

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)  
MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MOVILIDAD SOCIAL  
MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO  
CORPORACION REGIONAL DE DESARROLLO DE SANTA CRUZ  
REPUBLICA DE BOLIVIA

ESTUDIO DEL PLAN MAESTRO  
SOBRE EL  
CONTROL DE INUNDACIONES  
EN LA  
REGION RURAL NORTE DE SANTA CRUZ  
EN LA  
REPUBLICA DE BOLIVIA

INFORME FINAL

SUMARIO

UNSO 1997

PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL TOKYO  
ASOCIACION  
CENTRAL CONSULTANTS TOKYO

JICA LIBRARY



J 1129532 (6)

S 555

JR

96081



AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)  
MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE  
MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO  
CORPORACION REGIONAL DE DESARROLLO DE SANTA CRUZ  
REPUBLICA DE BOLIVIA

**ESTUDIO DEL PLAN MAESTRO  
SOBRE EL  
CONTROL DE INUNDACIONES  
EN LA  
REGION RURAL NORTE DE SANTA CRUZ  
EN LA  
REPUBLICA DE BOLIVIA**

**INFORME FINAL**

**SUMARIO**

**JUNIO 1996**

**PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL TOKYO  
EN SOCIEDAD CON  
CENTRAL CONSULTANTS INC. TOKYO**

La estimación de costo fue hecha en base a los niveles de precios prevalecientes en Octubre de 1995, expresado en Bolivianos de acuerdo con la siguiente tasa de cambio,

US \$ 1.00 = Bs. 4.86 = Yen 100.00

(Octubre, 1995)



1129532 [6]

**ESTUDIO DEL PLAN MAESTRO SOBRE EL CONTROL DE  
INUNDACIONES EN LA REGION RURAL NORTE DE SANTA CRUZ  
EN LA REPUBLICA DE BOLIVIA**

**PERFIL DEL ESTUDIO**

- 1 El área del estudio (aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup>) está ubicada en la parte rural norte de Santa Cruz de la Sierra, ciudad capital del Departamento de Santa Cruz, ubicado en la parte este de la República de Bolivia.

La población del Departamento era de 1.364.389 habitantes en 1992 lo que equivalía al 21% de la población del país. En 1992 el producto interno bruto departamental representaba el 30% del PIB de Bolivia. El área del estudio, que es el área agrícola más desarrollada en el Departamento, está ubicada en una zona de desarrollo integrado y cuenta con el 80% de la población del Departamento además de la mayoría de las principales fábricas; contando con las principales carreteras nacionales dentro del área del estudio.

El área de estudio sufre inundaciones anuales de los ríos principales tales como el Río Grande, Río Pirai y el Río Yapacani. Los daños registrados como más severos fueron el resultado de las inundaciones de 1992. El área amenazada por inundaciones anuales y por inundaciones de 1992 se estima en 2.444 km<sup>2</sup> y 4.857 km<sup>2</sup> respectivamente. El área del estudio es extremadamente vulnerable a inundaciones y problemas de drenaje debido a la topografía plana y a las difíciles condiciones meteo-hidrológicas. Estos problemas restringen seriamente la estabilidad y el desarrollo del área del estudio.

- 2 Plan Maestro para mitigación de inundaciones y mejoramiento de drenaje

- 2.1 Las áreas amenazadas por inundaciones y drenaje pobre, han sido evaluadas en base a las condiciones del daño de éstas tales como profundidad, duración, pérdidas y uso de la tierra; por consiguiente se han dividido en las siguientes dos áreas:

-1 Las áreas que comprenden las medidas estructurales, conjuntamente con medidas no-estructurales, fueron seleccionadas en base a los criterios siguientes:

- Zonas tales como áreas de cultivo intensivo y urbano afectadas por inundaciones anuales.

- Las áreas de uso intensivo severamente afectadas por las inundaciones de 1992 p. ej., profundidad de inundación más de 50 cm y duración más de 2 días,
- 2 Las áreas que comprenden las medidas no-estructurales fueron seleccionadas en base a los criterios siguientes:
  - Las tierras de uso no intensivo, tales como áreas de bosque y pastura ambas en la anual área de peligro de inundación y en el área de riesgo de inundaciones de 1992.
  - Areas de uso intensivo dentro del área de peligro de inundación de 1992 con menos de 50 cm de profundidad y 2 días.

Sin embargo, no se ha incluido al área influenciada directamente por el Rfo Pirai ya que el tramo principal del Rfo Pirai ya tiene un plan maestro para el manejo y regulación del tramo principal.

Las áreas con medidas estructurales fueron divididas en siete (7) subáreas por cuenca de río o de drenaje.

Las escalas de diseño se decidieron de la manera siguiente:

- 1 Infraestructura para la mitigación de inundaciones: inundación de diez años de frecuencia con una profundidad permisible de inundación de 30 cm,
- 2 Infraestructura para el mejoramiento del drenaje: frecuencia de escorrentía de tormentas en 5 años con una profundidad de inundación permisible de 30 cm,
- 3 Para las edificaciones públicas importantes o fundamentales tales como los puentes de las rutas nacionales, se debe considerar la escala de diseño de inundación de 50 años de frecuencia de acuerdo con la escala de inundaciones de 1992.

El año meta del Plan Maestro es 2010.

La población total del área de estudio se estima en 300,000 habitantes para el año 2010 partiendo de 198,000 censados en 1992, según CORDECRUZ. El uso de la tierra en el área de estudio será casi igual que en 1995.

A fin de aumentar el producto regional bruto, será necesario estabilizar y desarrollar el área con peligro de inundación de acuerdo al año fijado. Dado lo anterior, será posible lograr en el área un índice de crecimiento de 5% por año.

## 2.2 Medidas de mitigación de inundaciones

Las medidas propuestas para la mitigación de inundaciones y mejoramiento del drenaje consisten de medidas estructurales y medidas no estructurales según se indica a continuación:

### (1) Medidas estructurales

Las medidas estructurales propuestas están compuestas por trabajos de mejora del río que aumente las capacidades de conducción de los canales por medio de la ampliación, profundización y mejoramiento de canales; del terraplén (incluyendo el camino con terraplén) que confinan el flujo de las aguas dentro de un canal; y trabajos de mejoramiento de drenaje.

Se planificó localizar el camino con terraplén entre la Cuenca Arroyo Yapacanicito y la Cuenca del Arroyo Jochi. El propósito del camino con terraplén es el de separar las aguas de las inundaciones de estas dos cuencas como también reforzar la ruta de evacuación y transporte durante las inundaciones.

Los trabajos de mitigación de inundaciones y mejoramientos del drenaje se resumen en la siguiente tabla:

### Medidas Estructurales

Proyecto	Mejoramiento del río	Drenaje principal	Drenaje secundario	Terraplenes
<b>1. CHANÉ-PAILÓN</b>				
(1) Rfo Chané	27,0 km	0	0	0
(2) Rfo Pailón	32,0 km	6,5 km	50,0 km <sup>2</sup>	0
(3) Drenaje Okinawa	-	21,5 km	147,0 km <sup>2</sup>	0
(4) Quebrada Chané	34,0 km	8,0 km	0	0
(5) Chané-Chacras	36,5 km	21,0 km	284,0 km <sup>2</sup>	0
<b>2. SAN JUAN ANTOFAGASTA</b>				
(1) San Juan	14,1 km	41,3 km	115,0 km <sup>2</sup>	0
(2) Antofagasta	20,3 km	10,0 km	97,0 km <sup>2</sup>	9,0 km
Total	163,9 km	108,3 km	693,0 km <sup>2</sup>	9,0 km

Para el área de Chané-Pailón, considerando la situación del Rfo Chané que es fuertemente afectado por la inundación del Rfo Pirai, se planificaron dos planes alternativos como se indica a continuación:

- La Alternativa I consiste en el Rfo Chané y todos los otros subproyectos,
- La Alternativa II consiste en todos los subproyectos exceptuando el Rfo Chané.

Para el área de San Juan - Antofagasta, considerando la capacidad de flujo de aproximadamente 2 años de frecuencia del drenaje principal existentes, se planificaron dos alternativas como se indica a continuación.

- La Alternativa I consiste de los subproyectos de San Juan y Antofagasta. En la Alternativa I las capacidades de flujo de los drenajes principales existentes de San Juan se planea que sean maximizados por rehabilitación y los derrames de tormenta excedentes se planifica que sean drenados por instalaciones de drenaje suplementarias al Arroyo Yapacanico.
- La Alternativa II también consiste de los subproyectos de San Juan y Antofagasta. En la Alternativa II los drenajes principales del área de San Juan se planifica sean ampliados para descargar los derrames de tormenta de diseño por mejoramiento.

**(2) Medidas no estructurales**

Se planea aplicar las medidas no estructurales a toda el área de peligro de inundación. Debido a que las medidas estructurales generalmente toman un largo tiempo antes de ser completadas, los problemas de inundaciones y drenaje deberán de ser mitigados por medidas no estructurales tanto como sea posible.

**a Medidas No Estructurales para Mitigación de Inundaciones**

- 1 Sistema de advertencia de inundación y de evacuación, para reducir víctimas y daños por inundaciones,
- 2 Medidas para protección contra inundaciones y manejo de la zona de inundación para reducir daños causados por un uso inapropiado de tierras en el área amenazada por inundaciones,
- 3 Control del uso de tierras para para cuencas de retardación y otros para utilización y mantenimiento de los efectos de retardo o regulación de áreas naturalmente pantanosas,
- 4 Conservación de los bosques de protección a lo largo de los canales del río para preservar los recursos ambientales naturales,
- 5 Manejo de uso de tierras para las tierras agrícolas y áreas forestales para reducir los daños de inundaciones por medio de un apropiado manejo de tierras agrícolas y áreas forestales.

**b Medidas No Estructurales para Mejoramiento del Drenaje**

- 1 Introducción de cultivos o variedades apropiados resistentes al agua para reducir daños causados por problemas de drenaje,

- 2 Introducción de manejo apropiado de tierras agrícolas para reducir daños causados por problemas de drenaje por medio de un manejo apropiado de tierras agrícolas.

### 2.3 Costo del proyecto

Los costos de construcción están compuestos por los costos directos e indirectos. Los costos de construcción indirectos se estiman en el 30% de los costos de construcción directos.

Los costos del proyecto están compuestos del costo directo, costo indirecto y contingencia. Los costos indirectos de administración, servicios de ingeniería y contingencia física se estiman en el 5%, 10% y 15% del costo de construcción directo.

Los costos del proyecto se estimaron y resumidos según sigue:

#### 1) Alternativa I

		(Unidad: 1,000 Bs.)	
Sub-Proyecto		M/E	Total
1. CHANE-PAILON	449,234	453,041	902,275
(1) Rio Chané	82,582	93,166	175,748
(2) Rio Pailón	144,415	145,967	290,382
(3) Chané Chacras	110,375	107,675	218,050
(4) Queb. Chané	66,771	59,508	126,279
(5) Drenaje Okinawa	45,091	46,725	91,816
2. SAN JUAN-ANTOFAGASTA	92,613	94,727	187,340
(6) San Juan	42,042	44,796	86,838
(7) Antofagasta	50,571	49,931	100,502
	541,847	547,768	1,089,615

Nota: 1.0 US\$ = Bs. 4.86 = Yen 100.0

M/L = Moneda local

M/E = Moneda extranjera

## 2) Alternativa 2

(Unidad: 1,000 Bs.)

Proyecto	M/L	M/E	Total
1. CHANE-PAILON	366,652	359,875	726,527
(1) Rio Chané	-	-	-
(2) Rio Pailón	144,415	145,967	290,382
(3) Chané Chacras	110,375	107,675	218,050
(4) Queb. Chané	66,771	59,508	126,279
(5) Drenaje Okinawa	45,091	46,725	91,816
2. SAN JUAN-ANTOFAGASTA	98,204	100,663	198,867
(6) San Juan	47,633	50,732	98,365
(7) Antofagasta	50,571	49,931	100,502
Total	464,856	460,538	925,394

Note: 1.0 US\$ = Bs. 4.86 = Yen 100.0

- 2.4 El período de implementación se planeado esté terminado el año 2010, incluido el período de preparación.
- 2.5 El beneficio económico fue evaluado comparando los daños por inundaciones en la situación "con y sin el proyecto". Los daños por inundaciones se clasifican en las siguientes categorías:
- daños directos a edificios y enseres domésticos,
  - daños directos a siembras agrícolas y al ganado,
  - daños a instalaciones públicas, incluidos el transporte y las instalaciones agrícolas,
  - pérdidas de ingresos/ganancias en actividades de comercio.

