

**FIGURAS**

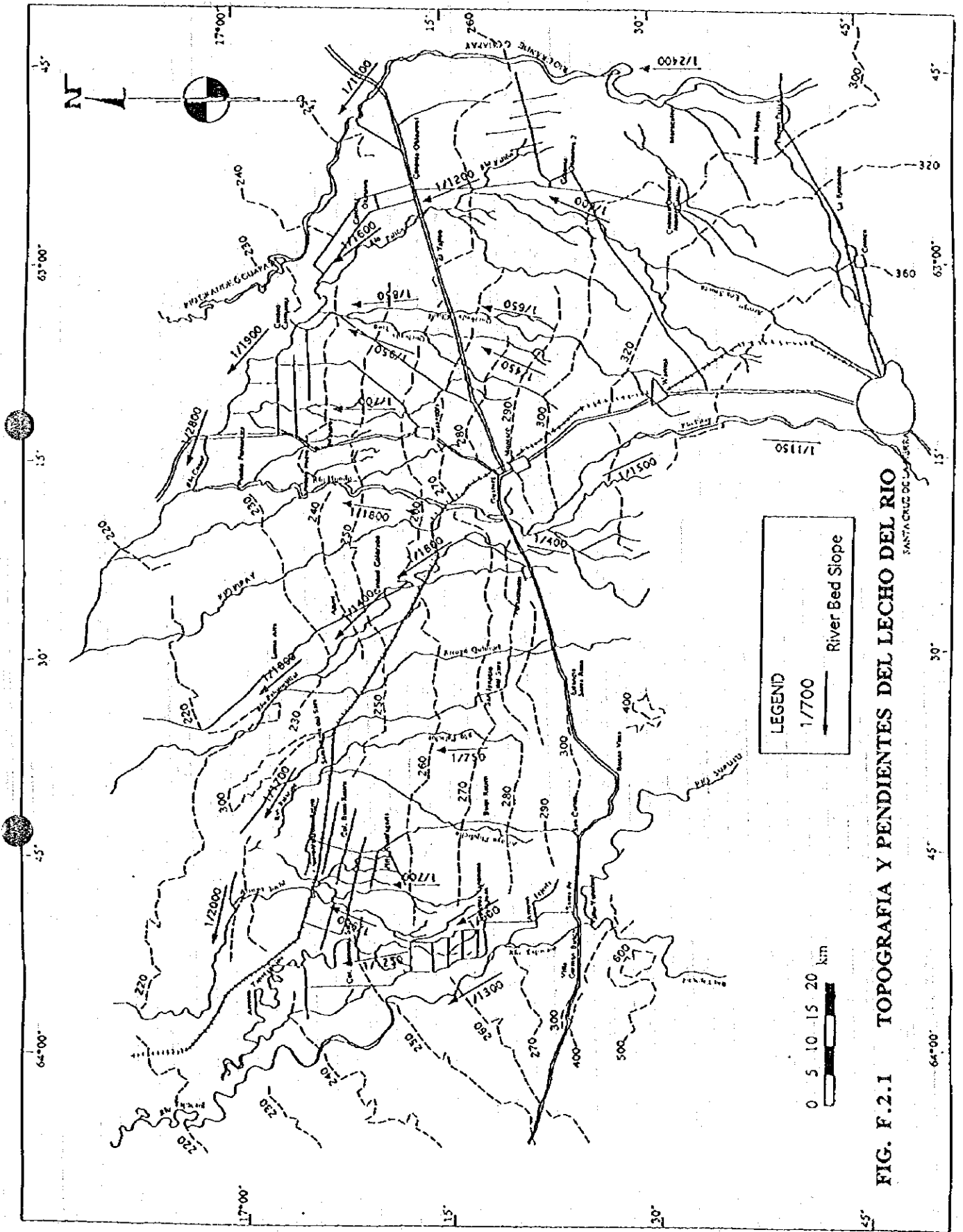
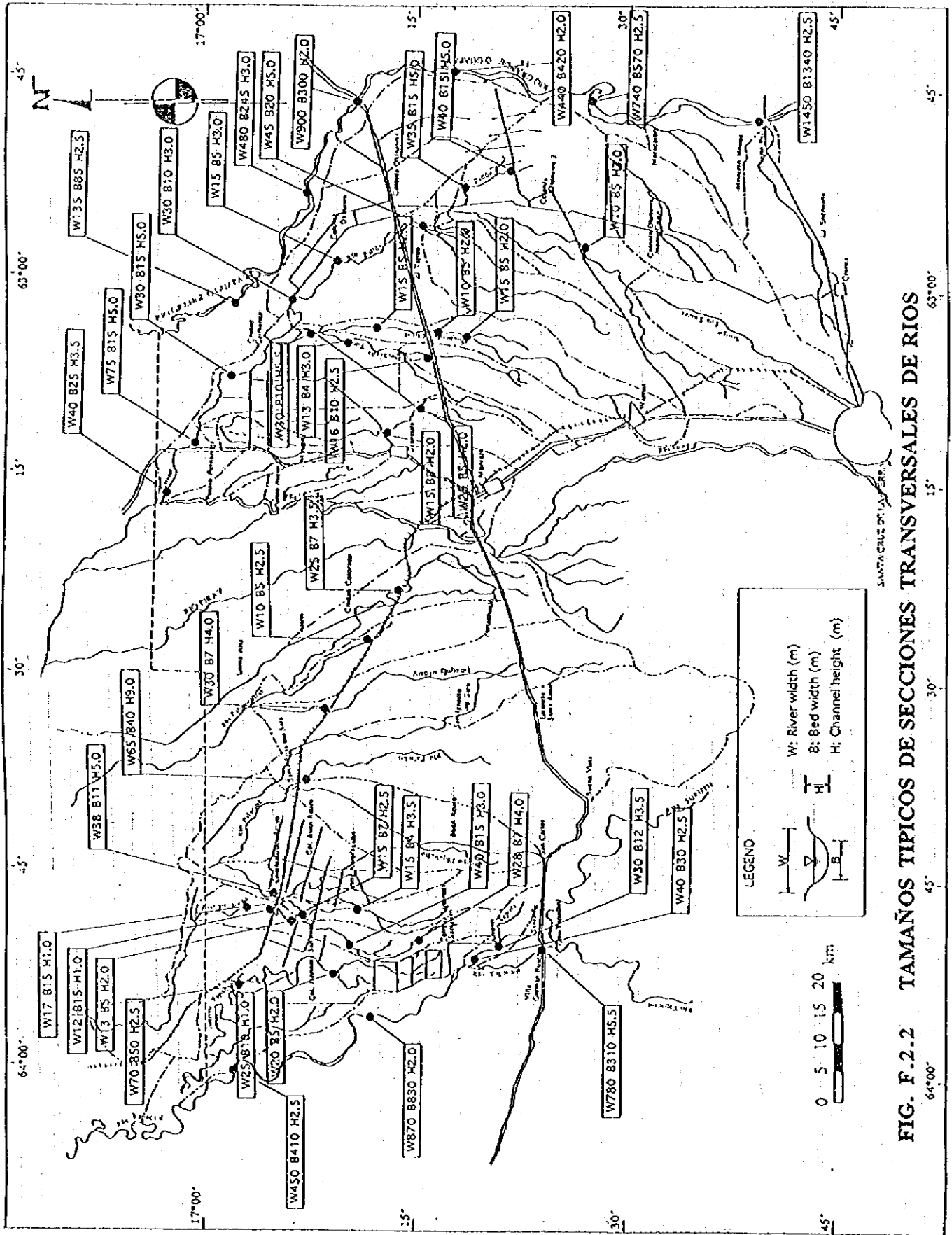
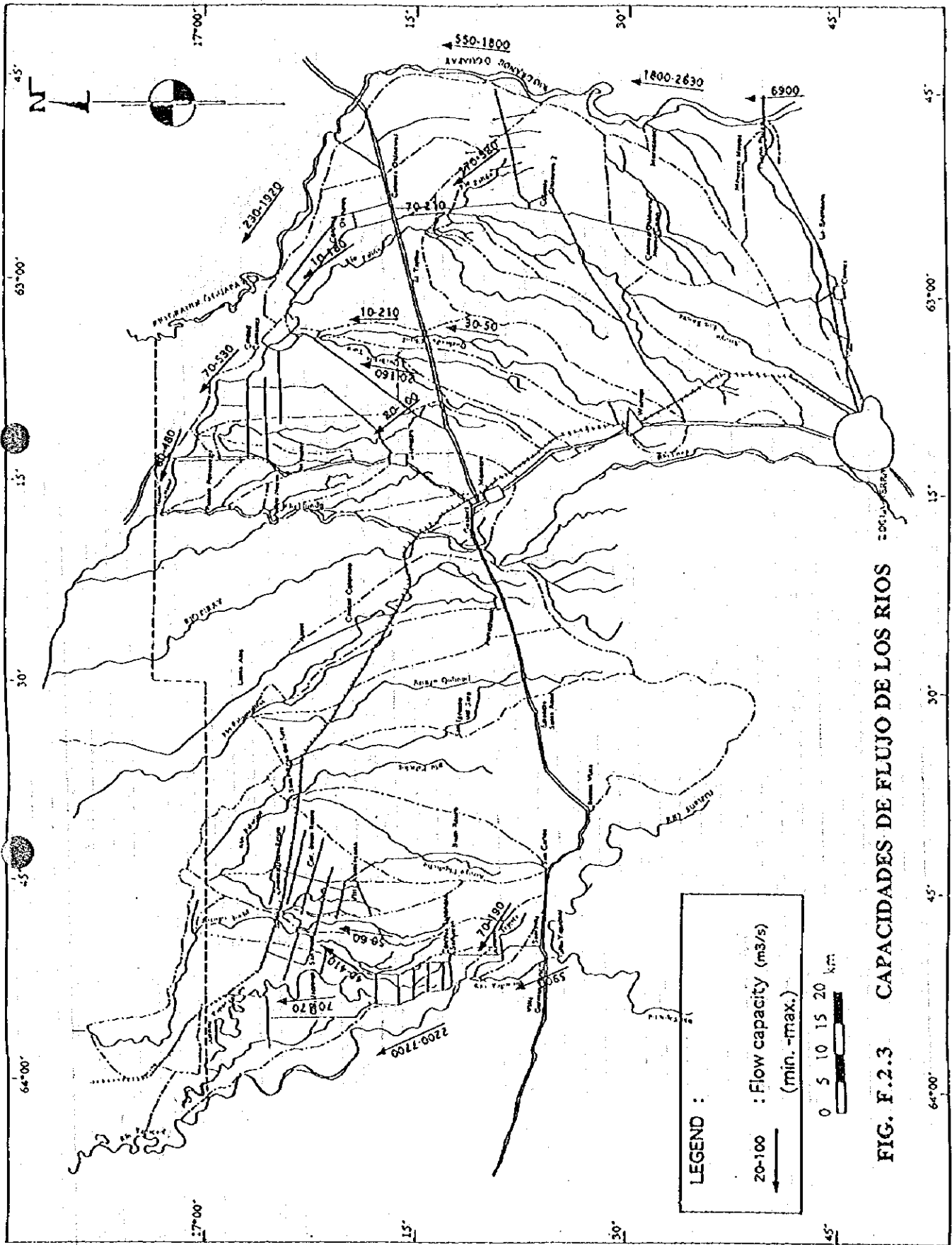
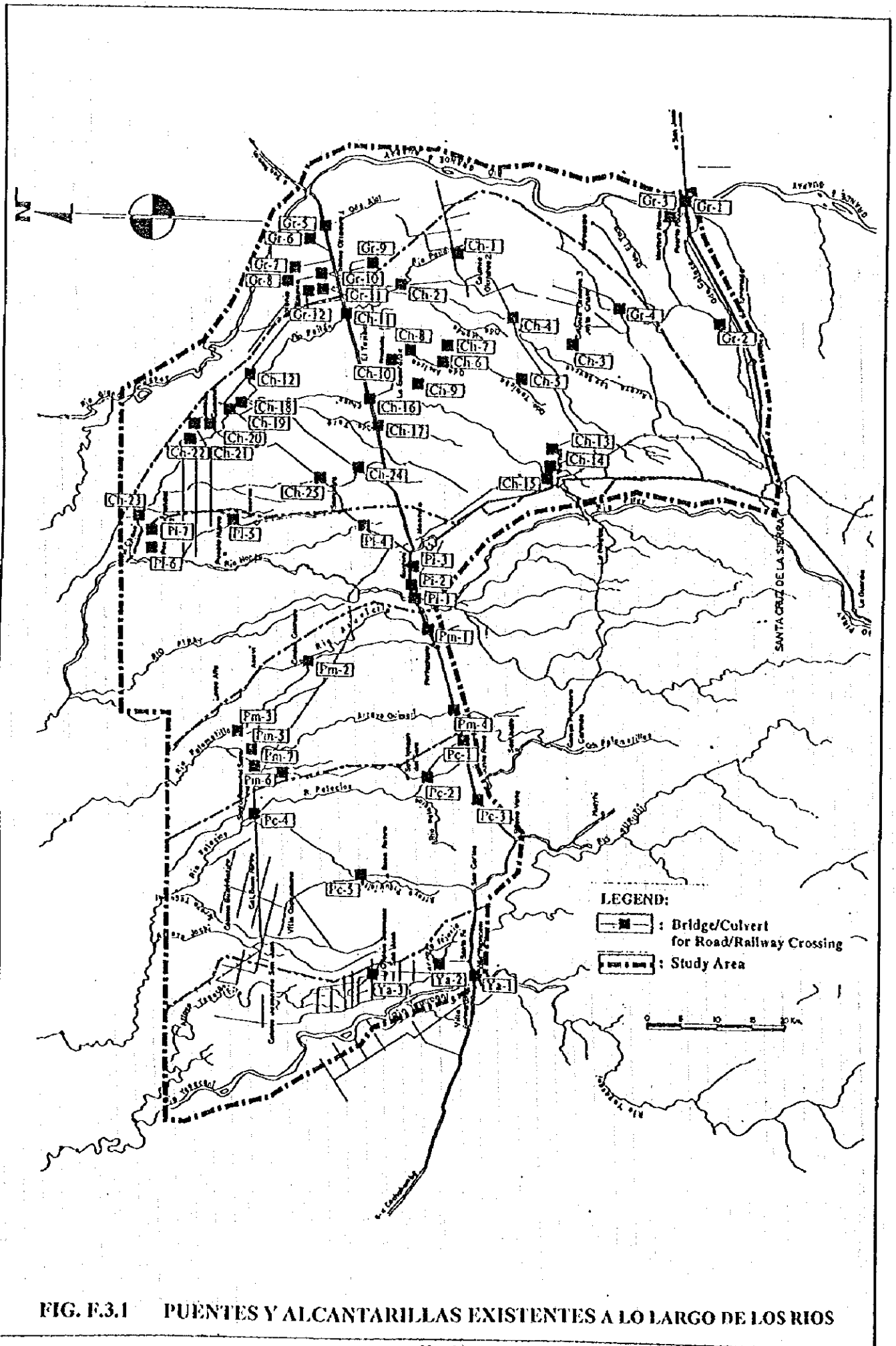


FIG. F.2.1 TOPOGRAFIA Y PENDIENTES DEL LECHO DEL RIO SANTA CRUZ DE LA SIERRA







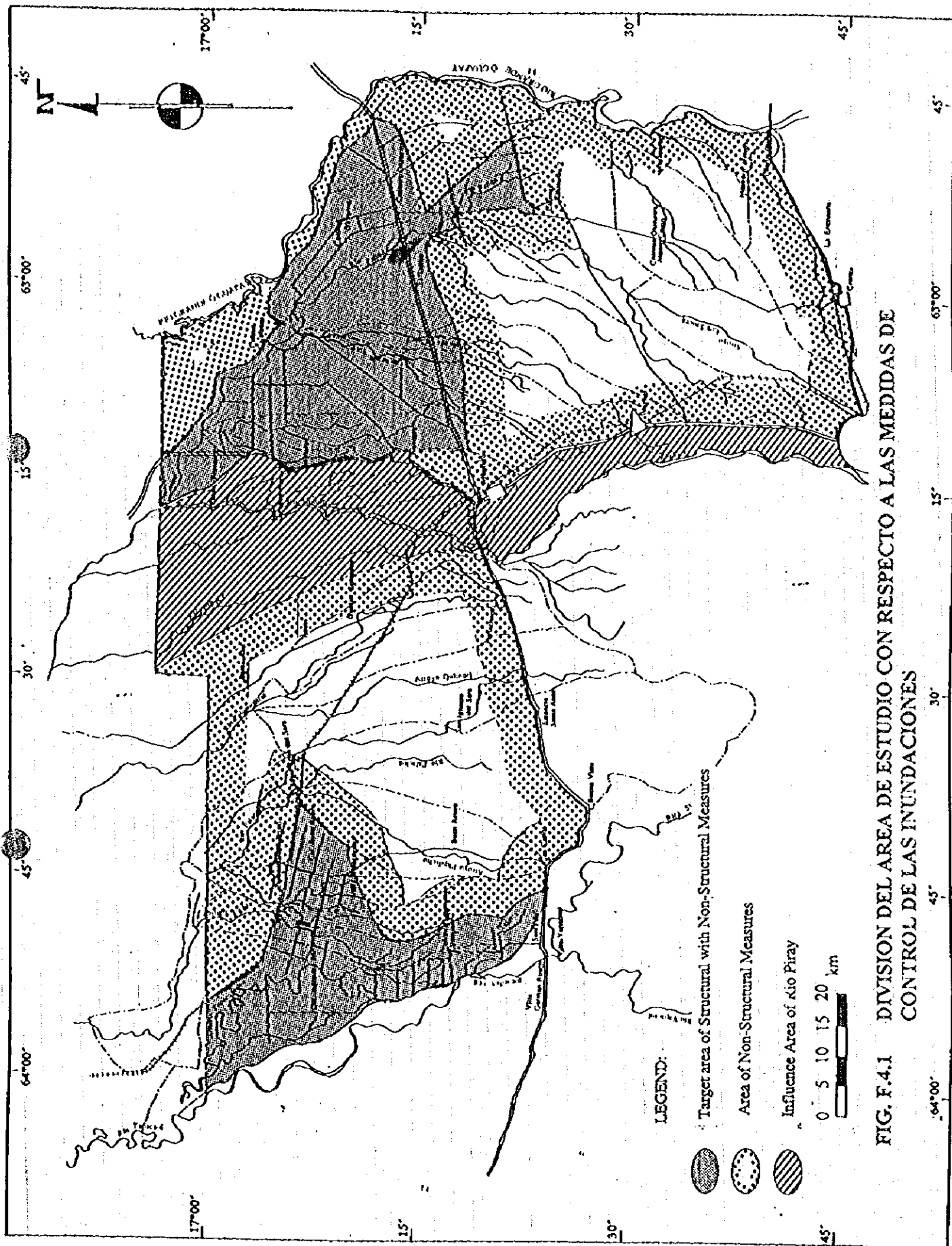
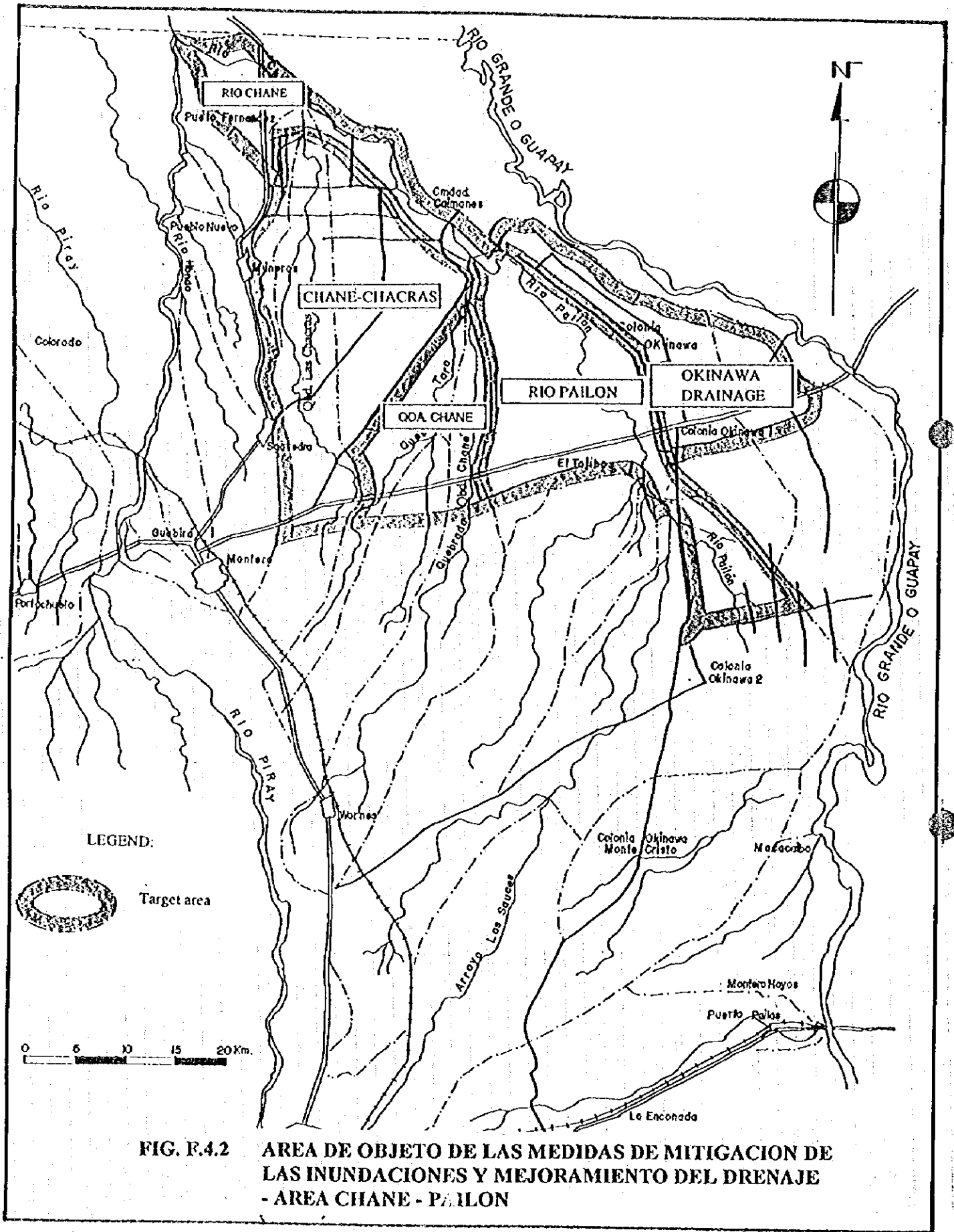
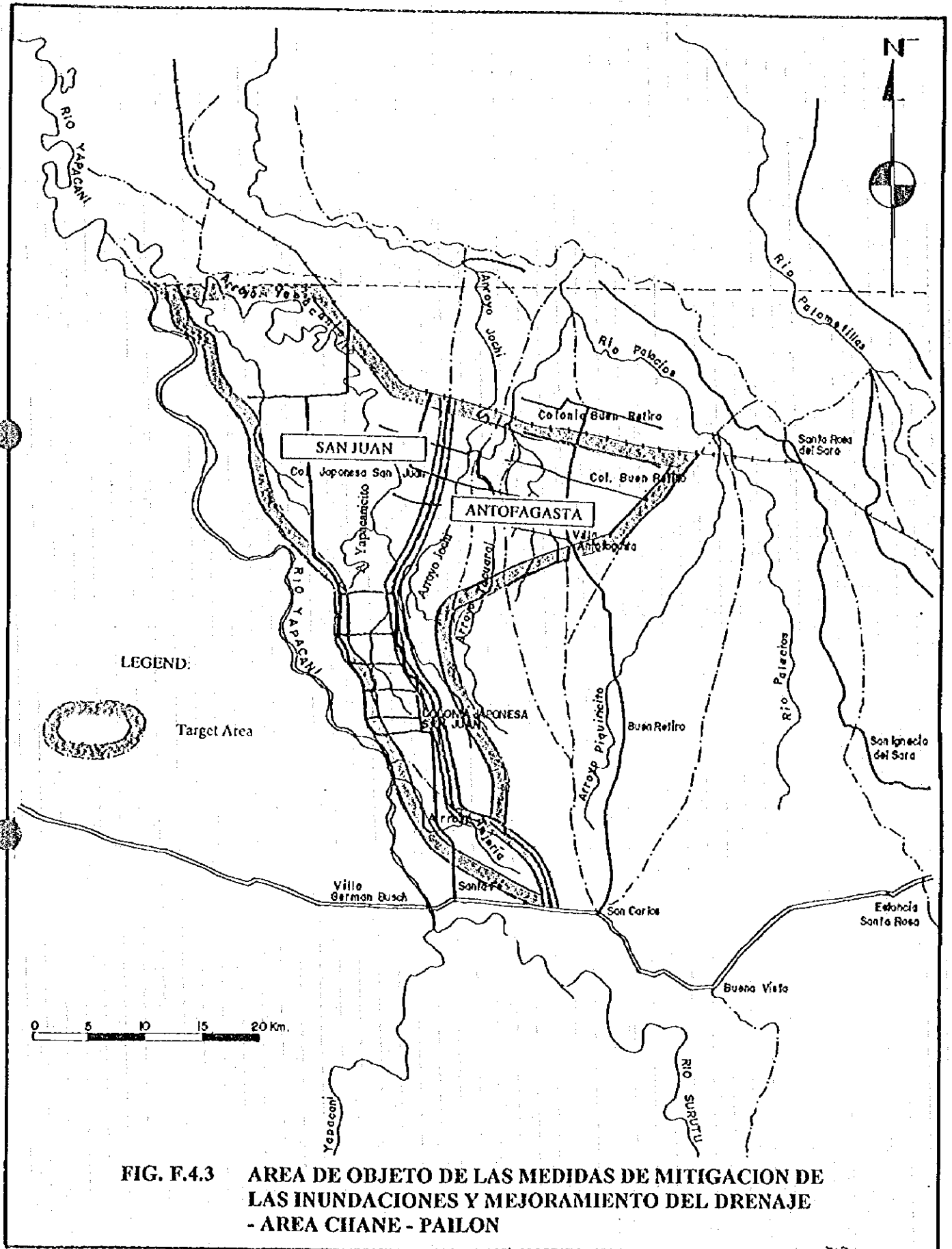


FIG. F.4.1 DIVISION DEL AREA DE ESTUDIO CON RESPECTO A LAS MEDIDAS DE CONTROL DE LAS INUNDACIONES



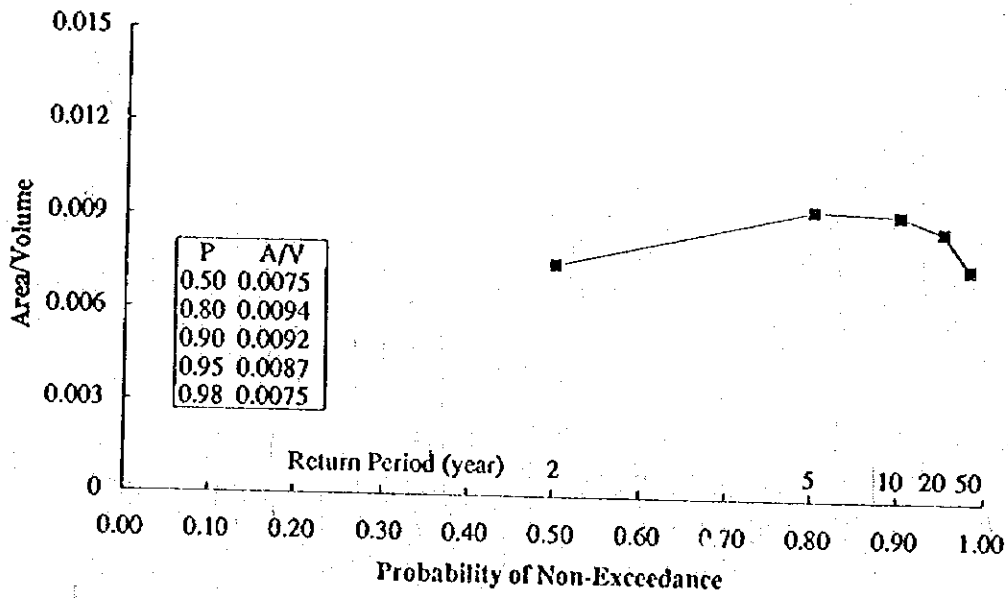
**FIG. F.4.2 AREA DE OBJETO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES Y MEJORAMIENTO DEL DRENAJE - AREA CHANE - PAILON**



