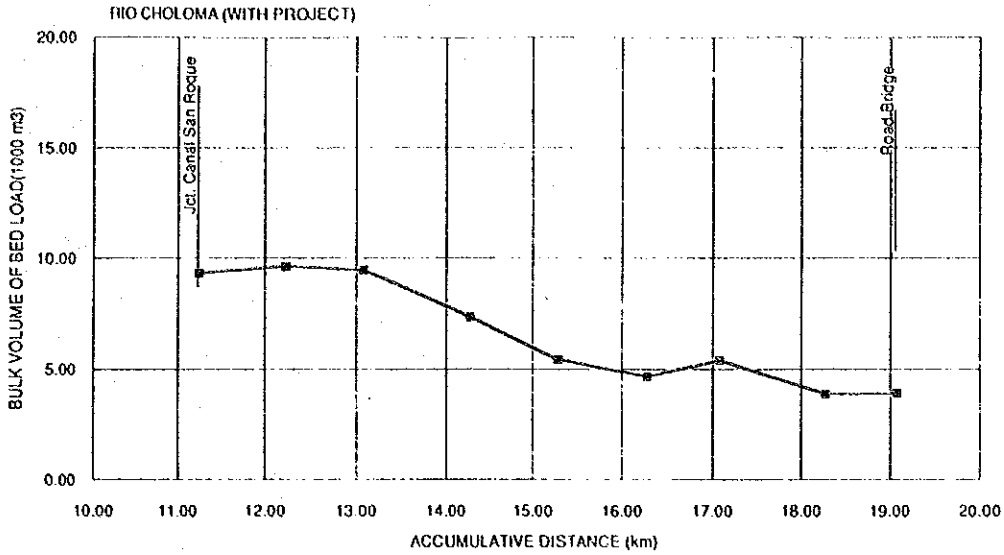
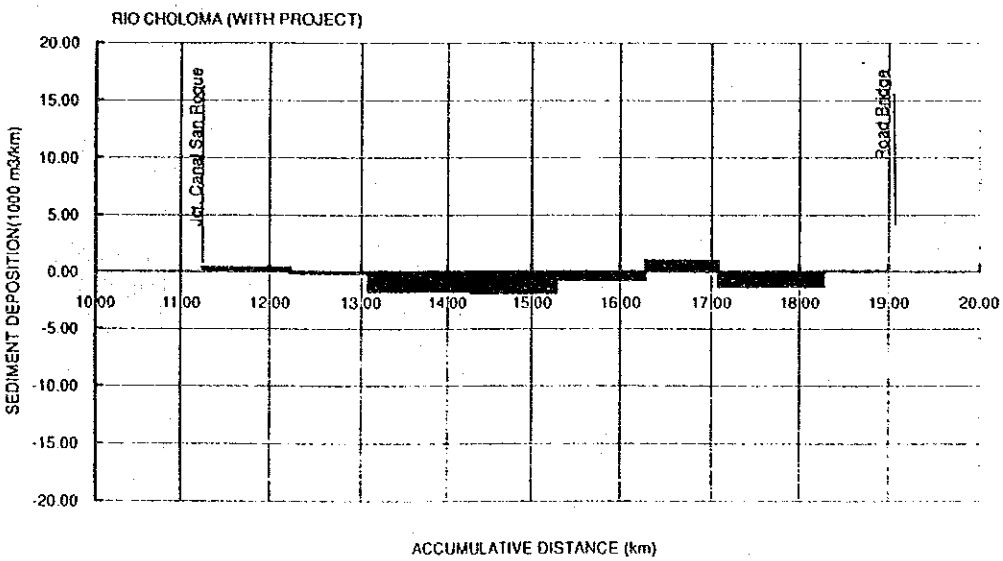


FIG.8.8 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA (CASO 1-1 SIN PROYECTO)





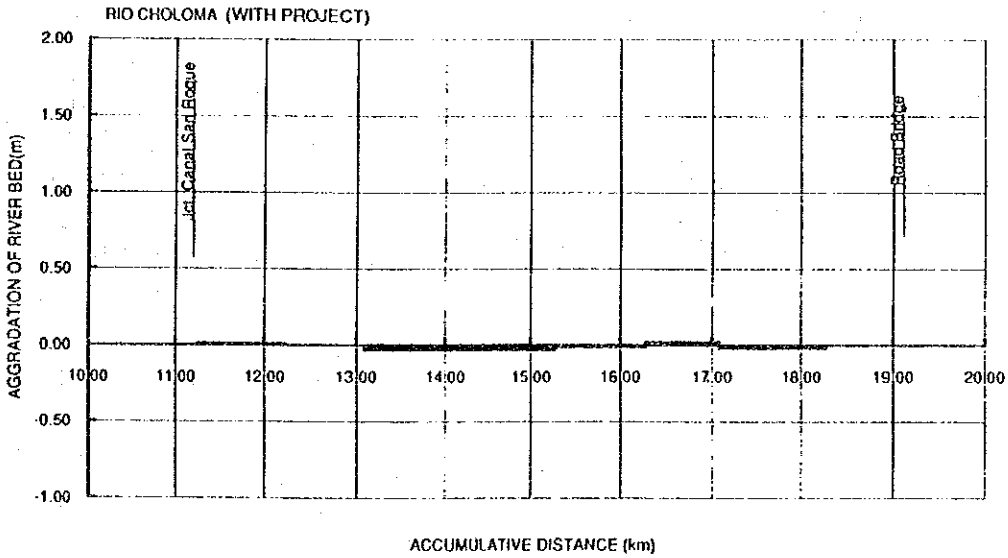


FIG.8.9 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA (CASO 1-2 CON PROYECTO)

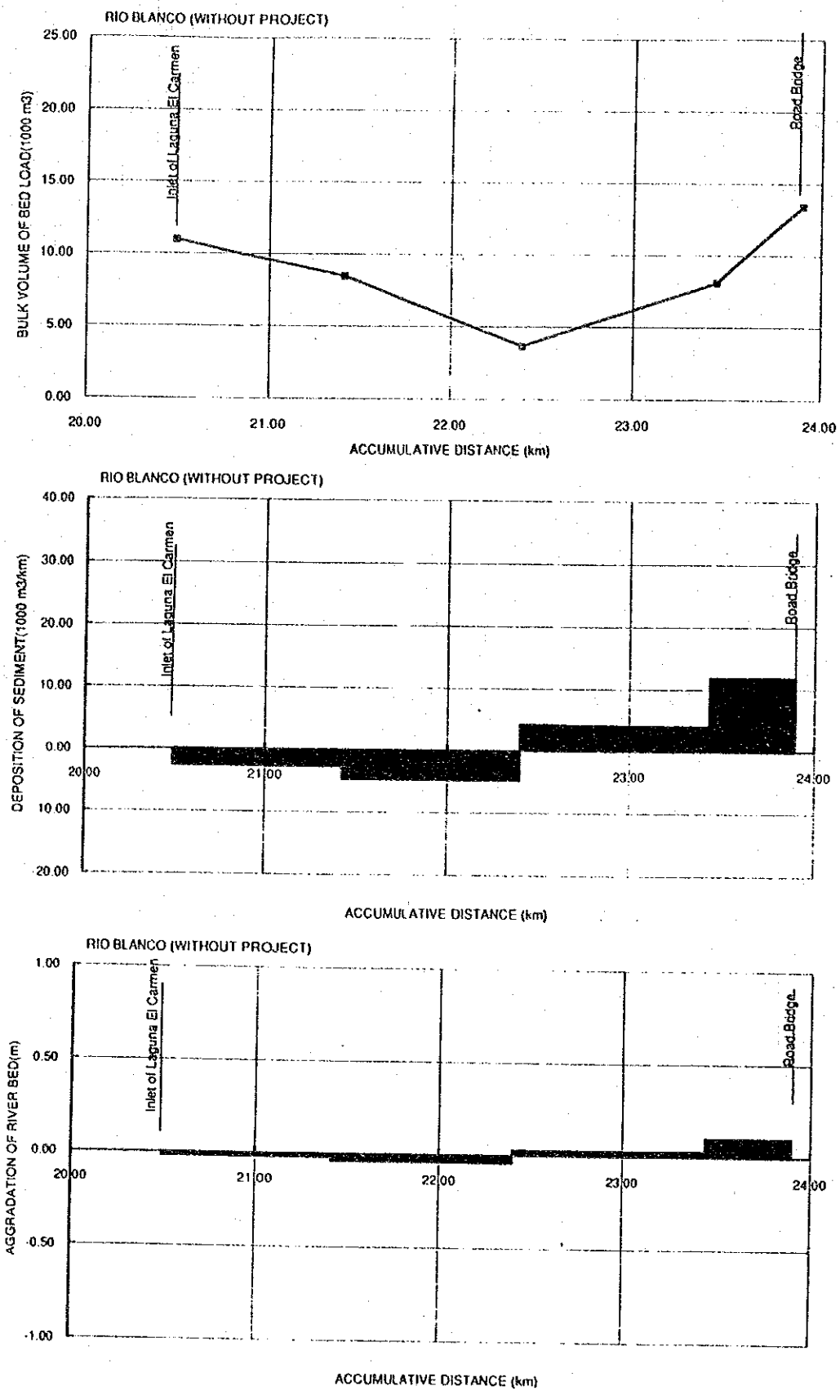
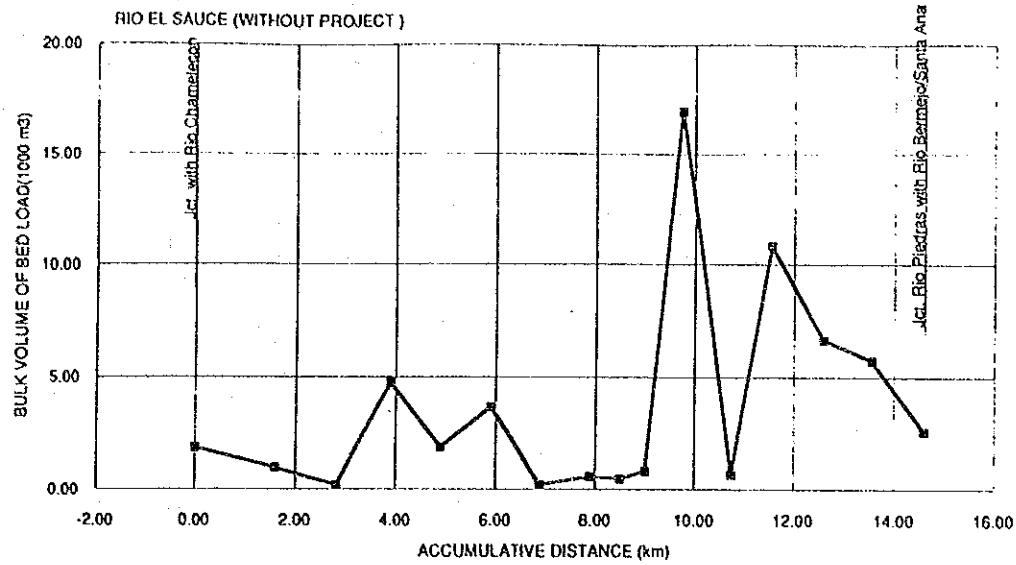
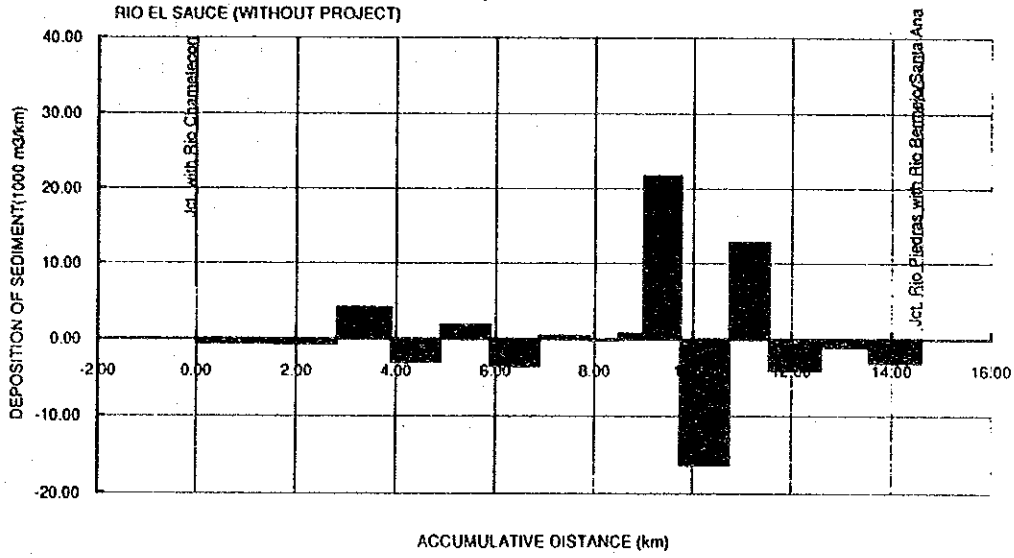