Las valores de la TIRE de los proyectos se estiman como sigue:

	Subproyecto	TIRE (%)	
		Alternativa-1	Alternativa-2
1.	Chané-Pailón	11.04	14.00
	-Rio Chané	Negativa	Excluye
	-Rio Pailón	14.33	14.33
	-Queb. Chané	12.52	12.52
	-Chané Chacras	15.38	15.38
	- Drenaje Okinawa	12.21	12,21
2.	San Juan-Antofagasta	13.41	12.51
	-San Juan	9.97	8.48
	-Antofagasta	16.24	16.24

## 2.6 Impacto ambiental

El mejoramiento de los cauces de los ríos aumentará su capacidad de flujo y puede tener impacto no solo en la fauna y flora a lo largo de estos, sino también en el agua subterránea en las áreas de mitigación de inundaciones. Sin embargo, los impactos negativos en el ambiente no serán significativos. A partir del Examen Inicial del Medio Ambiente (EIMA), se requerirá una Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) para la etapa posterior del estudio.

## 2.7 Evaluación del proyecto

Las medidas estructurales en el Plan Maestro se evaluaron en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales. La eficiencia técnica es evaluada por el efecto de reducción en el área de inundación, profundidad y duración. La eficiencia económica se evalúa principalmente por la TIRE, donde teniendo valores mayores al 10%, el proyecto se considera factible debido al costo de oportunidad de capital estimado para estar entre 10% y 12%. Los términos sociales y ambientales son evaluados por la reducción del área de peligro de inundación.

## 1) Arca de Chané-Pailón

Las medidas estructurales para el área son factibles en su totalidad en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales.

Las condiciones de inundación en los subproyectos, p. ej., Rfo Pailón, Quebrada Chané, Chané-Chacras y Drenaje de Okinawa, serán mejoradas en gran medida por ambas Alternativas I y Alternativa II. Sin embargo, la cantidad crecida del nivel de agua de inundación del Rfo Chané de la Alternativa II será de 0.5 m a 0.9 m para las inundaciones de 10 años.

Los valores de la TIRE, de 11.04% para la Alternativa I y 14.00% para la Alternativa II (sin el mejoramiento del Rfo Chané). Los valores de la TIRE de todos los subproyectos exceptuando el Rfo Chané muestran valores más altos que 12.21%.

Los impactos sociales serán importantes en ambas Alternativas I y II, debido al área protegida de 470 km<sup>2</sup>.

Como impactos sociales positivos, la mitigación de los daños por inundaciones, la generación de oportunidades de empleo y el incremento del potencial de uso de la tierra protegida de inundaciones se esperar.

Los efectos ambientales negativos de los proyectos no serán significativos, excepto el Rfo Chané en la Alternativa II.

En los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, se recomienda la Alternativa I a fin de evitar cualquier efecto adverso social y ambiental, ya que la condición de inundación estimada en la alternativa II, llegaría a ser peor que la condición existente. El orden de prioridad de los subproyectos es como sigue:

### 1ra Prioridad

Rfo Chané

Rfo Pailon

Drenaje de Okinawa

### 2da Prioridad

Chané-Chacras

### 3ra Prioridad

#### Quebrada Chané

#### 2) Area de San Juan - Antofagasta

Las medidas estructurales para el área son factibles en su totalidad en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales. Las condiciones de inundación serán mejoradas en gran medida por ambas Alternativas, I y II.

Las medidas estructurales para el área son factibles en su totalidad con valores de TIRE de 13.41% para la Alternativa I (con la rehabilitación del drenaje principal) y 12.51% para la Alternativa II (con el mejoramiento del drenaje principal). Aunque las medidas estructurales para San Juan fueron evaluadas marginalmente con un valor de TIRE de 9.97%.

Los impactos sociales serán significativos en ambas alternativas, debido al área protegida de 210 km<sup>2</sup>, esta es considerada como viable desde el aspecto socio-económico ya que es una de las áreas agrícolas más desarrolladas. Los efectos ambientales adversos de los proyectos no serán significativos.

Se recomienda la Alternativa I para los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales. El orden de prioridad de los sub proyectos es como sigue:

#### 1ra Prioridad

#### Antofagasta

#### 2da Prioridad

#### San Juan

### 2.8 Prioridad de los proyectos para Estudio de Factibilidad

De acuerdo con la evaluación del proyecto, medidas urgentes que tienen una alta eficiencia económica, técnica e importancia social fueron seleccionadas para los proyectos de prioritarios según sigue:

**-1 Alternativa-I del área Chané Pailón**

Río Chané

Río Pailón

Drenaje Okinawa

**-2 Alternativa-I del área de San Juan - Antofagasta**

Antofagasta

Unborrador de los términos de referencia del Estudio de Factibilidad se incluye con el Apéndice C del informe principal.

**2.9** Las organizaciones existentes relacionadas con la mitigación de inundaciones son MDS, SENAMHI, SEARPI, CDF, CORDECRUZ, MDN y las Municipalidades. Para la implementación del Plan Maestro, se debe contar con una coordinación general del Ministerio del Desarrollo Sostenible y del Medio Ambiente además de CORDECRUZ.

**2.10** Se planean implementar las medidas desde 1996 hasta el 2010 como sigue:

**Etapas-1:** Período preparatorio desde 1996 al 2000.

- 1 Organización institucional
- 2 Ejecución del Estudio de Factibilidad y del Diseño Final de los proyectos prioritarios,
- 3 Preparación de la ejecución de las medidas no estructurales,
- 4 Implementación de las medidas para ejecución temprana,
- 5 Mejoramiento de la red de estaciones hidrometeorológicas,
- 6 Preparación de los trabajos y estudios complementarios.

**Etapas-2:** Implementación de las medidas propuestas desde el 2001 al 2010.

- 1 Organización institucional para la ejecución del Plan Maestro,

- 2 Implementación de las medidas prioritarias identificadas en el Estudio de Factibilidad,
- 3 Ejecución de las medidas no estructurales,
- 4 Implementación de los trabajos y estudios complementarios.

2.11 Es indispensable una apropiada operación y mantenimiento (OM) para lograr los beneficios esperados del proyecto, y debe ser realizada por la organización de implementación del plan maestro y las municipalidades relacionadas. Las actividades regulares de OM requeridas son las siguientes:

- Inspección de la red de observación hidrológica del sistema de aviso de inundación,
- Administración y control del uso de la tierra de acuerdo con las regulaciones, incluida la prohibición de cualesquiera actividades dañinas desde el punto de vista de mitigación de inundaciones,
- Trabajos de mantenimiento periódicos e inspección del río y de las cuencas de drenaje, incluidas las instalaciones relacionadas tales como puentes y obras de desagüe.

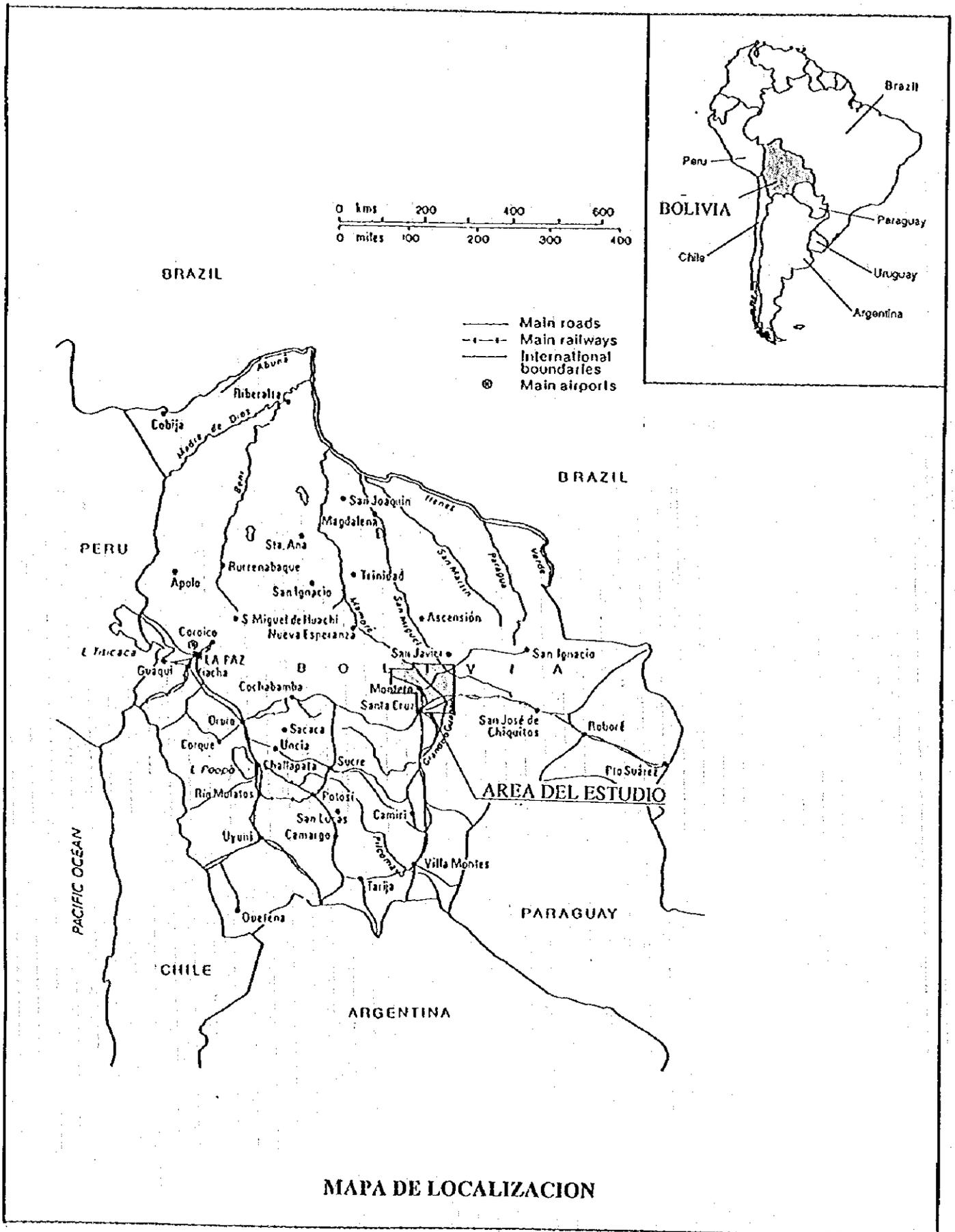
### 3 Conclusión y Recomendación

- (1) Se concluye que los planes propuestos de mitigación de inundaciones y de mejoramientos del drenaje serán factibles en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales. El área del estudio necesita acción inmediata para la implementación de los planes propuestos.

Los planes propuestos permitirán que el área del estudio mitigue las inundaciones y los problemas de drenaje y estabilizar el sector agrícola. La estabilización permitirá que el área del estudio alcance una tasa de crecimiento del 5% anual que es la meta del plan de desarrollo económico nacional por incremento de una alta eficiencia del uso de las tierras, expansión del área plantada, aumento del rendimiento, disminución de los daños posteriores a la cosecha e introducción de siembras de alta productividad. También se esperan impactos sociales altamente positivos tales como la generación de oportunidades de empleo.

Con el objeto de alcanzar los beneficios esperados del proyecto, se requiere una acción inmediata para las siguientes actividades.