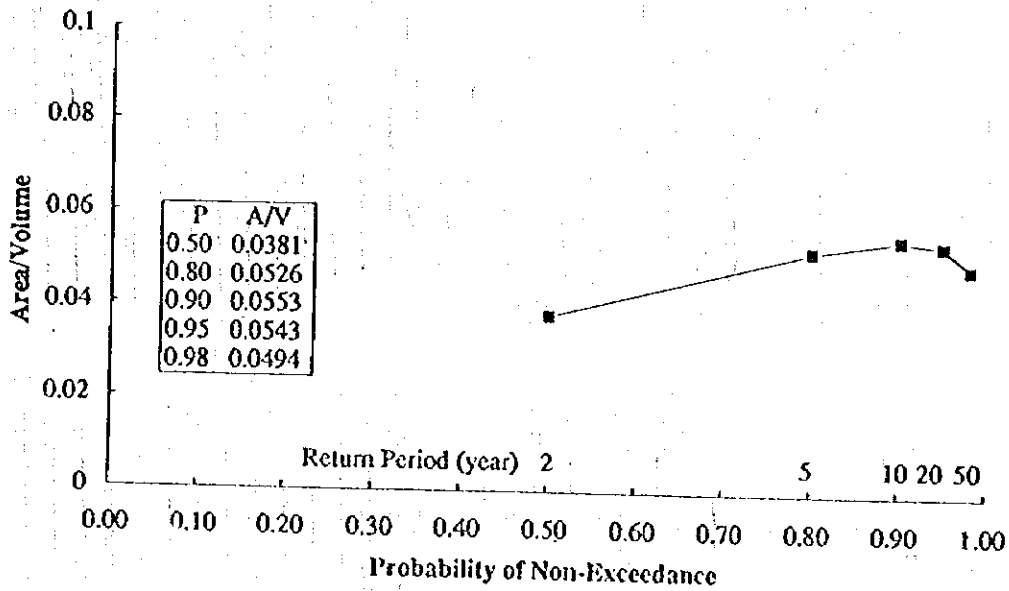
**FIG. F.4.3** AREA DE OBJETO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES Y MEJORAMIENTO DEL DRENAJE - AREA CHANE - PAILON



### Determination of Design Scale for Chane-Pailon

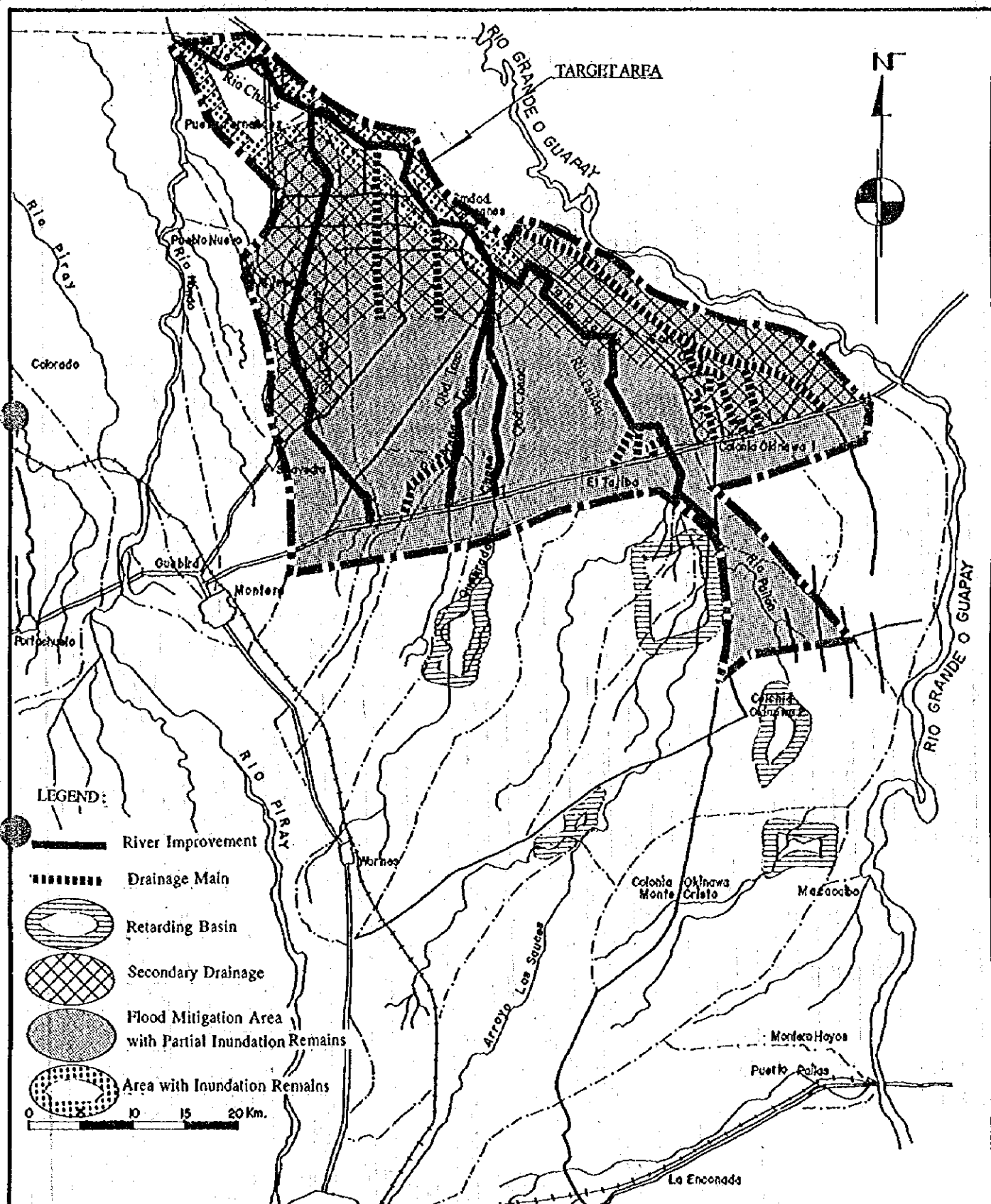


### Determination of Design Scale for San Juan - Antofagasta



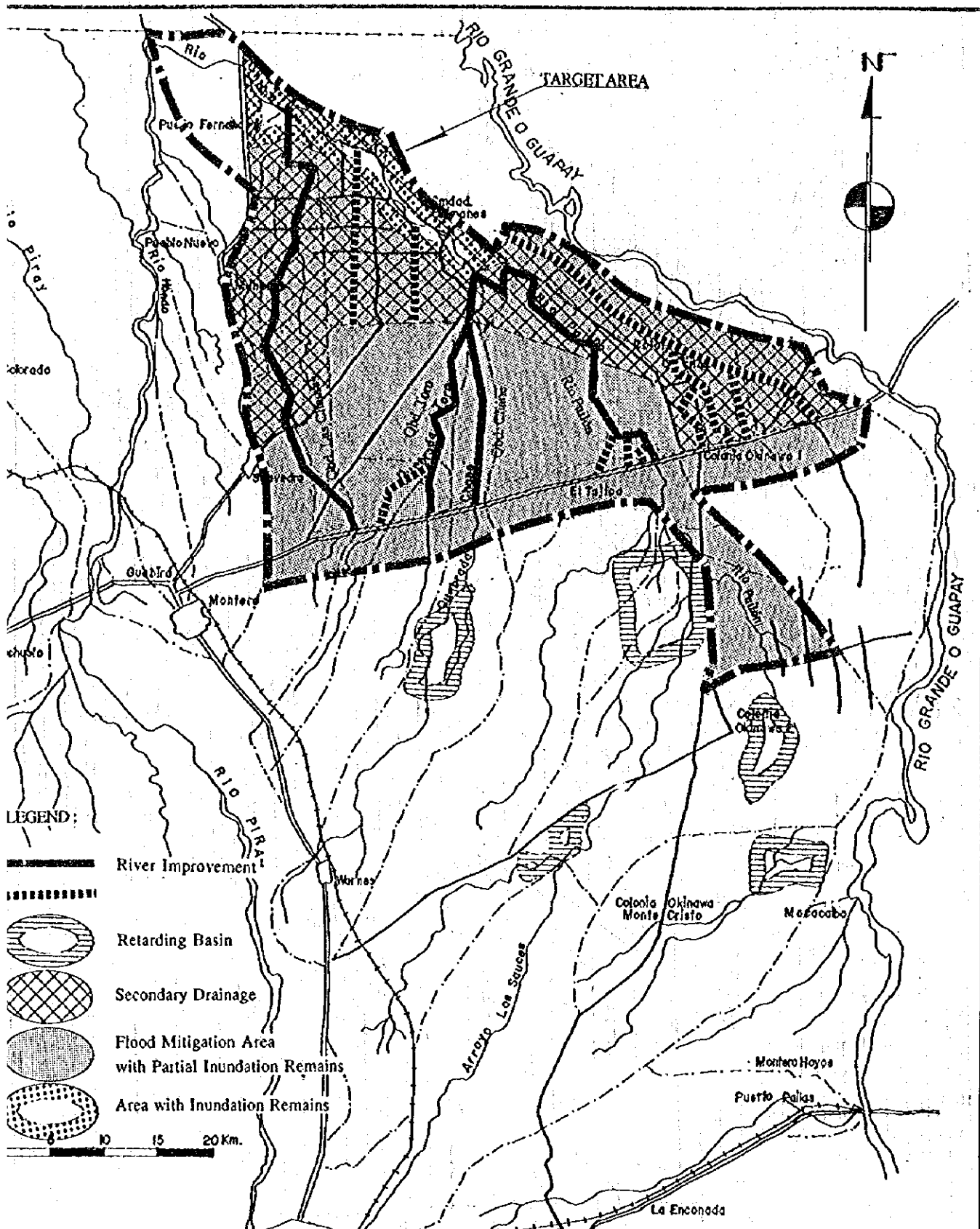
Note: Area - Annual Average Protected Area  
Volume - Excavation Volume

FIG. F.4.4 DETERMINACION DE LA ESCALA DE DISEÑO

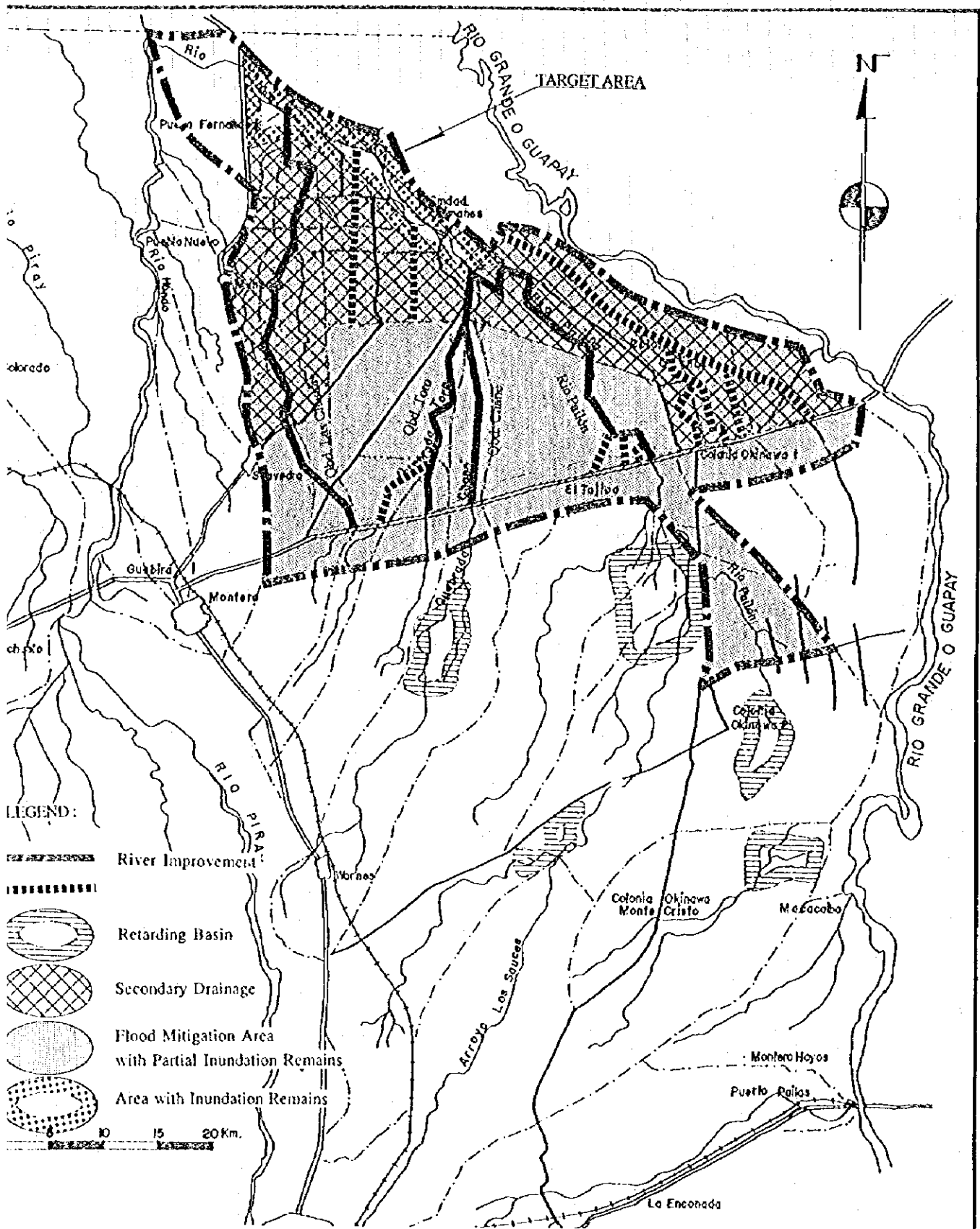


**FIG. F.4.5 CONCEPTO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES Y DE MEJORAMIENTO DEL DRENAJE PARA EL AREA OBJETIVA - AREA CHANE- PAILON : ALTERNATIVA I**

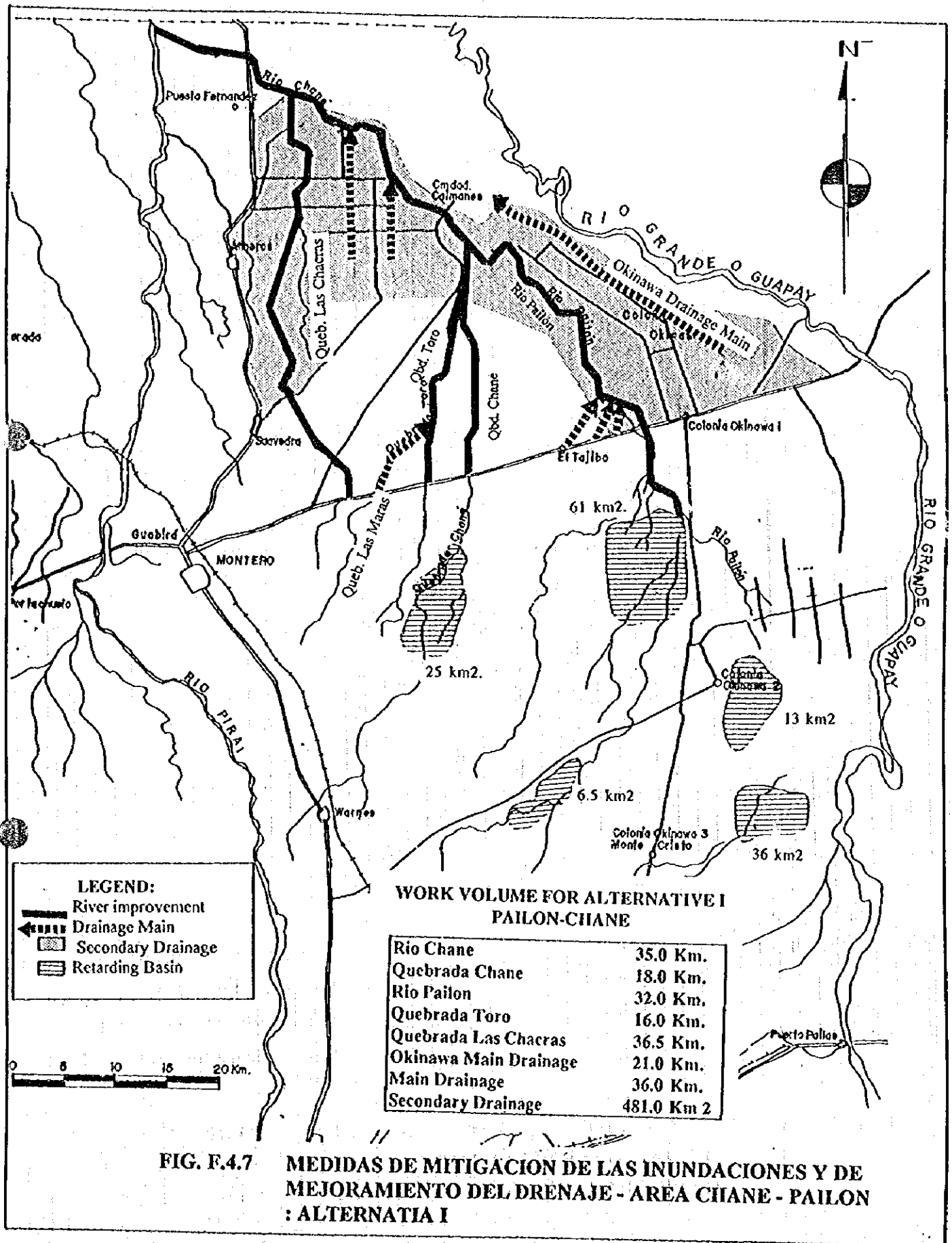


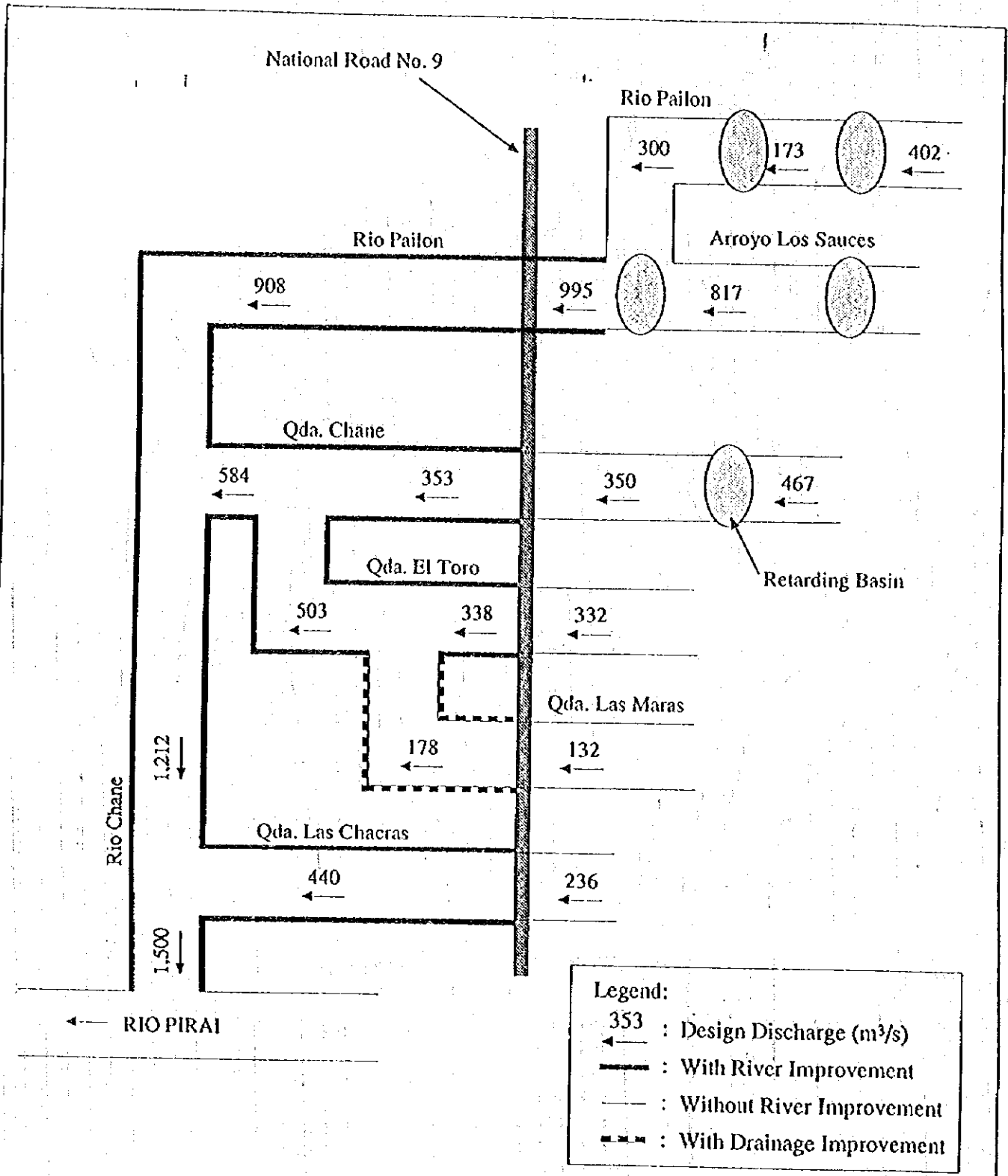


**FIG. F.4.6 CONCEPTO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES Y DE MEJORAMIENTO DEL DRENAJE PARA EL AREA OBJETIVA - AREA CHANE - PAILON : ALTERNATIVA II**



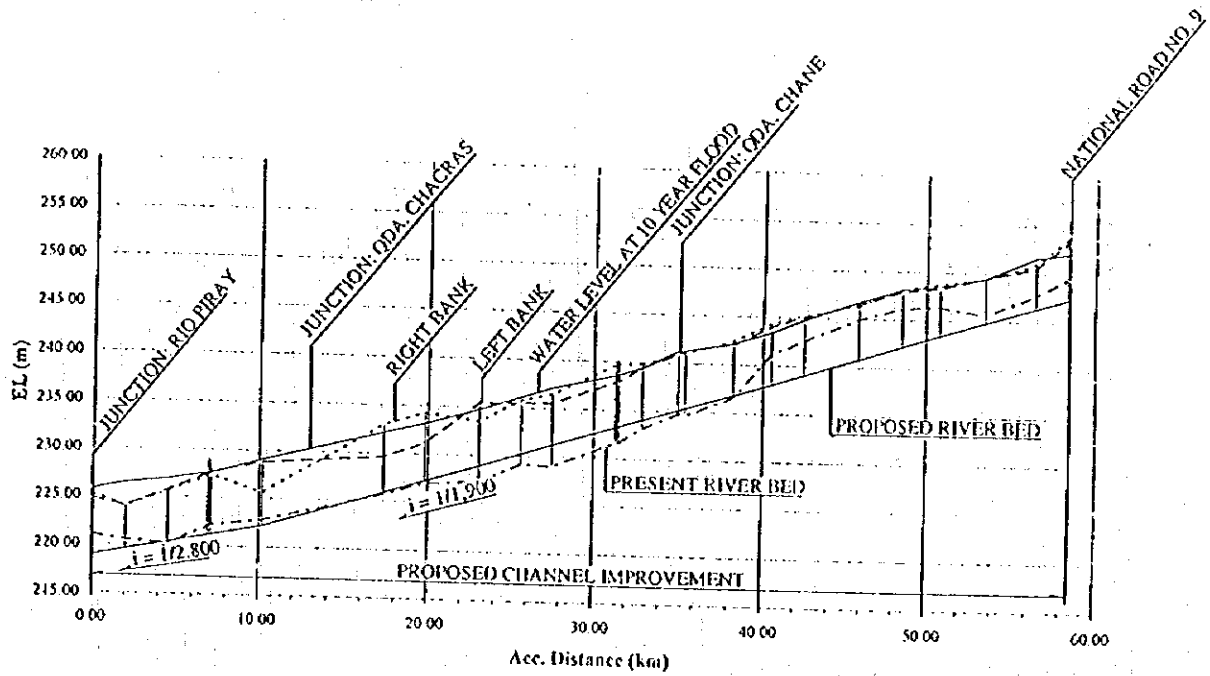
**FIG. E.4.6 CONCEPTO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES Y DE MEJORAMIENTO DEL DRENAJE PARA EL AREA OBJETIVA - AREA CHANE - PAILON : ALTERNATIVA II**