FIG.8.10 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO BLANCO (CASO 2-1 SIN PROYECTO)





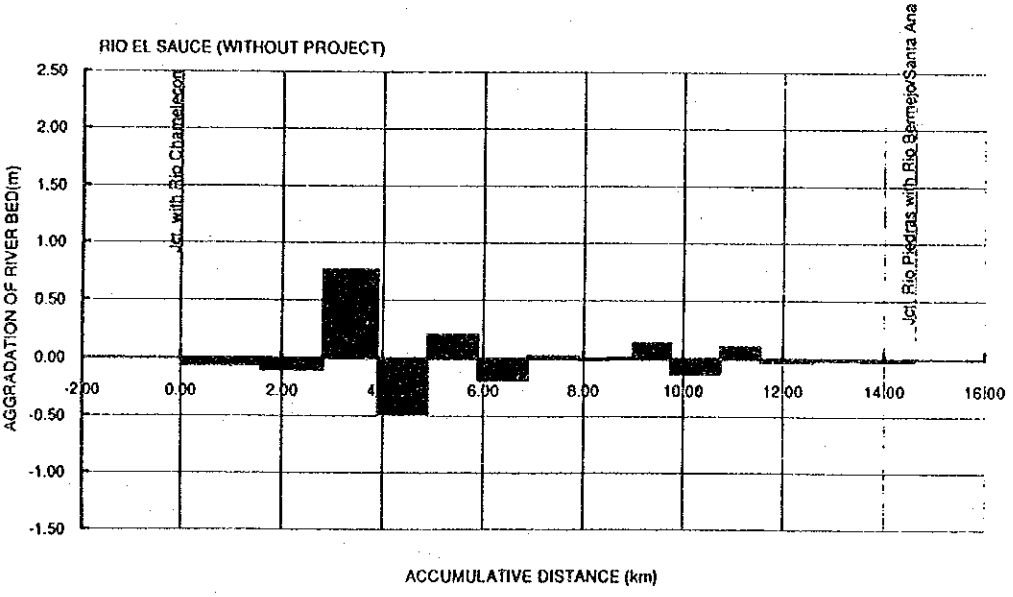
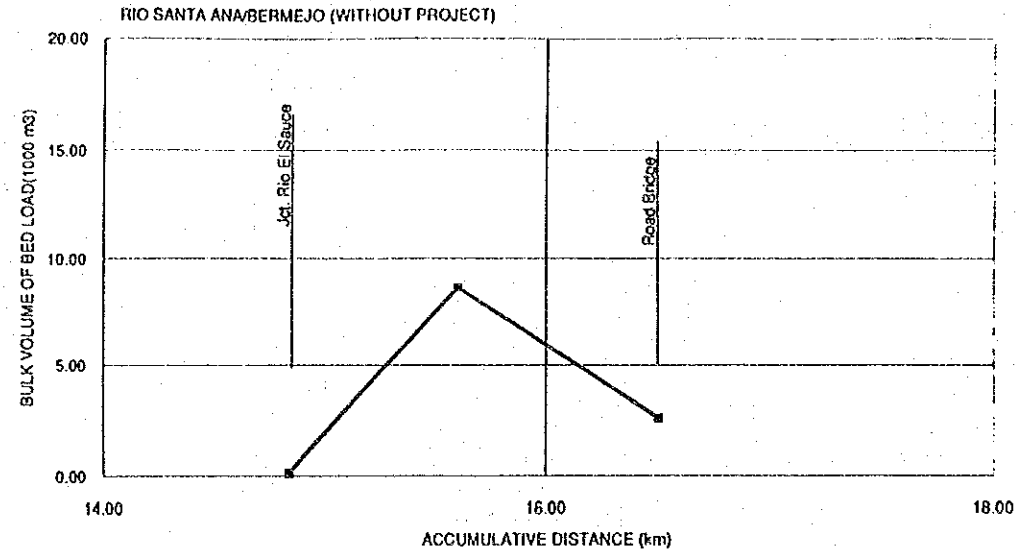
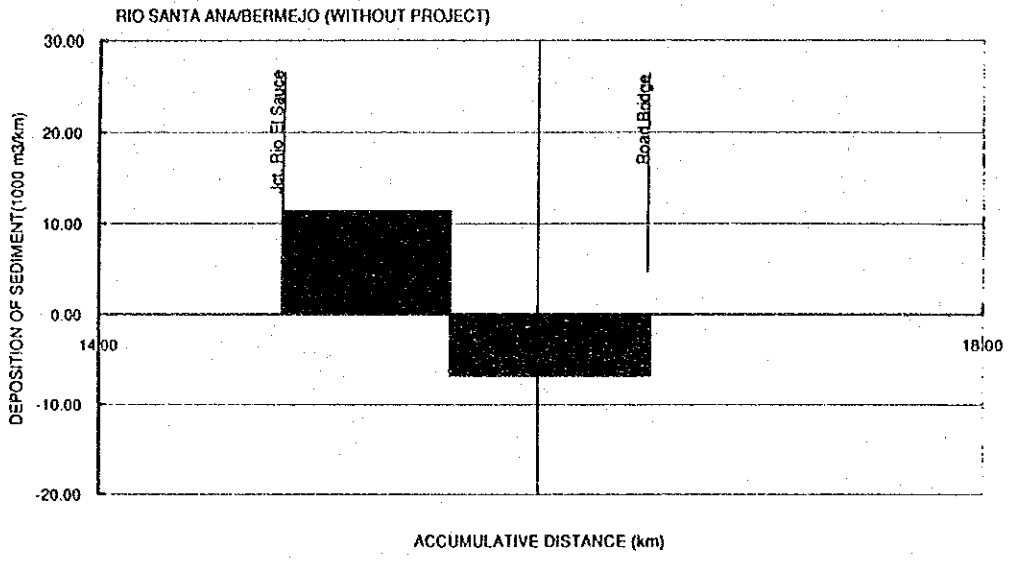


FIG.8.11 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO EL SAUCE (CASO 3-1 SIN PROYECTO)





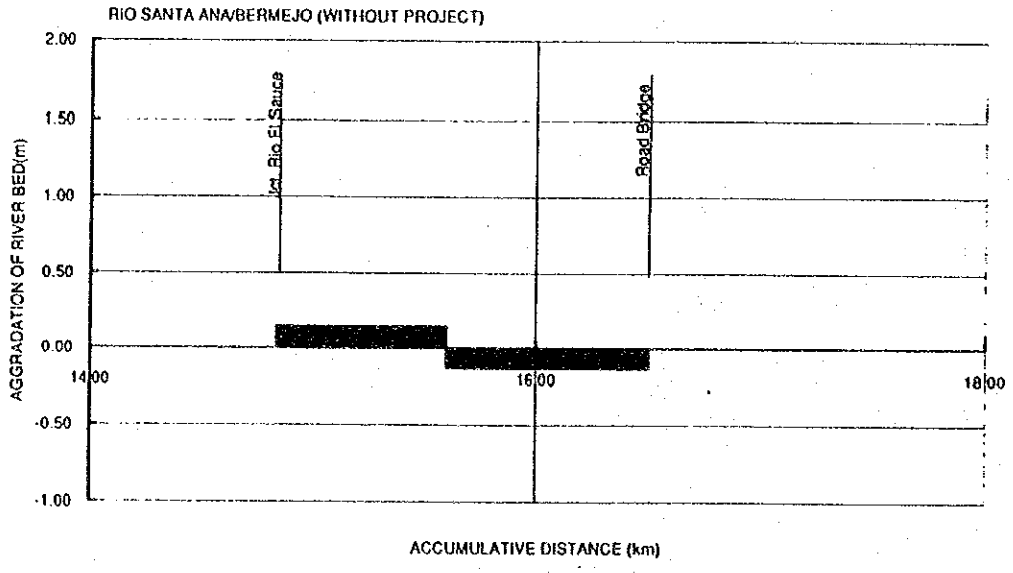


FIG.8.12 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO SANTA ANA/BERMEJO (CASO 3-1 SIN PROYECTO)