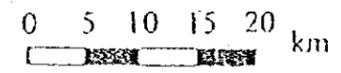
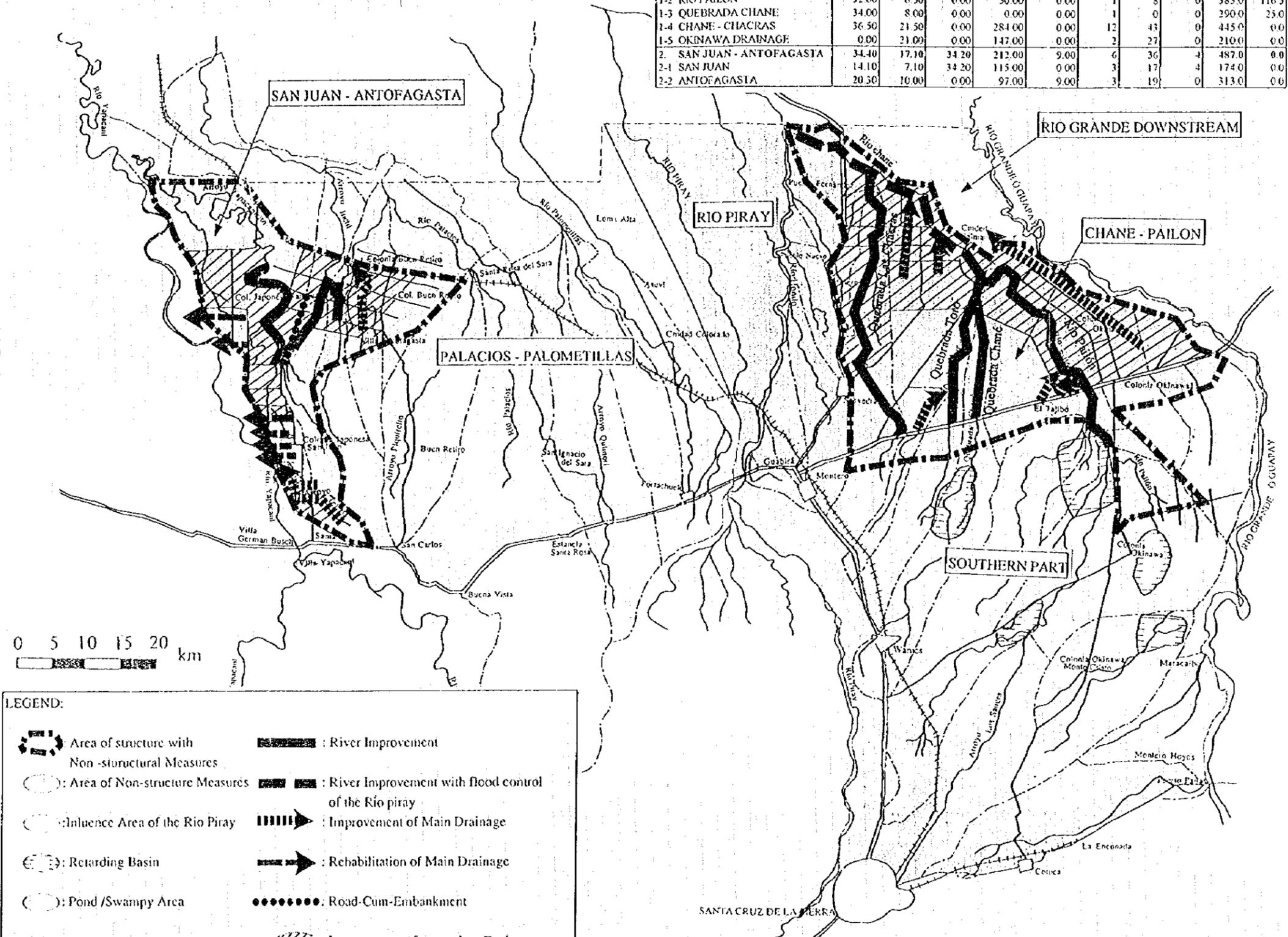
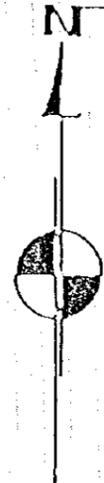
- (2) Es necesario para el área del estudio que se adopte una acción inmediata para la ejecución del Estudio de Factibilidad de las medidas urgentes.
- (3) Los trabajos preparatorios para la regulación o el diseño preliminar de medidas no-estructurales deberán comenzar inmediatamente, a fin de facilitar las medidas no estructurales de mitigación de inundaciones.
- (4) Deberá establecerse una organización para la ejecución sin problemas del Plan Maestro, a fin de efectuar medidas estructurales y no-estructurales sin contratiempos, y también para controlar y administrar el uso de la tierra efectivamente. Las siguientes ideas deben tomarse en cuenta para establecer dicha organización:
  - 1 La organización deberá ser una organización fuerte de coordinación e implementación a nivel del Prefecto.
  - 2 Deberá asignarse algún personero de la contraparte del Plan Maestro del Estudio a la organización debido a su conocimiento básico del Plan Maestro.
  - 3 También deberán seleccionarse algunos miembros de CORDECruz, SEARPI y SENAMHI.
  - 4 La organización es responsable de establecer una organización para la ejecución de las medidas propuestas y OM después de la implementación de medidas urgentes de mitigación de las inundaciones y mejoramiento del drenaje.
- (5) El mejoramiento de la red de observación hidrometeorológica existente deberá efectuarse conjuntamente con los sistemas de alerta y estudios de desarrollo complementarios.
- (6) Los estudios de desarrollo complementario y los trabajos mencionados en el Plan Maestro deberán llevarse a cabo para apoyar el desarrollo regional.





WORK VOLUME OF STRUCTURAL MEASURES

Project/Sub-project	River Improv. (km)	Main Drainage			Secondary Drainage (km <sup>2</sup> )	Road-Cum-Embank (km)	Bridge (Nos.)	Culvert (Nos.)	Divers Weir (Nos.)	Land Acquisi. (ha.)	Retard Basin (km <sup>2</sup> )
		Improve. (km)	Rehabili. (km)								
1. CHANE - PAILON	137.50	57.00	0.00	481.00	0.00	21	78	0	1550.0	141.5	
1-1 RIO CHANE	35.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5	0	0	222.0	0.0	
1-2 RIO PAILON	32.00	6.50	0.00	50.00	0.00	1	8	0	383.0	116.5	
1-3 QUEBRADA CHANE	34.00	8.00	0.00	0.00	0.00	1	0	0	290.0	25.0	
1-4 CHANE - CHIACRAS	36.50	21.50	0.00	284.00	0.00	12	43	0	445.0	0.0	
1-5 OKINAWA DRAINAGE	0.00	21.00	0.00	147.00	0.00	2	27	0	210.0	0.0	
2. SAN JUAN - ANTOFAGASTA	34.40	17.10	34.20	212.00	9.00	6	36	4	487.0	0.0	
2-1 SAN JUAN	14.10	7.10	34.20	115.00	0.00	3	17	4	174.0	0.0	
2-2 ANTOFAGASTA	20.30	10.00	0.00	97.00	9.00	3	19	0	313.0	0.0	



**LEGEND:**

- Area of structure with Non-structural Measures
- Area of Non-structure Measures
- Influence Area of the Rio Piray
- Retarding Basin
- Pond /Swampy Area
- River Improvement
- River Improvement with flood control of the Rio Piray
- Improvement of Main Drainage
- Rehabilitation of Main Drainage
- Road-Cum-Embankment
- Improvement of secondary Drainage

PLAN MAESTRO

**RESUMEN DE PLAN MAESTRO**

PROJECT/SUBPROJECT	FLOOD MITIGATION AND DRAINAGE IMPROVEMENT MEASURES			PROJECT EVALUATION													
	STRUCTURAL MEASURES		NON-STRUCTURAL MEASURES	ASSESSMENT				PROJECT VIABILITY									
		PROJECT COST (1,000 Bs)		Technical Evaluation	Economic Evaluation (EIRR: %)		Social Impact (Protected Area: km <sup>2</sup> )			Environmental Impact							
<b>1. CHANE - PAILON</b>		902,275		Highly effective	A	Feasible	11.04	A	High Impact	470.1	A	Negligibly small	B	High viability	A		
1-1 Rio Chane	Improvement of Rio Chane	27.0 km	175,748	As the main stream area, indispensable for avoiding any adverse effect. More effective with flood control of the Rio Piray.	A	Not feasible	negative	C	Same as present	0.0	B	Same as present	B	High viability for avoiding any adverse effect. More effective with flood control of the Rio Piray.	A		
1-2 Rio Pailon	Improvement of Rio Pailon Main Drainage Secondary Drainage	32.0 km 6.5 km 50.0 sq km	290,382	- Flood warning and evacuation system, - Preservation of protection forest along river channels, - Land use management for farm lands in the flood hazard area,	A	Highly feasible	14.33	A	High impact	117.8	A	Negligibly small	B	High viability as the stream area	A		
1-3 Okinawa Drainage	Main Drainage Secondary Drainage	21.5 km 147.0 sq km	91,816	- Land use management in the poor drainage area, - Planting habit management in the poor drainage area.	A	Feasible	12.21	A	High impact as the intensive landuse area	71.9	A	Negligibly small	B	High viability as the major drainage area	A		
1-4 Quebrada Chane	Improvement of Qda. Chane Main Drainage	34.0 km 8.0 km	126,279		C	Feasible	12.52	A	Medium impact as the extensive landuse area	54.0	B	Negligibly small	B	Low viability as the tributary area	C		
1-5 Chane - Chacras	Improvement of Qda. Chacras Main Drainage Secondary Drainage	36.5 km 21.0 km 284.0 sq km	218,050		B	Highly feasible	15.38	A	High impact as wide effective area	226.4	A	Negligibly small	B	Medium viability as the tributary area	B		
<b>2. SAN JUAN - ANTOFAGASTA</b>			187,340			Highly effective	A	Feasible	13.41	A	High Impact	210.3	A	Negligibly small	B	High viability	A
2-1 San Juan	Improvement of A. Yapacanicito Main Drainage Secondary Drainage	14.1 km 41.3 km 115.0 sq km	86,838	- Flood warning and evacuation system, - Preservation of protection forest along river channels,	B	Marginal	9.97	B	High impact as the intensive landuse area	81.4	A	Negligibly small	B	High viability	A		
2-2 Antofagasta	Improvement of A. Jochi, A. Tacuaral Main Drainage Secondary Drainage Road Cum Embankment	20.3 km 10.0 km 97.0 sq km 9.0 km	100,502	- Land use management for farm lands in the flood hazard area, - Land use management in the poor drainage area, - Planting habit management in the poor drainage area.	A	Highly feasible	16.24	A	High impact as the local colony	128.9	A	Negligibly small	B	High viability	A		
<b>3. RIO GRANDE DOWNSTREAM</b>	None			- Flood warning and evacuation system, - Flood proofing for settlement in the flood hazard area, - Preservation of protection forest along river channels, - Land use management for farm lands in the flood hazard area, - Land use management in the poor drainage area,		Highly effective			High Impact					High viability			
<b>4. SOUTHERN PART</b>	None			- Planting habit management in the poor drainage area. - Flood warning and evacuation system, - Flood proofing for settlement in the flood hazard area, - Land use control for retarding basins, - Preservation of protection forest along river channels, - Land use management for farm lands in the flood hazard area, - Land use management in the poor drainage area,		Highly effective			High Impact					High viability			
<b>5. PALACIOS - PALOMETILLAS</b>	None			- Planting habit management in the poor drainage area. - Flood warning and evacuation system, - Preservation of protection forest along river channels, - Land use management for farm lands in the flood hazard area, - Land use management in the poor drainage area, - Planting habit management in the poor drainage area.		Effective			Medium Impact					Medium viability			
<b>6. RIO PIRAY</b>	MASTER PLAN OF RIO PIRAY																

REMARKS

Ranking of viability for priority projects: A: High B: Marginal C: Low

PROGRAMA DE IMPLEMENTACION

ITEMS	STAGE YEAR	STAGE-1 PREPARATION PERIOD					STAGE-2 IMPREMENTATION OF URGENT WORKS									
		1 1996	2 1997	3 1998	4 1999	5 2000	1 2001	2 2002	3 2003	4 2004	5 2005	6 2006	7 2007	8 2008	9 2009	10 2010
1. Institutional Arrangement																
1-1 Establishing an organization to carry out the preparation works for implementation of the Master Plan																
1-2 Establishing a new implementation organization to implement the Master Plan																
1-3 Establishing a new organization for O/M activities																
2. Execution of F/S and D/D on the Priority Projects																
- Chane - Pailon Area																
- San Juan - Antofagasta Area																
3. Preparation of Regulation or Preliminary Design Related to the Non-structural Measures																
4. Improvement of the Hydrological Observation Networks																
- Installation of rain gauges																
- Installation of water level gauges																
5. Complementary Works and Studies																
- Complementary development study																
- Improvement of the secondary roads																
6. Implementation of the Structural Measures Identified in the F/S																
6-1 Chane - Pailon Area																
(1) Rio Chane Basin																
(2) Rio Pailon Baisn																
(3) Chane Chacras Basin																
(4) Quebrada Chane																
(5) Okinawa Drainage																
6-2 San Juan - Antofagasta Area																
(1) San Juan Baisn																
(2) Antofagasta Baisn																
7. Execution of Non-structural Measures																
- Flood warning and evacuation system																
- Flood proofing of settlements in the flood hazard area																
- Land use control of the proposed retarding basins																
- Preservation of protection forests along river channels																
- Land use management for farmlands in the flood hazard area																
- Land use management in the poor drainage area																
- Planning habit management in the poor drainage area																