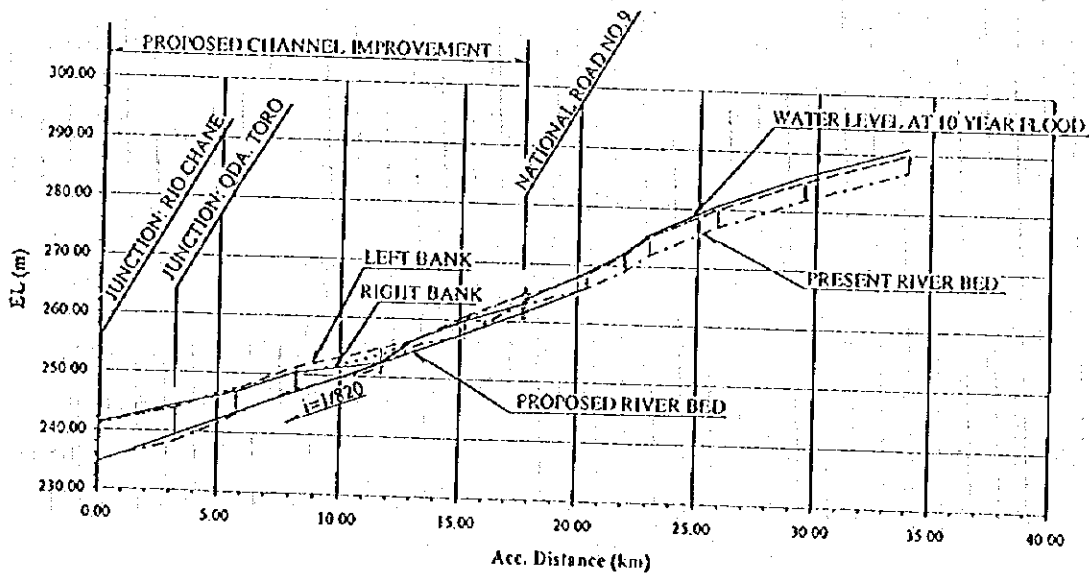


**FIG. F.4.8 DISTRIBUCION DE LA DESCARGA DE DISEÑO DE LAS INUNDACIONES DE 10 AÑOS CHANE - PAILON : ALTERNATIVA I**

# RIO CHANE - RIO PAILON

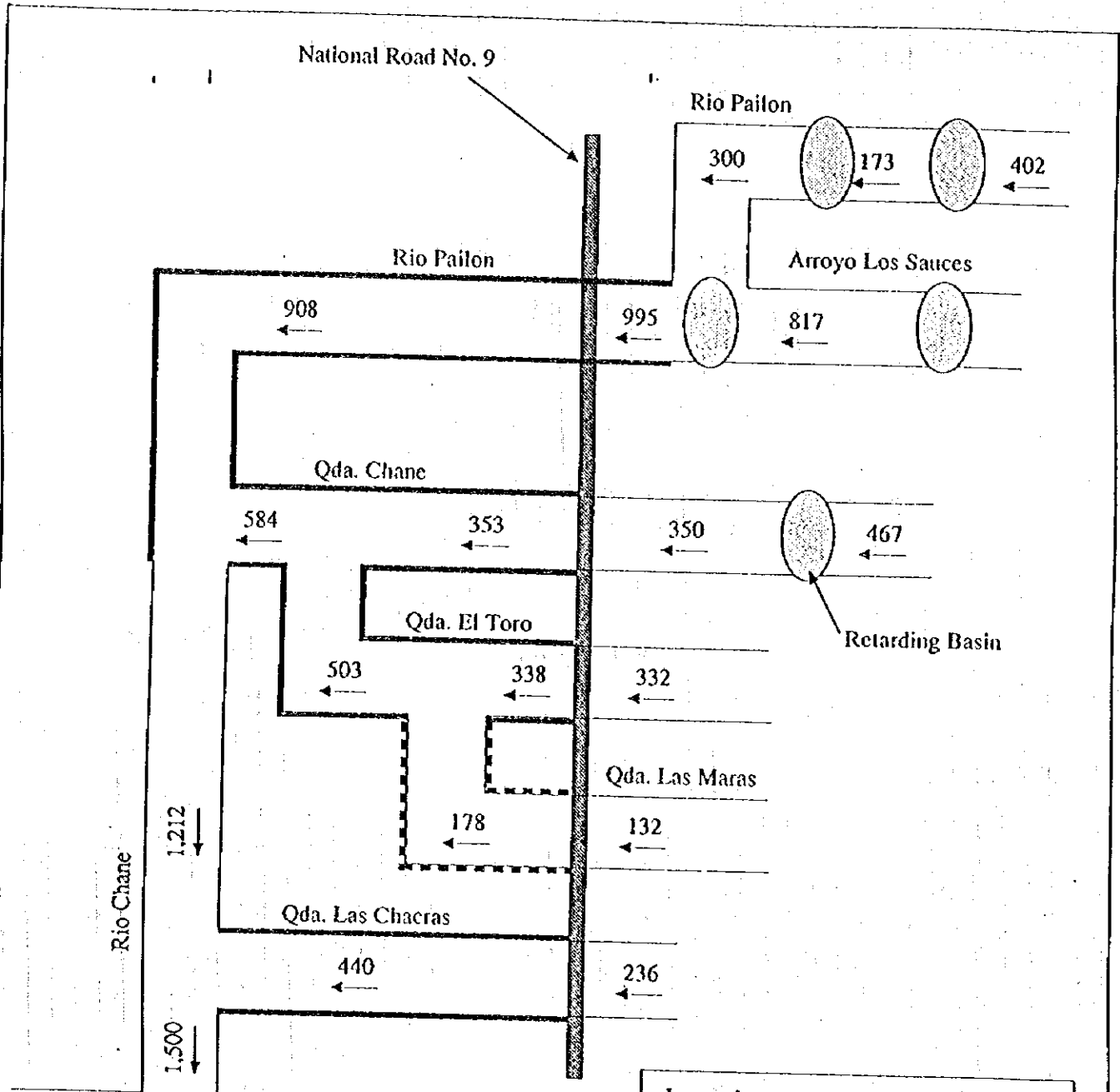


## QDA. CHANE



**FIG. F.4.9 PERFIL LONGITUDINAL DE DISEÑO DE LOS TRABAJOS DE MEJORAMIENTO DEL RIO CHANE - PAILON : ALTERNATIVA I**

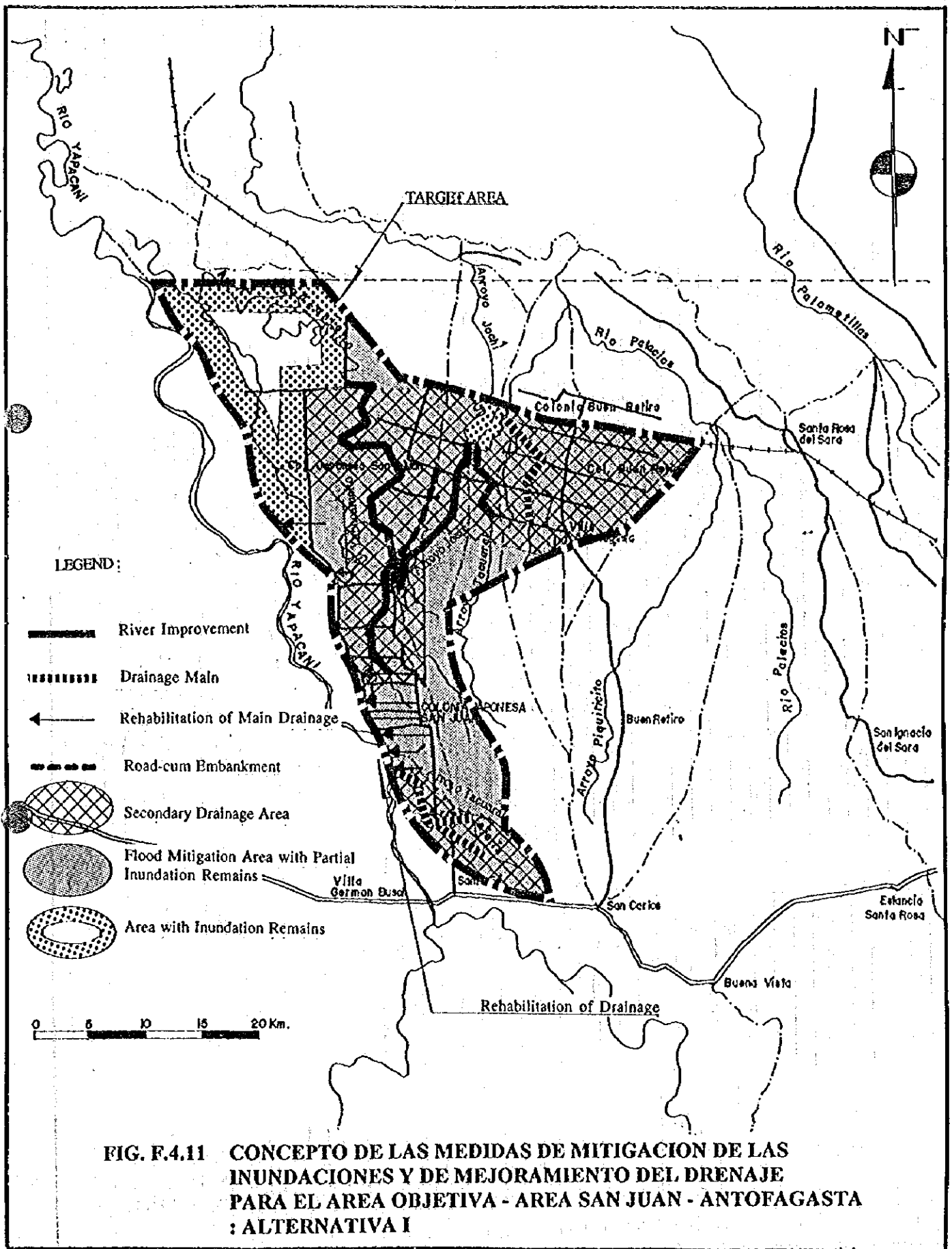


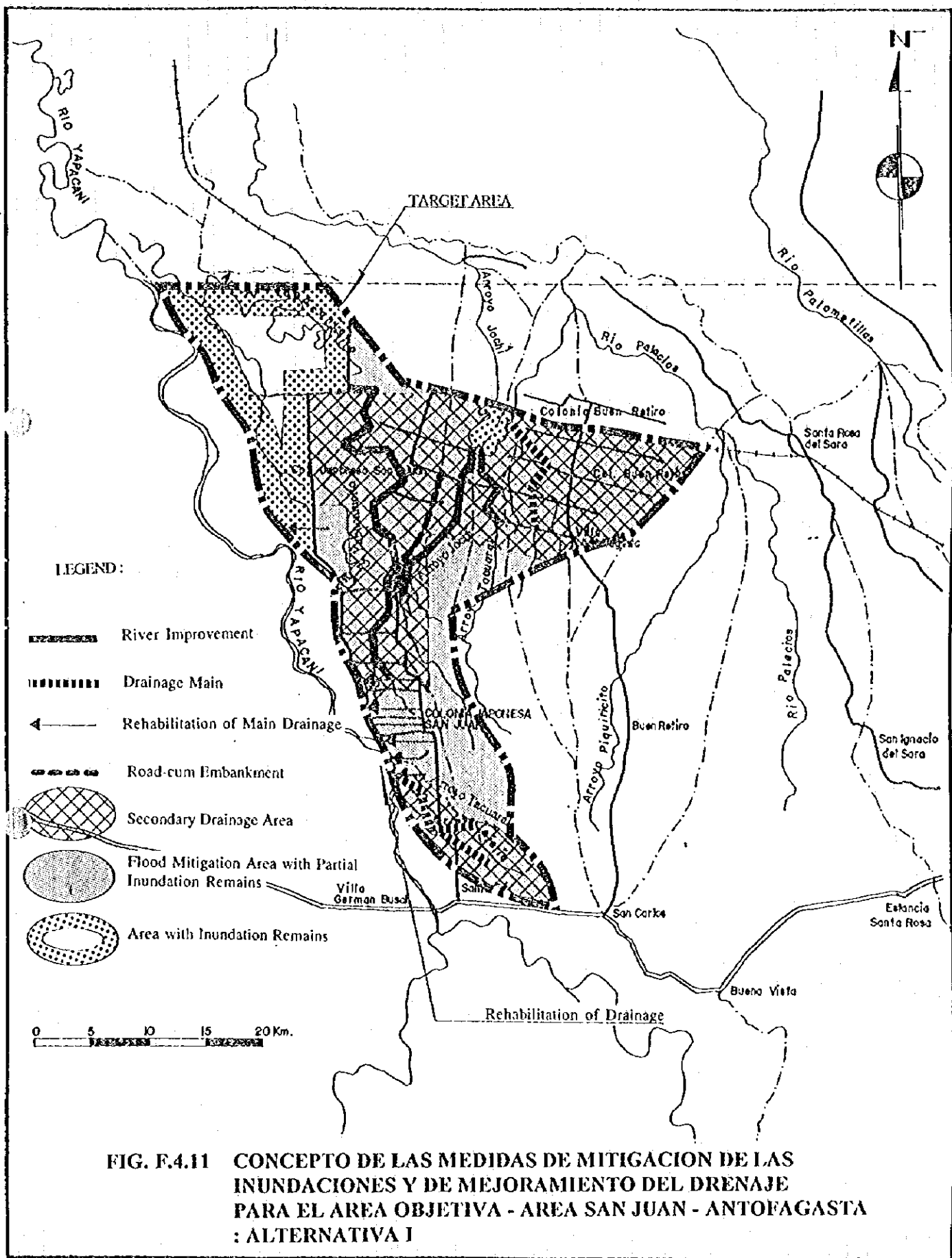


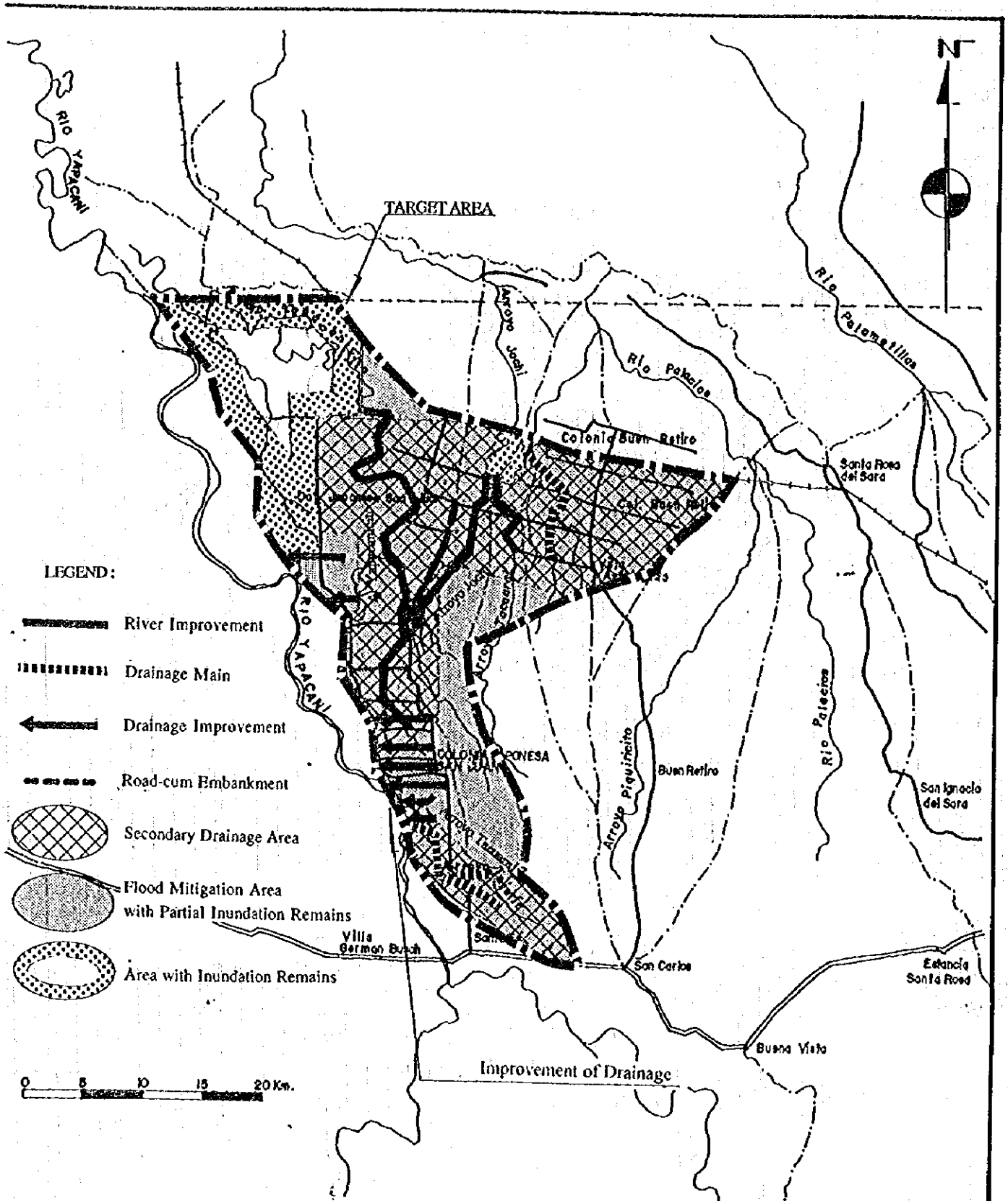
Legend:

- 353 : Design Discharge (m³/s)
- ← : Without River Improvement
- : With River Improvement
- - - : With Drainage Improvement

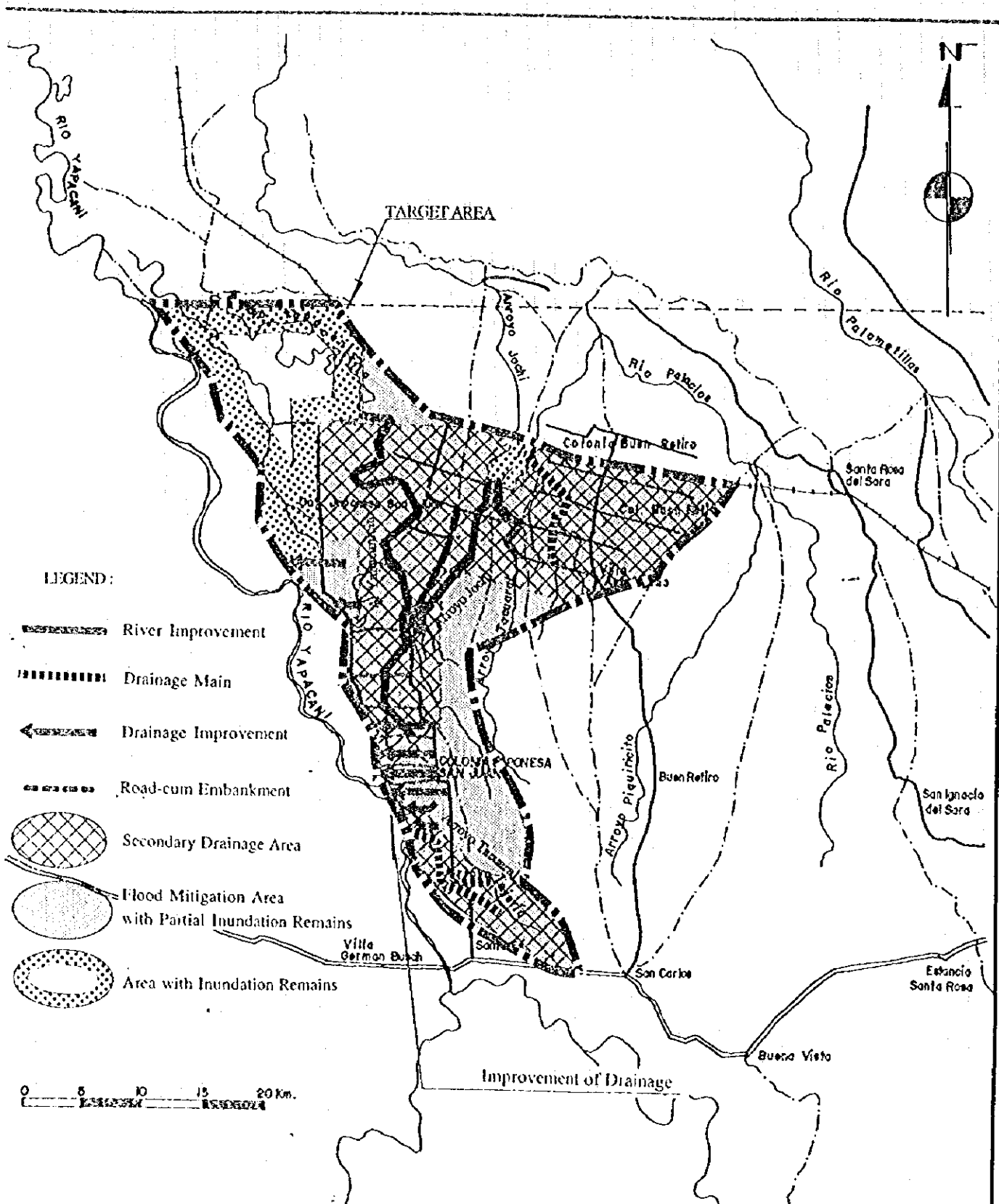
FIG. F.4.10 DISTRIBUCION DE LA DESCARGA DE DISEÑO DE LAS INUNDACIONES DE 10 AÑOS CHANE - PAILON : ALTERNATIVA II



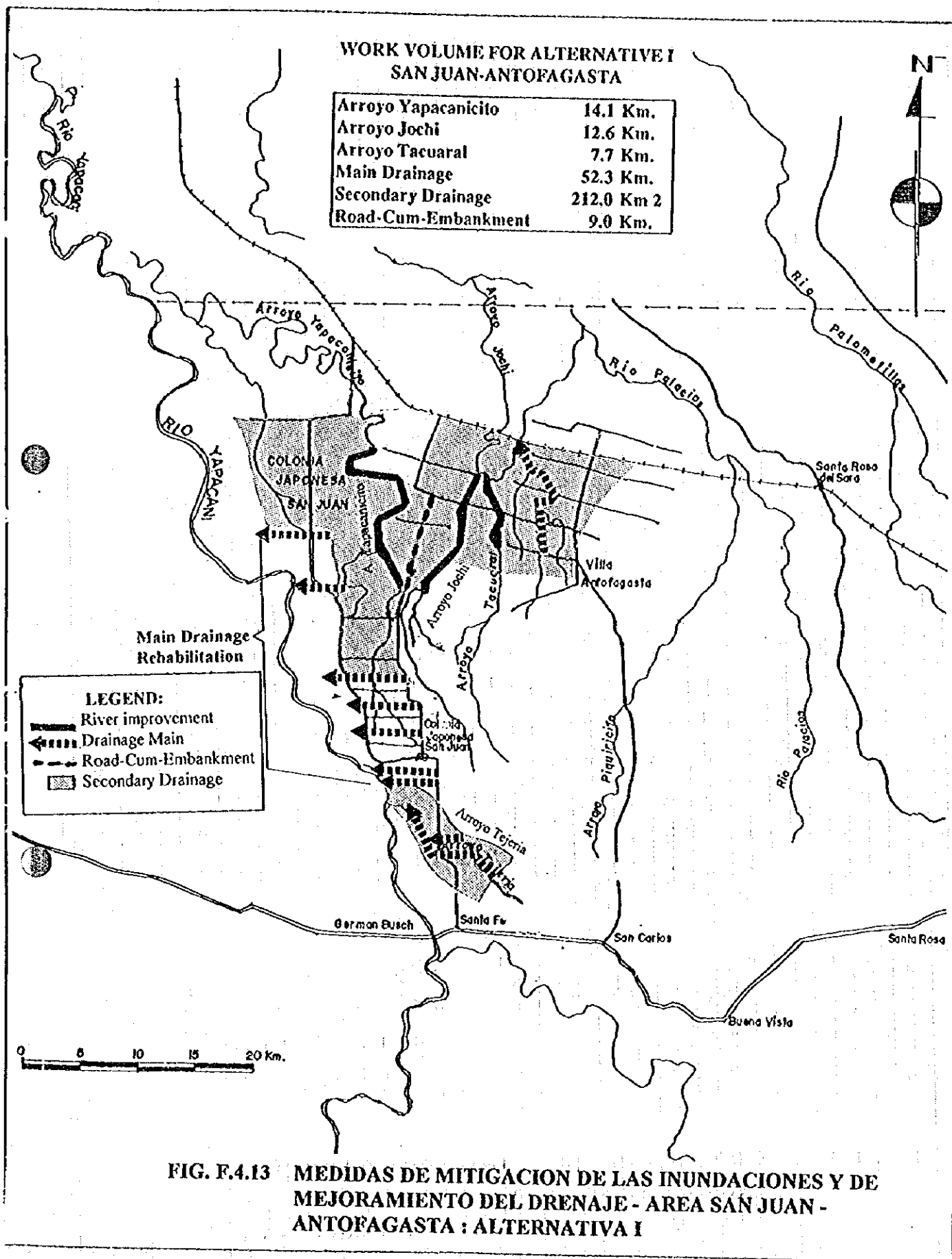


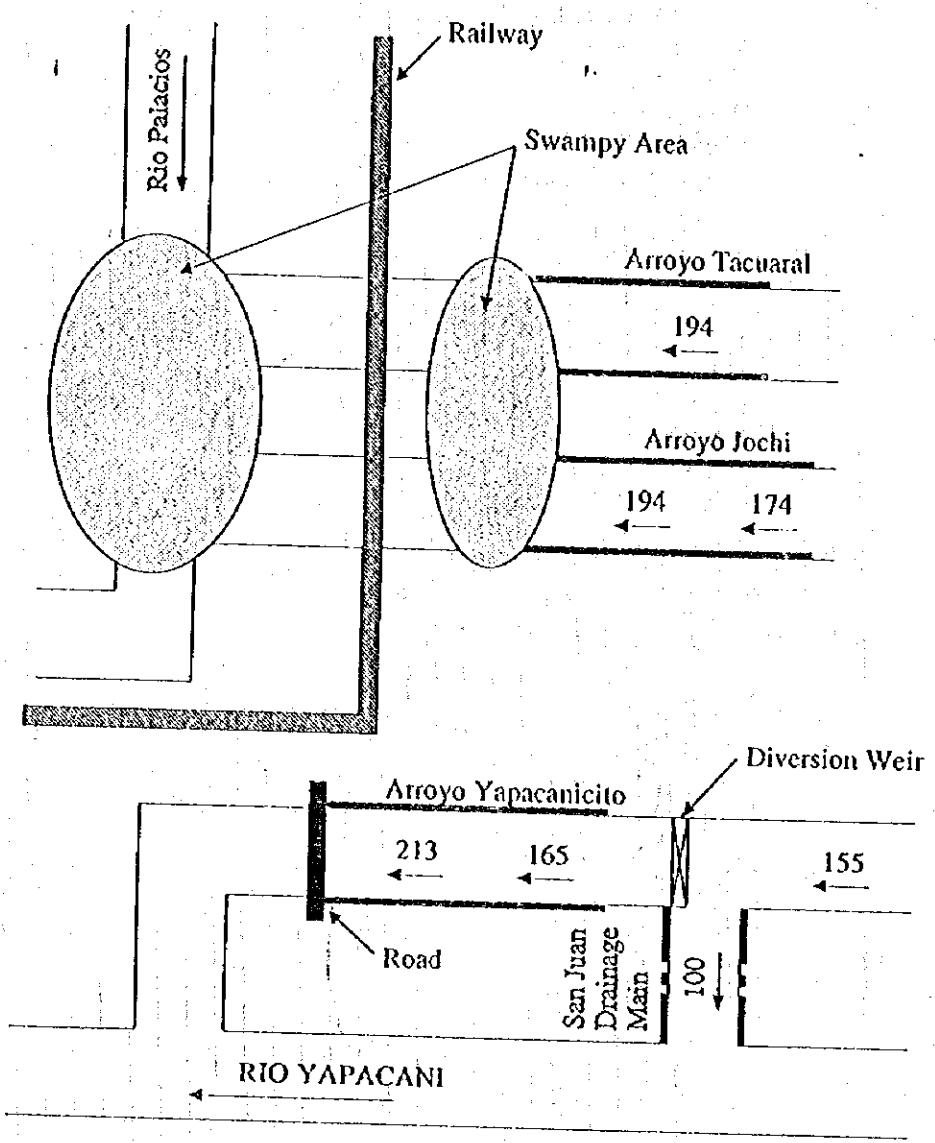


**FIG. F.4.12 CONCEPTO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES Y DE MEJORAMIENTO DEL DRENAJE PARA EL AREA OBJETIVA - AREA SAN JUAN - ANTOFAGASTA ; ALTERNATIVA II**



**FIG. F.4.12 CONCEPTO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACION DE LAS INUNDACIONES Y DE MEJORAMIENTO DEL DRENAJE PARA EL AREA OBJETIVA - AREA SAN JUAN - ANTOFAGASTA : ALTERNATIVA II**