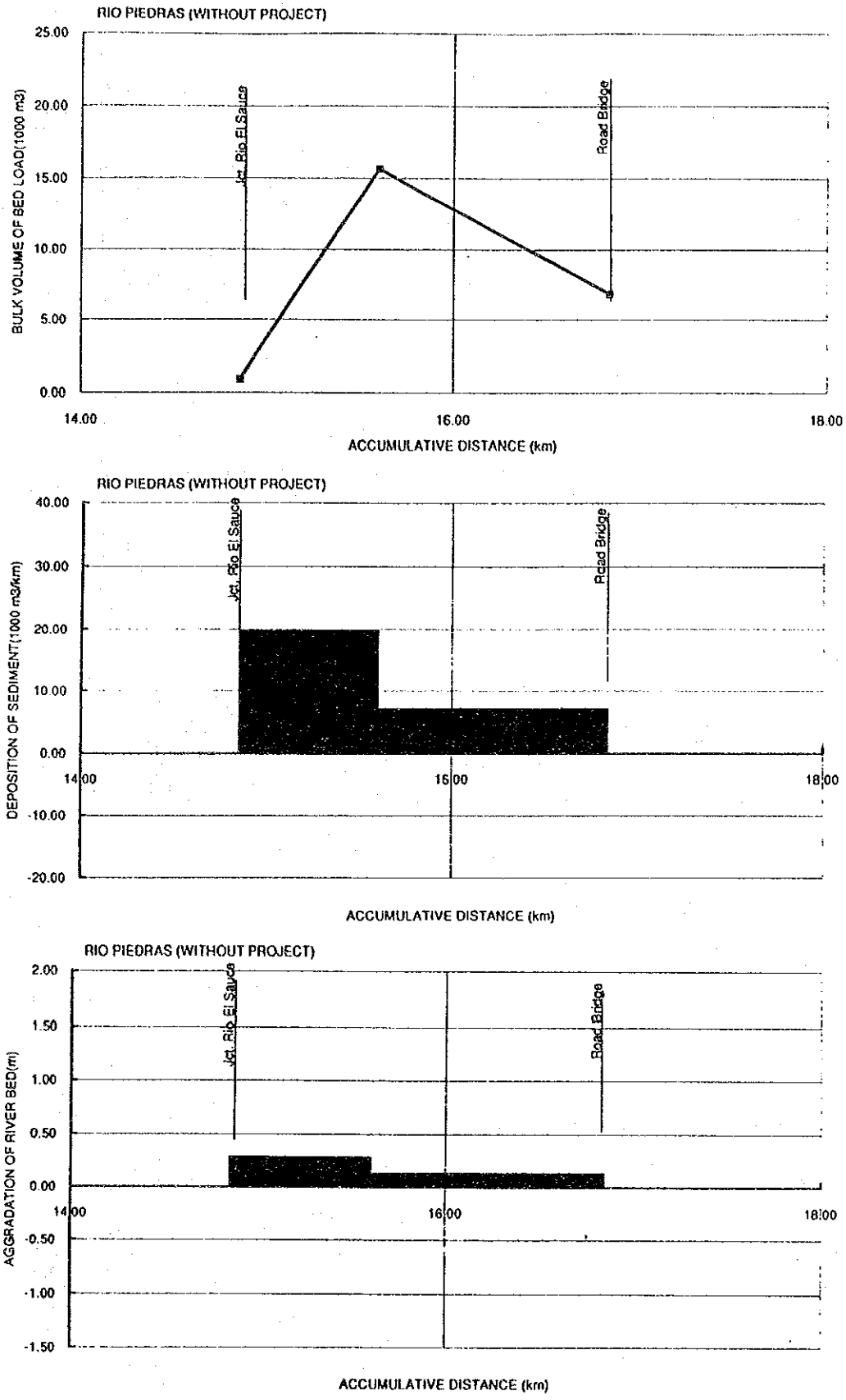
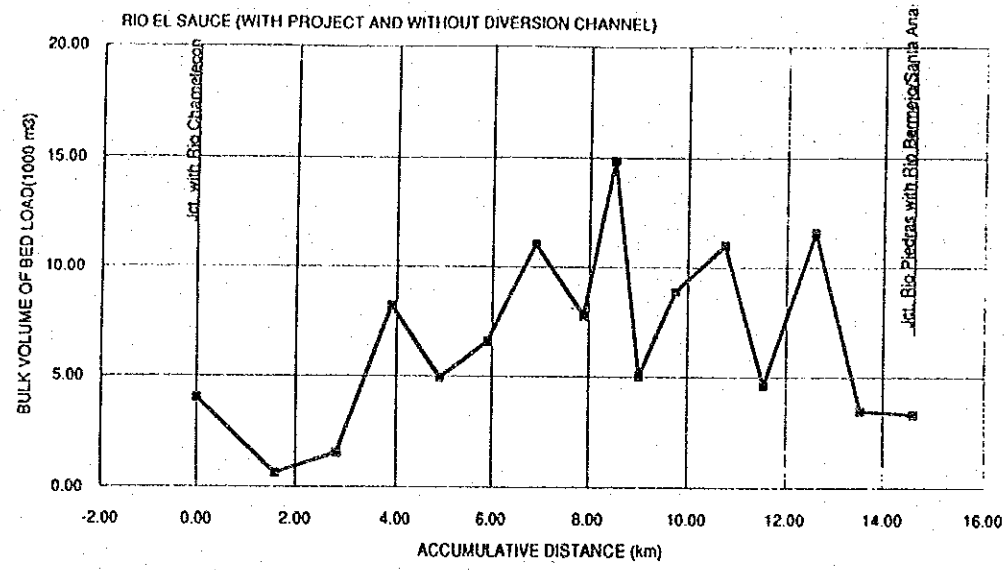
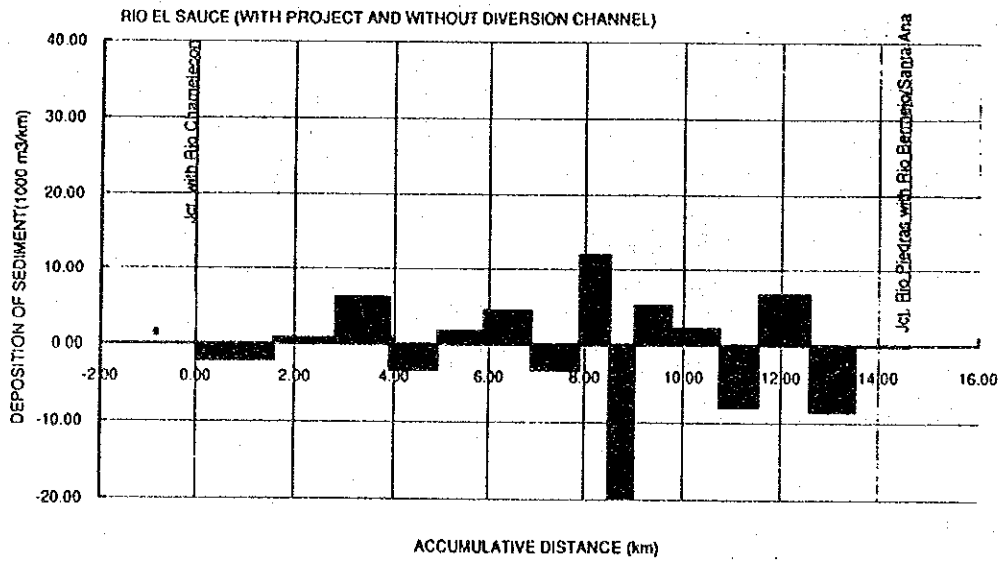


FIG.8.13 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO PIEDRAS (CASO 3-1 SIN PROYECTO)





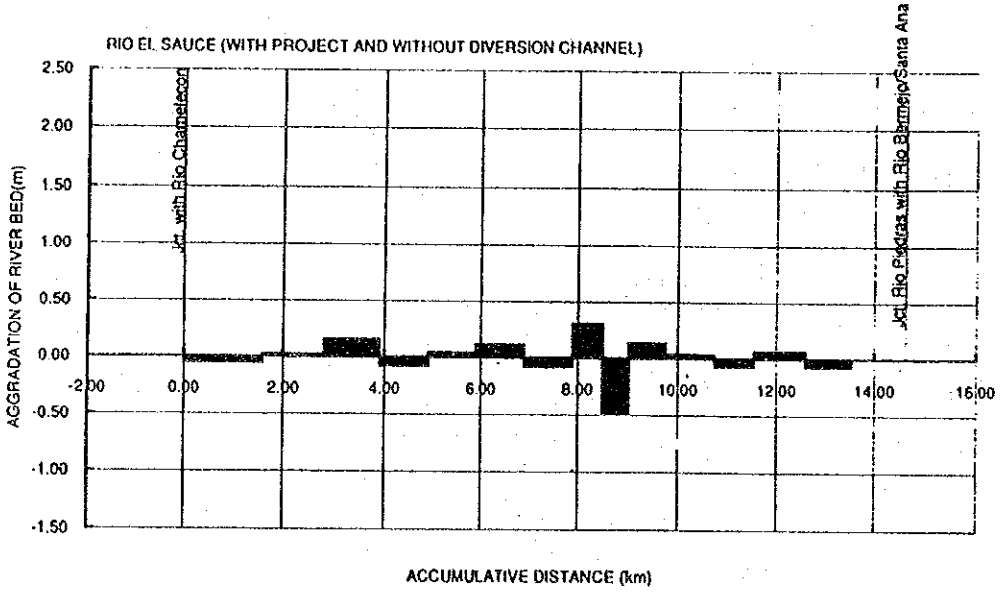


FIG.8.14 RESULTADOS DE SIMULACION DEL RIO EL SAUCE (CASO 3-2 SIN PROYECTO)