## TABLA DE CONTENIDO

1	General.....	S-1
2	Area del Estudio .....	S-1
3	Condiciones Socioeconómicas.....	S-2
4	Problemas de Inundaciones y de Drenaje.....	S-3
5	Hidrología.....	S-4
6	Tendencia al Desarrollo.....	S-10
7	Agricultura y Uso de la Tierra.....	S-11
8	Plan de Mitigación de Inundaciones y Mejoramiento del Sistema de Drenaje.....	S-13
	8.1 Concepto Básico.....	S-13
	8.2 Componentes del Plan Maestro .....	S-16
	8.3 Estimación del Costo.....	S-18
	8.4 Programa de Construcción.....	S-20
	8.5 Impacto Ambiental.....	S-20
	8.6 Evaluación del Proyecto.....	S-21
	8.7 Implementación de la Organización.....	S-23
	8.8 Plan de Implementación.....	S-23
	8.9 Operación y Mantenimiento (OM).....	S-24
9	Proyectos Prioritarios para el Estudio de Factibilidad.....	S-25
10	Conclusión y Recomendación.....	S-25

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1	RESUMEN DEL PLAN DE USO DE LA TIERRA .....	S-28
TABLA 2	PROGRAMA DE CONSTRUCCION DE CHANE-PAILON .....	S-29
TABLA 3	PROGRAMA DE CONSTRUCCION DE SAN JUAN- ANTOFAGASTA .....	S-30
TABLA 4	PROGRAMA DE CONSTRUCCION DE CHANE-PAILON .....	S-31
TABLA 5	PROGRAMA DE CONSTRUCCION DE SAN JUAN- ANTOFAGASTA .....	S-32
TABLA 6	RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL PROYECTO PARA MITIGACION DE INUNDACIONES Y MEJORAMIENTOS DEL DRENAJE(1/2) - ALTERNATIVA I.....	S-33
TABLA 7	RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL PROYECTO PARA MITIGACION DE INUNDACIONES Y MEJORAMIENTOS DEL DRENAJE(2/2) - ALTERNATIVA II.....	S-34

## LISTA DE FIGURAS

FIG.1	EL AREA DEL ESTUDIO .....	S-35
FIG.2	DISTRITOS ADMINISTRATIVOS EN EL AREA DEL ESTUDIO .....	S-36
FIG.3	SISTEMA DEL RIOS Y CUENCAS DE DRENAJE.....	S-37
FIG.4	AREA INUNDADA POR LAS CRECIDAS DE 1992 .....	S-38
FIG.5	AREA INUNDADA POR LAS INUNDACIONES ANUALES.....	S-39
FIG.6	CAUSAS DE LAS INUNDACIONES EN EL AREA DEL ESTUDIO (INUNDACIONES DE 1992).....	S-40
FIG.7	AREA CON PROBLEMAS DE DRENAJE .....	S-41
FIG.8	DESCARGAS ESPECIFICAS DE LA CUENCA DEL RIO CHANE Y DE LAS CUENCAS DE LOS ARROYOS YAPACANICITO-JOCHI-TACUARAL-TEJERIA .....	S-42
FIG.9	ESTRUCTURA MODELO DE ANALISIS DE FLUJO PARA LA CUENCA DEL RIO CHANE.....	S-43
FIG.10	ESTRUCTURA MODELO DE ANALISIS DE FLUJO PARA LAS CUENCAS DEL LOS ARROYOS YAPACANICITO-JOCHI-TACUARAL .....	S-44
FIG.11	SIMULACION DE INUNDACIONES DE 10 ANOS SIN TRABAJOS DE MITIGACION DE INUNDACIONES Y MEJORAS DEL DRENAJE - AREA CHANE-PAILON (CUENCA DEL RIO CHANE) .....	S-45
FIG.12	SIMULACION DE INUNDACIONES DE 10 ANOS CON TRABAJOS DE MITIGACION DE INUNDACIONES Y MEJORAS DEL DRENAJE - AREA CHANE-PAILON (CUENCA DEL RIO CHANE: ALTERNATIVA I).....	S-46
FIG.13	DESCARGA PICO POR SIMULACION HIDRAULICA DE AREA CHANE-PAILON: ALTERNATIVA I (CUENCA DEL RIO CHANE).....	S-47

FIG.14	SIMULACION DE INUNDACIONES DE 10 ANOS SIN TRABAJOS DE MITIGACION DE INUNDACIONES Y MEJORAS DEL DRENAJE - AREA SAN JUAN-ANTOFAGASTA (CUENCA DE LOS ARROYOS YAPACANICITO-JOCHI-TACUARAL).....	S-48
FIG.15	SIMULACION DE INUNDACIONES DE 10 ANOS CON TRABAJOS DE MITIGACION DE INUNDACIONES Y MEJORAS DEL DRENAJE - AREA SAN JUAN-ANTOFAGASTA (CUENCA DE LOS ARROYOS YAPACANICITO-JOCHI-TACUARAL).....	S-49
FIG.16	DESCARGA PICO MEDIANTE SIMULACION HIDRAULICA DE AREA SAN JUAN-ANTOFAGASTA: ALTERNATIVA I (CUENCA DE LOS ARROYOS YAPACANICITO-JOCHI-TACUARAL).....	S-50
FIG.19	EXPANSION DE LAS COLONIAS FUERA DEL AREA DEL ESTUDIO.....	S-51
FIG.18	UBICACION DE LAS COLONIAS PRINCIPALES EN EL AREA DEL ESTUDIO.....	S-52
FIG.19	CONDICIONES DE LOS CAMINOS EXISTENTES (DE TODO TIEMPO).....	S-53
FIG.20	CONDICIONES DE LOS CAMINOS EXISTENTES (MALOS Y MUY MALOS).....	S-54
FIG.21	ZONIFICACION DEL USO DE LA TIERRA AGRICOLA.....	S-55
FIG.22	DIVISION DEL AREA DEL ESTUDIO PARA LAS MEDIDAS DE CONTROL DE INUNDACIONES.....	S-56
FIG.23	CONCEPTO BASICO DEL MEJORAMIENTO DEL DRENAJE.....	S-57
FIG.24	AREA DE OBJETO DE MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES Y MEJORAMIENTO DEL DRENAJE - AREA-CHANE-PAILON.....	S-58
FIG.25	AREA DE OBJETO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES Y MEJORAMIENTO DEL DRENAJE - AREA SAN JUAN-ANTOFAGASTA.....	S-59
FIG.26	DISTRIBUCION DE LA DESCARGA DE DISEÑO DE INUNDACIONES DE 10 ANOS CHANE-PAILON ALTERNATIVA I.....	S-60

FIG.27	DISTRIBUCION DE LA DESCARGA DE DISEÑO DE INUNDACIONES DE 10 AÑOS SAN JUAN-ANTOFAGASTA ALTERNATIVA I MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES .....	S-61
FIG.28	MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES Y DE MEJORAMIENTO DEL DRENAJE - AREA CHANE - PAILON: ALTERNATIVA I .....	S-62
FIG.29	MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES Y DE MEJORAMIENTO DEL DRENAJE - AREA SAN JUAN - ANTOFAGASTA: ALTERNATIVA I.....	S-63

## ABBREVIATIONS

AASANA:	Administración Autónoma de Servicios la Navegación Aérea
ADEPLE:	Asociación de Productores de Leche
CAICO:	Cooperativa Agropecuaria Integral Colonias Okinawa Ltda.
CAISY:	Cooperativa Agropecuaria Integral San Juan de Yapacaní Ltda.
CAO:	Cámara Agropecuaria del Oriente
CDF:	Center of Forest Development
CETABOL - JICA:	Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia - JICA
CIF:	Cost, Insurance and Freight
CNPV:	Encuesta Demográfica Nacional de Población y Vivienda
COD:	Chemical Oxygen Demand
CORDECRUZ:	Corporación Regional de Desarrollo de Santa Cruz (Santa Cruz Regional Development Corporation)
DHI:	Internacional Hydrological Decade
EDEN:	Encuesta Demográfica Nacional
EEC:	European Economic Community
EIA:	Environmental Impact Assessment
ENDSA:	Encuesta Nacional de Demografía y Salud
ENPV:	Encuesta Nacional de Población y Vivienda
FEGASACRUZ:	Federación de Ganaderos de Santa Cruz
FOB:	Free on Board
GDP:	Gross Domestic Product
GOB:	The Government of Bolivia
GOJ:	The Government of Japan
JICA:	Japan International Cooperation Agency (Agencia de Cooperación Internacional del Japón)
MDN:	Ministerio de Defensa Nacional (Ministry of National Defense)
MDSMA:	Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (Ministry of Sustainable Development and Environment)
OMM:	World Meteorological Organization
OTAI:	Organización de Técnicos de la Agro-Industria
SEARPI:	Servicio Encauzamiento de Aguas y Regularización del Río Piraiá
SEDAMA:	Secretarías Departamentales del Medio Ambiente
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SENMA:	Secretaría Nacional de Medio Ambiente
SNA:	Servicio Nacional de Aerofotogrametría
SNC:	Servicio Nacional de Caminos

## RESUMEN

### 1 General

El presente es un resumen del Informe Final para el Estudio del Plan Maestro sobre el Control de Inundaciones en la Región Rural Norte de Santa Cruz en la República de Bolivia.

El área del estudio cubre aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup> de la región rural entre el Rfo Grande y el Rfo Yapacani en la parte norte de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra del Departamento de Santa Cruz. El área del estudio se muestra en la *Fig.1*.

Los objetivos del estudio son formular un Plan Maestro amplio, con medidas de mitigación de inundaciones y de mejoramiento del sistema de drenaje para el área de estudio, excepto el tramo principal del Rfo Piray que ya cuenta con un plan maestro para el manejo y regulación del mismo, así mismo se pretende realizar una transferencia de tecnología al personal de la contraparte a través del entrenamiento en el campo durante el desarrollo del mismo.

Las medidas de mitigación de inundaciones y de mejoramiento del sistema de drenaje propuestas en el Plan Maestro son técnicamente factibles, y justificadas en términos económicos, sociales y ambientales. Se recomienda que el Departamento de Santa Cruz adopte una acción inmediata de acuerdo al Plan Maestro, ya que el área del estudio es extremadamente vulnerable a inundaciones y confronta problema de drenaje debido a su formación topográfica representada por el relieve plano y las condiciones meteorohidrológicas.

En el presente Resumen del Informe Final se presenta la parte esencial del estudio llevado a cabo desde abril de 1995 hasta Junio de 1996.

### 2 Area del Estudio

- 2.1 El área del estudio, que incluye a cinco provincias: Andrés Ibañez, Warnes, Ichilo, Sara y Obispo Santistevan, está localizada dentro del área integrada, la cual es a su vez, el área más desarrollada del Departamento. La *Fig.2* muestra la división política del área.

- 2.2 La topografía presenta una inclinación aproximada de 1/400-1/1000 hacia el norte. Existen extensas áreas con depresiones y áreas bajas vulnerables a inundaciones y problemas de drenaje.

Los sistemas fluviales incluyen: el Rfo Grande (106.000 km<sup>2</sup>), el Rfo Pirai (10.660 km<sup>2</sup>), el Rfo Yapacani (9.969 km<sup>2</sup>) y sus tributarios, los mismos que se muestran en la Fig. 3.

- 2.3 El clima se caracteriza por una época seca (de abril a octubre), época de lluvias (de octubre a marzo) y una época de transición (marzo a abril y septiembre a octubre).

La cantidad de precipitación anual varía localmente. El promedio anual de precipitación de la zona este y oeste es de 1.898 mm y 1.274 mm, respectivamente. La cantidad de precipitación durante la época de lluvias equivale a un 60 ó 70% de la precipitación anual.

### 3 Condiciones Socioeconómicas

- 3.1 El Departamento de Santa Cruz registra el mayor índice de crecimiento poblacional del país. La población del Departamento era de 1.364.389 habitantes en 1992, lo cual equivalía al 21% de la población del país. El promedio anual de la tasa de crecimiento poblacional en el Departamento fue de 4,16% para el período 1976-1992. El índice de crecimiento del área urbana es mayor a 6,21%, mientras que en el área rural es de solamente 0,8%.