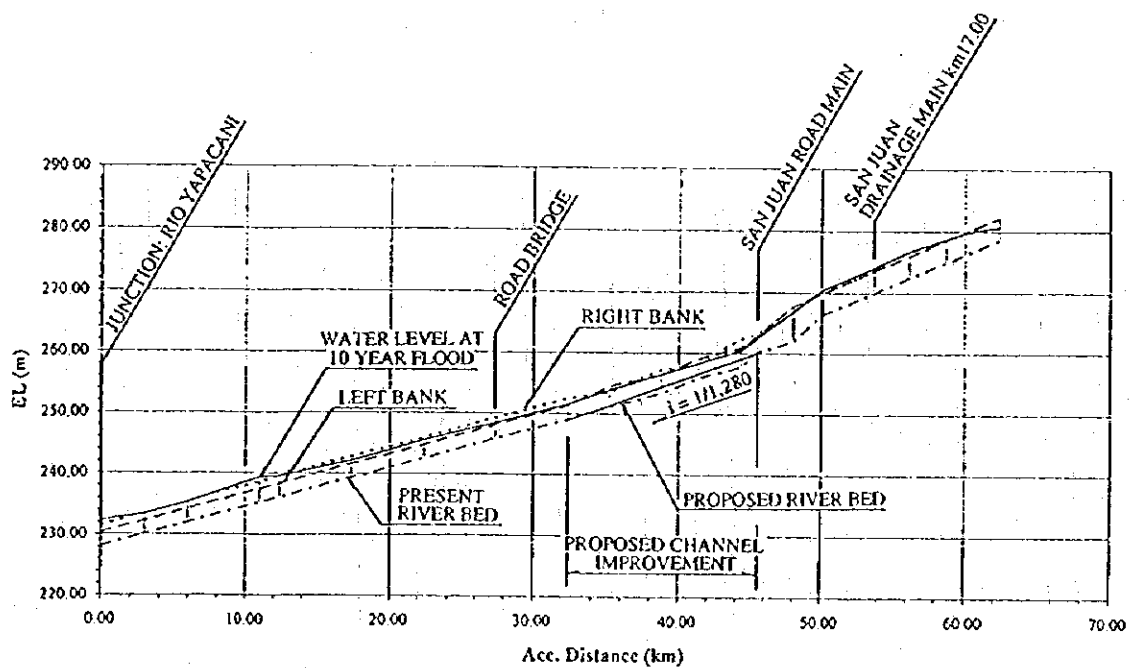




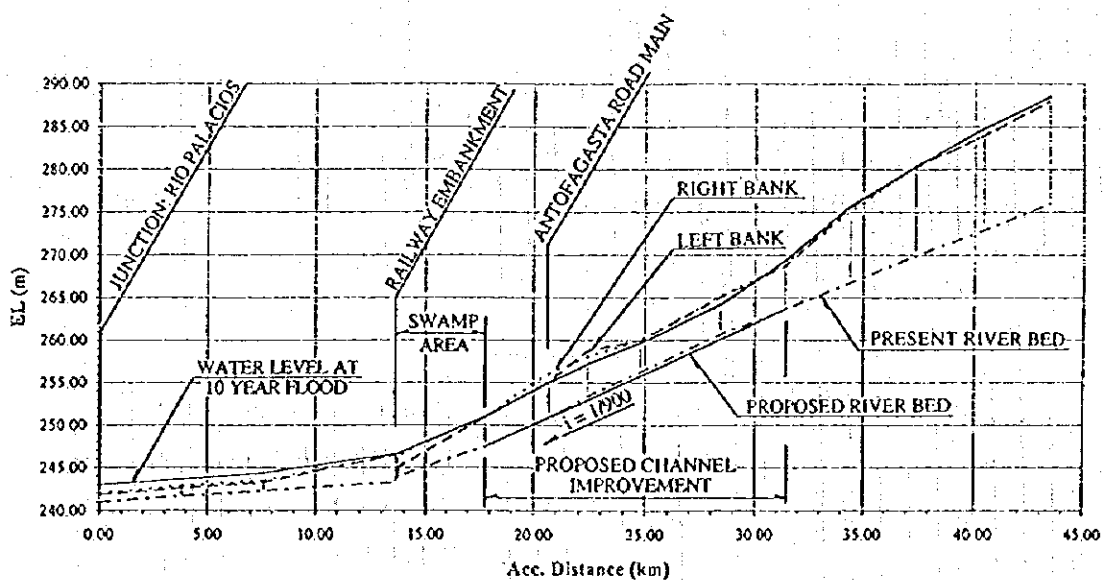
**Legend:**  
 213 : Design Discharge (m<sup>3</sup>/s)  
 ← : With River Improvement  
 — : Without River Improvement  
 - - - : Rehabilitation of Drainage

**FIG. F.4.14 DISTRIBUCION DE LA DESCARGA DE DISEÑO DE LAS INUNDACIONES DE 10 AÑOS SAN JUAN - ANTOFAGASTA ; ALTERNATIVA I**

### ARROYO YAPACANICITO

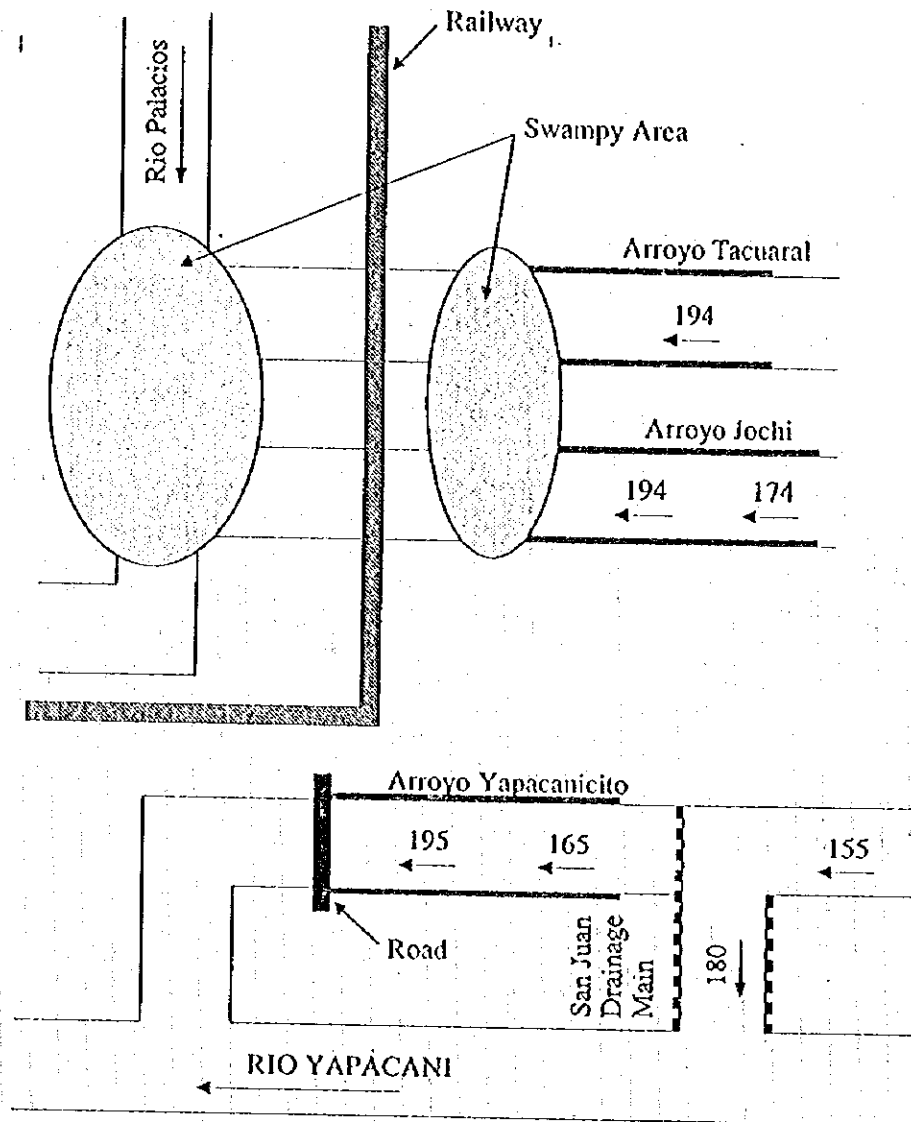


### ARROYO JOCHI



**FIG. F.4.15 PERFIL LONGITUDINAL DE DISEÑO DE LOS TRABAJOS DE MEJORAMIENTO DEL RIO SAN JUAN - ANTOFAGASTA : ALTERNATIVA I**





**Legend:**  
 195 : Design Discharge (m<sup>3</sup>/s)  
 ← : With River Improvement  
 — : Without River Improvement  
 - - - : Rehabilitation of Drainage

**FIG. F.4.16: DISTRIBUCION DE LA DESCARGA DE DISEÑO DE LAS INUNDACIONES DE 10 AÑOS SAN JUAN - ANTOFAGASTA : ALTERNATIVA II**

**INFORME DE APOYO G**  
**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE**

## TABLA DE CONTENIDO

1.	Condiciones Actuales del Sistema de Drenaje.....	G - 1
1.1	Sistemas Actual de Drenaje.....	G - 1
1.2	Problemas Actuales de Drenaje .....	G - 2
2.	Estudio Hidrológico para el Mejoramiento del Sistema de Drenaje.....	G - 6
2.1	Fórmula de Intensidad de Precipitaciones para el Mejoramiento de Drenaje.....	G - 6
2.2	Análisis de Escorrentías para el Mejoramiento del Sistema de Drenaje.....	G - 6
3.	Estudio Hidráulico para el Mejoramiento del Sistema de Drenaje.....	G - 7
3.1	Evaluación del Sistema Existente de Drenaje .....	G - 7
3.2	Canal Principal de Drenaje San Juan .....	G - 7
3.3	Arroyo Telería.....	G - 8
3.4	Canal Principal de Drenaje Okinawa .....	G - 8
3.5	Otros Drenes Principales y Canales de Dreneje para Cruzar la Carretera Nacional No.9.....	G - 9
3.6	Drenaje Secundario.....	G - 9
4.	Planificación de Obras de Ingeniería .....	G - 9

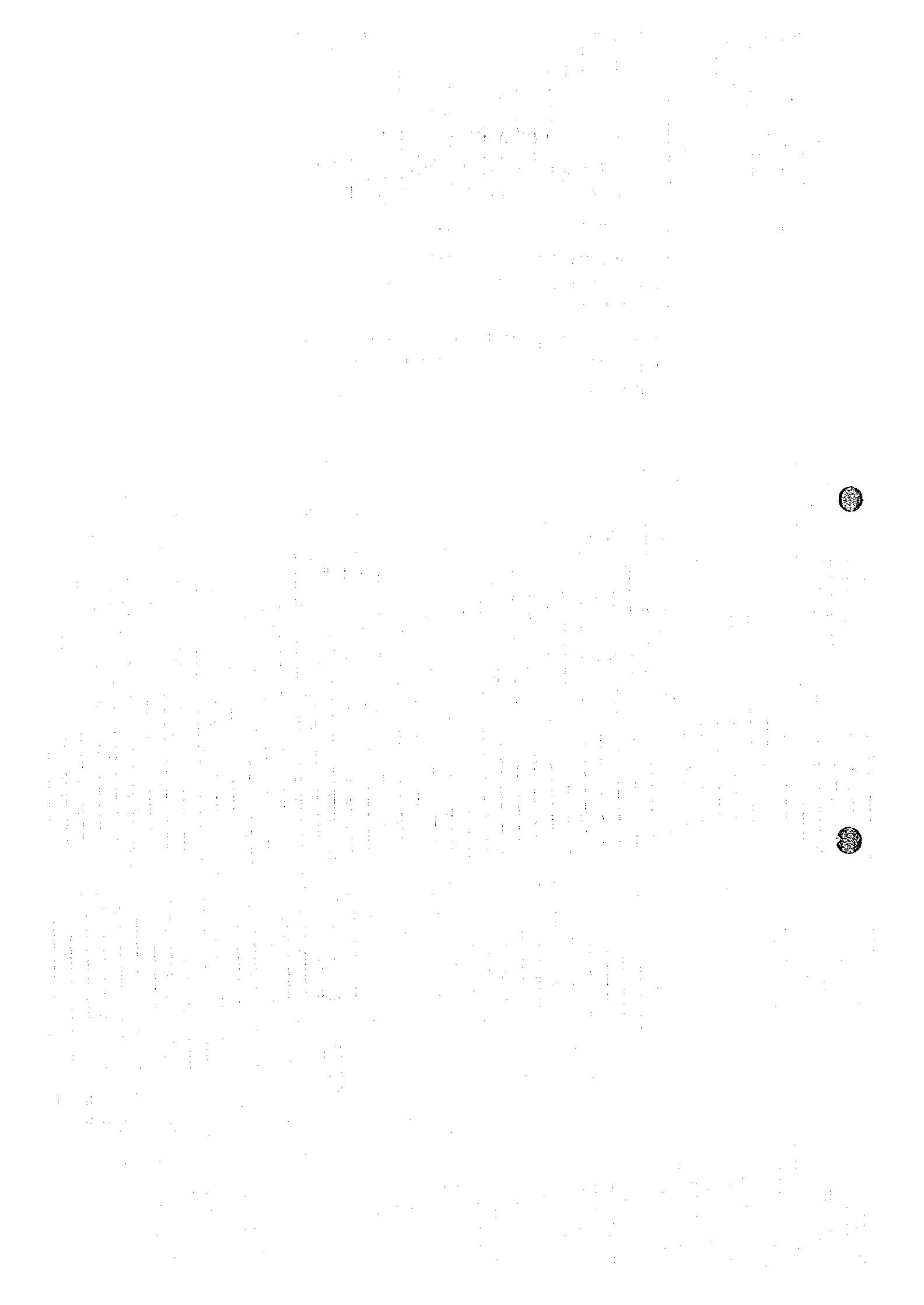
## LISTA DE TABLAS

TABLA G.1.1.	FACILIDADES DE DRENAJE EXISTENTES.....	G - 11
TABLA G.1.2	RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE INUNDACIONES FRECUENTES.....	G - 12
TABLA G.2.1	INTENSIDAD DE PRECIPITACIONES DE 1 DIA .....	G - 13
TABLA G.2.2	FORMULA DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIONES DENTRO DE 24 HORAS.....	G - 13
TABLA G.2.3	DESCARGA PICO CALCULADA POR EL METODO SCS- UHM.....	G - 14
TABLA G.2.4	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA MEDIANTE LA FORMULA RACIONAL RETROCALCULADA POR EL MODELO SCS-UHM .....	G - 14
TABLA G.2.5	DESCARGA PICO ESTIMADA MEDIANTE EL METODO DE LA FORMULA RACIONAL (1) .....	G - 15
TABLA G.2.5	DESCARGA PICO ESTIMADA MEDIANTE EL METODO DE LA FORMULA RACIONAL (2) .....	G - 16
TABLA G.2.6	CARACTERISTICA DEL AREA DE CAPTACION Y NUMERO DE CURVA SCS (1).....	G - 17
TABLA G.2.6	CARACTERISTICA DEL AREA DE CAPTACION Y NUMERO DE CURVA SCS (2).....	G - 18
TABLA G.3.1	DESCARGA DE DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE DE SAN JUAN.....	G - 19
TABLA G.3.2	CONDICION HIDRAULICA DEL CANAL DE DRENAJE PRINCIPAL EXISTENTE DE SAN JUAN.....	G - 21
TABLA G.3.3	CONDICION HIDRAULICA DE LA MEJORA PROPUESTA EN LA ALTERNATIVA 1 DEL CANAL DE DRENAJE PRINCIPAL DE SAN JUAN.....	G - 22
TABLA G.3.4	CONDICION HIDRAULICA DE LA MEJORA PROPUESTA EN LA ALTERNATIVA 2 DEL CANAL DE DRENAJE PRINCIPAL DE SAN JUAN.....	G - 23
TABLA G.3.5	DESCARGA DE DISEÑO DEL ARROYO TEJERIA.....	G - 24
TABLA G.3.6	CONDICION HIDRAULICA DEL CANAL EXISTENTE DEL ARROYO TEJERIA .....	G - 25

TABLA G.3.7	CONDICION HIDRAULICA DE LA MEJORA PROPUESTA DEL ARROYO TEJERIA .....	G - 26
TABLA G.3.8	CONDICION HIDRAULICA DEL CANAL ACTUAL DEL CANAL DE DRENAJE PRINCIPAL DE OKINAWA MEDIANTE ANALISIS DEL MODELO HD .....	G - 27
TABLA G.3.9	CONDICION HIDRAULICA DEL MEJORAMIENTO PROPUESTO DEL CANAL DE DRENAJE PRINCIPAL DE OKINAWA MEDIANTE ANALISIS DEL MODELO HD .....	G - 28
TABLA G.3.10	DESCARGA DE DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE DE ANTOFAGASTA, CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE DE CHANE Y CANALES DE DRENAJE PARA CRUZAR LA CARRETERA NACIONAL No.9 .....	G - 29
TABLA G.3.11	DESCARGA DE DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE DE ANTOFAGASTA, CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE DE CHANE Y CANALES DE DRENAJE PARA CRUZAR LA CARRETERA NACIONAL No.9 .....	G - 30
TABLA G.3.12	CONDICION HIDRAULICA DE LOS DRENAJES SECUNDARIOS.....	G - 31
TABLA G.4.1	DIMENSIONES Y DESCARGA DE DISEÑO DE LOS CANALES PRINCIPALES DE DRENAJE (1).....	G - 32
TABLA G.4.1	DIMENSIONES Y DESCARGA DE DISEÑO DE LOS CANALES PRINCIPALES DE DRENAJE (2).....	G - 33
TABLA G.4.2	DIMENSIONES Y DESCARGA DE DISEÑO DE LOS CANALES DEL PROYECTO DE PUENTES JICA/SNC.....	G - 34
TABLA G.4.3	DIMENSIONES Y DESCARGA DE DISEÑO DE LOS CANALES DE DRENAJE SECUNDARIO .....	G - 35

**LISTA DE FIGURAS**

FIG. G.2.1	AREA DE LAS ESTACIONES DE OBSERVACION Y FORMULA DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIONES .....	G - 36
FIG. G.3.1	DESCARGA DE DRENAJE POR UNIDAD DE AREA.....	G - 37
FIG. G.3.2	ESCORRENTIAS Y CAPACIDAD DE DESCARGA DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE PRINCIPALES EXISTENTES (1).....	G - 38
FIG. G.3.2	ESCORRENTIAS Y CAPACIDAD DE DESCARGA DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE PRINCIPALES EXISTENTES (2).....	G - 39



## INFORME DE APOYO G MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE

### 1. Condiciones Actuales del Sistema de Drenaje

#### 1.1 Sistemas Actuales de Drenaje

En términos generales, el sistema de drenaje dentro del área de estudio está sin desarrollar teniendo en cuenta el comportamiento de las precipitaciones del área. Sólo se observan canales de drenajes en las fincas y drenes adjuntos al sistema vial tales como el alcantarillado que cruzan los caminos. En resumen, se concluye que las obras de drenaje no se han desarrollado sistemáticamente en el área. En la *Tabla G.1.1* se muestra la infraestructura de drenaje existente que se ha podido observar.

##### (1) Área de San Juan de Yapacani

En la colonia de San Juan de Yapacani, la infraestructura de drenaje fue construida por los colonos. Los canales principales fueron planeados para que descargaran aguas de exceso al Rfo Yapacani.

Estos canales son efectivos para drenar una lluvia normal o escorrentías de pequeña escala, pero su capacidad de descarga ha disminuido, ya sea por el rápido crecimiento de hierbas y árboles en los taludes, por derrumbe de estos o por sedimentación dentro de los canales.

La salida de cada canal principal de drenaje es dificultada por cajas de desagüe o las alcantarillas que cruzan el camino existente a lo largo del Rfo Yapacani. La dimensión de estas estructuras es de 3 m de ancho por 2 m de alto o de 3 m de diámetro y su capacidad de descarga generalmente es menor que la del canal de drenaje al cual está conectado.

##### (2) Parte central del área de estudio

El área pertenece a la cuenca del Rfo Chané y a sus tributarios. Existen muchas corrientes naturales de escala pequeña distribuidas por esta área. La infraestructura de drenaje observada en el área incluye sólo canales pequeños y drenes de pequeña escala para los caminos, que fueron diseñados tan solo para drenar el área cercana. No existe una red sistemática de drenaje.



(3) Área de Okinawa

En esta área, hay una red de drenaje que consiste de corrientes naturales y canales de drenaje construidos por la colonia.

Esta red de drenaje tiene por objetivo drenar el agua de lluvia dentro del área como así también las aguas de exceso de la cuenca superior en el tramo bajo del Rfo Grande.

En la cuenca del Rfo Pailón, hay un canal revestido de concreto de 1,5 km de largo y un canal sin revestimiento de 3,5 km de largo ambos conectados con este rfo. Sin embargo, la capacidad de descarga se ve afectada por el nivel de agua del Rfo Pailón y ocurren problemas de drenaje cuando se eleva el nivel del agua de dicho rfo.

Hay varias corrientes pequeñas que descargan al Rfo Grande.

## 1.2 Problemas Actuales de Drenaje

Los problemas actuales del sistema de drenaje están vinculados estrechamente con el estado de las inundaciones, las que ocurren con frecuencia.

Los problemas de drenaje en el área se clasifican en tres (3) categorías de acuerdo a la magnitud de la inundación, según *Tabla G.1.2.*

### (1) Parte Oeste del Area de Estudio

#### 1) Área de San Juan

En la cuenca del Arroyo Tejería, la profundidad del agua varía entre 10 y 30 cm, y dura menos de 3 días. La inundación de esta área es normalmente ligera y tiene poca duración.

En la cuenca del Arroyo Yapacanicito, la profundidad del agua es mayor que en la cuenca del Arroyo Tejería, sin embargo, no dura más de 2 días.

La escorrentía de la parte superior de la cuenca del Arroyo Jochi fluye hacia las partes media y baja de esta área, tornando la inundación más severa debido al desarrollo de las tierras agrícolas en la cuenca alta.

La parte superior del área originalmente pertenecía a la cuenca del Arroyo Yapacanicito, pero debido a los drenes diseñados para una escala de escorrentías probable de 2 años, construidos por la colonia, las aguas son descargadas al rfo Yapacany.

El Arroyo Yapacanicito no tiene la capacidad de flujo suficiente. Adicionalmente, el agua de fuertes precipitaciones fluye a través de este arroyo desde cuencas de ríos vecinos y la cuenca del Arroyo Jochi.

La cuenca baja del Arroyo Yapacanicito es afectada por inundaciones de este Arroyo como así también por contraflujos del río Yapacani.

## 2) Area Antofagasta

El área de Antofagasta está dividida en 2 partes por la condición de la inundación. El área este no es afectada por la inundación de los diferentes ríos, pero a causa de las lluvias, sufre de inundaciones ligeras con profundidad de entre 10 y 60 cm por un período menor a los 3 días. El agua de lluvia en Antofagasta este, corre paralela a los caminos secundarios y fluye al Arroyo Tacuaral.

Por otro lado, la parte oeste sufre de graves inundaciones causadas por los ríos del área con profundidades entre 30 y 100 cm y de 5 a 10 días. La condición de drenaje está afectada principalmente por el comportamiento del Arroyo Yapacanicito.

Los problemas del área están relacionados no sólo con la insuficiente capacidad de flujo del Arroyo Yapacanicito sino también con las escorrentías provenientes de la cuenca alta. La escorrentía de la cuenca alta fluye al Arroyo Jochi pero alguna parte de la misma desborda en la parte oeste de Antofagasta, así como también en la parte inferior de San Juan de Yapacani.

## 3) Cuenca Superior del Río Palacios y Area de Palometillas

La cuenca alta del Río Palacios se inunda localmente pero esta inundación no es significativa con una profundidad menor a 30 cm y con duración menor a 2 días.

La inundación del área se debe principalmente a la topografía del terreno. Los suelos del área se emplean principalmente en la crianza del ganado de manera que las inundaciones tienen poco efecto en la actividad agrícola.

La cuenca inferior del Palometillas sufre de inundaciones severas. La profundidad y la duración varían ampliamente.

## (2) Parte Central del Area de Estudio

La situación es diferente entre la parte central norte y la parte central sur de la ruta No.9.

1) Parte Central Norte

La mayor parte del área se ve afectada por inundaciones frecuentes, la profundidad del agua y la duración de la inundación varían de moderadas a severas.

Las corrientes naturales no tienen suficiente capacidad de flujo como para que salgan las escorrentías de las áreas de drenaje. El margen derecho del Río Chané, definido como "Chané Norte", sufre anegamientos de alrededor de 50 cm de profundidad durante un largo período. El área sufre frecuentemente inundaciones del Río Chané y sus tributarios, la inundación es prolongada debido a las condiciones topográficas de tierras bajas y a la poca capacidad de flujo de los ríos.

El área de Chané-Piray incluye la Colonia Cuatro Ojitos, Colonia Nuevo Mundo y Colonia San Juan de Amarillos. La parte inferior del área, donde se ubica la Colonia Cuatro Ojitos, se inunda frecuentemente por riadas del Río Chané.

La profundidad de inundación del área está entre 20 y 60 cm y su duración es de menos de 5 días.

En la parte media, donde se ubica la Colonia San Juan de Amarillos, no hay registro de inundaciones, pero su condición de drenaje es pobre debido a la disposición insuficiente de las corrientes naturales y canales de drenaje.

La parte superior, en donde se encuentra la Colonia Aroma, está casi libre de riadas e inundaciones. La Carretera Nacional No.9 ha estado regulando las escorrentías provenientes de la cuenca aguas arriba. Con la construcción de los siete puentes previstos en el futuro, se pronostica que aumentarían los caudales desde la cuenca alta.

Con el proyecto de construcción de los puentes citados anteriormente en la carretera nacional No.9, se atenuarán las inundaciones y se mejorará el sistema de drenaje del área aguas arriba, sin embargo, el área aguas abajo se verá afectada por aumento de caudales. Para confrontar esta situación, es menester rectificar el sistema de los cauces de los ríos aguas abajo de los siete puentes.

## 2) Sección Meridional

En la sección meridional de la carretera nacional, se observa una dispersión de pequeñas áreas inundadas con menos profundidad y corto tiempo de duración. En particular, inundaciones de menos de 2 ó 3 días en las áreas del alto Chané y de Warnes, significan que estas son causadas por la topografía del terreno y por la capacidad insuficiente de los canales de drenaje conectados a los canales de los ríos.

## (3) Parte Este del Área de Estudio

### 1) Área de Okinawa-1

Principalmente la parte inferior de Okinawa-1 sufre de inundaciones severas de alrededor de 50 cm durante 5 a 15 días.

### 2) Área de Okinawa-2

El área está dividida en dos cuencas, las del Río Grande y la del Río Pailón. La cuenca del Río Pailón sufre de inundaciones severas durante 5 a 15 días. Este área no cuenta con un sistema adecuado de drenaje con el cual drene las aguas de exceso. Además, un cauce natural a lo largo del Río Grande impide la descarga en el Río Grande. Esto ocasiona que el agua se estanque durante un largo tiempo.

La cuenca del Río Pailón se inunda frecuentemente por riadas de la confluencia del Río Pailón con el Arroyo Honda y la Quebrada Tomicha, donde estas corrientes forman un área de inundación habitual.

### 3) Área de Okinawa-3

El área, incluyendo la colonia de Menonitas ubicada en la corriente superior de Okinawa-3, tiene áreas con inundaciones frecuentes de menos de 30 cm de profundidad y duración de 3 a 5 días. Esta condición de inundaciones se clasifica de "moderada a ligera" en comparación con las otras áreas de Okinawa.

Este área está ubicada en el tramo extremo aguas arriba del Río Pailón y no tiene ninguna influencia de otras cuencas. Sin embargo, la pendiente topográfica es casi 1/800, menor que la de los alrededores, además, en el área se observan muchas zonas bajas.

#### 4) Area el Tajibo

El área se ve afectada por los terraplenes de la carretera nacional No.9. El área a lo largo de la carretera se inunda con frecuencia con profundidades de 30 a 50 cm durante 3 a 7 días, lo cual se clasifica como una inundación media.

## 2. Estudio Hidrológico para el Mejoramiento del Sistema de Drenaje

### 2.1 Fórmula de Intensidad de Precipitaciones para el Mejoramiento de Drenaje

Los sistemas de drenaje tienen una zona de captación relativamente pequeña comparada con la de un sistema fluvial y el tiempo de retardo es corto, mientras que en el río, tiene retardos de 1 ó 2 días.