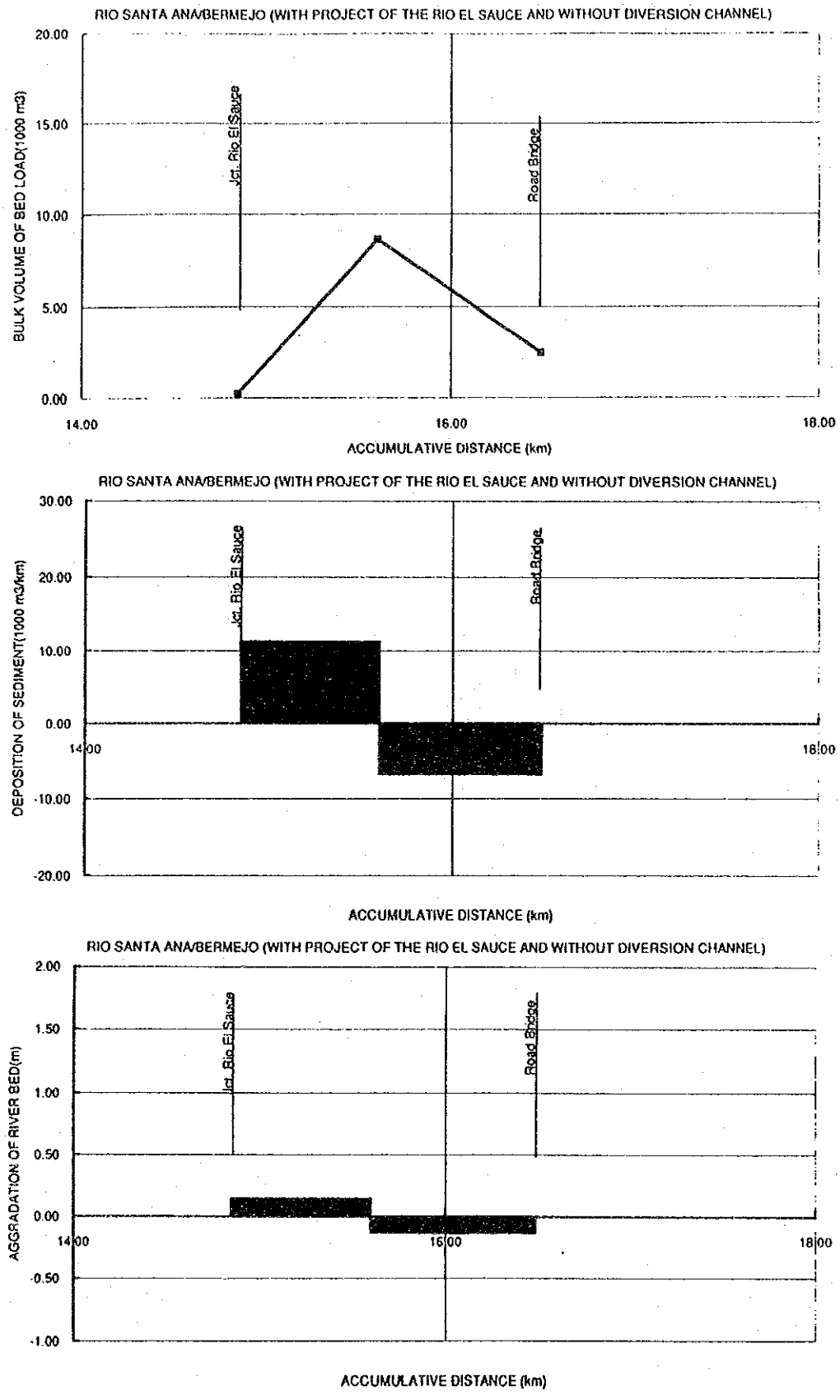
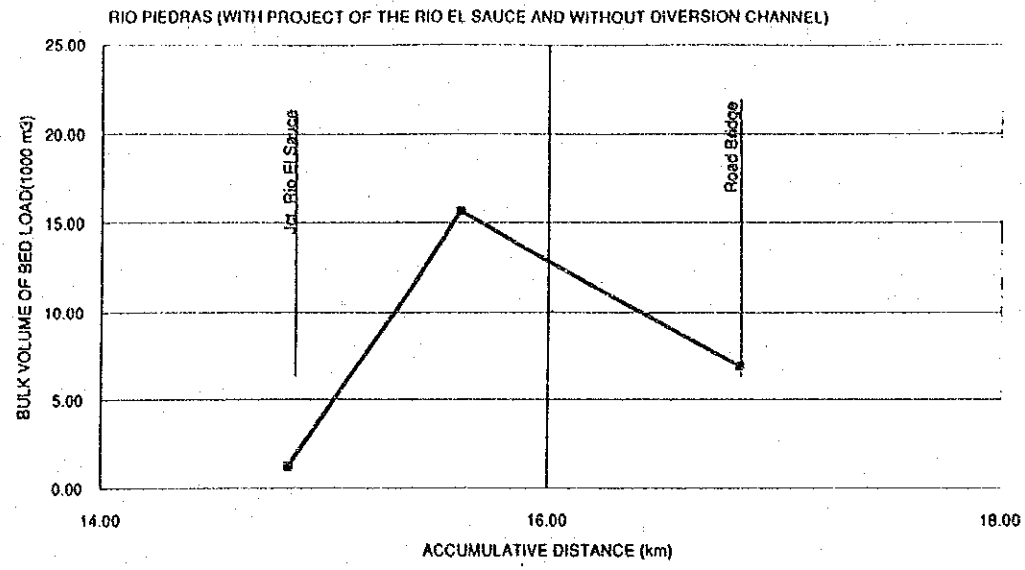
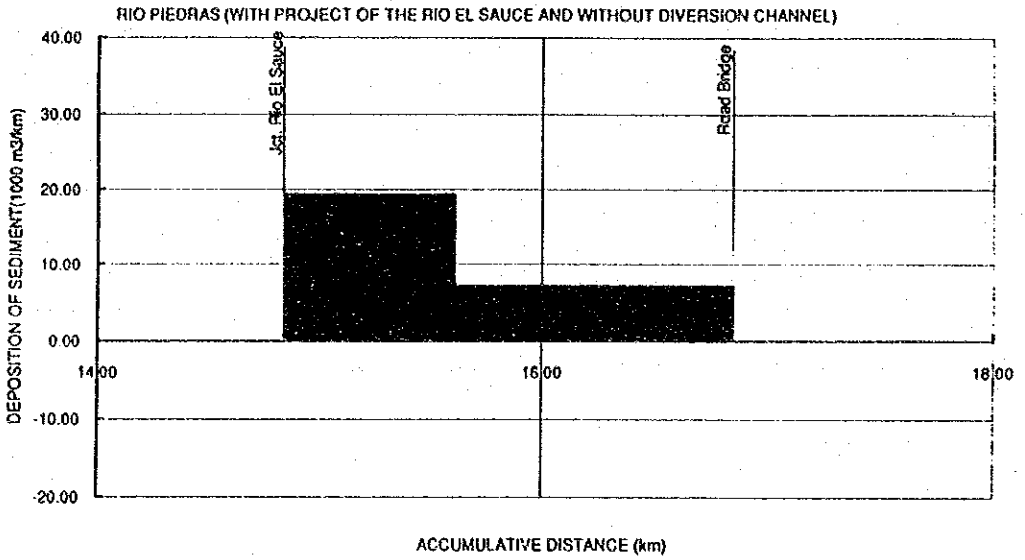


FIG.8.15 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO SANTA ANA/BERMEJO (CASO 3-2 SIN PROYECTO)





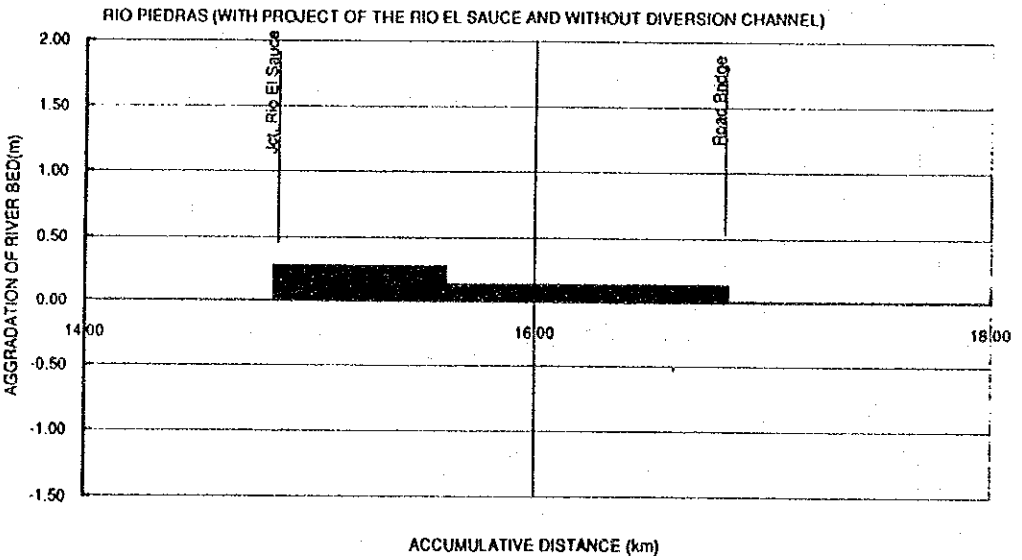


FIG.8.16 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO PIEDRAS (CASO 3-2 SIN PROYECTO)