La futura población del Departamento se estimó a través de una proyección de la población en base al censo nacional en 1992. La proyección poblacional se muestra como sigue:

Año	Poblacion	Porcentaje en relacion a la poblacion nacional	Indice de crecimiento anual
1992	1.364.000	21,2	
1995	1.525.000	20,5	3,79(1992-1995)
2000	1.821.000	21,9	3,61(1995-2000)
2005	2.163.000	23,3	3,50(2000-2010)
2010	2.552.000	24,9	3,36(2005-2010)

- 3.2 El Departamento tiene el mayor producto interno bruto (PIB). En 1992 el PIB del Departamento registró alrededor del 30% del todo PIB del país. El PIB per cápita creció con un índice anual de 2,37% (en dólares americanos) de 1988 a 1992 y alcanzó US\$ 804 en 1992. Durante el mismo período, el Departamento alcanzó una tasa promedio anual de 4,29% y el PIB per cápita registró US\$ 1.177 en 1992.
- 3.3 El promedio de crecimiento anual del PIB registró un 3,85% para el período 1988-1992. De todos los sectores que participan en el PIB, el crecimiento más alto fue el del sector agroindustrial con un índice anual del 14,39% en promedio durante el mismo período; en contraste, el sector agrícola apenas tuvo un índice de crecimiento de 0,83%, el más bajo de todos los sectores.

El sector agrícola y sus subsectores derivados (agroindustria, ganadería, caza, forestal y pesca) representó el 17,7% del PIB en 1992. Siguiendo a este sector, el sector industrial manufacturero tuvo una participación del 15,4% en el mismo año.

- 3.4 De todos los sectores del Departamento de Santa Cruz, el sector agroindustrial indica el crecimiento más alto, con un índice del promedio anual de 16,27% durante el mismo período. El producto departamental bruto del sector agrícola alcanzó un crecimiento comparativamente alto a un índice del 10,32% durante el mismo período. Siguiendo al sector agrícola, el sector industrial manufacturero y el de comercio indican una participación elevada del 19,2% y 12,5% respectivamente.

#### 4 Problemas de Inundaciones y de Drenaje

- 4.1 Las inundaciones más importantes registradas en el área del estudio son las siguientes:

-Zona este: 1968, 1972, 1983, 1987 y 1992,

-Zona oeste: 1963, 1966, 1982, 1983, 1991 y 1992.

Dentro del área del estudio, los daños de mayor consideración fueron causados por las inundaciones de 1992.

Las áreas amenazadas por inundaciones y los daños por inundaciones fueron analizados mediante una encuesta y de esta manera se estudiaron las condiciones de las inundaciones de 1992 y de las inundaciones anuales. Las áreas amenazadas por las inundaciones de 1992 y las inundaciones anuales fueron estimadas en 4.857 km<sup>2</sup> y 2.444 km<sup>2</sup> respectivamente y se muestran en las *Figs. 4 y 5*.

4.2 El área de inundación causada por las riadas ha sido clasificada en cuatro (4) áreas, como sigue:

- 1. Area de inundación por riadas del Rfo Grande, Rfo Pirai y Rfo Yapacani,
- 2. Area de inundación causada por riadas de sus propias cuencas,
- 3. Area de inundación principalmente ocasionada por las riadas de las mismas cuencas de los ríos con efecto de retardación del Rfo Piray,
- 4. Area de inundación ocasionada no solamente por la escorrentía de las mismas cuencas sino también por riadas del Rfo Pirai, Rfo Grande o Rfo Yapacani.

4.3 Los severos problemas de drenaje son principalmente ocasionados por las desfavorables condiciones topográficas del suelo e hidrológicas, y algunas veces por actividades de desarrollo tales como el establecimiento de propiedades agrícolas o construcción de caminos. Las áreas con drenaje deficiente se encuentran identificadas y mostradas en la *Fig. 7*.

4.4 No existe ninguna infraestructura importante para la atenuación de las riadas, excepto el terraplén construido a lo largo del Rfo Pirai para proteger la ciudad de Santa Cruz y los trabajos de protección de puentes en el Rfo Grande, Rfo Pirai y Rfo Yapacani.

4.5 Respecto a las instalaciones de drenaje, ya existentes, solo existen canales de drenaje de pequeña escala y drenaje parcelario, construidos localmente por los propietarios. Los mayores sistemas de drenaje existentes se observan en la Colonia Okinawa y San Juan. La Colonia Okinawa tiene un canal maestro de drenaje con una capacidad de flujo para un período de retorno menor a los 2 años.

## 5 Hidrología

5.1 Existen 33 estaciones pluviométricas en el área de estudio, incluidas dos estaciones meteorológicas generales, es decir, Santa Cruz-Trompillo y Aeropuerto Viru Viru.

Las estaciones pluviométricas están distribuidas en su mayoría en la zona central de la cuenca del Rfo Pirai y en menor número en las zonas este y oeste.

Entre ellas solo diez estaciones cuentan con datos de precipitación diaria antes de 1975 - 1976, de las cuales solo cuatro (4) tienen datos relativamente antiguos. Estas cuatro estaciones fueron seleccionadas como estaciones principales para el estudio, se listan como sigue:

	<u>Estación</u>	<u>Registro de observación</u>
-1.	5806 Santa Cruz-Trompillo:	52 años
-2.	61NP Saavedra:	44 años
-3.	Colonia San Juan de Yapacani:	35 años
-4.	Okinawa II:	26 años

Los datos existentes de precipitación horaria relacionados en las estaciones principales se muestran a continuación:

- 25NP Santa Cruz-Oficina      1973-1994 (registro de 21 años)
- 61NP Saavedra                    1951-1994 (registro de 44 años)
- Okinawa II                        1986-1994 (registro de 8 años)

5.2 El sistema de observación de niveles de agua consiste de cuatro (4) estaciones, es decir, dos en el Rfo Pirai, una en el Rfo Yapacani y una en el Rfo Palometillas. A lo largo del Rfo Grande, existieron dos estaciones, una en Puerto Pailas y la otra en Abapó que se encuentran a 150 km aguas arriba de Puerto Pailas.

5.3 La precipitación anual en 1992 fue aproximadamente 2 a 2,5 veces de la precipitación promedio anual. Más aún, la precipitación mensual de diciembre, enero y febrero fue aproximadamente 2 a 3 veces mayor que la precipitación promedio mensual. Las de abril y mayo fueron también aproximadamente 2 a 4 veces mayores.

- 5.4 La precipitación diaria en enero de 1992, registrada en las cuatro estaciones principales, muestra tormentas de lluvia que duraron 4 a 6 días en toda el área del estudio. La precipitación continua y la máxima diaria se muestran a continuación:

<u>Estación</u>	<u>Precipitación continua</u>	<u>Precipitación máxima diaria</u>
Saavedra	453,6 mm	220,4 mm (14 de enero)
Okinawa II	374,0 mm	194,0 mm (15 de enero)
Colonia San Juan de Yapacani	293,3 mm	196,5 mm (15 de enero)
Santa Cruz-Trompillo	168,1 mm	168,1 mm (13 de enero)

- 5.5 El período de retorno de las tormentas caídas durante las inundaciones de 1992 se determina de la manera siguiente:

<u>Estación</u>	<u>Período de retorno</u>
-Santa Cruz-Trompillo:	2 a 5 años
-Saavedra:	sobre 100 años
-Okinawa II:	50 a 100 años
-Colonia San Juan de Yapacani:	5 a 10 años

- 5.6 Se estudiaron los patrones de precipitaciones de diseño de las cuatro estaciones principales. La precipitación de diseño es de tres días continuos de lluvia con un pico posterior.

Las curvas de intensidad de las lluvias de Santa Cruz y Saavedra fueron utilizadas para crear sus propios patrones de precipitación de diseño. El patrón de precipitación de diseño de Saavedra fue también usado para elaborar los de Okinawa II y la Colonia San Juan de Yapacani. Esto se debe a que la correlación de precipitación diaria máxima anual de estas dos estaciones comparadas con Saavedra es mayor a la correlación con la de Santa Cruz.

5.7 El análisis de escorrentía de las lluvias se basó en el Método de Carta Hidrográfica Unitaria del Servicio de Conservación del Suelo de EE.UU. (SCS Unit Hydrograph Method) y fue aplicado en la cuenca del Rfo Chané y las cuencas del Rfo Yapacanicito-Jochi-TacuaraI-Tejerfa.

(1) Cuenca del Rfo Chané

1) Precipitación de diseño

Para el análisis de escorrentía se tomaron en cuenta las precipitaciones de diseño con períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50 y 100 años de Santa Cruz, Okinawa II y Saavedra.

2) Descarga de escorrentía

Los caudales probables de escorrentía en los puntos de escorrentía más importantes se detallan a continuación:

Probable Pico de Caudal de Escorrentía (m<sup>3</sup>/seg.)

	Período de retorno ( años)		
	10 años	20 años	50 años
Rfo Chané ( corriente abajo)	1270	1510	1820
Rfo Chané (corriente arriba)	1200	1420	1700
Rfo Pailón ( en la Ruta 9)	1340	1580	1890
Qda. Chané ( en la Ruta 9)	390	460	540

Los caudales específicos de la parte extrema aguas abajo del Rfo Chané son de 0,2 a 0,8 m<sup>3</sup>/seg/km<sup>2</sup> (ver la Fig.8). Estos caudales específicos coinciden con la tendencia de caudales específicos del Rfo Pirai que fueron calculados por SEARPI.

(2) Cuenca del Arroyo Yapacanicito-Jochi-TacuaraI-Tejerfa

1) Precipitación de diseño

La precipitación de diseño con períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50 y 100 años de la Colonia San Juan de Yapacani fueron usados para el análisis de escorrentía.

## 2) Caudal de escorrentía

Los probables caudales de escorrentía en los puntos principales de escorrentía son las siguientes:

### Probables Caudales de Escorrentía (m<sup>3</sup>/seg.)

	Período de retorno		
	10 años	20 años	50 años
A.Yapacanicito ( aguas abajo)	540	630	740
A.Yapacanicito (aguas arriba)	220	250	290
A.Jochi (en el tramo medio del río)	270	310	360
A.Tacuara! (en el tramo medio del río)	330	380	440
A.Tejeria(aguas abajo)	210	240	280

Los caudales específicos calculados se muestran en la *Fig. 8*. La tendencia de los caudales específicos de esta cuenca es casi la misma que de la cuenca del Río Chané.

- 5.8 Se han diseñado modelos hidráulicos para la cuenca del Río Chané y las cuencas del Arroyo Yapacanicito-Jochi-Tacuara!. Las estructuras modelo están compuestas por ríos y sistemas de drenaje con subcuencas, incluyendo el área de inundación y las cuencas de retardación. Estas se muestran en las *Figs. 9 y 10*.

La escorrentía de cada subcuenca es calculada por el método SCS y entra al sistema del río como flujo de entrada lateral. El cálculo hidráulico se realizó por el método de flujo irregular. Se calibraron los modelos hidráulicos comparando las condiciones de flujo simuladas con las condiciones de flujo reales en las inundaciones de 1992.

- 5.9 Se han llevado a cabo simulaciones de probables inundaciones de 2, 5, 10, 20, y 50 años de inundación, con y sin medidas de mitigación de inundaciones y de mejoramiento del sistema de drenaje.

#### (1) Cuenca del Río Chané

Se hicieron simulaciones de la cuenca del Río Chané con y sin implementación del proyecto. Las áreas de inundación con una profundidad equivalente a una de recurrencia de 10 años con y sin la implementación de proyecto se muestran en las

*Figs. 11 y 12.* Los caudales pico simulados en la Alternativa-1 se muestran en la *Fig. 13.*

Las condiciones para evitar inundaciones en el Rfo Pailón, Qda. Chané, Chané-Chacras y área de Drenaje Okinawa se mejorarán con la ejecución de la Alternativa-I y II. Sin embargo, los niveles altos del Rfo Chané serán aumentados en ambas Alternativas; esto obedece al aumento del caudal de las cuencas aguas arriba con el mejoramiento del sistema de drenaje, así como también al efecto de contraflujo del Rfo Pirai.

(2) Cuenca Arroyo Yapacanicito-Jochi-Tacuaral

Se hicieron simulaciones de las dos alternativas, con y sin implementación del proyecto. Las áreas de inundación con una profundidad equivalente a 10 años de recurrencia, con y sin implementación del proyecto, se muestran en las *Figs. 14 y 15.* Los caudales pico simulados en la Alternativa-1 se muestran en la *Fig. 16.*

Las condiciones de inundación de San Juan y Antofagasta serán bastante mejoradas con el plan en el tramo en el que se realizará el mejoramiento del río y del sistema drenaje.