El área de estudio está dividida en 4 subáreas meteorológicas, basándose en las estaciones de observación representativas y cuatro fórmulas de intensidad de precipitaciones de 24 horas para cada subárea para el estudio del mejoramiento del sistema de drenaje. En la *Fig. G.2.1* se muestran las subáreas de intensidad de precipitaciones.

Los datos de precipitaciones de corto tiempo se encuentran en las estaciones de Santa Cruz y Saavedra. Las fórmulas de intensidad de las subáreas restantes fueron estimadas a partir de la proporción de precipitaciones diarias. Las precipitaciones diarias y las fórmulas de estimación se muestran en las *Tablas G.2.1* y *2.2*.

### 2.2 Análisis de Escorrentías para el Mejoramiento del Sistema de Drenaje

El método de la fórmula racional se aplicó al análisis de las escorrentías para el mejoramiento del sistema de drenaje tomando en consideración las características de la cuenca de drenaje, esto es, zona de captación pequeña y corto retardo.

La fórmula racional se ha definido de la manera siguiente:

$$Q = \frac{1}{3.6} \times f \times I \times A$$

Q : Descarga Pico (m<sup>3</sup>/s)

f : Coeficiente de Escorrentía

I : Intensidad de Precipitaciones dentro del Tiempo de Retardo (mm/hr)

A : Area de Captación (km<sup>2</sup>)

En el análisis se adoptó un coeficiente de escorrentía de 0,50, tomando en consideración el uso de la tierra y su condición geológica, esto es, en una planicie agrícola. Este coeficiente se justifica como un valor razonable, comparado con los valores de 0,38 a 0,51 obtenidos en el área del caso modelo con área de 5 a 20 km<sup>2</sup> mediante el método SCS-UHM, que se aplicó al análisis hidrográfico del río. Los resultados de tal caso de estudio se muestran en las *Tablas G.2.3 a G.2.5*.

Las siguientes condiciones se adoptan en el estudio SCS-UHM.

Precipitación de Diseño: Precipitaciones de 1 día

Antecedente Inicial, Contenido de Humedad tipo Clase 2 (media), la que se estimó basándose en la precipitación promedio durante 5 días desde el 30 de enero ~ 51 mm, además, 36 ~53 mm de precipitaciones de 5 días están clasificadas en Clase 2 por SCS.

Curva SCS número 82, las características de las subzonas de captación se muestran en la *Tabla G.2.6*.

En la cuenca de drenaje de Okinawa, en la planificación del mejoramiento del sistema de drenaje, se adoptó como una excepción en el análisis del río el método SCS-UHM y el modelo hidrodinámico, ya que esta cuenca tiene una vasta área de captación de 380 km<sup>2</sup> y dicha situación hidráulica existente es predominante un almacenamiento por riada en planicie.

### **3. Estudio Hidráulico para el Mejoramiento del Sistema de Drenaje**

#### **3.1 Evaluación del Sistema Existente de Drenaje**

La condición de los sistemas existentes de drenaje se evaluaron mediante el método de capacidad de descarga de la sección típica, usando el método de flujo uniforme. En las *Figs. G.3.1 y G.3.2* se muestran la descarga por unidad de área y el resultado de la evaluación de los drenes principales. En general, las capacidades de descarga son menores que las provocadas por las escorrentías con periodo de retorno de 2 años.

#### **3.2 Canal Principal de Drenaje San Juan**

Se estudiaron dos alternativas para la cuenca de drenaje San Juan.

La Alternativa 1 pretende utilizar los canales de drenaje existentes sujetos a su rehabilitación y descargar los excesos de agua hacia aguas abajo mediante una estructura hidráulica.

La Alternativa 2 contempla la posibilidad de drenar la escorrentía del área de captación mediante canales principales de drenaje y mejoramiento de la red de canales actuales.

La condición de flujo de los canales se evaluó mediante la capacidad de descarga de sección. Las *Tablas G.3.1 ~ G.3.4* muestran la condición de flujo calculada de los canales existentes y de los canales de drenaje planeados.

En las condiciones actuales, la inundación es de 34 cm a 100 cm para el caso de precipitaciones con un período de retorno de 5 años, se espera que la situación se mejore a menos en 30 cm con la adopción de las alternativas citadas.

### **3.3 Arroyo Tejería**

Se ha planeado usar al Arroyo Tejería como un canal de drenaje principal debido a que su área de captación es pequeña y corta.

La condición de flujo del canal se evaluó mediante la capacidad de descarga de sección; la inundación con un período de retorno de 5 años, pasara de 20 a 52 cm de la condición actual a menos de 30 cm.

Las condiciones de flujo se muestran en las *Tablas G.3.5 a G.3.7*

### **3.4 Canal Principal de Drenaje Okinawa**

Se estudiaron las condiciones de la cuenca de drenaje de Okinawa usando el análisis de escorrentías SCS-UHM y modelos hidrodinámicos.

Las medidas de mejoramiento del drenaje incluyen la construcción de canales de drenaje y un nuevo canal principal colector, el cual conectará el drenaje existente a áreas pantanosas y al curso antiguo del Río Grande.

Se espera que la situación actual de inundación para un período de retorno de 5 años, pase de 71 cm a menos de 30 cm con las medidas de mejoramiento en el drenaje.

Los resultados del estudio hidráulico se muestran en las *Tablas G.3.8 a G.3.9*.

### **3.5 Otros Drenes Principales y Canales de Drenaje para Cruzar la Carretera Nacional No.9**

Se planea el canal principal de drenaje Antofagasta y el canal principal de drenaje Chané, los cuales funcionarán junto con las obras de mejoramiento del río.

Además, se planea la construcción de canales de drenaje para cruzar la carretera nacional N 9. Estos son El Empalme II, Las Maras, Chaco y Rancho Chico.

Se planea que canales descarguen las inundaciones con un período de retorno de 5 años y con menos de 30 cm de profundidad. Las condiciones de flujo de estos canales se calcularon como muestran las *Tablas G.3.10 y G.3.11*.

### **3.6 Drenaje Secundario**

El drenaje secundario se define como un canal que recoge el agua en la subzona de captación y la descarga en el dren principal o en el río.

Las dimensiones de los canales secundarios han sido diseñadas para drenar las inundaciones para un período de retorno de 5 años y menos de 30 cm de profundidad. Las condiciones de flujo de los canales se estudiaron utilizando las capacidades de descarga de la sección transversal.

Se ha planeado la densidad de los canales de drenaje secundarios de manera que sean de 2 a 3 km de largo desde el dren principal o río y que tengan alrededor de 5 km<sup>2</sup> de área de captación.

Hay dos tipos de dimensiones de canales secundarios que cumplen con la intensidad de precipitaciones, cuyas condiciones de flujo se muestran en la *Tabla G.3.12*.

## **4. Planificación de Obras de Ingeniería**

En base al estudio hidráulico, en las *Tablas G.4.1 a G.4.2* se muestran las obras planificadas para el mejoramiento del sistema de drenaje.

Dicha planificación se hace con la premisa de que en los canales principales de drenaje de las cuencas de Terina y Antofagasta se usen los canales existentes una vez ampliados y mejorados. En Okinawa las obras de mejoramiento incluyen el ensanchamiento de los canales existentes y la construcción de canales nuevos.



En caso del canal principal de drenaje de San Juan, en la Alternativa 1, se planea la rehabilitación de los canales existentes y en la Alternativa 2 se planea el ensanchamiento de dichos canales.

**TABLAS**



**TABLA G.1.1. FACILIDADES DE DRENAJE EXISTENTES**

**San Juan Area**

Drainage Facility	Items	Condition
Drainage Main	Number of Canals	8 lines
	Total Length	32 km
	Canal Type	Unlined Trapezoid canal
	Width of Canal	3.0 ~ 5.5 m at canal bed
	Slope of Cross Section	1 : 1.0
	Longitude Gradient	0.02 % ~ 0.17 %
Drainage Canal along Roads	Total Length	23 km
Bridge and Cross Drain	Density of Facilities	1.49 pcs / km of road length

**Central North Area**

Zone	Distance of Road	Quebrada / Cañada**	Bridge / Culvert
Col. aroma / S.J. de Amarillos	182.5 km	0.46 pcs / km road	0.72 pcs / km road
Col. Cuatro Ojitos	96.7 km	0.55 pcs / km road	0.97 pcs / km road
Average		0.49 pcs / km road	0.72 pcs / km road

**Okinawa Area**

Items	Canal Length	Canal Width	Type of Canal
Okinawa-1 Drainage Network	8.0 km	8 ~ 10 m	Unlined Canal
	4.0 km	4 ~ 5 m	Unlined Canal
	5.0 km	3 m	Unlined Canal
	3.0 km	3 m	Unlined Canal
Natural Course			
Natural Lagoon	2 pcs		
Total Length			
Okinawa-2 Drainage Canal	1.5 km	3m at canal bed	Concrete Lined Canal
	3.5 km	3m at canal bed	Unlined Canal
Total Length	5.0 km		

**TABLA G.1.2 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE INUNDACIONES FRECUENTES**

Area	Groupe	Depth		Duration		Classification
		(cm)	Class	(days)	Class	
West Part	San Juan Tejeria	30-60	middle	less than 2	clement	clement
	San Juan Yapacanicito	less than 30	clement	less than 3	clement	clement
	Antofagasta West	30-100	heavy	5-10	heavy	heavy
	Antofagasta East	10-60	clement	less than 3	clement	clement
	Upper Palacios	20-40	clement	less than 2	clement	clement
	Lower Palometilla	10-100	heavy	less than 5	middle	middle
Central North Part	Chané North	20-50	middle	more than 5	heavy	heavy
	Chané Piray	20-60	middle	less than 5	middle	middle
	Montero North	10-60	middle	less than 5	middle	middle
Central South Part	El Tajibo	30-50	middle	3-7	middle	middle
	Upper Chané	10-50	clement	less than 2	clement	clement
	Maracaibo	less than 30	clement	less than 3	clement	clement
East Part	Okinawa 1	around 50	middle	5-15	heavy	heavy
	Okinawa 2	30-100	heavy	5-15	heavy	heavy
	Okinawa 3	less than 30	clement	3-5	middle	middle

**TABLA G.2.1 INTENSIDAD DE PRECIPITACIONES DE 1 DIA**

Station	2-year	5-year	10-year	Adepted Proportion for Rainfall Intensity Formula
	1day Rainfall (mm)	1day Rainfall (mm)	1day Rainfall (mm)	
Santa Cruz Oficina	100.9	145.0	174.2	
(Proportion)	(1.00)	(1.44)	(1.73)	
Saavedra	102.4	137.9	161.4	
(Proportion)	(1.00)	(1.35)	(1.58)	
Santa Cruz Trompio	100.5	144.8	174.2	Santa Cruz Oficina
(Proportion)	(1.00)	(1.44)	(1.73)	
Okinawa 2	102.8	140.4	165.3	Saavedra
(Proportion)	(1.00)	(1.37)	(1.61)	
C.S. de Yapacani	139.3	188.3	220.8	Saavedra
(Proportion)	(1.00)	(1.35)	(1.59)	

**TABLA G.2.2 FORMULA DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIONES DENTRO DE 24 HORAS**

**2-year Return Period**

Station	1day Rainfall (mm)	Proportion	2-year Return Period				R <sub>60</sub> (mm)
			0<T≤4		4<T≤24		
			a	b	a	b	
Santa Cruz Oficina	100.9	1.00 (-)	9,463	142.63	5,812	-5.00	46.70
Saavedra	102.4	1.00 (-)	6,292	89.00	6,842	117.73	42.23
Santa Cruz Trompio	100.5	1.00 (SC Oficina)	9,463	142.63	5,812	-5.00	46.70
Okinawa 2	102.8	1.00 (Saavedra)	6,292	89.00	6,842	117.73	42.23
C.S. de Yapacani	139.3	1.36 (Saavedra)	8,557	89.00	9,305	117.73	57.43

**5-year Return Period**

Station	1day Rainfall (mm)	Proportion	5-year Return Period				R <sub>60</sub> (mm)
			0<T≤4		4<T≤24		
			a	b	a	b	
Santa Cruz Oficina	145.0	1.00 (-)	12,240	137.66	9,574	55.38	61.92
Saavedra	137.9	1.00 (-)	7,778	72.63	10,271	172.82	58.64
Santa Cruz Trompio	144.8	1.00 (SC Oficina)	12,240	137.66	9,574	55.38	61.92
Okinawa 2	140.3	1.02 (Saavedra)	7,934	72.63	10,476	172.82	59.82
C.S. de Yapacani	188.3	1.37 (Saavedra)	10,656	72.63	14,071	172.82	80.34

**10-year Return Period**

Station	1day Rainfall (mm)	Proportion	10-year Return Period				R <sub>60</sub> (mm)
			0<T≤4		4<T≤24		
			a	b	a	b	
Santa Cruz Oficina	174.2	1.00 (-)	14,079	135.44	11,666	71.09	72.01
Saavedra	161.4	1.00 (-)	8,791	66.56	12,263	187.66	69.46
Santa Cruz Trompio	174.2	1.00 (SC Oficina)	14,079	135.44	11,666	71.09	72.01
Okinawa 2	165.3	1.02 (Saavedra)	8,967	66.56	12,508	187.66	70.85
C.S. de Yapacani	220.8	1.37 (Saavedra)	12,044	66.56	16,800	187.66	95.16

**20-year Return Period**

Station	1day Rainfall (mm)	Proportion	20-year Return Period				R <sub>60</sub> (mm)
			0<T≤4		4<T≤24		
			a	b	a	b	
Santa Cruz Oficina	202.2	1.00 (-)	15,822	133.68	14,966	113.47	81.69
Saavedra	181.0	1.00 (-)	9,778	62.48	14,422	206.14	79.83
Santa Cruz Trompio	202.2	1.00 (SC Oficina)	15,822	133.68	14,966	113.47	81.69
Okinawa 2	189.2	1.03 (Saavedra)	10,071	62.48	14,855	206.14	82.23
C.S. de Yapacani	251.9	1.37 (Saavedra)	13,396	62.48	19,758	206.14	109.37

**50-year Return Period**

Station	1day Rainfall (mm)	Proportion	50-year Return Period				R <sub>60</sub> (mm)
			0<T≤4		4<T≤24		
			a	b	a	b	
Santa Cruz Oficina	238.5	1.00 (-)	18,094	131.97	17,899	127.98	94.25
Saavedra	213.2	1.00 (-)	11,062	58.67	17,243	225.57	93.22
Santa Cruz Trompio	238.5	1.00 (SC Oficina)	18,094	131.97	17,899	127.98	94.25
Okinawa 2	220.1	1.03 (Saavedra)	11,394	58.67	17,760	225.57	96.01
C.S. de Yapacani	292.2	1.37 (Saavedra)	15,155	58.67	23,623	225.57	127.71

NOTE: Rainfall Intensity Formula is described as

$$I = \frac{b}{T + b} \text{ (mm/hr)}$$

whereby T (minutes)

**TABLA G.2.3 DESCARGA PICO CALCULADA POR EL METODO SCS-UHM**

1 Day Design Rainfall with Initial AMC=2, CN=82

Location	Santa Cruz			Okinawa 2			Saavedra			S. C. Yapacani			
	Return Period	2-year	5-year	10-year	2-year	5-year	10-year	2-year	5-year	10-year	2-year	5-year	10-year
Area (km <sup>2</sup> )	Geological Slope	Discharge (m <sup>3</sup> /s)			Discharge (m <sup>3</sup> /s)			Discharge (m <sup>3</sup> /s)			Discharge (m <sup>3</sup> /s)		
5.0	1/2,000	18.59	29.81	37.32	16.14	25.11	31.15	16.01	24.46	30.17	25.31	37.32	45.22
10.0	1/2,000	31.43	50.12	62.88	27.12	42.52	52.93	26.90	41.40	51.26	42.82	63.54	76.99
15.0	1/2,000	42.01	67.45	84.86	36.66	57.35	71.37	36.35	55.82	69.11	57.81	85.75	103.87
20.0	1/2,000	51.28	83.25	104.97	45.41	70.88	88.10	45.02	69.00	85.32	71.55	105.85	128.22

**TABLA G.2.4 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA MEDIANTE LA FORMULA RACIONAL RETROCALCULADA POR**

**EL MODELO SCS-UHM**

Location	Santa Cruz			Okinawa 2			Saavedra			S. C. Yapacani			
	Return Period	2-year	5-year	10-year	2-year	5-year	10-year	2-year	5-year	10-year	2-year	5-year	10-year
Area (km <sup>2</sup> )	Geological Slope	Runoff Coefficient (f)			Runoff Coefficient (f)			Runoff Coefficient (f)			Runoff Coefficient (f)		
5.0	1/2,000	0.38	0.46	0.49	0.39	0.45	0.48	0.39	0.44	0.47	0.45	0.49	0.51
10.0	1/2,000	0.36	0.44	0.48	0.39	0.45	0.48	0.39	0.45	0.48	0.45	0.50	0.52
15.0	1/2,000	0.35	0.43	0.47	0.39	0.45	0.49	0.38	0.45	0.48	0.45	0.50	0.53
20.0	1/2,000	0.34	0.43	0.46	0.39	0.46	0.49	0.39	0.45	0.48	0.45	0.51	0.53
Average for Station		0.42			0.44			0.44			0.49		
Grand Average		0.45											

**TABLA G.2.5 DESCARGA PICO ESTIMADA MEDIANTE EL MÉTODO DE LA FORMULA RACIONAL (1)**

Saavedra		CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
Area (km <sup>2</sup> )		5.00	10.00	15.00	20.00
Geological Slope		1/2,000	1/2,000	1/2,000	1/2,000
HL (km)		2.24	3.16	3.87	4.47
LagTime(hrs) by USBR		2.30	3.00	3.51	3.92
Rainfall Intensity		a	b	(mm/hr)	(mm/hr)
2-year period		6292.25	89.00	27.72	23.39
5-year period		7778.06	72.63	36.93	30.79
10-year period		8790.79	66.56	42.97	35.65
Unit Areal Discharge		f	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
2-year period		0.50	3.85	3.25	2.92
5-year period		0.50	5.13	4.28	3.81
10-year period		0.50	5.97	4.95	4.41
Peak Discharge		(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
2-year period		19.25	32.50	43.80	54.00
5-year period		25.65	42.80	57.15	70.20
10-year period		29.85	49.50	66.15	81.00
Santa Cruz		CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
Area (km <sup>2</sup> )		5.00	10.00	15.00	20.00
Geological Slope		1/2,000	1/2,000	1/2,000	1/2,000
HL (km)		2.24	3.16	3.87	4.47
LagTime(hrs) by USBR		2.30	3.00	3.51	3.92
Rainfall Intensity		a	b	(mm/hr)	(mm/hr)
2-year period (mm/hr)		9463.00	142.63	33.72	29.33
5-year period (mm/hr)		12240.00	137.66	44.40	38.53
10-year period (mm/hr)		14079.00	135.44	51.49	44.63
Unit Areal Discharge		f	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
2-year period (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )		0.50	4.68	4.07	3.72
5-year period (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )		0.50	6.17	5.35	4.88
10-year period (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )		0.50	7.15	6.20	5.65
Peak Discharge		(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)
2-year period (m <sup>3</sup> /s)		23.40	40.70	55.80	69.60
5-year period (m <sup>3</sup> /s)		30.85	53.50	73.20	91.20
10-year period (m <sup>3</sup> /s)		35.75	62.00	84.75	105.60

Lag Time :  $T_L = \left( 11.9 \times \frac{H_L^3}{h} \right)^{0.385}$

Unit Area Discharge :  $q_P = \frac{1}{3.6} \times f_C \times I$

Rainfall Intensity :  $I = \frac{a}{T_L \times 60 + b}$

Peak Discharge :  $Q_P = \frac{1}{3.6} \times f_C \times I \times A$



**TABLA G.2.5 DESCARGA PICO ESTIMADA MEDIANTE EL METODO DE LA FORMULA RACIONAL (2)**

Okinawa 2		CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	
Area (km <sup>2</sup> )		5.00	10.00	15.00	20.00	
Geological Slope		1/2,000	1/2,000	1/2,000	1/2,000	
HL (km)		2.24	3.16	3.87	4.47	
LagTime(hrs) by USBR		2.30	3.00	3.51	3.92	
Rainfall Intensity	a	b	(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)
2-year period (mm/hr)	6292.00	89.00	27.72	23.39	21.00	19.41
5-year period (mm/hr)	7934.00	72.63	37.67	31.41	28.01	25.77
10-year period (mm/hr)	8967.00	66.56	43.84	36.37	32.35	29.72
Unit Areal Discharge	f	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	
2-year period (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	0.50	3.85	3.25	2.92	2.70	
5-year period (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	0.50	5.23	4.36	3.89	3.58	
10-year period (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	0.50	6.09	5.05	4.49	4.13	
Peak Discharge		(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	
2-year period (m <sup>3</sup> /s)		19.25	32.50	43.80	54.00	
5-year period (m <sup>3</sup> /s)		26.15	43.60	58.35	71.60	
10-year period (m <sup>3</sup> /s)		30.45	50.50	67.35	82.60	
Yapacani		CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	
Area (km <sup>2</sup> )		5.00	10.00	15.00	20.00	
Geological Slope		1/2,000	1/2,000	1/2,000	1/2,000	
HL (km)		2.24	3.16	3.87	4.47	
LagTime(hrs) by USBR		2.30	3.00	3.51	3.92	
Rainfall Intensity	a	b	(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)
2-year period (mm/hr)	8557.00	89.00	37.70	31.81	28.56	26.39
5-year period (mm/hr)	10656.00	72.63	50.59	42.18	37.62	34.62
10-year period (mm/hr)	12044.00	66.56	58.88	48.85	43.46	39.91
Unit Areal Discharge	f	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	
2-year period (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	0.50	5.24	4.42	3.97	3.67	
5-year period (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	0.50	7.03	5.86	5.23	4.81	
10-year period (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	0.50	8.18	6.78	6.04	5.54	
Peak Discharge		(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	
2-year period (m <sup>3</sup> /s)		26.20	44.20	59.55	73.40	
5-year period (m <sup>3</sup> /s)		35.15	58.60	78.45	96.20	
10-year period (m <sup>3</sup> /s)		40.90	67.80	90.60	110.80	

Lag Time :  $T_L = \left( 11.9 \times \frac{H_L^3}{h} \right)^{0.385}$

Unit Area Discharge :  $q_p = \frac{1}{3.6} \times f_c \times I$

Rainfall Intensity :  $I = \frac{a}{T_L \times 60 + b}$

Peak Discharge :  $Q_p = \frac{1}{3.6} \times f_c \times I \times A$

TABLE G.2.6 CARACTERISTICA DEL AREA DE CAPTACION Y NUMERO DE CURVA SCS (1) : SAN JUAN AREA

River	Area Code	Acreage (km <sup>2</sup> )	Course Length (km)	Geographical Slope (%)	Ground Condition (Average %)						SCS Curve Number(CN)	USRD method Lag Time (hr)	Velocity (m/sec)	SCS method Lag Time (hr)	Velocity (m/sec)
					Hydraulic Soil Cultivated	Hydraulic Soil Pasture	Forest	Forest	Hydraulic Soil Cultivated	Hydraulic Soil Pasture					
Yapacanicito	R_Y1_1	66.8	10.3	0.050	83.0	80.0	73.5	86.0	84.5	80.0	7.5	0.38	25.70	0.121	
	R_Y1_2	98.4	19.6	0.050	12.5	12.5	25.0	12.5	12.5	25.0	12.2	0.44	39.65	0.137	
	R_Y1_3_1	32.8	3.5	0.050	30.0	10.0	10.0	30.0	10.0	10.0	3.2	0.30	9.24	0.105	
	R_Y1_3_2	21.1	2.4	0.125	30.0	10.0	10.0	30.0	10.0	10.0	1.7	0.39	4.32	0.154	
	R_Y1_3_3	42.0	13.8	0.125	30.0	10.0	10.0	30.0	10.0	10.0	6.6	0.58	17.52	0.219	
Subtotal	R_Y1_3	95.9	19.7	0.112							9.0	0.61	24.64	0.222	
Subtotal	R_Y1_4_1	8.3	2.5	0.200	30.0	10.0	10.0	30.0	10.0	10.0	1.5	0.47	3.55	0.197	
	R_Y1_4_2	10.0	2.5	0.200	30.0	10.0	10.0	30.0	10.0	10.0	1.5	0.47	3.55	0.197	
	R_Y1_4_3	8.9	2.1	0.200	30.0	10.0	10.0	30.0	10.0	10.0	1.3	0.45	3.07	0.190	
	R_Y1_4_4	4.3	1.5	0.200	30.0	10.0	10.0	30.0	10.0	10.0	1.0	0.42	2.35	0.178	
	R_Y1_4_5	3.4	3.2	0.200	30.0	10.0	10.0	30.0	10.0	10.0	1.8	0.50	4.30	0.207	
Subtotal	R_Y1_4	34.9	11.8	0.200							4.9	0.67	12.22	0.268	
Subtotal	R_Y2_1	62.8	19.4	0.050	20.0	10.0	20.0	20.0	10.0	20.0	12.1	0.44	38.24	0.141	
	R_Y2_2_1	10.5	4.2	0.083	30.0	10.0	10.0	30.0	10.0	10.0	3.1	0.38	8.50	0.141	
	R_Y2_2_2	1.4	2.3	0.083	30.0	10.0	10.0	30.0	10.0	10.0	1.9	0.33	5.13	0.125	
	R_Y2_2	11.9	6.5	0.083							4.5	0.42	12.12	0.149	
Subtotal Yapacanicito		370.7													
Jochi	R_J_1	41.6	13.6	0.070	7.5	7.5	35.0	7.5	7.5	35.0	8.1	0.47	26.06	0.145	
	R_J_2	11.8	2.1	0.070	15.0	10.0	25.0	15.0	10.0	25.0	1.9	0.30	5.59	0.104	
	R_J_3_1	5.3	2.6	0.070	20.0	10.0	20.0	20.0	10.0	20.0	2.3	0.32	6.47	0.112	
	R_J_3_2	6.3	2.5	0.070	20.0	10.0	20.0	20.0	10.0	20.0	2.2	0.32	6.27	0.111	
	R_J_3_3	64.7	21.0	0.115	25.0	10.0	15.0	25.0	10.0	15.0	9.4	0.62	26.21	0.223	
Subtotal	R_J_3	76.3	26.1	0.106							11.4	0.63	32.57	0.223	
Subtotal	R_J_4	18.3	5.0	0.120	25.0	10.0	15.0	25.0	10.0	15.0	3.1	0.46	8.14	0.171	
	Jochi	148.0													
Tacuaral	R_T_1	38.2	10.2	0.050	7.5	7.5	35.0	7.5	7.5	35.0	7.4	0.38	24.50	0.116	
	R_T_2	88.2	26.0	0.100	15.0	10.0	25.0	15.0	10.0	25.0	11.7	0.62	35.03	0.206	
	R_T_3_1	10.0	4.7	0.110	15.0	10.0	25.0	15.0	10.0	25.0	3.0	0.43	8.50	0.154	
	R_T_3_2	67.0	19.8	0.110	15.0	20.0	15.0	15.0	20.0	15.0	9.1	0.60	25.94	0.212	
	R_T_3	77.0	24.5	0.110							10.7	0.63	31.75	0.214	
Subtotal	R_T_4	49.4	13.2	0.200	10.0	20.0	20.0	10.0	20.0	20.0	5.3	0.69	14.25	0.257	
Subtotal Tacuaral		252.8													
Tejerna	R_TJ	43.6	17.0	0.180	25.0	10.0	15.0	25.0	10.0	15.0	6.7	0.70	17.69	0.267	