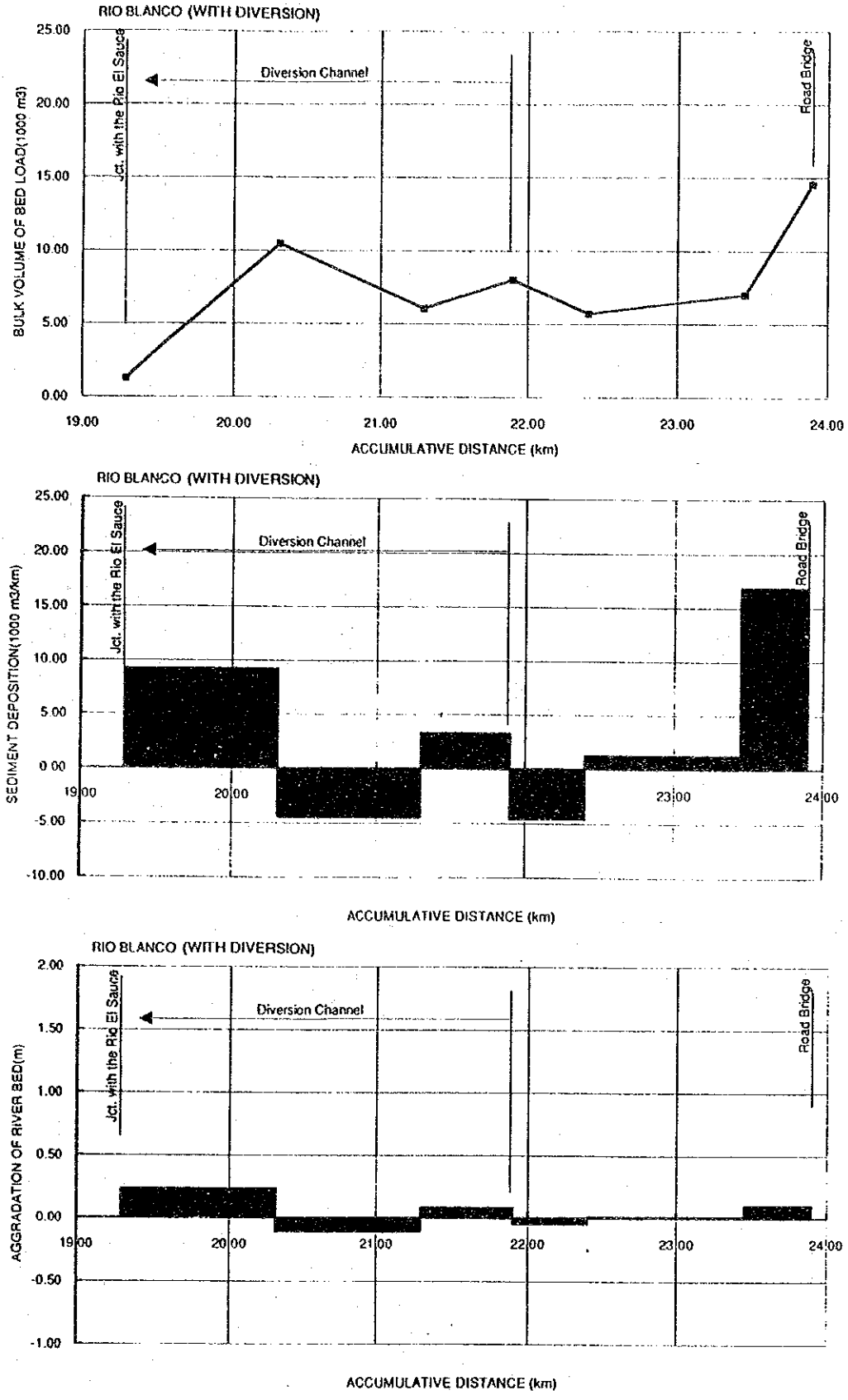
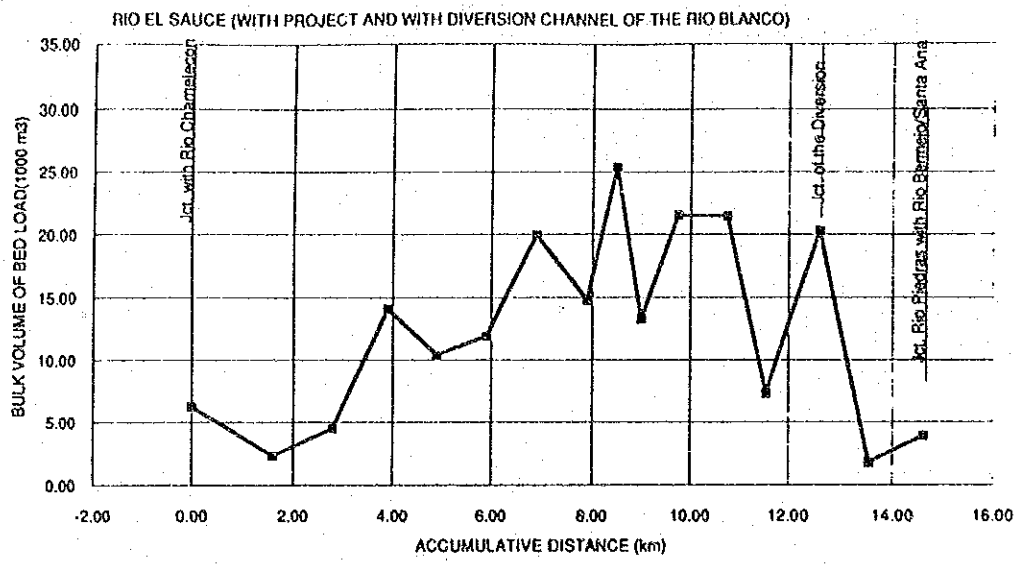
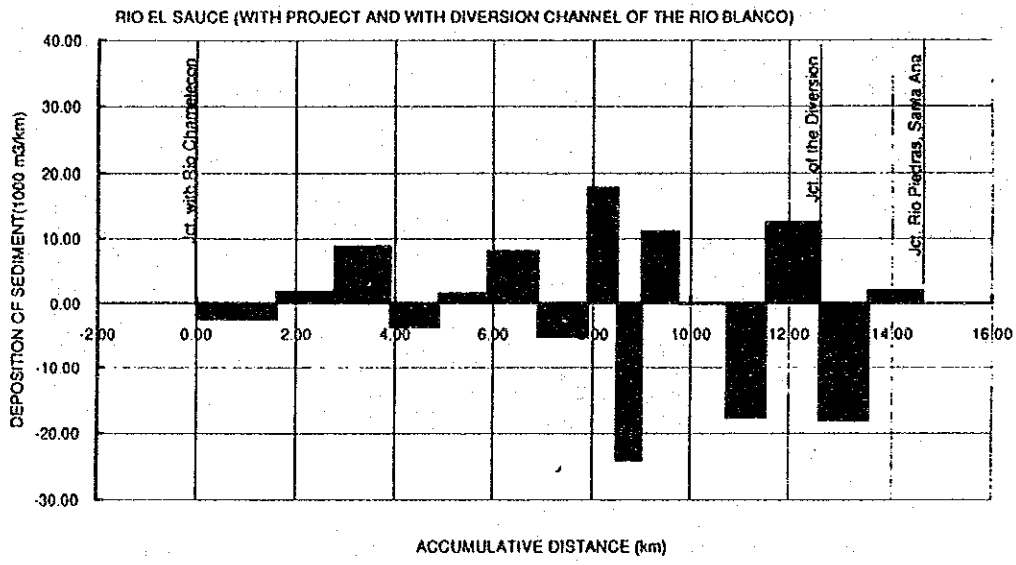


FIG.8.17 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO BLANCO (CASO 4-1 CON DERIVACION)





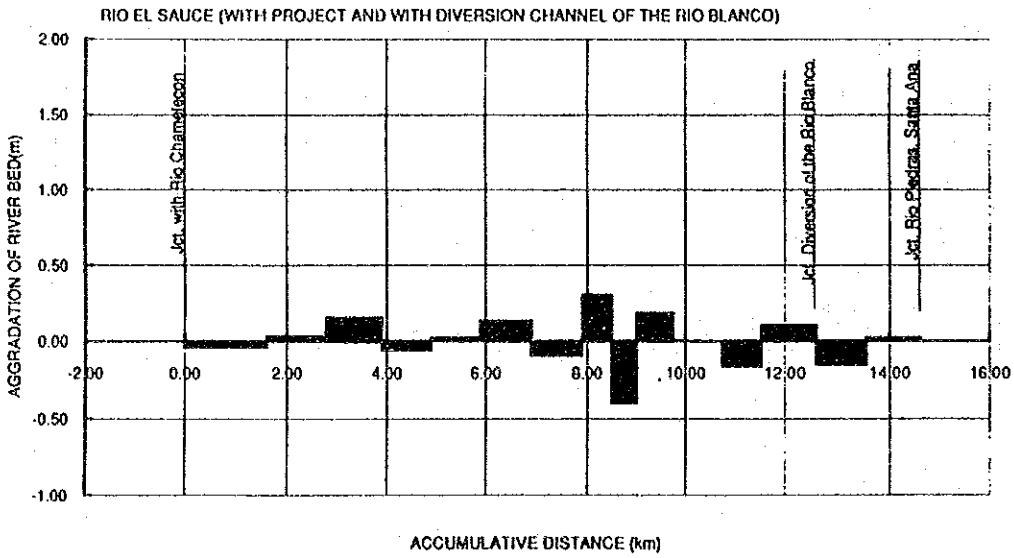
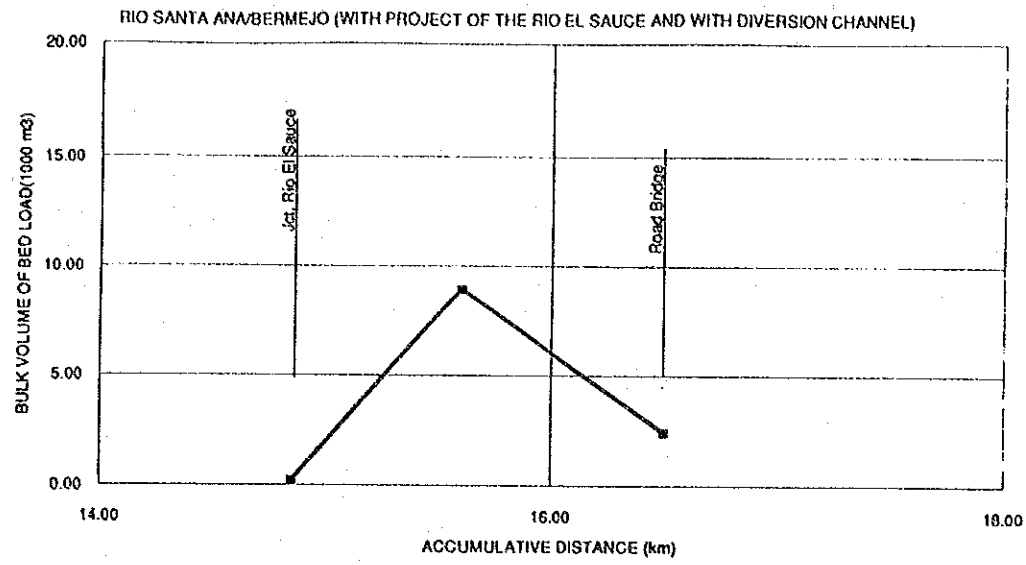
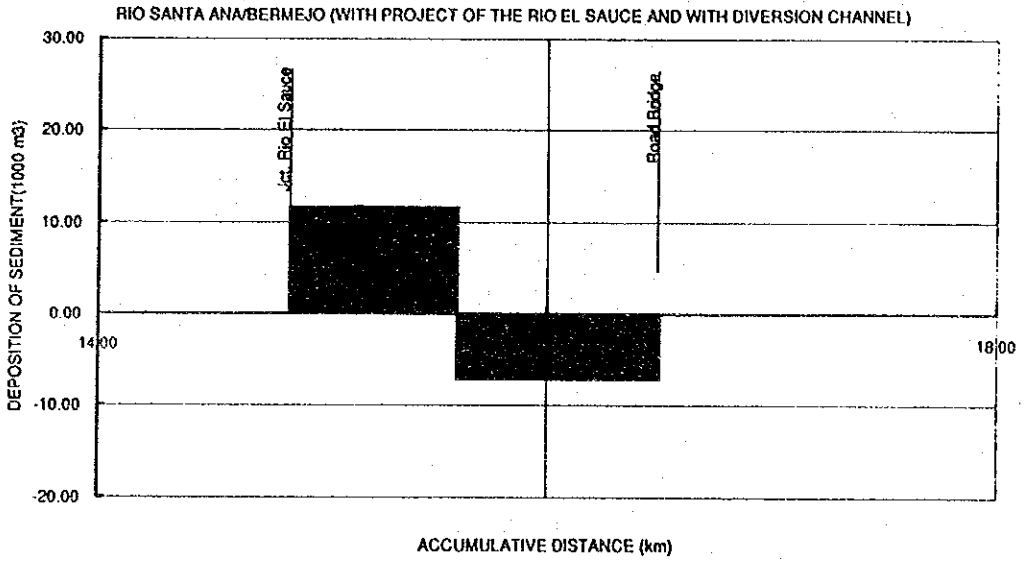