5.10 De acuerdo al análisis de sequía, se registraron tres (3) años de sequía entre 1984 y 1994. Estos son 1988, 1993 y 1994. Se considera al año 1995, como un año también afectado por la sequía. Las escalas de sequía para un período de precipitación de cuatro meses para las 4 estaciones principales, se muestran a continuación:

Escala de Sequía ( 4 meses de lluvia)

Estación	1a	2a	3a
SC-Trompillo	1994 (49,4)	1988 (34,4)	1995 (18,9)
Saavedra	1988 (sobre 200)	1995 (31,9)	1993 (3,5)
Okinawa II	1995	1988	1993

	(16,5)	(12,8)	(5,7)
Col.San Juan de Yapacani	1988	1995	1993
	(sobre 200)	(145,6)	(28,6)

*Observaciones: los valores entre paréntesis son los períodos de retorno de la sequía.*

## 6 Tendencia al Desarrollo

6.1 El área de estudio fue rápidamente desarrollada a partir de los años 50 y la mayor parte se desarrolló en la primera mitad de los años 80. Actualmente las actividades de desarrollo se han extendido más allá de las fronteras del área del estudio, es decir, hacia el lado este del Río Grande, el lado oeste del Río Yapacani y el lado norte del Río Chané. La ubicación de las colonias actualmente desarrolladas se muestra en la *Fig. 17*.

6.2 Existen cinco (5) colonias dominantes en el área del estudio, es decir, Okinawa, Aroma, Puesto Fernández, San Juan y Antofagasta. Estas cubren 1.334 km<sup>2</sup>, en un área bien desarrollada y con la infraestructura básica que cumple un papel importante en la producción de cultivos tales como soya, arroz, caña de azúcar y producción pecuaria. Sin embargo, las colonias están ubicadas principalmente en un área amenazada por inundaciones (*Fig. 18*).

6.3 La red vial dentro del área del estudio consiste de caminos troncales y vecinales. Los caminos troncales incluyen las carreteras nacionales No. 4, No. 7 y No. 9. La mayor parte de los caminos troncales están pavimentados, con excepción de la carretera Guabirá-Río Grande, la cual se planea pavimentar en dos años más; los demás caminos están ripiados o son de tierra. Las condiciones de la superficie estudiada son las siguientes:

-1. Camino de asfalto:	187 km (8%)
-2. Camino de grava:	808 km (34%)
-3. Camino de tierra:	1.354 km (58%)
Longitud total	2.349 km

- 6.4 Los caminos accesibles todo el año solo alcanzan un 40% del total y los demás son inaccesibles durante un período de uno a cinco meses al año debido a la débil capa del camino, pobre drenaje o falta de mantenimiento. La inaccesibilidad de los caminos afecta el transporte de los productos agrícolas durante la época de cosecha. La accesibilidad de los caminos durante todo el año se muestra en la *Figs. 19 y 20*.
- 6.5 El plan de Desarrollo Regional para el Departamento de Santa Cruz, preparado por CORDECRUZ, depende del Plan General de Desarrollo Social y Económico (PGDES) formulado por el Ministerio de Desarrollo Sostenible, y Medio Ambiente, el cual apunta a realizar objetivos y políticas para alcanzar el desarrollo sostenible.
- 6.6 La tasa anual promedio de crecimiento de la población fue estimada en 2.3 % para el período. La población en el Área del Estudio fue estimada en alrededor de 300.000 para el año 2010 creciendo a partir de una población de 200.000 en el año 1992 de acuerdo a CORDECRUZ. La población aumentará en las áreas urbanas, pero no lo hará en el área rural.
- 6.7 La meta para el crecimiento de la economía nacional para la siguiente década ha sido fijada en 5 % anual en el Plan de Desarrollo Económico Nacional.

## 7 Agricultura y Uso de la Tierra

- 7.1 Los cultivos principales en el Departamento de Santa Cruz son soya, caña de azúcar, arroz y maíz que representan alrededor del 75% de toda el área cultivada. El cultivo predominante en el departamento era el arroz hasta 1988, sin embargo, la soya liderizó la producción después de ese mismo año. De 1990 a 1994, la producción de cultivos se incrementó en gran medida debido a la expansión del área plantada de soya, con excepción de la soya de verano.
- 7.2 El área del estudio es el centro agrícola del departamento. El área sembrada representa el 44% de toda el área sembrada del departamento. Los cultivos principales en el área de estudio son soya, caña de azúcar y arroz. La proporción en la producción de cultivos respecto a los del Departamento, es muy elevada, es decir, soya: 37%, caña de azúcar: 89% y arroz: 72%.

La ganadería, la avicultura y la porcicultura, también se ha incrementado. Dentro del área de estudio predomina el ganado vacuno. En 1994 existían 400.000 cabezas de ganado que representaban el 30% de la producción ganadera del Departamento.

**7.3** Las instalaciones de la agroindustria en el departamento están ubicadas principalmente en el área del estudio, y juegan un papel importante no solo en el contexto de la economía local y la generación de empleo, sino también respaldando el desarrollo agrícola y avícola. Estas instalaciones utilizadas en el procesamiento de los principales productos agrícolas tales como el aceite comestible, torta de soya, arroz y azúcar, pueden ampliar su capacidad para procesar más materia. En especial, se evidencia un elevado potencial en la expansión de la producción de frutas.

**7.4** El área de bosques naturales dentro del área del estudio ha sido disminuida a un 20% de 1954 a 1984 debido al desarrollo agrícola. Generalmente los bosques están distribuidos a lo largo de los ríos y de las tierras no arables. Actualmente el bosque secundario barbecho está aumentando y cubre el 7,4% en el área del estudio. Las áreas de bosque secundario parecen corresponder a la tierra ociosa de 1984. Parece que las áreas de bosque secundario actuales fueron inicialmente desarrolladas para la agricultura, pero abandonadas posteriormente.

**7.5** El desarrollo de áreas agrícolas inicialmente se concluyó en 1984. El área agrícola, incluyendo la de pastoreo, no ha cambiado desde ese mismo año. Sin embargo, la relación entre las tierras de cultivo y las de pastoreo ha variado en gran medida en este período; incrementándose el área de plantación y disminuyendo el área de pastoreo.

La eficiencia de la utilización de la tierra, área de cultivo anual por finca, deja mucho que desear. Los pequeños agricultores están cultivando sus tierras en un porcentaje menor al 110%, es decir que se cultiva solamente una vez al año.

**7.6** La producción de los cultivos más importantes ha sido variable durante la década pasada, sin embargo, la adquisición de semillas mejoradas, especialmente soya y trigo, también fue incrementada durante ese mismo período. En el área de estudio la productividad agrícola no aumenta, mas bien parece decrecer.

**7.7** Las tierras agrícolas dentro del área amenazada por las inundaciones parecen ser más fértiles y de uso más intensivo. Sin embargo, la relación entre el área sembrada y el área cosechada para cultivos de maíz, soya, sorgo y algodón que se consideran como poco tolerantes a las inundaciones, es menor en la zona. Las inundaciones han afectado la productividad de los cultivos, por lo tanto, será necesario seleccionarlos.

**7.8** El ingreso por familia agrícola varía de acuerdo al tamaño de la finca. La producción de los pequeños agricultores es menor, ya que ellos seleccionan los mismos cultivos

que los grandes agricultores, pero están menos organizados y por lo tanto reciben menos servicios de asistencia.

- 7.9** Es necesario diversificar el sector agrícola para evitar el riesgo de fluctuaciones de precios en el mercado internacional. Las áreas de Okinawa y San Juan aceleran la diversificación para la estabilización de los ingresos y la conservación de la fertilidad del suelo a través de la introducción de frutas y explotación pecuaria. Sin embargo, la mayoría de los agricultores aún desea continuar los mismos cultivos de soya, arroz, maíz y caña de azúcar. Los agricultores que desean diversificarse son solo el 10% del total.
- 7.10** El área agrícola fue clasificada en nueve (9) zonas como se muestra en la *Fig. 21*, para las que tentativamente se han planificado posibles medidas contra inundaciones tal como se muestra en la *Tabla 1*.

## **8 Plan de Mitigación de Inundaciones y Mejoramiento del Sistema de Drenaje**

### **8.1 Concepto Básico**

#### **(1) Concepto Básico**

En el presente Plan Maestro se deberá planificar medidas óptimas que permitan al área del estudio estabilizarse o ponerse a salvo a través de la mitigación de inundaciones y mejoramiento del sistema de drenaje. Además, el Plan Maestro respaldará la promoción del desarrollo sostenible que constituye un objetivo de la política de desarrollo regional.

Las áreas en peligro de inundación y pobre drenaje han sido evaluadas en base a las condiciones del daño de las inundaciones como profundidad de inundación, duración de la inundación, daños causados y uso de la tierra.

#### **(2) Area Meta**

El estudio del área se dividió según se muestra en las *Fig. 22 y 23*:

-1 Las áreas para ejecutarse medidas estructurales conjuntamente con medidas no-estructurales, fueron seleccionadas en base a los criterios siguientes:

- Las áreas de uso intensivo tales como áreas de cultivo intensivo y urbano afectadas por inundaciones anuales.
- Las áreas de uso intensivo severamente afectadas por las inundaciones 1992 p. ej., profundidad de inundación más de 50 cm y duración más de 2 días,

-2 Las áreas para medidas no-estructurales fueron seleccionadas en base a los criterios siguientes:

- Areas para el uso no intensivo de la tierra tales como áreas de bosque y pastura, ambas en el área de peligro anual de inundación y en el área de riesgo de inundaciones de 1992.
- Uso intensivo de las tierras en el área de peligro de inundación de 1992 con menos de 50 cm de profundidad y 2 días de duración.

Las áreas con problemas de drenaje también han sido clasificadas en áreas meta para medidas estructurales y no estructurales como se muestra en la *Fig. 23*.

Las áreas para medidas estructurales ha sido subdividida por cuencas hídricas o drenaje en las siguientes siete (7) áreas como se muestra en las *Figs. 24 y 25*:

a. Area Chané-Pailón

- 1. Río Chané,
- 2. Río Pailón,
- 3. Chané Chacras,
- 4. Quebrada Chané,
- 5. Drenaje Okinawa,

**b. Area San Juan- Antofagasta**

- 1. San Juan,
- 2. Antofagasta

**(3) Escala de Diseño**

Las escalas de diseño para las medidas de mitigación de inundaciones y mejoramientos del drenaje fueron definidas como sigue:

- 1. La escala de diseño de la infraestructura para la mitigación de inundaciones se decide para 10 años de frecuencia de inundaciones con una profundidad permisible hasta 30 cm.
- 2. La escala de diseño para el mejoramiento de las obras del sistema de drenaje se decide para 5 años de frecuencia de escorrentía con una inundación permisible hasta 30cm.
- 3 Respecto a la infraestructura más importante o pública como los puentes de carreteras nacionales, una escala de diseño 50 años de frecuencia puede considerarse de acuerdo a la escala de las inundaciones de 1992.

**(4) Año Meta**

La población total del área de estudio se estima en 300,000 habitantes para el 2010 comparada con 198,000 en 1992, según CORDECRUZ. El uso de la tierra en el área de estudio será casi igual que en 1995.

A fin de aumentar el producto regional bruto, será necesario estabilizar y desarrollar el área de peligro de inundación por año fijado. Es así que será posible lograr en el área una tasa de crecimiento de 5% por año.

Se ha propuesto como año meta al año 2010. Las obras esenciales planificadas en el Plan Maestro se prevee serán completadas el año 2010.

## 8.2 Componentes del Plan Maestro

### (1) Medidas Estructurales

Las medidas estructurales propuestas están compuestas por trabajos de mejora del río que aumente las capacidades de conducción de los canales por medio de la ampliación, profundización y mejoramiento de canales; del terraplén (incluyendo el camino con terraplén) que confinan el flujo de las aguas dentro de un canal; y trabajos de mejoramiento de drenaje. Se planificó localizar el camino con terraplén entre la Cuenca Arroyo Yapacanicito y la Cuenca del Arroyo Jochi. El propósito del camino con terraplén es el de separar las aguas de las inundaciones de estas dos cuencas como también reforzar la ruta de evacuación y transporte durante las inundaciones.

Las medidas estructurales propuestas para mitigación de inundaciones y mejoramiento del drenaje se muestran en las Figs. 28 y 29. Los trabajos principales se resumen como sigue:

#### Medidas estructurales

Proyecto	Mejoramiento del río	Drenaje principal	Drenaje secundario	Terraplenes
1.Chané-Pailón				
-1 Río Chané	27,0 km	0	0	0
-2 Río Pailón	32,0 km	6,5 km	50,0 km <sup>2</sup>	0
-3 Drenaje Okinawa	-	21,5 km	147,0 km <sup>2</sup>	0
-4 Quebrada Chané	34,0 km	8,0 km	0	0
-5 Chané-Chacras	36,5 km	21,0 km	284,0 km <sup>2</sup>	0
2.SanJuan-Antofagasta				
-1 San Juan	14,1 km	41,3 km	115,0 km <sup>2</sup>	0
-2 Antofagasta	20,3 km	10,0 km	97,0 km <sup>2</sup>	9,0 km
Total	163,9 km	108,3 km	693,0 km <sup>2</sup>	9,0 km

Para el área Chané - Pailón, considerando la situación del Río Chané que es fuertemente afectado por las inundaciones del Río Pirai, se planearon dos planes alternativos según sigue:

- La Alternativa - I consistente del Rfo Chané y de todos los otros subproyectos.
- La Alternativa - II consistente de todos los subproyectos excepto el Rfo Chané.