**TABLA G.2.6 CARACTERISTICA DEL AREA DE CAPTACION Y NUMERO DE CURVA SCS (2)  
: CHANE-PAILON-OKINAWA AREA**

Sub-catchment	Area		Main Stream		Average		Ground Condition (Acreage %)				SCS Curve		USRD method		SCS method	
	Length (km <sup>2</sup> )	Point (El. m)	Hydraulic townstream		Slope (%)	Hydraulic Soil Group C		Hydraulic Soil Group D		Forest Number(CN)	Lag Time (hr)	Velocity (m/sec)	Lag Time (hr)	Velocity (m/sec)		
			Point (El. m)	Point (El. m)		Forest	Pasture	Forest	Pasture						Forest	Pasture
A-1	65.35	225	233	233	0.080	5.0	20.0	45.0	5.0	20.0	82	7.2	0.48	20.7	0.168	
A-2	198.68	22000	239	239	0.027	25.0	15.0	25.0	10.0	15.0	82	16.9	0.36	55.9	0.109	
A-3	164.7	23000	239	255	0.070	30.0	15.0	30.0	5.0	15.0	82	12.2	0.52	36.0	0.178	
A-4	60.08	4000	255	258	0.071	25.0	15.0	25.0	10.0	15.0	82	3.3	0.36	9.2	0.127	
A-5	15.8	4000	258	260	0.050	30.0	15.0	30.0	5.0	15.0	82	3.6	0.31	10.5	0.106	
A-6	211.87	22000	260	293	0.150	25.0	15.0	35.0	5.0	15.0	82	8.8	0.70	23.5	0.260	
A-7	112.68	28000	260	313	0.189	20.0	15.0	30.0	10.0	15.0	82	9.6	0.81	25.6	0.304	
A-8	270.08	39000	313	400	0.223	17.5	10.0	27.5	17.5	10.0	82	11.7	0.93	30.3	0.358	
A-9	141.89	32000	313	385	0.225	17.5	10.0	27.5	17.5	10.0	82	10.0	0.89	25.7	0.345	
A-10	66.14	28000	258	318	0.214	17.5	10.0	27.5	17.5	10.0	82	9.2	0.85	23.7	0.328	
A-11	275.46	42000	258	355	0.231	17.5	10.0	27.5	17.5	10.0	82	12.2	0.96	31.6	0.369	
B-1	6.72	2500	233	235	0.080	12.5	20.0	22.5	12.5	20.0	81	2.1	0.35	5.9	0.118	
B-2	153.49	32000	235	276	0.128	20.0	15.0	20.0	15.0	15.0	82	12.4	0.72	35.0	0.254	
B-3	64.04	16000	276	310	0.215	20.0	10.0	20.0	20.0	10.0	82	6.0	0.74	15.3	0.290	
C-1	3.18	4000	239	245	0.150	10.0	20.0	30.0	10.0	20.0	81	2.4	0.47	6.2	0.180	
C-2	35.05	14500	245	265	0.138	20.0	10.0	20.0	20.0	10.0	82	6.6	0.61	17.6	0.229	
C-3	197.4	40000	265	355	0.225	20.0	10.0	20.0	20.0	10.0	82	11.9	0.94	31.0	0.358	
C-4	38.77	11500	245	261	0.139	20.0	10.0	20.0	20.0	10.0	82	5.5	0.58	14.6	0.219	
C-5	11.36	4500	261	267	0.133	20.0	10.0	20.0	20.0	10.0	82	2.7	0.46	7.0	0.178	
C-6	121.16	28000	267	355	0.245	20.0	10.0	20.0	20.0	10.0	82	8.8	0.89	22.5	0.346	
C-7	23.93	7000	261	274	0.136	20.0	10.0	20.0	20.0	10.0	82	3.3	0.58	8.5	0.229	
C-8	38.43	21000	274	320	0.219	20.0	10.0	20.0	20.0	10.0	82	7.3	0.80	18.8	0.310	
D-1	244.82	33000	293	355	0.188	20.0	10.0	40.0	10.0	10.0	83	11.0	0.85	28.4	0.323	
E-1	105.9	24300	232	251	0.078	35.0	7.5	35.0	7.5	7.5	83	12.2	0.56	34.3	0.197	
E-2	69.70	13700	251	270	0.139	35.0	7.5	35.0	7.5	7.5	83	6.3	0.61	16.3	0.234	

**TABLA G.3.1 DESCARGA DE DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE DE SAN JUAN**

2-Year Return Period

	km9.00	km11.00	km13.00	km15.00	km17.00	km24.00	km28.00
$T_L = \left(119 \times \frac{H_L^3}{h}\right)^{0.385}$ (hrs $H_L$ : miles h: feet)							
$H_L$ : (km)	3.00	3.00	4.00	4.20	4.50	1.50	5.00
h: (m)	2.00	2.00	2.67	2.80	3.00	1.00	3.30
$T_L$ : (hrs)	2.50	2.50	3.00	3.50	3.50	1.50	4.00
$I = \frac{a}{T_L + b}$ (mm/hr $T_L$ : minutes)							
a:	8,557	8,557	8,557	8,557	8,557	8,557	8,557
b:	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00	89.00
I: (mm/hr)	35.80	35.80	31.81	28.62	28.62	47.80	26.01
$Q_p = \frac{1}{3.6} \times I_c \times I \times A$ ( $m^3/s$ I: mm/hr A: $km^2$ )							
$I_c$ :	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
A: ( $km^2$ )	3.00	5.00	9.50	9.50	8.00	2.00	13.50
$Q_p$ : ( $m^3/s$ )	14.92	24.86	41.97	37.76	31.80	13.28	48.77

5-Year Return Period

	km9.00	km11.00	km13.00	km15.00	km17.00	km24.00	km28.00
$T_L = \left(119 \times \frac{H_L^3}{h}\right)^{0.385}$ (hrs $H_L$ : miles h: feet)							
$H_L$ : (km)	3.00	3.00	4.00	4.20	4.50	1.50	5.00
h: (m)	2.00	2.00	2.67	2.80	3.00	1.00	3.30
$T_L$ : (hrs)	2.50	2.50	3.00	3.50	3.50	1.50	4.00
$I = \frac{a}{T_L + b}$ (mm/hr $T_L$ : minutes)							
a:	10,656	10,656	10,656	10,656	10,656	10,656	10,656
b:	72.63	72.63	72.63	72.63	72.63	72.63	72.63
I: (mm/hr)	47.86	47.86	42.18	37.70	37.70	65.52	34.09
$Q_p = \frac{1}{3.6} \times I_c \times I \times A$ ( $m^3/s$ I: mm/hr A: $km^2$ )							
$I_c$ :	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
A: ( $km^2$ )	3.00	5.00	9.50	9.50	8.00	2.00	13.50
$Q_p$ : ( $m^3/s$ )	19.94	33.24	55.65	49.74	41.89	18.20	63.92

10-Year Return Period

	km9.00	km11.00	km13.00	km15.00	km17.00	km24.00	km28.00
$T_L = \left(119 \times \frac{H_L^3}{h}\right)^{0.385}$ (hrs $H_L$ : miles h: feet)							
$H_L$ : (km)	3.00	3.00	4.00	4.20	4.50	1.50	5.00
h: (m)	2.00	2.00	2.67	2.80	3.00	1.00	3.33
$T_L$ : (hrs)	2.50	2.50	3.00	3.50	3.50	1.50	4.00
$I = \frac{a}{T_L + b}$ (mm/hr $T_L$ : minutes)							
a:	12,044	12,044	12,044	12,044	12,044	12,044	12,044
b:	66.56	66.56	66.56	66.56	66.56	66.56	66.56
I: (mm/hr)	55.62	55.62	48.85	43.55	43.55	76.93	39.29
$Q_p = \frac{1}{3.6} \times I_c \times I \times A$ ( $m^3/s$ I: mm/hr A: $km^2$ )							
$I_c$ :	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
A: ( $km^2$ )	3.00	5.00	9.50	9.50	8.00	2.00	13.50
$Q_p$ : ( $m^3/s$ )	23.18	38.63	64.45	57.46	48.39	21.37	73.67

**TABLA G.3.1 DESCARGA DE DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE DE SAN JUAN**

20-Year Return Period							
	km9.00	km11.00	km13.00	km15.00	km17.00	km24.00	km28.00
$T_L = \left(11.9 \times \frac{H_L^2}{h}\right)^{0.385}$ (hrs $H_L$ : miles $h$ : feet)							
$H_L$ : (km)	3.00	3.00	4.00	4.20	4.50	1.50	5.00
$h$ : (m)	2.00	2.00	2.67	2.80	3.00	1.00	3.33
$T_L$ : (hrs)	2.50	2.50	3.00	3.50	3.50	1.50	4.00
$I = \frac{a}{T_L + b}$ (mm/hr $T_L$ : minutes)							
$a$ :	13.396	13.396	13.396	13.396	13.396	13.396	13.396
$b$ :	62.48	62.48	62.48	62.48	62.48	62.48	62.48
$I$ : (mm/hr)	63.05	63.05	55.25	49.16	49.16	87.85	44.29
$Q_p = \frac{1}{3.6} \times I_c \times I \times A$ ( $m^3/s$ $I$ : mm/hr $A$ : $km^2$ )							
$I_c$ :	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
$A$ : ( $km^2$ )	3.00	5.00	9.50	9.50	8.00	2.00	13.50
$Q_p$ : ( $m^3/s$ )	26.27	43.78	72.90	64.86	54.62	24.40	83.04
50-Year Return Period							
	km9.00	km11.00	km13.00	km15.00	km17.00	km24.00	km28.00
$T_L = \left(11.9 \times \frac{H_L^2}{h}\right)^{0.385}$ (hrs $H_L$ : miles $h$ : feet)							
$H_L$ : (km)	3.00	3.00	4.00	4.20	4.50	1.50	5.00
$h$ : (m)	2.00	2.00	2.67	2.80	3.00	1.00	3.33
$T_L$ : (hrs)	2.50	2.50	3.00	3.50	3.50	1.50	4.00
$I = \frac{a}{T_L + b}$ (mm/hr $T_L$ : minutes)							
$a$ :	15.155	15.155	15.155	15.155	15.155	15.155	15.155
$b$ :	58.67	58.67	58.67	58.67	58.67	58.67	58.67
$I$ : (mm/hr)	72.63	72.63	63.50	56.41	56.41	101.94	50.74
$Q_p = \frac{1}{3.6} \times I_c \times I \times A$ ( $m^3/s$ $I$ : mm/hr $A$ : $km^2$ )							
$I_c$ :	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
$A$ : ( $km^2$ )	3.00	5.00	9.50	9.50	8.00	2.00	13.50
$Q_p$ : ( $m^3/s$ )	30.26	50.44	83.78	74.43	62.68	28.32	95.14

TABLE G.3.2 CONDICION HIDRAULICA DEL CANAL DE DRENAJE PRINCIPAL EXISTENTE DE SAN JUAN



Case Section	Cross Section Data				2-Year Flood			5-Year Flood			10-Year Flood			
	Slope	W (m)	S	H (m)	Q <sub>capacity</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)
km09.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	14.92	2.31	none	19.94	2.65	none	23.18	2.83	none
km11.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	24.86	2.94	none	33.24	3.34	0.34	38.63	3.56	0.56
km13.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	41.97	3.73	0.73	55.65	4.14	1.14	64.45	4.40	1.40
km15.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	37.76	3.56	0.56	49.74	3.96	0.96	57.46	4.20	1.20
km17.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	31.80	3.29	0.29	41.89	3.68	0.68	48.39	3.91	0.91
km24.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	13.28	2.19	none	18.20	2.54	none	21.37	2.73	none
km28.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	48.77	3.99	0.99	63.92	4.39	1.39	73.67	4.65	1.65

Case Section	Cross Section Data				20-Year Flood			50-Year Flood			
	Slope	W (m)	S	H (m)	Q <sub>capacity</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)
km09.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	26.27	2.99	none	30.26	3.18	0.18
km11.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	43.78	3.75	0.75	50.44	3.98	0.98
km13.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	72.90	4.63	1.63	83.78	4.89	1.89
km15.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	64.86	4.41	1.41	74.43	4.67	1.67
km17.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	54.62	4.11	1.11	62.68	4.35	1.35
km24.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	24.40	2.89	none	28.32	3.09	0.09
km28.00	1/1,500	11.00	1/1.0	3.00	26.00	83.04	4.88	1.88	95.14	5.15	2.15

**TABLA G.3.3 CONDICION HIDRAULICA DE LA MEJORA PROPUESTA EN LA ALTERNATIVA I DEL CANAL DE DRENAJE PRINCIPAL DE SAN JUAN**

V.V.2  
1.60

Canal	Return Period	Q <sub>diversion</sub> (m <sup>3</sup> /s)	i	Water Depth			Cross Section Dimension				Discharge of Canal				Discharge of Wier		
				Depth (m)	Over Top (m)	W	B	D	S	L	A	R	Q <sub>canal</sub> (m <sup>3</sup> /s)	B	Z	Q <sub>wier</sub> (m <sup>3</sup> /s)	
km 15.00	2 - year	41.97	1/1.500	2.97	none	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.40	23.66	1.77	29.76	8.00	2.00	12.21	
	5 - year	55.65	1/1.500	3.27	0.27	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	27.15	2.01	37.26	8.00	2.00	18.39	
	10 - year	64.45	1/1.500	3.44	0.44	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	29.28	2.17	42.24	8.00	2.00	22.21	
	20 - year	72.90	1/1.500	3.60	0.60	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	31.26	2.32	47.11	8.00	2.00	25.79	
	50 - year	83.78	1/1.500	3.78	0.78	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	33.73	2.50	53.50	8.00	2.00	30.28	
km 15.00	2 - year	37.76	1/1.500	2.95	none	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.33	25.42	1.76	29.34	14.00	2.00	20.64	
	5 - year	49.74	1/1.500	3.25	0.25	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	26.91	2.00	36.71	14.00	2.00	31.42	
	10 - year	57.46	1/1.500	3.42	0.42	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	29.02	2.15	41.62	14.00	2.00	38.04	
	20 - year	64.86	1/1.500	3.57	0.57	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	30.97	2.30	46.41	14.00	2.00	44.24	
	50 - year	74.43	1/1.500	3.75	0.75	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	33.43	2.48	52.69	14.00	2.00	52.02	
km 17.00	2 - year	31.80	1/1.500	2.97	none	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.39	23.62	1.76	29.68	15.00	2.00	22.76	
	5 - year	41.89	1/1.500	3.30	0.30	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	27.43	2.03	37.90	15.00	2.00	35.41	
	10 - year	48.59	1/1.500	3.48	0.48	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	29.72	2.20	43.31	15.00	2.00	43.15	
	20 - year	54.62	1/1.500	3.64	0.64	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	31.85	2.36	48.56	15.00	2.00	50.50	
	50 - year	62.68	1/1.500	3.83	0.83	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	34.46	2.56	55.44	15.00	2.00	59.26	
km 28.00	2 - year	48.77	1/1.500	2.98	none	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.44	23.82	1.77	30.03	12.00	2.00	18.74	
	5 - year	63.92	1/1.500	3.26	0.26	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	26.97	2.00	36.84	12.00	2.00	27.08	
	10 - year	73.67	1/1.500	3.41	0.41	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	28.91	2.14	41.56	12.00	2.00	32.51	
	20 - year	83.04	1/1.500	3.56	0.56	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	30.73	2.28	45.79	12.00	2.00	37.25	
	50 - year	95.14	1/1.500	3.72	0.72	11.00	5.00	3.00	1/1.0	13.49	33.03	2.45	51.64	12.00	2.00	43.50	

\*: Discharge capacity of canal is estimated by Manning Formula where assumed flow area is applied to the area above ground elevation.

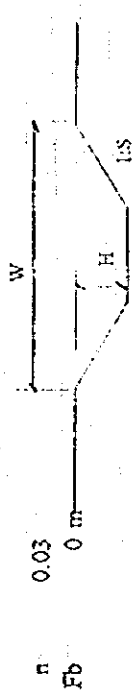
$$Q_{canal} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 \times R^2 \times A$$

\*\* : Discharge capacity of diversion wier is estimated by Wier Formula shown below.

$$Q_{wier} = C \times B \times H^3$$

\*\*\* : Diversion balance of canal and wier is estimated as to be  $Q_{canal} = Q_{diversion} = Q_{canal} + Q_{wier}$  where same water level is applied.

**TABLA G.3.4 CONDICION HIDRAULICA DE LA MEJORA PROPUESTA EN LA ALTERNATIVA 2 DEL CANAL DE DRENAJE PRINCIPAL DE SAN JUAN**



\* : Roughness coefficient of 0.030 is applied.

\*\* : Q<sub>PEAK</sub> for each flood is estimated in Hydro Dynamic Model.

\*\*\*: Assumed flow area is applied for the area above ground level.

Canal	Slope	Cross Section Data					2-Year Flood			5-Year Flood			10-Year Flood		
		W (m)	S	H (m)	Q <sub>discharge</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	
km09.00	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	36.32	14.92	2.04	none	19.94	2.32	none	23.18	2.47	none	
km11.00	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	36.32	24.86	2.55	none	33.24	2.89	none	38.63	3.07	0.07	
km13.00	1/1,500	16.00	1/1.5	3.00	46.13	41.97	2.88	none	55.65	3.25	0.25	64.45	3.46	0.46	
km15.00	1/1,500	15.00	1/1.5	3.00	41.20	37.76	2.89	none	49.74	3.25	0.25	57.46	3.44	0.44	
km17.00	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	36.32	31.80	2.84	none	41.89	3.18	0.18	48.39	3.37	0.37	
km24.00	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	36.32	13.28	1.94	none	18.20	2.23	none	21.37	2.39	none	
km28.00	1/1,500	18.00	1/1.5	3.00	56.14	48.77	2.81	none	63.92	3.18	0.18	73.67	3.39	0.39	

Canal	Slope	Cross Section Data					20-Year Flood			50-Year Flood		
		W (m)	S	H (m)	Q <sub>discharge</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	
km09.00	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	36.32	26.27	2.61	none	30.26	2.76	none	
km11.00	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	36.32	45.78	3.23	0.23	50.44	3.42	0.42	
km13.00	1/1,500	16.00	1/1.5	3.00	46.13	72.90	3.64	0.64	83.78	3.86	0.86	
km15.00	1/1,500	15.00	1/1.5	3.00	41.20	64.86	3.62	0.62	74.43	3.83	0.83	
km17.00	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	36.32	54.62	3.53	0.53	62.68	3.73	0.73	
km24.00	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	36.32	24.40	2.52	none	28.32	2.69	none	
km28.00	1/1,500	18.00	1/1.5	3.00	56.14	85.04	3.57	0.57	95.14	3.79	0.79	



**TABLA G.3.5 DESCARGA DE DISEÑO DEL ARROYO TEJERIA**

Section	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Sh (m)	Hc (km)	Lag Time (hrs)	I <sub>12</sub> (mm/hr)	Q <sub>peak 12</sub> (m <sup>3</sup> /s)	I <sub>15</sub> (mm/hr)	Q <sub>peak 15</sub> (m <sup>3</sup> /s)	I <sub>10</sub> (mm/hr)	Q <sub>peak 10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	I <sub>120</sub> (mm/hr)	Q <sub>peak 120</sub> (m <sup>3</sup> /s)	I <sub>150</sub> (mm/hr)	Q <sub>peak 150</sub> (m <sup>3</sup> /s)
A101	43.60	25.00	18.00	7.50	16.59	99.25	22.59	156.80	26.35	159.56	30.11	182.33	34.97	211.76
A103	35.50	18.00	12.50	6.00	19.48	95.51	26.41	129.48	30.68	150.42	34.90	171.11	40.34	197.78
Branch A														
A104	18.60	15.00	8.50	4.00	26.01	67.19	34.09	88.07	39.29	101.50	44.29	114.42	50.74	131.08
Control Structure														
A105	16.60	12.00	7.50	5.50	28.62	65.99	37.70	86.92	43.55	100.41	49.16	113.34	56.41	130.06
Branch B														
A104	11.00	8.00	7.00	4.00	26.01	59.74	34.09	52.08	39.29	60.03	44.29	67.67	50.74	77.52
Control Structure														
A105	6.50	6.00	5.50	3.50	28.62	25.84	37.70	34.03	45.55	39.32	49.16	44.38	56.41	50.95

TABLA G.3.6 CONDICION HIDRAULICA DEL CANAL EXISTENTE DEL ARROYO TEJERIA

Section	Water Level (1/2) (EL m)	Depth (1/2) (m)	Over Top (1/2) (m)	Water Level (1/5) (EL m)	Depth (1/5) (m)	Over Top (1/5) (m)	Water Level (1/10) (EL m)	Depth (1/10) (m)	Over Top (1/10) (m)	Water Level (1/20) (EL m)	Depth (1/20) (m)	Over Top (1/20) (m)	Water Level (1/50) (EL m)	Depth (1/50) (m)	Over Top (1/50) (m)
A101	282.78	2.44	none	283.20	2.86	0.20	283.55	3.01	0.35	283.54	3.20	0.54	283.69	3.55	0.69
A103	289.10	4.00	0.20	289.42	4.32	0.52	289.59	4.49	0.69	289.75	4.65	0.85	289.95	4.84	1.05
Branch A															
A104	292.70	3.93	0.13	292.90	4.13	0.33	293.01	4.24	0.44	293.10	4.34	0.53	293.24	4.47	0.67
Control Structure															
A105	294.56	2.22	0.27	294.75	2.41	0.46	294.86	2.52	0.57	294.89	2.62	0.60	295.09	2.75	0.80
Branch B															
A104	294.84	3.27	none	294.99	3.42	none	295.08	3.51	none	295.14	3.58	none	295.23	3.66	none
Control Structure															
A105	294.84		2.04	294.99		2.19	295.08		2.28	295.14		2.34	295.23		2.43

**TABLA G.3.7 CONDICION HIDRAULICA DE LA MEJORA PROPUESTA DEL ARROYO TEJERIA**



n 0.05  
Fb 0 m

\* : Roughness coefficient of 0.050 is applied.  
 \*\* :  $Q_{PEAK}$  for each flood is estimated in Hydro Dynamic Model.  
 \*\*\*: Assumed flow area is applied for the area above ground level.

Case Section	Slope	Cross Section Data				2-Year Flood			5-Year Flood			10-Year Flood		
		W (m)	S	H (m)	$Q_{capacity}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{PEAK}$ (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	$Q_{PEAK}$ (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	$Q_{PEAK}$ (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)
km4.20	1/900	22.00	1/2.0	4.00	109.80	95.51	3.79	none	129.48	4.26	0.26	150.42	4.51	0.51
Branch A														
km7.50'	1/900	20.00	1/2.0	4.00	90.02	67.19	3.59	none	88.07	3.97	none	101.50	4.18	0.18
km9.50'	1/900	20.00	1/2.0	3.00	73.12	65.99	2.87	none	86.92	3.22	0.22	100.41	3.42	0.42
Branch B														
km6.00	1/400	16.00	1/2.0	3.00	71.85	39.74	2.38	none	52.08	2.65	none	60.03	2.80	none
km7.00	1/2,000	16.00	1/2.0	3.00	32.13	25.84	2.76	none	34.05	3.07	0.07	39.32	3.25	0.23

Case Section	Slope	Cross Section Data				20-Year Flood			50-Year Flood		
		W (m)	S	H (m)	$Q_{capacity}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{PEAK}$ (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	$Q_{PEAK}$ (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)
km4.20	1/900	22.00	1/2.0	4.00	109.80	171.11	4.73	0.73	197.78	4.99	0.99
Branch A											
km7.50'	1/900	20.00	1/2.0	4.00	90.02	114.42	4.36	0.36	131.08	4.57	0.57
km9.50'	1/900	20.00	1/2.0	3.00	73.12	113.34	3.60	0.60	130.06	3.80	0.80
Branch B											
km6.00	1/400	16.00	1/2.0	3.00	71.85	67.67	2.93	none	77.52	3.08	0.08
km7.00	1/2,000	16.00	1/2.0	3.00	32.13	44.38	3.38	0.38	50.93	3.56	0.56

**TABLA G-3.8 CONDICION HIDRAULICA DEL CANAL ACTUAL DEL CANAL DE DRENAJE PRINCIPAL DE OKINAWA MEDIANTE ANALISIS DEL MODELO HD**

River Name	Change (km)	Left Bank (EL m)	Right Bank (EL m)	Bank Height (EL m)	Peak Water Level (m)	Duration (hrs)	Duration (days)	Inundation Depth(m)
<b>2-year Flood</b>								
Okinawa DM	0.00	250.00	250.00	250.00	250.97	286.0	11.9 more	0.97
	7.00	247.60	247.60	247.60	248.11	127.7	5.3	0.51
	16.00	240.80	240.80	240.80	241.57	266.8	11.1 more	0.77 Average 7.00 - 25.00
	25.00	234.00	234.00	234.00	234.32	104.3	4.3	0.32 0.53m 6.9days
<b>5-year Flood</b>								
Okinawa DM	0.00	250.00	250.00	250.00	251.30	286.0	11.9 more	1.30
	7.00	247.60	247.60	247.60	248.26	205.8	8.6	0.66
	16.00	240.80	240.80	240.80	241.83	269.8	11.2 more	1.03 Average 7.00 - 25.00
	25.00	234.00	234.00	234.00	234.45	160.8	6.7	0.45 0.71m 8.8days
<b>10-year Flood</b>								
Okinawa DM	0.00	250.00	250.00	250.00	251.50	286.0	11.9 more	1.50
	7.00	247.60	247.60	247.60	248.35	227.3	9.5 more	0.75
	16.00	240.80	240.80	240.80	242.00	270.7	11.3 more	1.20 Average 7.00 - 25.00
	25.00	234.00	234.00	234.00	234.52	196.0	8.2	0.52 0.82m 9.6days
<b>20-year Flood</b>								
Okinawa DM	0.00	250.00	250.00	250.00	251.68	286.0	11.9 more	1.68
	7.00	247.60	247.60	247.60	248.45	246.5	10.3 more	0.83
	16.00	240.80	240.80	240.80	242.14	271.2	11.3 more	1.34 Average 7.00 - 25.00
	25.00	234.00	234.00	234.00	234.54	195.7	8.2	0.54 0.90m 9.9days
<b>50-year Flood</b>								
Okinawa DM	0.00	250.00	250.00	250.00	251.90	286.0	11.9 more	1.90
	7.00	247.60	247.60	247.60	248.53	263.8	11.0 more	0.93
	16.00	240.80	240.80	240.80	242.34	271.8	11.3 more	1.54 Average 7.00 - 25.00
	25.00	234.00	234.00	234.00	234.66	227.7	9.5 more	0.66 1.04m 10.6days
<b>1992 Flood</b>								
Okinawa DM	0.00	250.00	250.00	250.00	252.20	318.0	13.3 more	2.20
	7.00	247.60	247.60	247.60	248.61	297.8	12.4 more	1.01
	16.00	240.80	240.80	240.80	242.45	300.5	12.5 more	1.65 Average 7.00 - 25.00
	25.00	234.00	234.00	234.00	234.73	294.7	12.3 more	0.73 1.13m 12.4days

**TABLA G.3.9 CONDICION HIDRAULICA DEL MEJORAMIENTO PROPUESTO DEL CANAL DE DRENAJE  
PRINCIPAL DE OKINAWA MEDIANTE ANALISIS DEL MODELO HD**