FIG.8.18 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO EL SAUCE (CASO 4-1 CON DERIVACION)





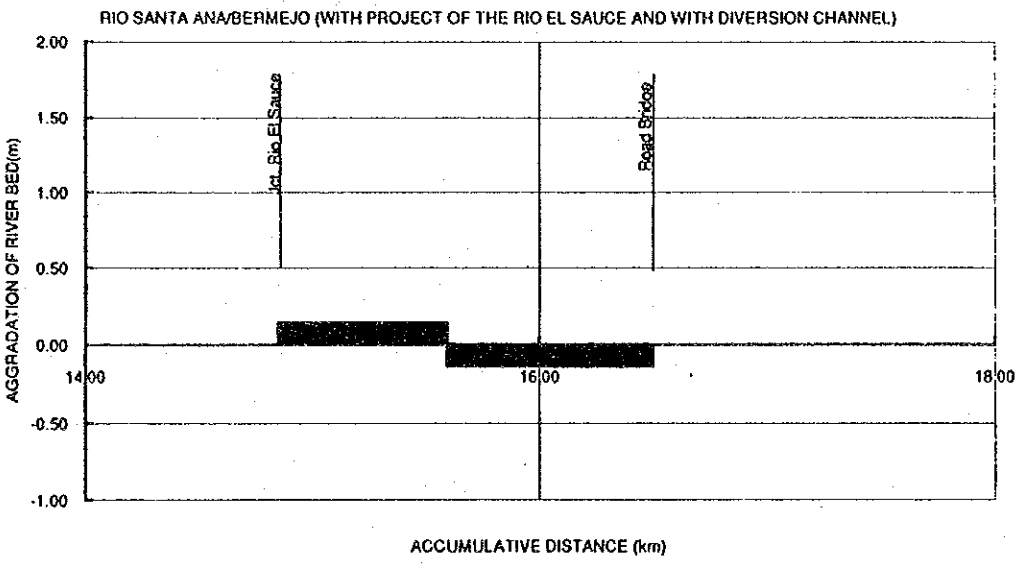
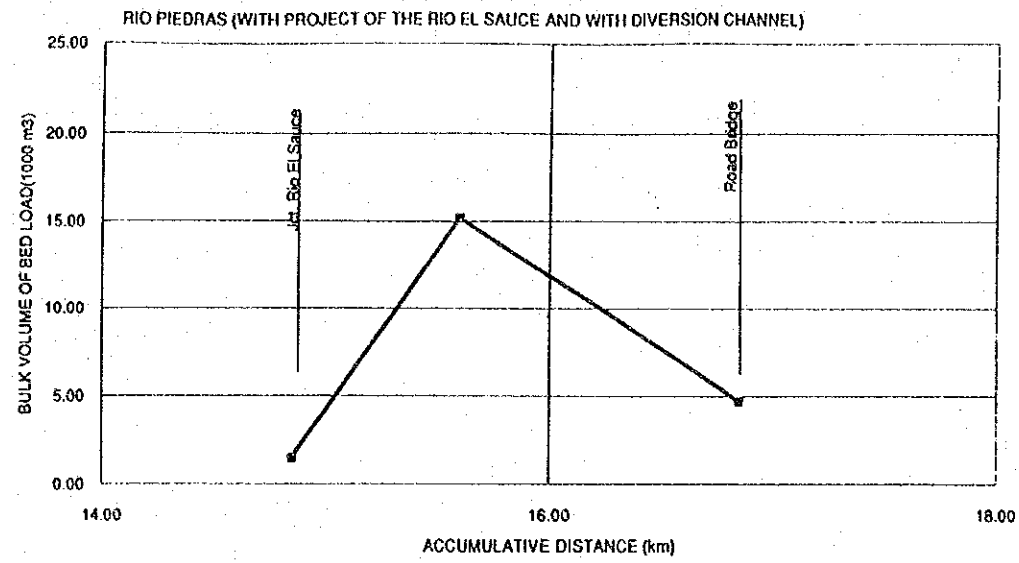
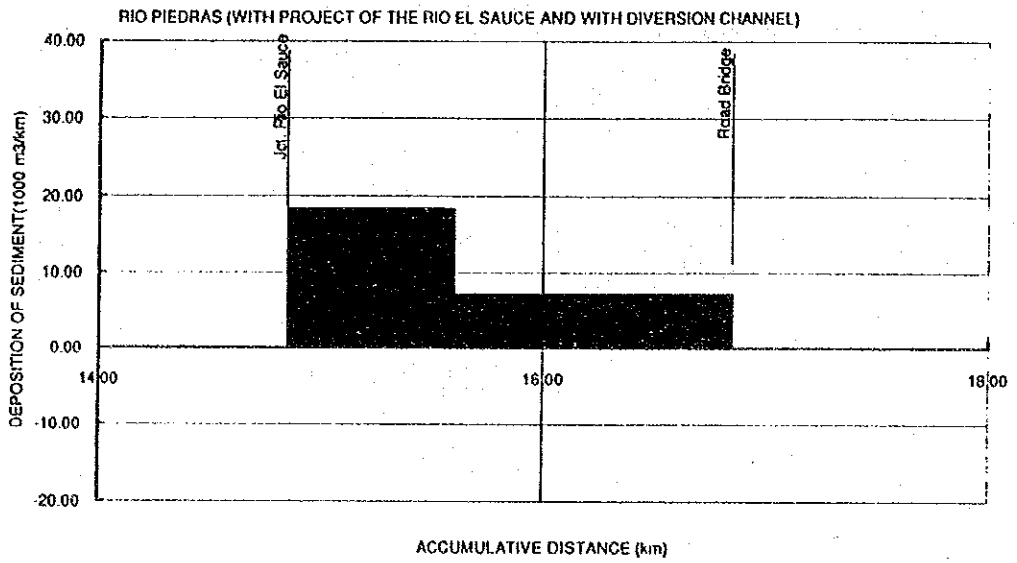


FIG.8.19 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO SANTA ANA/BERMEJO (CASO 4-1 CON DERIVACION)





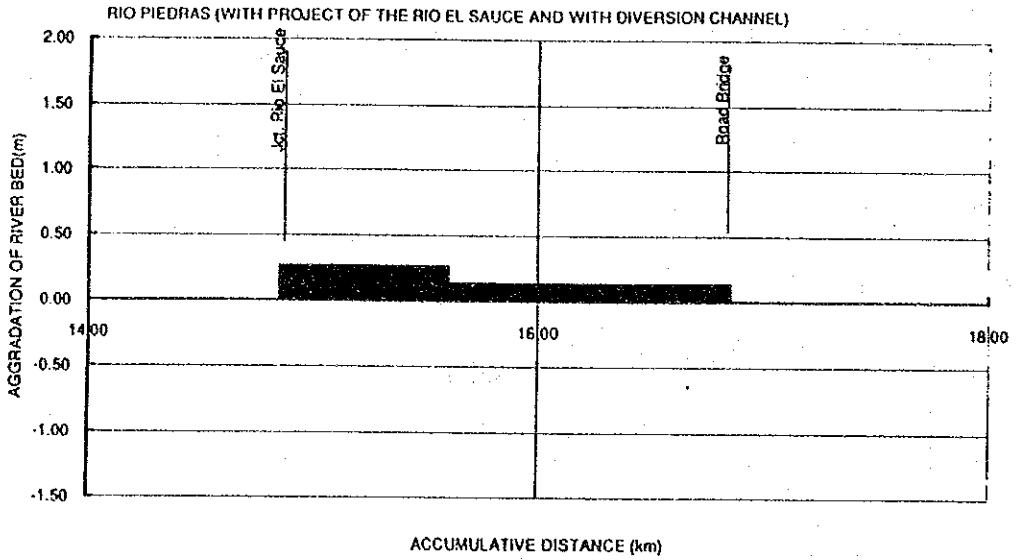


FIG.8.20 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO PIEDRAS (CASO 4-1 CON DERIVACION)