Para el área San Juan - Antofagasta, considerando las capacidades de flujo de aproximadamente 2 años de recurrencia de los drenajes principales existentes, se formularon dos planes alternativos según sigue:

- La Alternativa - I consistente de los subproyectos de San Juan y Antofagasta. Las capacidades de flujo de los drenajes principales existentes del área de San Juan se planea sean maximizados por rehabilitación. El derrame de tormenta excedente del área de San Juan es drenado a través del Arroyo Yapacanicito que se planea sea mejorado con una escala de diseño de un período de recurrencia de la inundación de 10 años.
- La Alternativa - II también consiste de los subproyectos de San Juan y Antofagasta. Se planea que los drenajes principales existentes del área de San Juan sean mejorados con una escala de diseño de recurrencia de tormenta de 5 años y se planifica sean separados del Arroyo Yapacanicito. El Arroyo Yapacanicito también se planea que sea mejorado con una escala de diseño de un período de recurrencia de inundación de 10 años.

(2) Medidas no Estructurales

Se planea aplicar las medidas no estructurales a toda el área de peligro de inundación. Debido a que las medidas estructurales generalmente toman un largo tiempo antes de ser completadas, los problemas de inundaciones y drenaje deberán de ser mitigados por medidas no estructurales tanto como sea posible.

a Medidas No Estructurales para Mitigación de Inundaciones

- 1 Sistema de advertencia de inundación y de evacuación, para reducir víctimas y daños por inundaciones,

- 2 Medidas para protección contra inundaciones y manejo de la zona de inundación para reducir daños causados por un uso inapropiado de tierras en el área amenazada por inundaciones,
- 3 Control del uso de tierras para para cuencas de retención y otros para utilización y mantenimiento de los efectos de retardo o regulación de áreas naturalmente pantanosas,
- 4 Conservación de los bosques de protección a lo largo de los canales del río para preservar los recursos ambientales naturales,
- 5 Manejo de uso de tierras para las tierras agrícolas y áreas forestales para reducir los daños de inundaciones por medio de un apropiado manejo de tierras agrícolas y áreas forestales.

**b. Medidas No Estructurales para Mejoramiento del Drenaje**

- 1 Introducción de cultivos o variedades apropiados resistentes al agua para reducir daños causados por problemas de drenaje,
- 2 Introducción de manejo apropiado de tierras agrícolas para reducir daños causados por problemas de drenaje por medio de un manejo apropiado de tierras agrícolas.

### **8.3 Estimación del Costo**

**(1) Costo de Construcción**

Los precios unitarios y el costo fueron estimados en base a los precios vigentes del mercado en octubre de 1995.

Los costos de construcción incluyen el costo directo e indirecto de construcción. El costo indirecto de construcción será el treinta por ciento (30%) del costo directo e incluirá 5% de imprevistos, 10% de generales y 15% de beneficios.

(2) Costos del Proyecto

Los costos del proyecto están compuestos costos directos, costos indirectos y contingencia. Los costos indirectos de administración e ingeniería son estimados en un 5 % y un 10 % del costo de construcción directo respectivamente. La contingencia física se estima en un 15 % del costo de construcción directo.

Los costos del proyecto en precios de 1995 fueron estimados y se resumen según sigue:

1) Costos del Proyecto de la Alternativa I

(Unidad: Millones de Bs.)

Proyecto/Subproyecto	Costo Local	Costo de Divisas	Total
1. CHANE-PAILON	449.234	453.041	902.275
(1) Rfo Chané	82.582	93.166	175.748
(2) Rfo Pailón	144.415	145.967	290.382
(3) Chané Chacras	110.375	107.675	218.050
(4) Quebrada Chané	66.771	59.508	126.279
(5) Drenaje Okinawa	45.091	46.725	91.816
2. SAN JUAN-ANTOFAGASTA	92.613	94.727	187.340
(6) San Juan	42.042	44.796	86.838
(7) Antofagasta	50.571	49.931	100.502
	541.847	547.768	1.089.615

Nota: 1.0 US\$ = 4,86 Bs. = 100,0 Yenes

## 2) Costos del Proyecto de la Alternativa II

(Unidad: Millones de Bs.)

Proyecto/Subproyecto	Costo Local	Costo de Divisas	Total
<b>1. CHANE-PAILON</b>	<b>366.652</b>	<b>359.875</b>	<b>726.527</b>
(1) Rfo Chané	-	-	-
(2) Rfo Pailón	144.415	145.967	290.382
(3) Chané Chacras	110.375	107.675	218.050
(4) Quebrada Chané	66.771	59.508	126.279
(5) Drenaje Okinawa	45.091	46.725	91.816
<b>2. SAN JUAN-ANTOFAGASTA</b>	<b>98.204</b>	<b>100.663</b>	<b>198.867</b>
(6) San Juan	47.633	50.732	98.365
(7) Antofagasta	50.571	49.931	100.502
	<b>464.856</b>	<b>460.538</b>	<b>925.394</b>

Nota: 1.0 US\$ = 4,86 Bs. = 100,0 Yenes

### 8.4 Programa de Construcción

Los principales trabajos de construcción propuestos se planean concluir dentro de diez (10) años a partir del año 2001 al año meta 2010. El programa de construcción de las principales medidas estructurales se muestra en las *Tablas 2 a 5*.

### 8.5 Impacto Ambiental

Los impactos ambientales previstos como resultado del proyecto son directos e indirectos, de corto y largo plazo.

El mejoramiento de los cauces de los ríos aumentará sus capacidades de flujo y puede impactar no solo a la flora y a la fauna a lo largo de estos, sino también a nivel de las aguas subterráneas en las áreas de mitigación de inundaciones. Sin embargo, los impactos adversos al ambiente no serán significativos.

A partir del Examen Inicial del Medio Ambiente (EIMA), será necesaria una Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) para la siguiente etapa del estudio.

## 8.6 Evaluación del Proyecto

El beneficio económico de un proyecto de control de inundaciones puede ser presentado por el efecto de reducción esperado de los daños por inundaciones al implementar el proyecto de mitigación de inundaciones, lo que es la diferencia entre las situaciones con y sin el proyecto. Los daños por inundaciones son clasificados en las siguientes categorías:

- Daños directos a edificios y enseres domésticos.
- Daños directos a las siembras agrícolas y al ganado.
- Daños a instalaciones públicas incluidas las instalaciones de transporte y las agrícolas.
- Pérdidas de ingresos y ganancias en actividades comerciales.

Las medidas estructurales en el Plan Maestro fueron evaluadas en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales. La eficiencia técnica es evaluada por la reducción en el área de inundación, profundidad y duración. El efecto económico es evaluado principalmente por TIRE del cual los valores mayores del 10 % son considerados factibles debido al costo de oportunidad del capital, estimado entre el 10 % y el 12 %. Los términos sociales y ambientales son evaluados por la reducción del área de peligro de inundación.

### 1) Área de Chané-Pailón

Las medidas estructurales para este área son factibles en su totalidad en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales.

Las condiciones de inundación en los subproyectos, p. ej., Rfo Pailón, Quebrada Chané, Chané-Chacras y Drenaje de Okinawa, serán sustancialmente mejoradas por ambas Alternativas, I y II. Sin embargo, la cantidad creciente del nivel de agua de inundación del Rfo Chané de la Alternativa II pasará de 0.5 m a 0.9 m para un período de 10 años de inundaciones.

Los valores de TIRE son de 11.04% para la Alternativa I y 14.00% para la Alternativa II (sin el mejoramiento del Rfo Chané). Los valores de TIRE de todos los subproyectos, exceptuando el Rfo Chané, muestran valores más altos que 12.21%.

Los impactos sociales serán importantes en ambas Alternativas, I y II debido a que el área protegida abarca 470 km<sup>2</sup>; sin embargo, los efectos ambientales adversos de los proyectos no serán significativos, exceptuando el Rfo Chané en la Alternativa II.

Para los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, se recomienda la Alternativa I a fin de evitar cualquier efecto adverso en términos sociales y ambientales, ya que la condición de inundación estimada llegaría a ser peor que la condición existente. El orden de prioridad de los subproyectos es:

#### 1ra Prioridad

- Rfo Chané
- Rfo Pailón
- Drenaje de Okinawa

#### 2da Prioridad

- Chané-Chacras

#### 3ra Prioridad

- Quebrada Chané

#### 2) Area de San Juan - Antofagasta

Las medidas estructurales para el área son factibles en su totalidad en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales. Las condiciones contra las inundaciones serán bastante mejoradas por ambas Alternativas I y II.

Las medidas estructurales para el área son factibles en su totalidad con valores de TIRE de 13.41% para la Alternativa I (con la rehabilitación del drenaje principal) y

12.51% para la Alternativa II (con el mejoramiento del drenaje principal), a pesar de que las medidas estructurales para San Juan fueron evaluadas con un valor marginal TIRE de 9.97%.

Los impactos sociales serán significativos en ambas Alternativas I y II debido a que el área protegida abarca 210 km<sup>2</sup>. Se considera esta alternativa como viable desde el aspecto socioeconómico, ya que el zona se caracteriza por ser una de las áreas agrícolas más desarrolladas y con una producción avícola muy importante. Los efectos ambientales adversos de los proyectos no serán importantes.

En lo que respecta a los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, se recomienda la Alternativa I. El orden de prioridad de los sub proyectos es:

1ra Prioridad

- Antofagasta

2da Prioridad

- San Juan

## **8.7 Implementación de la Organización**

Las organizaciones existentes relacionadas con la mitigación de inundaciones son MDS, SENAMHI, SEARPI, CDF, CORDECruz, MDN y Municipalidades.

La reforma de la estructura administrativa del gobierno local aun está en marcha y el nuevo marco de trabajo del gobierno local no es claro. La organización de implementación requerida para la realización del Plan Maestro debe tener funciones administrativas de planificación, administración y ejecución de las medidas propuestas.

## **8.8 Plan de Implementación**

La implementación de las medidas propuestas se planean dividir en dos etapas como sigue:

**Etapa-1: Período preparatorio desde 1966 al 2000.**

**Los ítems principales son:**

- 1 Organización institucional
- 2 Ejecución del estudio de factibilidad y del diseño final para los proyectos prioritarios,
- 3 Preparación de la ejecución de medidas no estructurales,
- 4 Implementación de medidas para ejecución temprana,
- 5 Mejoramiento de la red de observación hidrometeorológica
- 6 Preparación de los trabajos y estudios complementarios

**Etapa-2: Implementación de las medidas propuestas desde 2001 al 2010**

**Los ítems principales son:**

- 1 Organización institucional para la ejecución del Plan Maestro,
- 2 Implementación de las medidas prioritarias identificadas en el estudio de factibilidad,
- 3 Ejecución de las medidas no estructurales,
- 4 Implementación de los trabajos y estudios complementarios

## **8.9 Operación y Mantenimiento (OM)**

Es indispensable una apropiada operación y mantenimiento (OM) para lograr los beneficios esperados del proyecto, y debe ser realizada por la organización de implementación del plan maestro y las municipalidades relacionadas. Las actividades regulares de OM requeridas son las siguientes:

- Inspección de la red de observación hidrológica del sistema de aviso de inundación,
- Administración y control del uso de la tierra de acuerdo con las regulaciones, incluida la prohibición de cualesquiera actividades dañinas desde el punto de vista de mitigación de inundaciones,

- Trabajos de mantenimiento periódicos e inspección del río y de las cuencas de drenaje, incluidas las instalaciones relacionadas tales como puentes y obras de desagüe.

## **9 Proyectos Prioritarios para el Estudio de Factibilidad**

Los proyectos prioritarios son seleccionados como resultado de una evaluación integral de aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales, y el efecto de alivio de los daños por inundaciones.

De acuerdo con la evaluación del proyecto las medidas urgentes de la Alternativa - I para el área Chané - Pailón y de la Alternativa - I para el área San Juan - Antofagasta son propuestas para el Estudio de Factibilidad según sigue:

### **-1. Alternativa I Área de Chané-Pailón**

- Río Chané
- Río Pailón,
- Drenaje Okinawa

### **-2. Alternativa I Área de San Juan - Antofagasta**

- Antofagasta

Se presenta un borrador de los términos de referencia para el Estudio de Factibilidad en el Apéndice C.