River Name	Change (km)	Left Bank (EL.m)	Right Bank (EL.m)	Bank Height (EL.m)	Peak Water Level (m)	Duration (hrs)	Duration (days)	Inundaton Depth(m)
<b>2-year Flood</b>								
Okinawa DM	0.00	250.00	250.00	250.00	250.60	80.5	3.4	0.60
	7.00	247.60	247.60	247.60	247.71	7.2	0.3	0.11
	16.00	240.80	240.80	240.80	240.69	0.0	0.0	none
	25.00	234.00	234.00	234.00	233.75	0.0	0.0	none
								Average 7.00 - 25.00 0.04m 0.1days
<b>5-year Flood</b>								
Okinawa DM	0.00	250.00	250.00	250.00	250.94	107.5	4.5	0.94
	7.00	247.60	247.60	247.60	247.92	15.3	0.6	0.32
	16.00	240.80	240.80	240.80	241.18	14.5	0.6	0.38
	25.00	234.00	234.00	234.00	234.00	1.0	0.0	0.23m 0.4days
								Average 7.00 - 25.00
<b>10-year Flood</b>								
Okinawa DM	0.00	250.00	250.00	250.00	251.13	122.8	5.1	1.13
	7.00	247.60	247.60	247.60	248.00	19.5	0.8	0.40
	16.00	240.80	240.80	240.80	241.36	19.8	0.8	0.56
	25.00	234.00	234.00	234.00	234.13	13.3	0.6	0.13
								Average 7.00 - 25.00 0.36m 0.7days
<b>20-year Flood</b>								
Okinawa DM	0.00	250.00	250.00	250.00	251.31	135.5	5.6	1.31
	7.00	247.60	247.60	247.60	248.05	25.3	1.0	0.45
	16.00	240.80	240.80	240.80	241.49	24.7	1.0	0.69
	25.00	234.00	234.00	234.00	234.24	19.0	0.8	0.24
								Average 7.00 - 25.00 0.46m 0.9days
<b>50-year Flood</b>								
Okinawa DM	0.00	250.00	250.00	250.00	251.53	150.5	6.3	1.53
	7.00	247.60	247.60	247.60	248.12	28.8	1.2	0.52
	16.00	240.80	240.80	240.80	241.64	30.5	1.3	0.84
	25.00	234.00	234.00	234.00	234.33	25.0	1.0	0.33
								Average 7.00 - 25.00 0.56m 1.2days

**TABLA G.3.10 DESCARGA DE DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE DE ANTOFAGASTA, CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE DE CHANE Y CANALES DE DRENAJE PARA CRUZAR LA CARRETERA NACIONAL No. 9**

Section	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	δh (m)	H <sub>t</sub> (km)	Lag Time (hrs)	I <sub>1,2</sub> (mm/hr)	Q <sub>peak 1,2</sub> (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>1,2</sub> (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	I <sub>1,5</sub> (mm/hr)	Q <sub>peak 1,5</sub> (m <sup>3</sup> /s)	q <sub>1,5</sub> (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
<b>Antofagasta Drainage Main</b>										
km 0.00	88.20	26.00	26.00	11.50	11.52	141.12	1.60	16.31	199.80	2.27
km 8.00	60.20	18.00	18.00	9.00	14.15	118.31	1.97	19.74	165.05	2.74
<b>Chane Drainage Main 1</b>										
km 0.00	90.00	36.00	25.00	10.00	9.53	119.13	1.32	13.29	166.13	1.85
km 8.00	58.00	31.00	17.00	6.50	13.48	108.59	1.87	18.25	147.01	2.53
<b>Chane Drainage Main 2</b>										
km 0.00	90.00	23.00	13.50	5.50	15.28	191.00	2.12	20.43	255.38	2.84
km 4.00	46.00	17.00	8.50	4.00	19.12	122.16	2.66	24.88	158.96	3.46
<b>Connecting Channels for JICA/SNC Bridge Project</b>										
El Empalme II	8.90	3.00	3.00	2.00	30.11	37.22	4.18	41.19	50.92	5.72
Chaco	35.30	5.00	4.20	3.50	21.04	103.15	2.92	28.07	137.62	3.90
Rancho Chico						74.20			109.00	
Las Maras	62.40	59.00	29.00	9.50	9.95	86.23	1.38	13.83	119.86	1.92

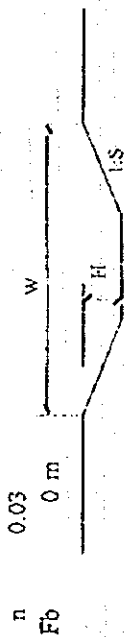
\* : Rainfall intensity of S. C. Yapacani is applied for Antofagasta Drainage Main, of Saavedor for Chane Drainage Mains and Las Maras and of Okinawa II for El Empalme II, Chaco and Rancho Chico.

**TABLA G.3.11 DESCARGA DE DISEÑO DEL CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE DE ANTOFAGASTA, CANAL PRINCIPAL DE DRENAJE DE CHANE Y CANALES DE DRENAJE PARA CRUZAR LA CARRETERA NACIONAL No. 9**



Canal	Slope	Cross Section Data				2-Year Flood			5-Year Flood		
		W (m)	S	H (m)	Q <sub>Capacity</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)
<b>Antofagasta Drainage Main</b>											
km 0.00	1/900	28.00	1/2.0	4.00	171.36	141.12	3.67	none	199.80	4.27	0.27
km 8.00	1/900	25.00	1/2.0	4.00	140.25	118.31	3.73	none	165.05	4.27	0.27
<b>Chane Drainage Main 1</b>											
km 0.00	1/1,600	35.00	1/2.0	3.50	157.32	122.16	3.05	none	158.96	3.59	0.09
km 8.00	1/550	25.00	1/2.0	3.00	135.28	0.00	2.71	none	0.00	3.12	0.12
<b>Chane Drainage Main 2</b>											
km 0.00	1/700	35.00	1/2.0	3.50	237.85	0.00	3.14	none	0.00	3.62	0.12
km 4.00	1/600	25.00	1/2.0	3.00	129.52	0.00	2.92	none	0.00	3.29	0.29
<b>Connecting Channels for JICA/SNC Bridge Project</b>											
El Empalme II	1/1,900	18.00	1/2.0	3.00	41.55	0.00	2.87	none	0.00	3.25	0.25
Chaco	1/1,900	30.00	1/2.0	3.50	114.70	0.00	3.33	none	0.00	3.80	0.50
Rancho Chico	1/1,900	30.00	1/2.0	3.00	95.71	0.00	2.65	none	0.00	3.19	0.19
Las Maras	1/800	25.00	1/2.0	3.00	112.17	0.00	2.65	none	0.00	3.09	0.09

TABLA G.3.12 CONDICION HIDRAULICA DE LOS DRENAJES SECUNDARIOS



Canal	Slope	Cross Section Data					2-Year Flood			5-Year Flood		
		W (m)	S	H (m)	Q <sub>capacity</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>peak</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	Q <sub>peak</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	
<b>OKINAWA/SAAVEDORA</b>												
Section 1	1/2,000	12.00	1/1.5	3.00	23.21	19.25	2.79	none	26.15	3.14	0.14	
Section 2	1/2,000	10.00	1/1.5	2.50	14.28	12.83	2.40	none	17.43	2.69	0.19	
Section 3	1/2,000	8.00	1/1.5	2.00	7.87	6.42	1.85	none	8.72	2.08	0.08	
<b>YAPACANI</b>												
Section 1	1/2,000	14.00	1/1.5	3.00	31.46	26.20	2.78	none	35.13	3.14	0.14	
Section 2	1/2,000	12.00	1/1.5	2.50	20.38	17.47	2.34	none	23.43	2.65	0.15	
Section 3	1/2,000	9.00	1/1.5	2.00	9.96	8.73	1.89	none	11.72	2.13	0.13	



**TABLA G.4.1 DIMENSIONES Y DESCARGA DE DISEÑO DE LOS CANALES PRINCIPALES DE DRENAJE (1)**

Drainage Main	Length (km)	Slope	Proposed Cross Section *			2-Year Flood			5-Year Flood			
			W (m)	S	D (m)	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	
<b>Arroyo Tejeria</b>												
Lower Reach	2.30	1/900	22.00	1/2.0	4.00	95.5	3.79	none	129.5	4.26	0.26	
Branch A	2.00	1/900	20.00	1/2.0	4.00	67.2	3.59	none	88.1	3.97	none	
Branch B	1.00	1/400	16.00	1/2.0	3.00	39.7	2.38	none	52.1	2.65	none	
<b>TOTAL</b>	<b>5.30</b>											
<b>San Juan Drainage Main - Alternative 1</b>												
km13.00	4.00	1/1,500	11.00	1/1.0	5.00	29.8	2.97	none	37.3	3.27	0.27	
Diversion			8.00		1.00	12.2	2.97	none	18.4	3.27	0.27	
km15.00	4.20	1/1,500	11.00	1/1.0	5.00	29.3	2.95	none	36.7	3.25	0.25	
Diversion			14.00		1.00	20.6	2.95	none	31.4	3.25	0.25	
km17.00	4.50	1/1,500	11.00	1/1.0	5.00	29.7	2.97	none	37.9	3.30	0.30	
Diversion			15.00		1.00	22.8	2.97	none	35.4	3.30	0.30	
km28.00	13.50	1/1,500	11.00	1/1.0	5.00	30.0	2.98	none	36.8	3.26	0.26	
Diversion			12.00		1.00	18.7	2.98	none	27.1	3.26	0.26	
<b>TOTAL</b>	<b>26.20</b>											
<b>San Juan Drainage Main - Alternative 2</b>												
km09.00	3.00	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	14.9	2.04	none	19.9	2.32	none	
km11.00	3.00	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	24.9	2.55	none	33.2	2.89	none	
km13.00	4.00	1/1,500	16.00	1/1.5	3.00	42.0	2.88	none	55.7	3.25	0.25	
km15.00	4.20	1/1,500	15.00	1/1.5	3.00	37.8	2.89	none	49.7	3.25	0.25	
km17.00	4.50	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	31.8	2.84	none	41.9	3.18	0.18	
km24.00	2.00	1/1,500	14.00	1/1.5	3.00	15.5	1.94	none	18.2	2.25	none	
km28.00	13.50	1/1,500	18.00	1/1.5	3.00	48.8	2.81	none	63.9	3.18	0.18	
<b>TOTAL</b>	<b>34.20</b>											
<b>Antofagasta Drainage Main</b>												
km 0.00	8.00	1/900	28.00	1/2.0	4.00	141.1	3.67	none	199.8	4.27	0.27	
km 8.00	2.00	1/900	25.00	1/2.0	4.00	118.3	3.75	none	165.0	4.27	0.27	
<b>TOTAL</b>	<b>10.00</b>											

**TABLA G.4.1 DIMENSIONES Y DESCARGA DE DISEÑO DE LOS CANALES PRINCIPALES DE DRENAJE (2)**

Drainage Main	Length (km)	Slope	Proposed Cross Section *			2-Year Flood			5-Year Flood		
			W (m)	S	D (m)	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)
<b>Chane Drainage Main 1</b>											
km 0.00	8.00	1/1,600	35.00	1/2.0	3.50	119.1	3.05	none	166.1	3.59	0.09
km 8.00	5.50	1/550	25.00	1/2.0	3.00	108.6	2.71	none	147.0	3.12	0.12
<b>TOTAL</b>	<b>13.50</b>										
<b>Chane Drainage Main 2</b>											
km 0.00	4.00	1/700	35.00	1/2.0	3.50	191.0	3.14	none	255.4	3.62	0.12
km 4.00	4.00	1/600	25.00	1/2.0	3.00	122.2	2.92	none	159.0	3.29	0.29
<b>TOTAL</b>	<b>8.00</b>										
<b>Okinawa Drainage Main</b>											
km 3.00	13.50	1/1,100	35.00	1/2.0	4.00	197.4	3.78	none	249.4	4.22	0.22
km 16.50	4.50	1/1,400	27.00	1/2.0	3.00	85.5	2.85	none	115.7	3.28	0.28
km 21.00	3.00	1/1,400	16.00	1/1.5	3.00	42.8	2.86	none	57.9	3.26	0.26
<b>TOTAL</b>	<b>21.00</b>							0.60			0.94

\* : Dimension of Canal

Dimension of Diversion Weir



**TABLA G.4.2 DIMENSIONES Y DESCARGA DE DISEÑO DE LOS CANALES DEL PROYECTO DE PUENTES JICA/SNC**

Canal	Length (km)	Slope	Proposed Cross Section *			2-Year Flood			5-Year Flood		
			W (m)	S	D (m)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)	Q <sub>PEAK</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Depth (m)	Over Top (m)
Las Maras	8.00	1/800	25.00	1/2.0	3.00	86.23	2.65	none	119.86	3.09	0.09
Rancho Chico	1.00	1/1.900	30.00	1/2.0	3.00	74.20	2.65	none	109.00	3.19	0.19
Chaco	2.00	1/1.900	30.00	1/2.0	3.50	103.15	3.33	none	137.62	3.80	0.30
El Empalme II	3.50	1/1.900	18.00	1/2.0	3.00	37.22	2.87	none	50.92	3.25	0.25

\* : Dimension

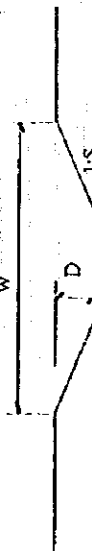


**TABLA G.4.3 DIMENSIONES Y DESCARGA DE DISEÑO DE LOS CANALES DE DRENAJE SECUNDARIO**

Block	Area (km <sup>2</sup> )	Standard Cross Section*				Number of Canal** (canal)	Average Length (km)	Total Length (km)	Related Structure
		Type	W (m)	D (m)	S				
<b>East Part (Chane Pailon)</b>									
Okinawa Drainage Main	147.00	A	12.00	3.00	1/1.5	23	2.00	46.00	BC(A) 3.5x3.0x2***
Rio Pailon	50.00	A	12.00	3.00	1/1.5	8	2.00	16.00	BC(A) 3.5x3.0x2
Chane Drainage Main	144.00	A	12.00	3.00	1/1.5	22	2.00	44.00	BC(A) 3.5x3.0x2
Quebrada Chacras	140.00	A	12.00	3.00	1/1.5	21	2.00	42.00	BC(A) 3.5x3.0x2
<b>West Part (San Juan Antofagasta)</b>									
Arroyo Tejeria	24.00	B	14.00	3.00	1/1.5	4	2.00	7.00	BC(B) 3.0x3.0x3
San Juan - Yapacanico	91.00	B	14.00	3.00	1/1.5	14	2.00	27.00	BC(B) 3.0x3.0x3
Antofagasta	97.00	B	14.00	3.00	1/1.5	15	2.00	30.00	BC(B) 3.0x3.0x3
<b>Summary</b>									
Canal Type A								148.00	
Canal Type B								64.00	
Box Culvert Type A									3.5m x 3.0m x2
Box Culvert Type B									3.0m x 3.0m x3

\* : Canal Dimension :

\*\* : Canal Numbr = Area Total x 75% / Unit Area (5.0km<sup>2</sup>)



\*\*\* : Box Culvert Dimension : w(m) x h(m) x n(pcs)

**FIGURAS**

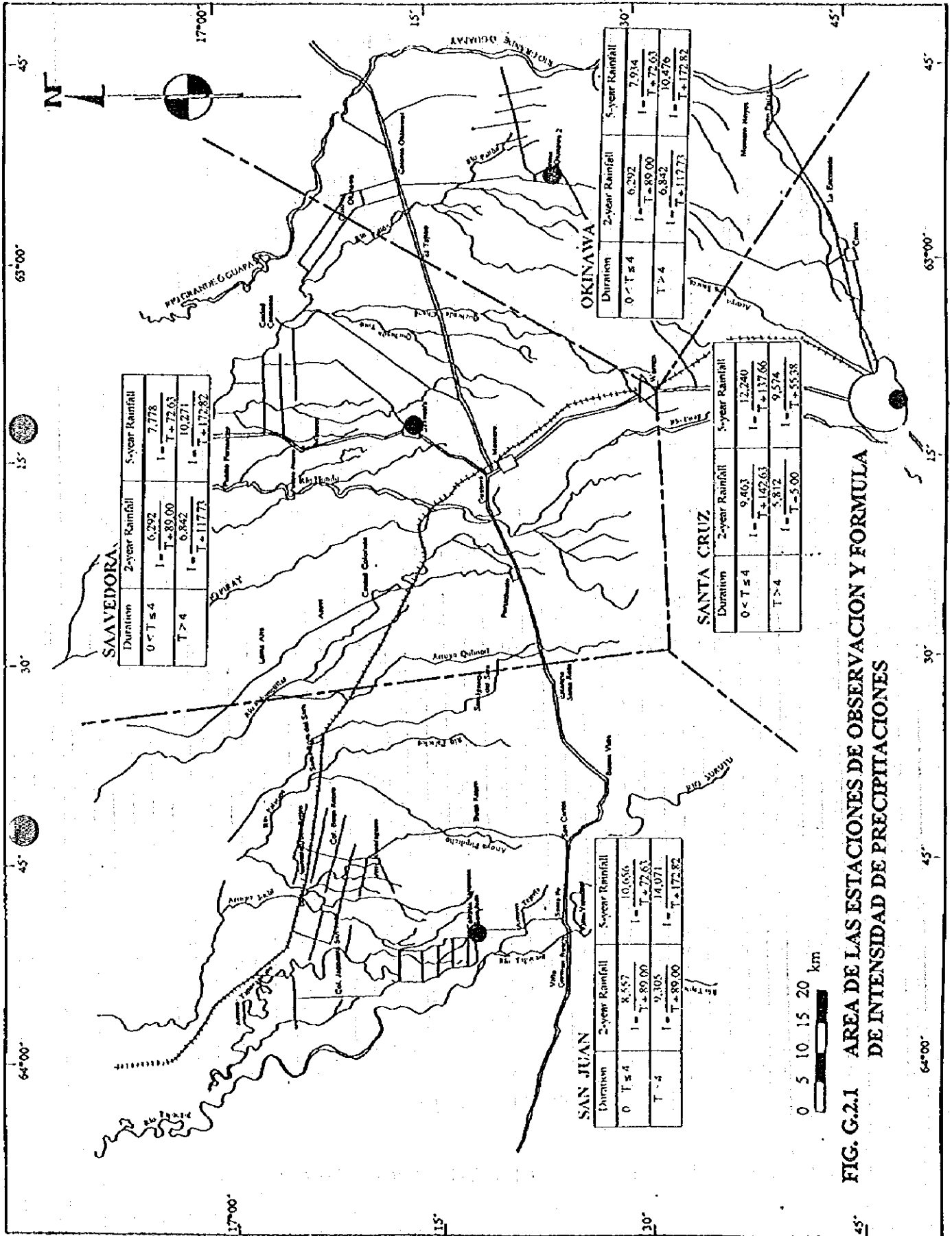
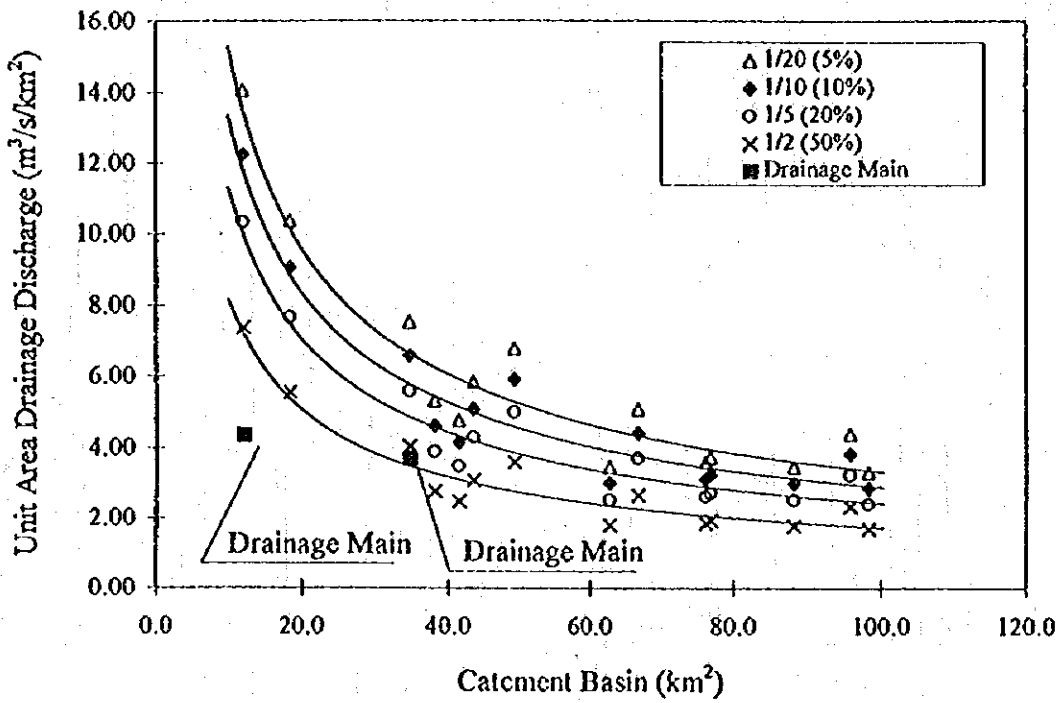


FIG. G.2.1 AREA DE LAS ESTACIONES DE OBSERVACION Y FORMULA DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIONES

### Yapacani Unit Area Drainage Discharge



### Chane-Okinawa Unit Area Drainage Discharge

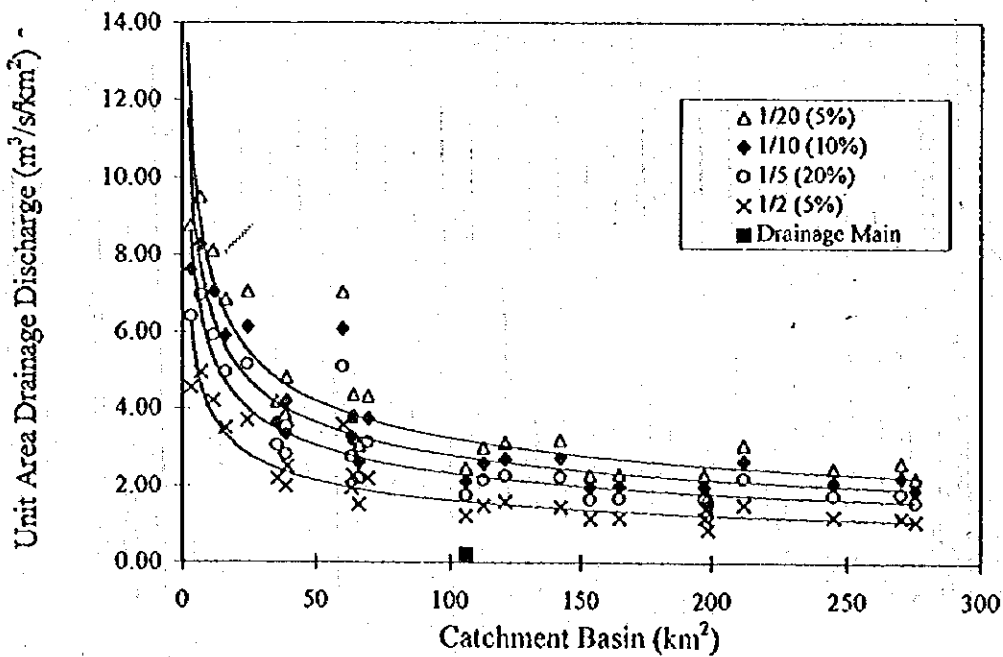
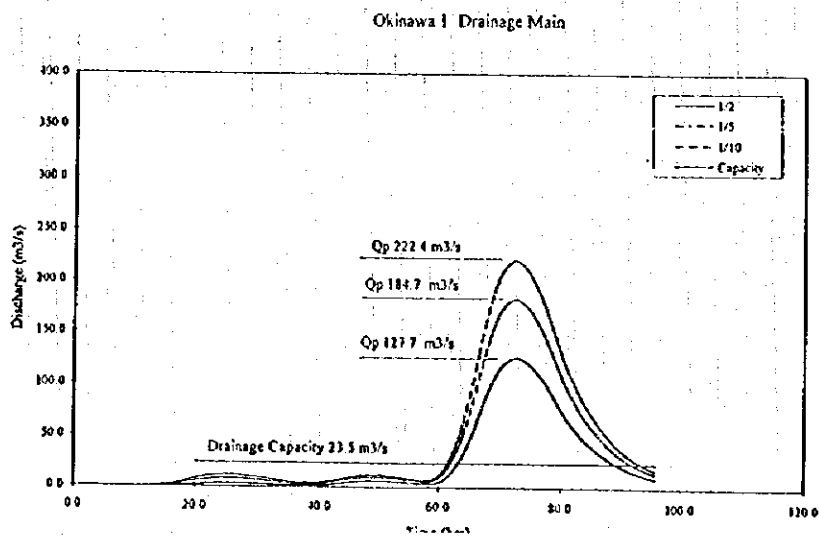
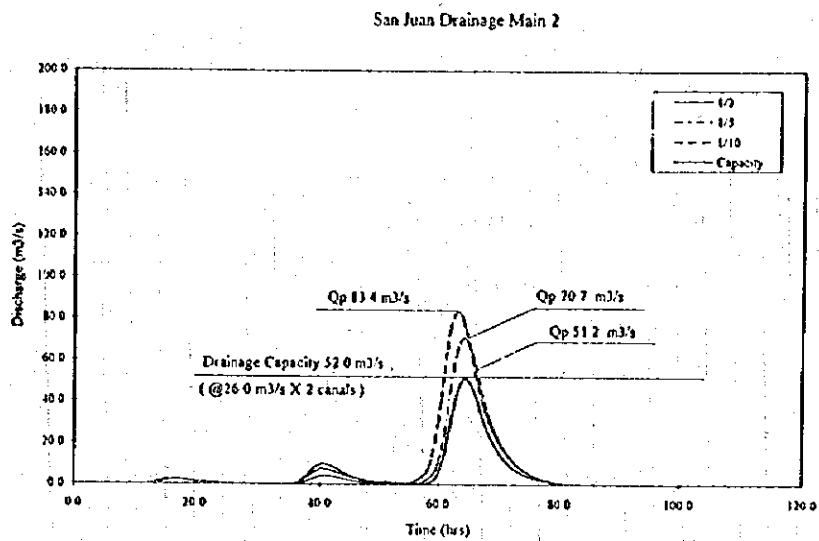
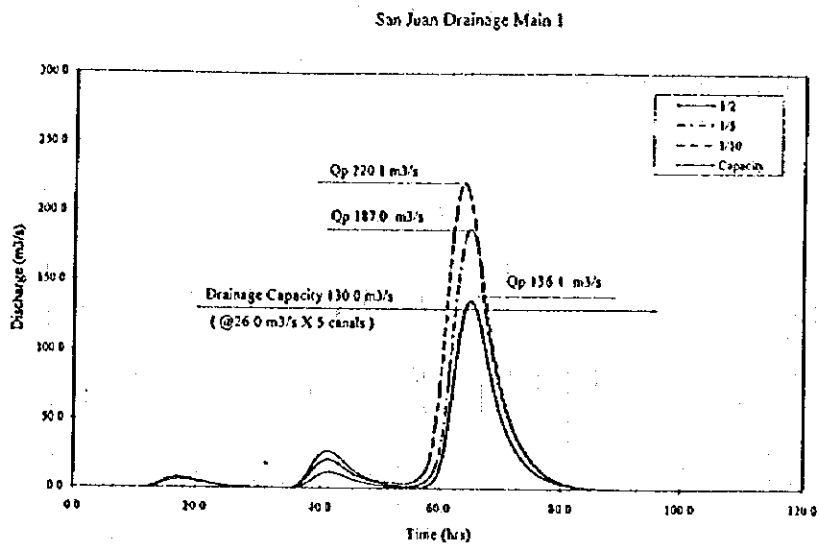
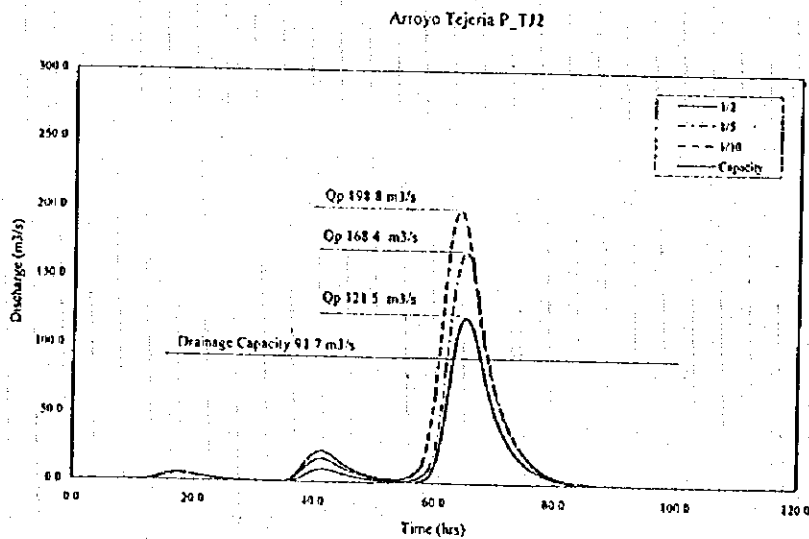
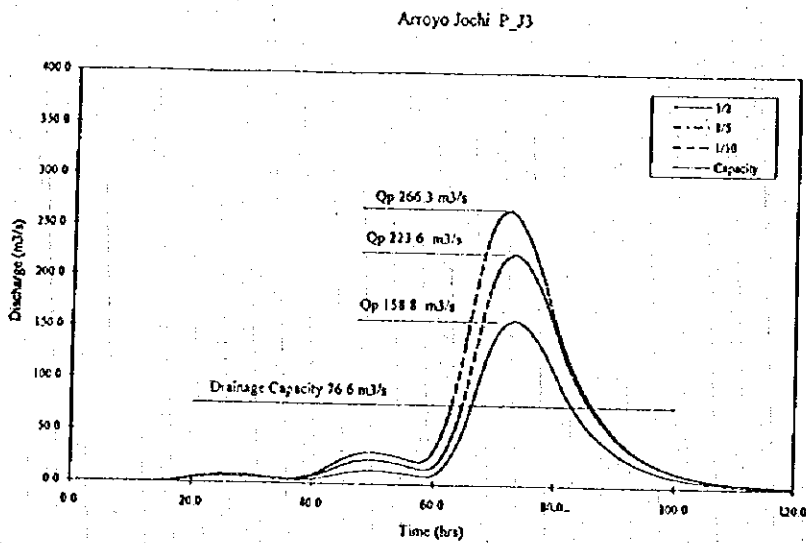
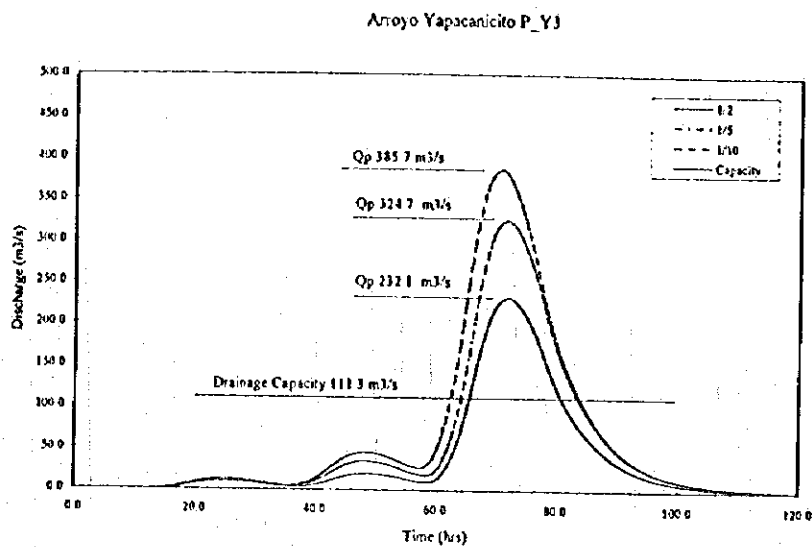