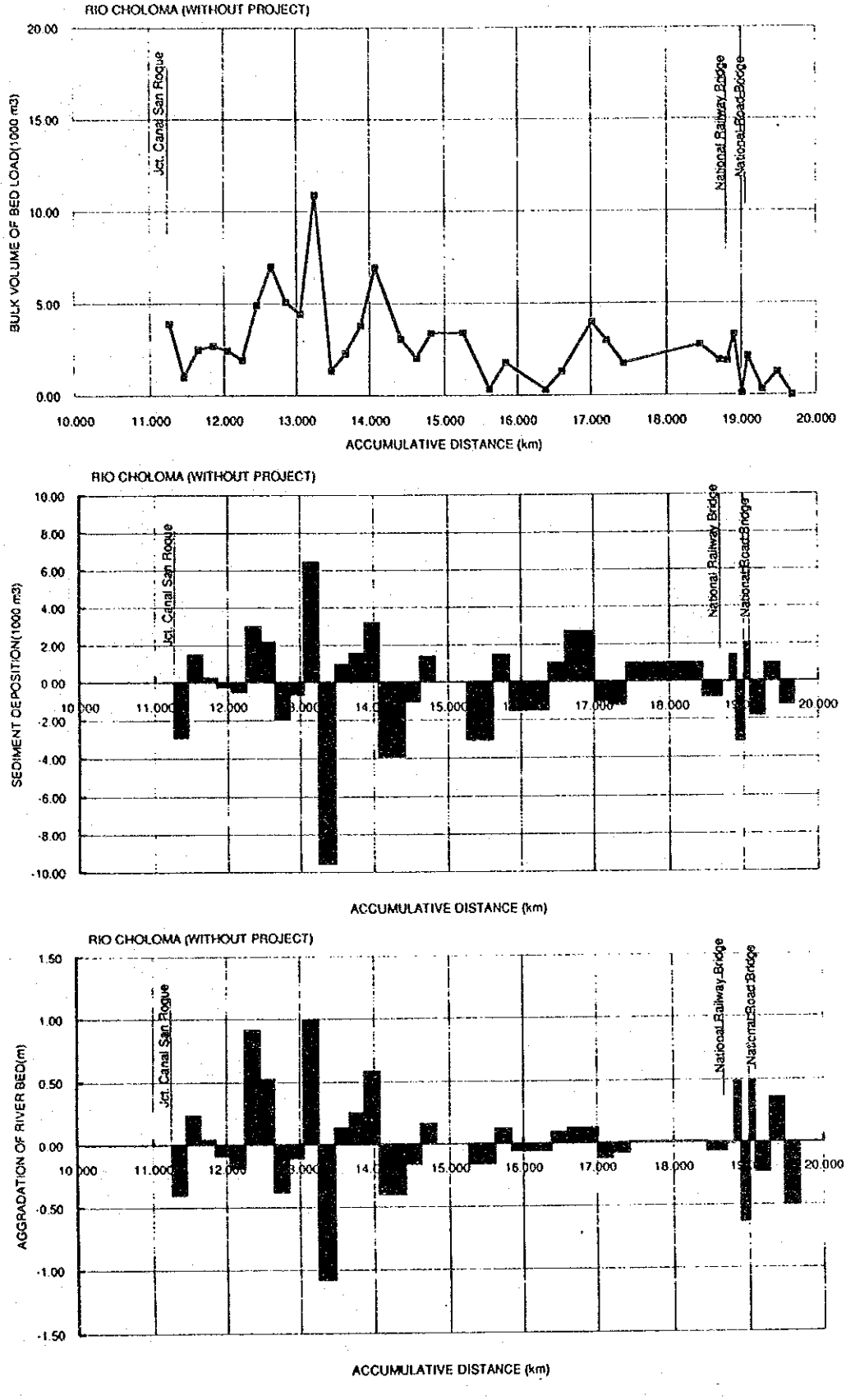
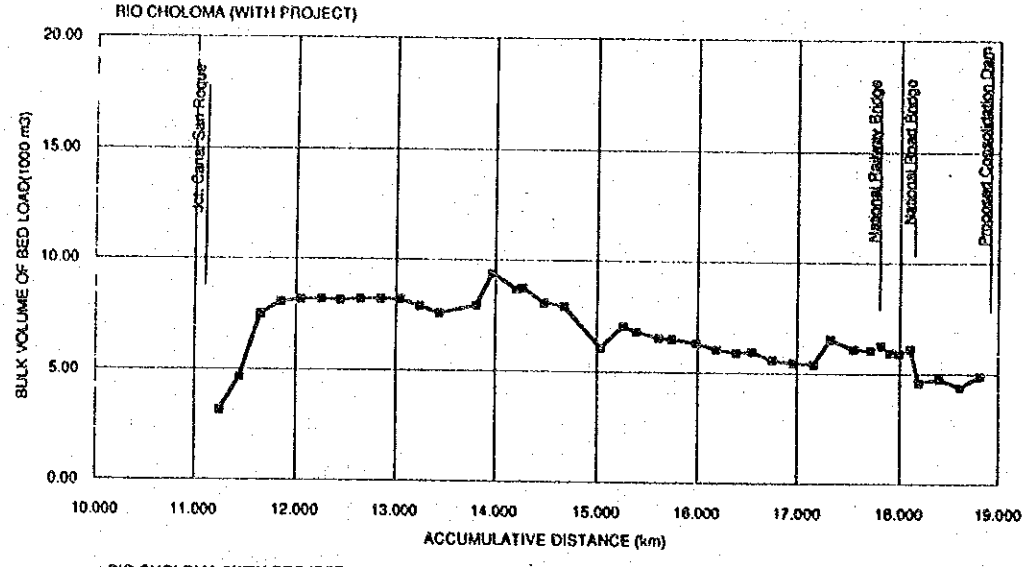
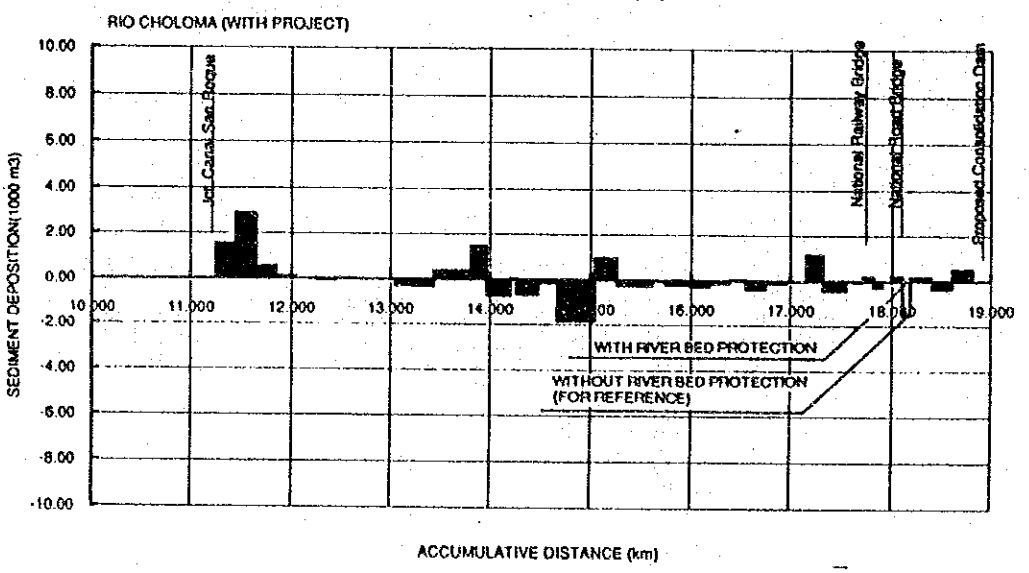


FIG.8.21 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMNETOS DEL RIO CHOLOMA (E/F CASO 1 SIN PROYECTO)





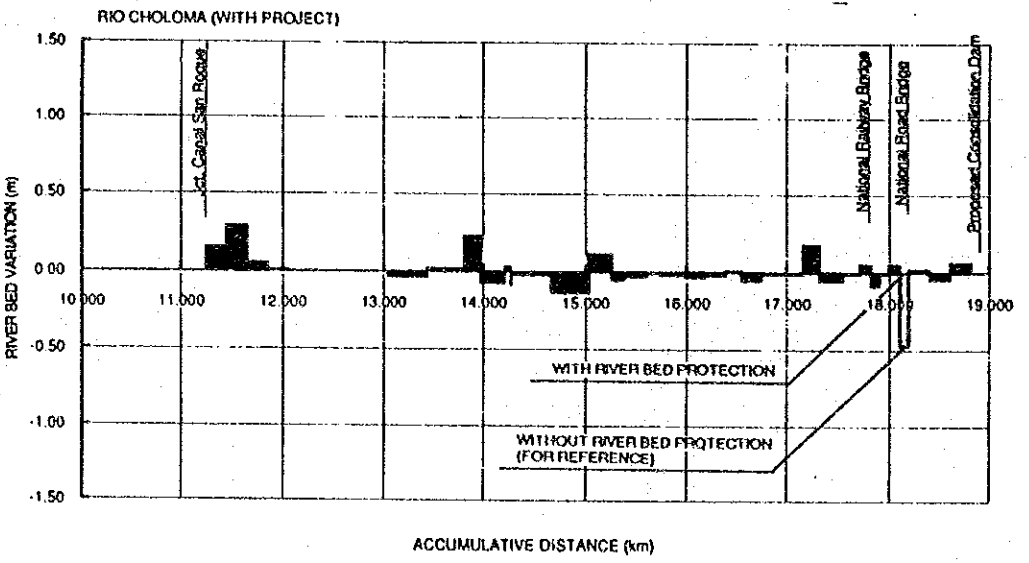


FIG.8.22 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA (E/F-CASO 2 CON PROYECTO A LARGO PLAZO)

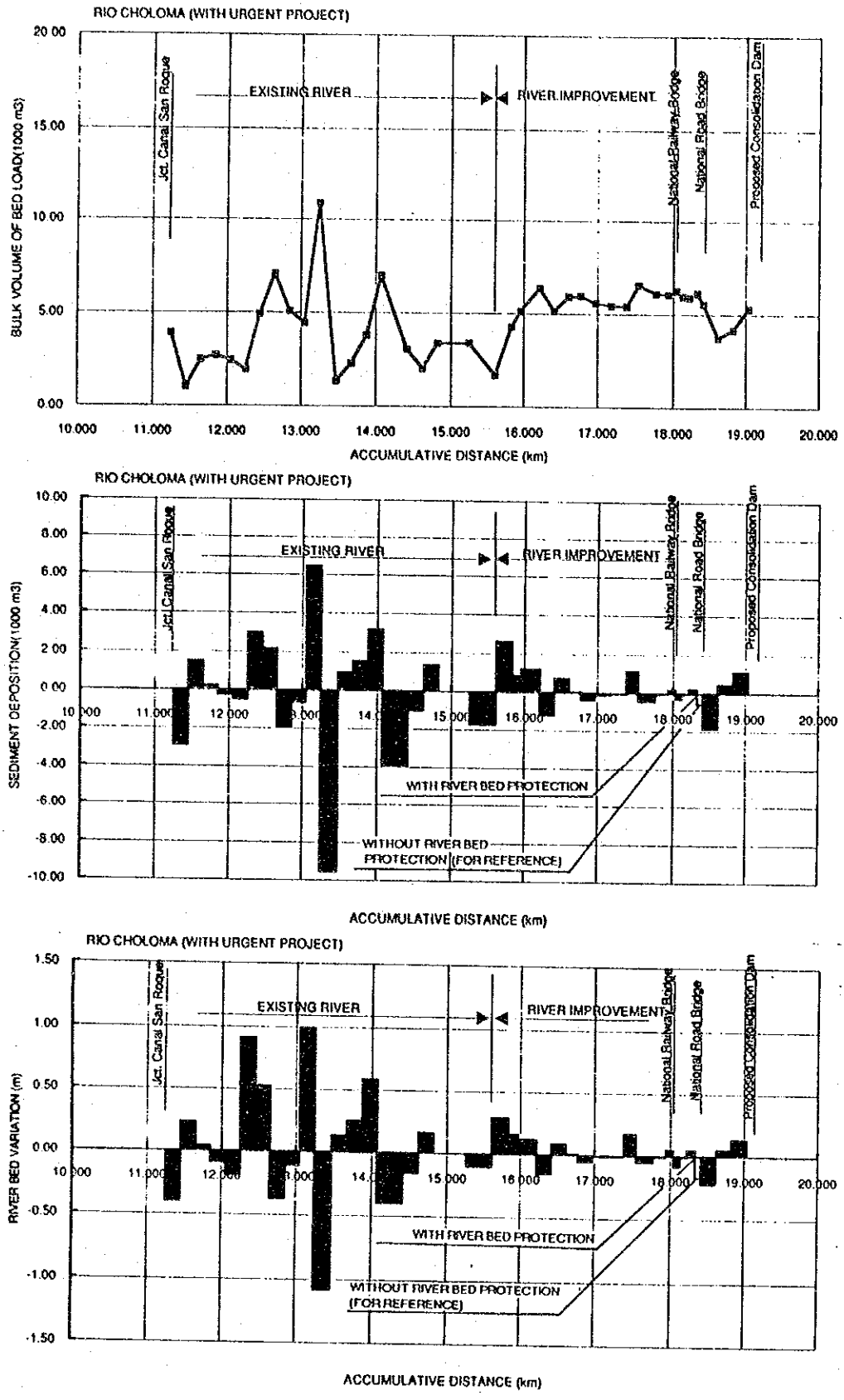


FIG.8.23 RESULTADOS DE SIMULACION DE SEDIMENTOS DEL RIO CHOLOMA (E/F-CASO 3 CON PROYECTO URGENTE)