## **10 Conclusión y Recomendación**

- (1) Se concluye que los planes propuestos de mitigación de inundaciones y mejoramientos del drenaje son factibles en términos técnicos, económicos, sociales y

ambientales. El área del estudio necesita la acción inmediata para la implementación de los planes propuestos.

Los planes propuestos permitirán mitigar las inundaciones y los problemas de drenaje en el área del estudio y estabilizar el sector agrícola. La estabilización permitirá que el área del estudio alcance una tasa de crecimiento del 5 % anual que es la meta del plan de desarrollo económico nacional al incrementar una alta eficiencia rendimiento, disminución de los daños posteriores a la cosecha y la introducción de siembras de alta productividad. También se espera un alto impacto social positivo tal como la generación de oportunidades de empleo.

Con el objeto de lograr los beneficios esperados del proyecto, se requiere una acción inmediata para las siguientes actividades:

- (2) Es necesario para el área del estudio que se tome acción inmediata para la ejecución del Estudio de Factibilidad de las medidas urgentes.
- (3) Deben comenzarse inmediatamente los trabajos preparatorios para la regulación o el diseño preliminar de las medidas no estructurales con el objeto de facilitar las medidas no estructurales de mitigación de inundaciones.
- (4) Debe establecerse una organización de implementación para la ejecución sin problemas del Plan Maestro, con el objeto de realizar las medidas estructurales y no estructurales sin contratiempos, y también para controlar y administrar efectivamente el uso de la tierra. Las siguientes ideas deben ser tomadas en consideración para establecer la organización:

- 1 La organización debe ser una organización fuerte de coordinación e implementación a nivel Prefecto.

- 2 Algunas de las contrapartes del Estudio del Plan Maestro deben ser asignadas a la organización por su conocimiento básico del Plan Maestro.

- 3 También algunos miembros deben ser seleccionados de CORDECruz, SEARPI y SENAMHI.

- 4 La organización es responsable por el establecimiento de la nueva organización para la ejecución de las medidas propuestas y OM después de la implementación de las medidas urgentes de mitigación de inundaciones y mejoramiento del drenaje.

(5) El mejoramiento de la red existente de observación hidrometeorológica debe ser realizado inmediatamente en conexión con los sistemas de advertencia de inundaciones y los estudios de desarrollo complementarios.

(6) Los estudios de desarrollo complementarios y los trabajos de mejoramiento de los caminos secundarios en el Río Grande, Río Pirai y Río Yapacani mencionados en el Plan Maestro deben ser realizados para apovar el desarrollo regional.

## TABLAS

TABLA 1 RESUMEN DEL PLAN DE USO DE LA TIERRA

Zone	Name	Main production	Natural conditions	Type of inundation	Problem of agriculture	Countermeasure for inundation	Alleviation effect for inundation**	Countermeasure for agriculture	Target of agriculture development
1	Low precipitation area (Cotoca)	cattle, cotton, sugar cane, Soybean	soil consisting of sand and silt, Low precipitation (1,300mm)	Uncommon (D)	- Disparity of farm income by size. - Drought	-	-	Introduction of high productive crop for small scale farmer	High productive area
2	Intensive epland crop area (Okinawa)	soybean, rice, maize, wheat, cattle	Fertile alluvial soil. Low precipitation (1,300mm)	Flood and drainage (B,C)	- Degradation of soil fertility	- Protection of overflow - Drainage improvement	A, B	Introduction of appropriate crop rotation and diversification	Diversified crop production area
3	Sugar cane production area (Montero)	sugar cane, cattle	Fertile alluvial soil. Medium precipitation (1,300-1,800mm)	Flood and drainage (B,C)	- Decreasing productivity by continuous cropping	- River improvement - Drainage improvement	A, B	Introduction of appropriate crop rotation, diversification	Diversified crop production area
4	Local colony - 1 (Minato)	Sugar cane, rice	Fertile alluvial soil. Medium precipitation (1,300-1,800mm)	Flood (A)	- Severe flood damage	- River improvement	C	Introduction of water tolerant variety of crop	Stable production area
5	New developed upland crop area (Chane)	soybean, sugar cane, rice	Fertile alluvial soil. Medium precipitation (1,300-1,800mm)	Flood (A)	- Severe flood damage	- Protection of overflow	C, D	Introduction of water tolerant variety of crop	Stable and high productivity area
6	Intensive diversified agricultural area (San Juan)	rice, egg soybean, cattle, fruits	Poor drainage soil. High precipitation (more than 1,800mm)	Drainage (B)	- Poor drainage of soil	- Drainage improvement	A	Expansion of perennial crop	Intensive mixed farming area
7	Local colony-2 (Anto, Fagnata)	soybean, rice, cattle	Poor drainage. High precipitation (more than 1,800mm)	Drainage (B)	- Poor drainage - Damage of rat	- Drainage improvement	B	Introduction of high productive crop	Stable production area
8	Grazing area (Chane)	cattle, soybean	Low fertile soil. Medium precipitation (1,300-1,800mm)	Uncommon (D)	- Low fertility	-	-	Introduction of high productive pasture	Intensive cattle raising area
9	Forest area (San)	timber, cattle	Low fertile soil. High precipitation (more than 1,800mm)	Partially flood (B, C, D)	- Decreasing of useful timber	- Local drainage improvement	D	Reforestation of useful tree	High productive forest area

\* :Severity of inundation=A>B>C>D

\*\* :Alleviation effects for inundation=A>B>C>D



**TABLA 3 PROGRAMA DE CONSTRUCCION DE SAN JUAN-  
ANTOFAGASTA**

Sub-Project	Const. Volume	Year													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
<b>1. SAN JUAN BASIN</b>															
Arroyo Yapacanicito	14.1km														
Main Drainage	41.3km														
Secondary Drainage	115.0km <sup>2</sup>														
<b>2. ANTOFAGASTA BASIN</b>															
Arroyo Tacuaral	7.7km														
Arroyo Jochi	12.6km														
Road -	9.0km														
Main Drainage	10.0km														
Secondary Drainage	121.0km														

TABLA 4 PROGRAMA DE CONSTRUCCION DE CHANE-PAILON

Sub-Project	Const. Volume	Year																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
2. RIO PAILON BASIN																				
Rio Pailon	32.0km																			
Main Drainage	6.5km																			
Secondary Drainage	50.0km <sup>2</sup>																			
3. CHANE CHACRAS BASIN																				
Queb. Las Chacras	36.5 km																			
Main Drainage	21.5 km																			
Secondary Drainage	284.0km <sup>2</sup>																			
4. QUEBRADA CHANE BASIN																				
Queb. Chane	18.0km																			
Queb. El Toro	16.0km																			
Main Drainage	8.0km																			
5. OKINAWA DRAINAGE BASIN																				
Main Drainage	21.0km																			
Secondary Drainage	147.0km <sup>2</sup>																			

**TABLA 5 PROGRAMA DE CONSTRUCCION DE SAN JUAN-  
ANTOFAGASTA**

Sub-Project	Const. Volume	Year													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
<b>1. SAN JUAN BASIN</b>															
Arroyo Yapacanicito	14.1km														
Main Drainage	41.3km														
Secondary Drainage	115.0km <sup>2</sup>														
<b>2. ANTOFAGASTA BASIN</b>															
Arroyo Tacuaral	7.7km														
Arroyo Jochi	12.6km														
Road	9.0km														
Main Drainage	10.0km														
Secondary Drainage	121.0km														

TABLA 6 RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL PROYECTO PARA MITIGACION DE INUNDACIONES Y MEJORAMIENTOS - ALTERNATIVA I

Project/Sub-project	Measures	Assessment					Project Viability	
		Technical Evaluation	Economic Evaluation Feasibility	EIRR (%)	Social Impact Impact	Protected Area (km2)	Environmental Impact	Project Viability
<b>A. EASTERN AREA</b>								
A-1 CHANE - PAILON	Structural with non-structural measures	Highly Effective	A Feasible	11.04/A	High Impact	470.1/A	Negligibly small	B High viability
1) Rio Chane	- ditto -	As the main stream area, indispensable for avoiding any adverse effect. More effective with flood control of the Rio Piray.	A Not feasible	negative/C	Same as present	0.0/B	Same as present	B High viability for avoiding any adverse effect. More effective with flood control of the Rio Piray.
2) Rio Pailon	- ditto -	Indispensable as the main stream area	A Highly feasible	14.33/A	High impact	117.8/A	Negligibly small	B High viability as the main stream area
3) Quebrada Chane	- ditto -	Effect to only limited area of the tributary area	C Feasible	12.52/A	Medium impact as the extensive landuse area	54.0/B	Negligibly small	B Low viability as the tributary area
4) Chane - Chacras	- ditto -	High necessity as the tributary area	B Highly feasible	15.38/A	High impact as wide effective area	226.4/A	Negligibly small	B Medium viability as the tributary area
5) Okinawa Drainage	- ditto -	High necessity as the major drainage area	A Feasible	12.21/A	High impact as the intensive landuse area	71.9/A	Negligibly small	B High viability as the major drainage area
<b>A-2 SOUTHERN PART</b>								
A-3 RIO GRANDE DOWNSTREAM	Non-structural Measures	Highly effective	-	-	High impact	-	-	High viability
<b>B. WESTERN AREA</b>								
B-1 SAN JUAN - ANTOFACASTA	Structural with non-structural measures	Highly effective	A Feasible	13.41/A	High impact	210.3/A	Negligibly small	B High viability
1) San Juan	- ditto -	Necessary	B Marginal	9.97/B	High impact as the intensive landuse area	81.4/A	Negligibly small	B High viability
2) Antofagasta	- ditto -	Indispensable	A Highly feasible	16.24/A	High impact as the local colony	128.9/A	Negligibly small	B High viability
B-2 PALACIOS - PALOMETILLAS	Non-structural Measures	Effective	-	-	Medium impact	-	-	Medium viability
C. RIO PIRAY	-	Flood control measures necessary	-	-	-	-	-	-

Note: 1) Protected area is the mitigated area by flood control and drainage improvement for the 10-year floods.

**TABLA 7 RESULTADOS DE LA EVALUACION DEL PROYECTO PARA MITIGACION DE INUNDACIONES Y MEJORAMIENTOS - ALTERNATIVA II**

Project/Sub-project	Measures	Assessment				Project Viability			
		Technical Evaluation	Economic Evaluation		Social Impact	Environmental Impact	Project Viability		
			Feasibility	EIRR (%)				Impact	Protected Area (km <sup>2</sup> )
<b>A. EASTERN AREA</b>									
<b>A-1 CHANE - PAILON</b>	Structural with non-structural measures	Highly Effective	A	14.00/A	High Impact	470.1/A	Negligibly small	B	High viability
1) Rio Chane	Non-structural measures	Highly effective	A	14.33/A	High impact	117.8/A	Negligibly small	B	High viability
2) Rio Pailon	Structural with non-structural measures	Indispensable as the main stream area	C	12.52/A	Medium impact as the extensive landuse area	54.0/B	Negligibly small	B	High viability as the main stream area
3) Quebrada Chane	- ditto -	Effect to only limited area of the tributary area	B	15.38/A	High impact as wide effective area	226.4/A	Negligibly small	B	Low viability as the tributary area
4) Chane - Chacrus	- ditto -	Highly necessary as the tributary area	A	12.21/A	High impact as the intensive landuse area	71.9/A	Negligibly small	B	Medium viability as the tributary area
5) Okinawa Drainage	- ditto -	Highly necessary as the major drainage area	A		High impact				High viability as the major drainage area
<b>A-2 SOUTHERN PART</b>	Non-structural Measures	Highly Effective							High viability
<b>A-3 RIO GRANDE DOWNSTREAM</b>	Non-structural Measures	Highly effective							High viability
<b>B. WESTERN AREA</b>									
<b>B-1 SAN JUAN - ANTOFAGASTA</b>	Structural with non-structural measures	Highly effective	A	12.51/A	High impact	206.1/A	Negligibly small	B	High viability
1) San Juan	- ditto -	Necessary	B	8.48/B	High impact as the intensive landuse area	77.2/A	Negligibly small	B	High viability
2) Antofagasta	- ditto -	Indispensable	A	16.24/A	High impact as the local colony	128.9/A	Negligibly small	B	High viability
<b>B-2 PALACIOS - PALOMETILLAS</b>	Non-structural Measures	Effective							Medium viability
<b>C. RIO PIRAY</b>									
		Flood control measures necessary							

Note: 1) Protected area is the mitigated area by flood control and drainage improvement for the 10-year floods.