TIEMPO (SEPTIEMBRE DE 1993)

INUNDACION DEL RIO CHOLOMA POR LA TORMENTA " GERT " EN 1993
(PUENTE DEL FERROCARRIL NACIONAL DESTRUIDO)

CAPITULO 9
MEDIDAS PARA MITIGACION DE INUNDACIONES

CAPITULO 9 MEDIDAS PARA MITIGACION DE INUNDACIONES

9.1 Generalidades

Este capitulo expone las medidas para mitigación de inundaciones para el Area de Estudio. Esta área tiene severos problemas de erosión, sedimentos e inundación. El plan conceptual de estructuras para las medidas de control de la erosión y del sedimento se presenta en el Capitulo 7. De acuerdo al Estudio de las Inundaciones y los Daños Por Inundaciones (Capitulo 5), el Area de Estudio ha sido parcialmente inundada por los ríos pilotos y por el Río Chamelecon. Después de evaluar las condiciones actuales de los ríos pilotos tales como las capacidades de conducción y actuales estructuras, se han propuesto medidas óptimas para el control de sedimento e inundación en el Reporte Intermedio (Marzo 1993). Estas medidas se han revisado basado en los datos suplementarios que se presentan en éste Capítulo.

Después del Huracán Fifi, varios estudios se han hecho a través de los años en la mitigación de inundaciones para el Valle de Sula. De éstos estudios, dos de ellos son pertinentes a la situación presente:

a) Obras de Protección Contra Inundaciones de Sir William Halcrow & Asociados, en Septiembre de 1975.

b) Informe del Plan Maestro para el Desarrollo Integral y Control de Inundaciones en el Valle de Sula, en Marzo 1979 y el Informe Resumido de Estudio de Factibilidad y el Diseño de las Obras Hidráulicas Prioritarias para el Desarrollo Integral y Control Inundaciones en el Valle de Sula por HARZA-CINSA, en Noviembre 1980.

El estudio de William Halcrow & Asociados preparo en detallado diseño para las obras de reparación del Río Blanco y del Río El Sauce en San Pedro Sula. La Municipalidad de San Pedro Sula y SECOPT han construído diques de inundación a lo largo del Río Blanco y del Río El Sauce, y las obras de desviación del Río Chiquito a base de este estudio. No obstante, las otras obras no se han ejecutado hasta el presente.

El estudio de HARZA-CINZA es el mas completo estudio de control de inundación para el Valle de Sula. Las medidas de control que se propusieron en este plan maestro no se han implementado todavía, excepto por parte de las obras para mejorar el drenaje. Estos drenajes se han hecho como sigue:

-Canal Copen-Higuero Cuabanos (14 km)
-Canal San Roque-Cuabanos (5.3 km)

-Canal San Roque (6.4 km)
-Canal Montanuela-San Roque

Estas construcciones de canales, simultáneamente con los bordos a lo largo del Río Chamelecon, son muy importantes para mitigar inundaciones en la Cuenca Baja de Río Choloma. Las aguas de inundación del Río Choloma fluyen al Canal San Roque-Cuabanos y se drenan al Río Chamelecon por medio del Canal Copen-Higuero Cuabanos. Estos canales de drenaje requirirán obras de reparación en el futuro, porque no se han construido a la escala completa propuesta en el plan maestro. Las capacidades de conducción de aguas parecen ser muy pequeñas.

9.2 Condiciones Existentes de los Ríos

1) Sistema de Río

Los sistemas de ríos con sus cuencas colectoras se muestran en *Fig.* 9.1. La distancia y perfil longitudinal de los principales canales se presentan en *Figs.* 9.2(1)~(3) y *Figs.* 9.3(1)~(3), respectivamente. Los ríos en el Area de Estudio son inclinados en las cuencas altas, pero pasan a ser suaves en las cuencas media y baja dentro de una corta distancia.

Lo largo del río y la inclinación del lecho de río, entre la confluencia y punto de control de diseño para el plan control de sedimento, se resumen para cada río piloto:

-Río Choloma	7.8 km	1/420~1/120
-Río Blanco	18.9 km	1/520~1/240
-Río El Sauce	14.6 km	1/1000~1/210

El Río Blanco fluía al Río Chamelecon por medio del presente curso del Río El Sauce y este fluía a través del curso del Río Chotepe antes del Huracán Fifi. No obstante, los cursos de Río Blanco y Río El Sauce fueron cambiados a sus presentes cursos durante las obras de mejoría después del Huracán Fifi.

2) Estructuras de los Ríos

A lo largo de los ríos piloto y del Río Chamelecon, se han construido instalaciones para mitigar inundaciones tales como bordos y canales con bordos. Estos se explican en seguida.

a) Bordos a lo Largo de los Tributarios

Después del Huracán Fifi, la Municipalidad de San Pedro Sula y SECOPT construyeron bordos (o canales con bordos). Los del Río Blanco y los del Río El Sauce se construyeron en su mayoría con los diseños de Sir William Halcrow & Asociados. Las longitudes de los canales con bordos a lo largo del río se resumen como sigue:

-Río Choloma	5.0 km
-Río Blanco y sus tributarios	21.2 km
-Río El Sauce y sus tributarios	44.1 km
-Río El Sauce (viejo)-Chotepe	12.7 km

Estos ríos los mejoraron a una capacidad hidráulica adecuada para desviar una inundación con una frecuencia de una en 100 años. Estos ríos parecen tener suficiente capacidades de conducción contra las inundaciones causadas por el Huracán Fifi.

El bordo de un tipo dique circular (11.5 km) fue también construido por SECOPT para proteger el Aeropuerto de La Lima de 1981 a 1990. No obstante, la bomba de drenaje que se había planeado no se han construido. La información detallada y la ubicación de las estructuras se muestran en *Tabla* 9.1 (1)~(2) y *Fig.* 9.4.

b) Bordos a lo Largo del Río Chamelecon

A lo largo del bordo izquierdo del Río Chamelecon, bordos (apróximadamente 54.1 km) contra las inundaciones se han construido por diferentes entidades, como Tela Rail Road Company, la Municipalidad de San Pedro Sula y SECOPT, pero todavía quedan cerca de 5.5 km sin bordo izquierdo. No es claro si los bordos existentes son lo suficiente altos contra las inundaciones.

Podría ser que los bordos no sean lo suficiente fuertes contra la filtración y socavación durante las inundaciones. Consecuentemente, la altura y estabilidad de los bordos existentes deberían ser examinados y reforzados o rehabilitados, si es necesario.

3) Capacidad de Descarga

La altura de la corrientes hasta el borde de los ríos pilotos se calcularon con la Formula Manning. Los resultados se resument como sigue:

a) Río Choloma

La altura de la corriente hasta el borde del Río Choloma se ha evaluado como sigue:

- En el curso del río, entre el puente de carretera nacional y el puente de ferrocarril, la altura es más grande de los 900 m^3/s, pero la capacidad de descarga máxima en el puente de ferrocarril es de 170 m^3/s.

- En el curso del río, entre el puente de ferrocarril y la confluencia con el Canal San Roque, la altura de la corriente hasta el borde es de menos de 90 metros cúbicos.

Estación	Capacidad de Descarga
11.25~17.00 km	40~60 m^3/s
17.00~18.70 km	100~170 m^3/s

b) Río Blanco

La capacidad de descarga de los tramos de Río entre el puente de la carretera nacional y la entrada de la Laguna El Carmen disminuye de 3,600 m^3/s a 1,600 m^3/s. La Qda. San Agustín, ubicada entre el desagüe de la Laguna El Carmen hacia el Canal San Roque (6.40 km ~ 23.45 km) y flujos abajo a través un área montañosa, tiene una capacidad de descarga mayor a 2,000 m^3/s. Sin embargo, en la parte más alta, la capacidad de descarga es sólo 460 m^3/s.

c) Río El Sauce

La capacidad de descarga del tramo bajo es más pequeña que las de tramos medios y altos. Las capacidades de descarga de los tramos (0.0 ~ 5.0 km) y (5.0 ~ 14.6 km) son 600 m3/s y 1,000 ~ 2,000 m^3/s respectivamente. La capacidad de descarga del Río Piedras es unos 1,200 m^3/s. La capacidad de descarga del Río Santa Ana - Río Bermejo es unos 900 ~ 1,300 m3/s.

4) Estimación de las Probable Etapas de Inundación y el Área de Inundación

Con el objetivo de evaluar los daños por inundación en diferentes escalas de inundación, se estimaron las áreas de inundación por las probables inundaciones en los periodos de recuperación de 2-años, 5-años, 30-años, 50-años y 100-años, como se muestran en *Figs.* 9.5 (1)~(3), basadas en las etapas de las inundaciones calculadas, que se muestran en *Tabla* 9.2.

9.3 Medidas para la Mitigación de Inundaciones

9.3.1 Concepto Básico

Durante Huracán Fifi, la mayoría de las áreas urbanas y agrícolas en el Area de Estudio fueron sumergidas por las aguas crecidas del Río Chamelecon y las cuencas pilotos.