FIG. G.3.1 DESCARGA DE DRENAJE POR UNIDAD DE AREA



**FIG. G.3.2 ESCORRENTIAS Y CAPACIDAD DE DESCARGA DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE PRINCIPALES EXISTENTES (1)**





**FIG. G.3.2 ESCORRENTIAS Y CAPACIDAD DE DESCARGA DE LOS SISTEMAS DE DRENADJE PRINCIPALES EXISTENTES (2)**

**INFORME DE APOYO H**  
**MEDIO AMBIENTE**

## TABLA DE CONTINEDO

1	Aspectos Generales.....	H - 1
2	Leyes y Reglamentos Relacionados con el Medio Ambiente.....	H - 1
2.1	Ley del Medio Ambiente Natural .....	H - 1
2.2	Evaluación del Impacto Ambiental.....	H - 2
3	El Medio Ambiente Natural en el Area de Estudio.....	H - 2
3.1	Generalidades.....	H - 2
3.2	Areas Ecológicas.....	H - 4
3.3	Vegetación y Fauna Silvestre.....	H - 5
3.4	Areas Protegidas.....	H - 10
4	Examen Inicial del Medio Ambiente (EIMA).....	H - 11
4.1	Papel del EIMA .....	H - 11
4.2	Método de IEE.....	H - 11
4.3	Impacto Ambiental.....	H - 12
4.4	Mayor Investigación.....	H - 14
5	Estudio de Reconocimiento de la Calidad del Agua .....	H - 15
5.1	Calidad del Agua en la Area de Estudio.....	H - 15
5.2	Estudio de Reconocimiento de la Calidad del Agua .....	H - 15
5.3	Pruebas Simples.....	H - 17

## **LISTA DE TABLAS**

TABLA H.4.1	ELEMENTOS AMBIENTALES.....	H - 18
TABLA H.4.2	MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL.....	H - 19
TABLA H.4.3	IMPACTO AMBIENTAL.....	H - 20
TABLA H.5.1	UBICACION DE TOMA DE MUESTRAS DEL ESTUDIO DE RECONOCIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	H - 21
TABLA H.5.2	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE RECONOCIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA (1) Mayo de 1995 .....	H - 22
TABLA H.5.2	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE RECONOCIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA (2) Septiembre de 1995.....	H - 23
TABLA H.5.3	RELACION ENTRE COD Y LA CONDICION DEL AGUA.....	H - 24

## LISTA DE FIGURAS

FIG. H.5.1	DISTRIBUCION DE BOD A LO LARGO DEL RIO PIRAI.....	H - 25
FIG. H.5.2	UBICACION DE LOS PUNTOS DE TOMA DE MUESTRAS.....	H - 26
FIG. H.5.3	DISTRIBUCION DE COD EN LAS CORRIENTES (1) MAYO DE 1995.....	H - 27
FIG. H.5.3	DISTRIBUCION DE COD EN LAS CORRIENTES (2) SEPTIEMBRE DE 1995 .....	H - 28
FIG. H.5.4	DISTRIBUCION DE NITRITOS EN LAS CORRIENTES (1) MAYO DE 1995.....	H - 29
FIG. H.5.4	DISTRIBUCION DE NITRITOS EN LAS CORRIENTES (2) SEPTIEMBRE DE 1995 .....	H - 30

## **INFORME DE APOYO II MEDIO AMBIENTE**

### **1 Aspectos Generales**

Cada medida de mitigación de las inundaciones tiene algún efecto en el medio ambiente. Se investigaron las leyes y reglamento ambientales en el área de estudio, las cuales se resúmen brevemente junto con las condiciones ambientales naturales. Los impactos ambientales son evaluados con el Examen Ambiental Inicial (EAI).

También se analizó la calidad del agua para conseguir información sobre el grado de contaminación del agua en puntos seleccionados de los ríos del área de estudio.

### **2 Leyes y Reglamentos Relacionados con el Medio Ambiente**

#### **2.1 Ley del Medio Ambiente Natural**

La Ley del Medio Ambiente Natural (Modificada por la Ley de Ministerios del Poder Ejecutivo) No 1.333, de fecha 27 de abril de 1992, fue el punto de inicio para tratar los problemas del medio ambiente de manera global y sistemática. El objetivo de la ley es la protección y la conservación del medio ambiente natural y de los recursos naturales. Esta ley regula la acción del hombre en relación con la naturaleza y promueve el desarrollo sostenible para elevar la calidad de vida. El desarrollo sostenible significa el proceso por el cual se satisfacen las necesidades de la generación presente sin arriesgar la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. El desarrollo sostenible es una tarea global y permanente. El ambiente natural y los recursos naturales son el patrimonio de la nación, su protección y utilización está reglamentada en las leyes. La ley es de orden público, de interés social, económico y cultural.

La Ley del Medio Ambiente Natural establece los principios de protección, conservación y restauración de la fauna silvestre y la flora acuática de los seres vivos de la tierra.

## **2.2 Evaluación del Impacto Ambiental**

Se aplicó la evaluación del impacto ambiental (EIA) como un conjunto de procedimientos de manejo para determinar los efectos de ciertas acciones en el ambiente natural.

Establece los procedimientos de manejo que deben seguir las tareas o actividades para cumplir con EIA. Todos los proyectos o actividades deben ser clasificadas en los niveles siguientes:

1. Requieren EIA integrada,
2. Requieren EIA específica,
3. No requieren EIA pero es aconsejable EIA conceptual,
4. No requieren EIA.

SENMA (Secretaría Nacional del Medio Ambiente) y SEDAMA (Secretaría Departamental del Medio Ambiente) están a cargo de controlar el cumplimiento de las EIA. Se han establecido reglamentos específicos para gobernar los aspectos administrativos y legales de EIA.

En mayo de 1994, el Ministerio de Desarrollo Sostenible aprobó una regulación provisional de EIA que dispone la ficha ambiental (FA) como un instrumento de categorización de EIA. Actualmente, se están preparando otros planes, como la regulación de la prevención y control de la calidad ambiental, la cual declara los procedimientos para EIA, junto con los mecanismos de control de las actividades, trabajos y proyectos.

## **3 El Medio Ambiente Natural en el Area de Estudio**

### **3.1 Generalidades**

El proyecto de mitigación de inundaciones está planificado para la parte norte de la ciudad de Santa Cruz y extendida sobre cinco provincias; Andrés Ibáñez, Warnes, Ichilio, Sara y Obispo Santistevan. Posee un área de alrededor de 7,000 Km<sup>2</sup> y una población de 220,000 habitantes en 1992, está compuesta por una población urbana de 120,000 habitantes y una población rural de 100,000 habitantes. El número de viviendas es de 46,800 y el tamaño promedio de una familia es de 4.7 personas por vivienda. El área de estudio alberga alrededor de 370 comunidades.

La parte Norte de Santa Cruz pertenece geológicamente a la capa brasileña y está cubierta mayormente con sedimentos terciarios y cuaternarios. El área posee colinas bajas en algunas partes con áreas montañosas así como llanuras constituidas parcialmente por pendientes pronunciadas. La parte central del área de estudio se compone de llanuras cuaternarias con viejos y nuevos aluviones de suelos de arcilla y marga con drenaje deficiente y de suelos con marga arenosos. Estas llanuras aluviales localizadas en el Norte, sin pendientes y con deficiencias de drenaje son áreas frecuentemente inundadas durante las estaciones de lluvia. La parte noreste que desciende de una alteración sureña repentina recibe la mayor cantidad de lluvias en el Departamento.

El clima es subtropical y húmedo con precipitaciones pluviales que oscilan entre 900 a 2,000 mm y en el área norteña la precipitación anual es de más de 3,000 mm. La región es afectada por fuertes vientos procedentes del norte y sur, éste último es conocido como "surazos" proveniente de la Patagonia, Argentina. Este puede bajar la temperatura hasta 10 ó 15°C causando condiciones glaciales en algunas situaciones extremas. La temperatura promedio en el área es de 24°C a una altura de 300 m. incrementándose 0.5°C por cada 100 m de altura.

La clasificación del suelo en el área de estudio, de acuerdo con el mapa de capacidad del uso del suelo y la agricultura, está considerada como apropiada para la ganadería y la agricultura con algunas restricciones y se ajusta a la crianza de ganado vacuno y el cultivo permanente con restricciones de erosión y fertilidad. La fertilidad buena y promedio del suelo está causando migraciones hacia las áreas urbanas y agricultura intensiva.

Los vientos junto con las técnicas agrícolas inapropiadas son la causa de la degradación del suelo. La severa erosión generada por los vientos y la pérdida de fertilidad de los suelos van dañando el desarrollo agrícola sostenido del área.

Toda la red de drenaje pertenece a la cuenca Amazónica, por lo tanto, existen abundantes recursos acuíferos con canales distribuidos por toda la región.

La clasificación del suelo en el área de estudio de acuerdo con el mapa de capacidad del uso del suelo y la agricultura, está considerada como apropiada para la ganadería y



la agricultura con algunas restricciones y se ajusta a la crianza de ganado vacuno y el cultivo permanente con restricciones de erosión y fertilidad. La fertilidad buena y promedio del suelo están causando migraciones hacia las áreas urbanas y agricultura intensiva.

### 3.2 Areas Ecológicas

#### (1) Zona húmeda tropical

Esta zona cubre las riberas de los ríos Yapacani, Grande y Piraf hacia el noroeste. Se encuentra a una altura inferior a los 400 m. y tiene una temperatura que oscila entre 22 y 24 grados con una precipitación pluvial anual que varía desde 1800 a 2900 mm. El área presenta un buen paisaje y antiguos terraplenes ondulados, sabanas planas y pantanos. A lo largo de las tierras con buen drenaje existen bosques casi siempre verdes y árboles originales con una altura mayor de 40 m cuyos diámetros pueden exceder los 100 cm.

#### (2) Transición de zonas tropicales muy húmedas hacia zonas subtropicales

Está localizado en la región Oeste, la temperatura promedio anual es de 22 grados, la precipitación pluvial varía desde 2000 a 3000 mm anuales y está a una altura aproximada de 600 m.

Fisiológicamente existen dos paisajes diferentes: aquellos que corresponden a los espolones de los Andes, formados por cadenas de montañas; y aquellos que corresponden a las llanuras aluviales caracterizadas por terraplenes sub-levantados, diques naturales, cuencas y desembocaduras de algunos ríos.

Este es un bosque siempreverde con cinco capas y vegetación herbácea, mostrando también especies tales como el musgo y el helecho, incluso orquídeas, cactus y bromeliáceas. Los árboles emergentes tienen una altura aproximada de 50 m. y un ancho de 2 m. Otro elemento común es la variedad de especies de palmeras.

(3) Zona húmeda sub-tropical

Esta cubre la parte Norte de Santa Rosa del Sara y el área noroeste de los ríos Yapacani y Piraf, su altitud varía de 800 a 300 m. con una temperatura de 18 a 24 grados y niveles de lluvias de 100 a 200 mm. Las áreas llanas tienen dos diferentes capas de vegetación: las llamadas "pampas" o sabanas y bosques, de los cuales el 50% de sus especies son del tipo caducifolio y unas cuantas especies epífitas.

(4) Zona sub-tropical muy húmeda

Esta cubre llanuras en las partes Norte y Oeste, la temperatura oscila entre 21 y 24 grados y las precipitaciones pluviales son de 2000 a 3000 mm. En esta zona rebozante de vida, existe un bosque con características óptimas consistentes de árboles espesos de aproximadamente 40 m de alto con ramas extensas. Los bosques están asociados, debido a su alta humedad, con varios epífitos y los sotobosques contienen un alto porcentaje de palmeras.

(5) Zona húmeda media

Esta cubre la cuenca de los ríos Piraf y Grande presentando un altura de 300 a 400 m., una temperatura de 21 a 24 grados y lluvia anual que oscila entre 1850 a 2150 mm. Geográficamente esta es una región aluvial llana caracterizada por diques y meandros. La vegetación en su estado original está conformada por un bosque compuesto por una mezcla de extensos follajes con 50% de la especie de los caducifolios. En la actualidad solamente una extensión mínima está cubierta de bosques, el resto ha sido reemplazado por áreas de cultivo, pastoreo y bosques secundarios.

### 3.3 Vegetación y Fauna Silvestre

En la parte norte del área de estudio, a lo largo de muchos ríos y en los alrededores prevalecen diferentes tipos de bosques medios, altos y muy altos. En las áreas central y meridional prevalecen los bosques secundarios, sabanas con árboles bajos y pastos, en estas áreas es evidente el impacto ambiental provocado por el hombre.

La micro región muestra áreas con valor ecológico alto y muy alto. Además, la flora y fauna únicas y una variedad de especies, junto con sus valiosas características biotípicas, son muy importantes y valiosas para su conservación.

Aplicando el criterio anterior, hay regiones con un valor ecológico muy alto:

- Flora y fauna del área protegida de la Serranía Santa Rosa,
- Flora y fauna del área protegida de Bañados los del Río Grande, Río Pirai y Laguna Bella,
- Areas de protección de los Río Pirai, Río Grande, Río Sunutú y Río Yapacaní.

### (1) Vegetación

La superficie de la región está cubierta con una variada vegetación del tipo forestal, con modificaciones antropomórficas, causadas principalmente por intensas excavaciones del suelo para tierras de cultivo y explotación de la madera.

El área de estudio muestra siete tipos de vegetación:

- Bosques medianos y altos:

Esta es una de las formaciones más deterioradas debido principalmente a la explotación selectiva del bosque (Swietenia-Cedrela-Amburana). La construcción de asentamientos, después de la explotación de la madera, favorecidas por los caminos recientemente construídos, han expandido las fronteras agrícolas dañando la vida natural. Los efectos de degradación son más evidentes cerca de la ciudad de Santa Cruz.

La diversidad biológica de esta región puede ser la más alta en todo el País, la selva tropical es densa y poliestratificada, alcanza un promedio de 25 a 30 m de alto y en algunas partes llega a los 40 m., existiendo también, muchas especies de raíces tubulares y un gran número de palmeras.

Existen muchas especies de epífitos con un gran número de especies vasculares (*Piperaceae*, *Bromeliaceae*, *Araceae*, *Orchidaceae*). Entre las especies de árboles más importantes se pueden mencionar: *Spondias mombin*, *Celba pentandra*, *Dipteryx*

*alata Terminalia amazónica, Sloanea fragana, Hura crepitans, Clarisia racemosa, Virola calophylla, Cedrela odorata, Guarea spp. y Cedrelinga catenaeformis.*

Las concentraciones de palmeras son muy importantes en la capa media, las más importantes son *Atoles spp., Scheelea princeps, Astrocaryum spp., Iriarteia deltoidea* y *Jessenia batana*. En grandes áreas los sotobosques (bosques pequeños que crecen debajo de bosques altos) poseen mayormente bajas palmeras.

- Bosques bajos.

Entre la gradiente topográfica hacia las áreas más severamente inundadas, existen principalmente bosques inundados y bosques pantanosos, estos se caracterizan por su tamaño pequeño y escasa diversidad de especies.

El bosque de estación húmeda de las llanuras Beni es más escaso en especies que las formaciones piemontes, entre las especies más importantes se pueden mencionar: *Ceiba pentandra, Amazon terminalia, Terminalia oblonga, Hura crepitans, ficus spp.* Entre las especies más influyentes en el Closed Chao, se pueden mencionar *chorista insignis, Tabebuia sematifikis* y *Vitex cimosa*. Las palmeras son muy importantes en la capa intermedia, especialmente las siguientes dos especies; *Scheelea princeps* y *Astrocaryum macrocalyx*.

- Bosques de riberas

Están distribuidos a lo largo de los bordes de la mayoría de los ríos con erosión intensa y deposición lateral tal como los de los ríos Grande, Piraf y Yapacani. Asimismo están localizados como largas franjas que pueden alcanzar 5 km. de ancho.

Debido a que en estas áreas la sucesión primaria del bosque está producida dinámicamente, las comunidades de vegetación están principalmente formadas por especies colonizadoras y especies primitivas subsiguientes. Prevalecen las siguientes zonas franjas: *Tessoria Integrifolia, Gynerium sagittarum, Salix humboldtiana*, la sucesión de árboles es muy rica en *Cecropia spp., Erythrina poeppigiana, Sapium marnieri* y *Ochroma pyramidalis*.

- Palmar (concentración de palmeras)

Esta región ecológica muestra palmeras xeromorfas, no existen investigaciones importantes en esta área, se supone que existen variedades de palmeras distintas a las del área Norte, tales como: *Euterpe spp.*, *Copernicia alba*, *Acrocomia totaf*.

- Sabana

Esta área ha tomado aquellos lugares en donde solían existir las antiguas zonas de transición semi-húmedas y bosques "chaqueño". Las actividades agro-industriales tales como las de la caña de azúcar, granos de soya y arroz, las cuales fueron intensificadas hace una década, reemplazan a los bosques originales con formaciones secundarias, los cuales posteriormente fueron transformados en áreas de pastoreo y bosques de arbustos. Hoy en día existe un paisaje abierto rico en palmeras tales como la *Acromia totaf* y *Copernicia aloba*.

- Pastizales

Muy complejos en estructura y composición, las áreas elevadas están formadas principalmente por especies "fuertes", no muy deseables para el ganado vacuno, tales como el *Andropogon bicomis*; en cuanto a las áreas bajas, en donde existen períodos de inundaciones efectivos, se presentan pastizales tales como: *Hymenachbe spp.*, *Paspalum acuminatum* y *Peruvian Luziola*. Existen áreas con abundantes *cyperaceous* y *helophytus*.

- Vegetación secundaria

Está formada principalmente por especies que representan un parámetro de deterioro de las comunidades vegetales, esto se debe al impacto de las actividades humanas llevadas a cabo por la expansión de la frontera agrícola y el reemplazo de los bosques originales por áreas de cultivo.

## (2) Vida Salvaje

Existe una fauna local muy diversa, por lo tanto sus bosques están considerados como ricos en fauna tales como: mamíferos, reptiles, anfibios y entomofauna.

Entre las especies con peligro de extinción se encuentran felinos tales como los pumas, jaguares (*Felis concolor*, *Felis onca*, *Felis wiedii*, *Felis yagouaroundi*), nutrias, londras, perros acuáticos (*Topirus terrestris*, *Tayassu pecari*, *Tayassu tajacu*) y armadillos (*Dasyopus spp.*). El río es rico en peces.

En el área agrícola, la fauna casi ha desaparecido o se encuentra dispersa debido a la destrucción de su hábitat y a la cacería comercial, las cuales han originado su migración. Entre las especies más buscadas se encuentran: los perros acuáticos (*Canidae*), felinos en general (*Felidae*, *Canidae*), saurios (*Crocodylidae*, *Tekidae*), ciervos (*Cervidae*), cerdos salvajes y "tatus" o armadillos (*Tayassuidae*, *Dasipodidae*, *Dasyopodidae*). Por otro lado, son evidentes las plagas agrícolas así como también la propagación de algunas especies de aves.

Igualmente, algunos ríos están infestados de pirañas (*Serrasalmus spp.*) debido a la exterminación de sus depredadores naturales. La extinción de distintas especies de monos y murciélagos, causan la diseminación severa de algunas especies vegetales que solían servir de alimento a dichos animales.

### (3) Especies con Peligro de Extinción

El "Taller Nacional : Libro Rojo de Vertebrados de Bolivia", organizado por el "Centro de Datos para la Conservación" y auspiciado por la Secretaría PL-48 y LIDELA, fué de gran importancia. El Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente y, a través de su Oficina Nacional de Conservación Biológica-diversa, reconoció tal documento como una referencia para la toma de decisiones referentes al campo de la conservación de la fauna salvaje. La fauna existente en el área está incluida en la Tabla.

La carencia de estudios básicos acerca de la diversidad de la fauna en el área, limita nuestros conocimientos de las especies existentes, sus características y posible decremento en número debido a las acciones humanas.

El área de estudio es un área caracterizada por una foresta tropical húmeda en el área Norte, localizado hacia la parte Este del río Yapacani.

### 3.4 Areas Protegidas

#### (1) La Reserva Forestal El Chore

La reserva forestal "El Chore" tiene una extensión de 900,000 ha. y está localizada en el área de estudio. Esta reserva está protegida por disposiciones legales creadas bajo Decreto Supremo con fecha 3 de agosto de 1966.

El término "reserva" significa "producción forestal permanente" como se declaró en la Ley General Forestal que tiene el objeto de calcular la producción forestal total bajo técnicas de administración adecuadas para un uso forestal sostenible.

En la actualidad, 400,000 ha. han sido invadidas por asentamientos humanos espontáneos, causando la deforestación y excavaciones de la tierra para fines agrícolas y de manufactura de alimentos.

#### (2) Parque Nacional Amoro

El Parque Nacional Amoro fue fundado durante 1984 con una extensión de 181,000 ha., y fue extendido a 637,600 ha. durante 1991. Actualmente está dirigido por el Ministerio de Desarrollo Sostenido y Medio Ambiente. Dentro del parque existen dos regiones fitogeográficas: la región Amozónica y la región Andina; así como los ecosistemas: selva termoamazónica hiperhúmeda, selva termoandina hiperhúmeda y selva mesoandina hiperhúmeda.

Debido a que este parque está localizado en una de las áreas más pobladas del Departamento, tiene buenos caminos y sufre de una administración deficiente, existen muchos invasores tales como colonizadores, obstaculizadores y leñadores que son una constante amenaza. Se estima que en la parte Norte de este parque, Provincia de Ichilo, existen 1000 familias de pequeños productores que utilizan el sistema de roza y quema, lo que causa una deforestación anual de 200 ha. de bosque natural y 600 ha. de bosque secundario.

Existe una gran variedad de fauna nativa en el Parque Amoro, por lo que constituye un refugio seguro para estos animales. Este parque está considerado como uno de los más ricos en fauna ornitológica y actualmente existen 18 órdenes, 61 familias y 534

especies de pájaros silvestres. Entre los mamíferos, existen 11 órdenes identificadas, 29 familias y 123 especies. Los reptiles identificados corresponden a 2 subtipos, 4 familias y 25 especies, mientras que los anfibios corresponden a 2 subtipos, 4 familias y 25 especies. La entomofauna, ya caracterizada, pertenece a 11 órdenes, 7 subórdenes y 6 superfamilias y 28 familias.

La parte Norte del parque es rica en flora y fauna similar a la del área de estudio debido a su similitud en cuanto al nivel de precipitaciones pluviales, ecosistema y rangos de temperatura y altura. Es necesario considerar esta área como una reserva "gemoplasma" y como un refugio para las especies existentes en el parque e identificar aquellas áreas potenciales para preservarlas y administrarlas adecuadamente.

## 4 Examen Inicial del Medio Ambiente (EIMA)

### 4.1 Papel del EIMA

El impacto en el medio ambiente que tendrán los proyectos del Plan Maestro se evalúan basándose en la información existente disponible.

El objetivo del IEE es juzgar si el proyecto necesita o no una Evaluación del Impacto Ambiental (EIA). Si es necesaria la EIA, el contenido del futuro estudio ambiental será preparado basándose en los resultados del IEE.

### 4.2 Método de IEE

El IEE se conduce según las pautas preparadas por JICA, como las pautas de consideración ambiental para la planificación de proyectos de infraestructura socio económica - planeación de ríos medidas contra el deslizamiento de arena, publicada en Septiembre de 1992. También se consideró la reglamentación de la evaluación del impacto ambiental y control de la calidad ambiental, preparada por MDS en 1994.

Al principio, la actividad del proyecto se clasifica en varios componentes y se evalúan los impactos de cada elemento ambiental como la matriz ambiental. Los elementos aparecen en la lista de la *Tabla H.4.1*. Estos están clasificados en tres categorías principales: medio ambiente social, medio ambiente natural y perjuicio. En la matriz, cada elemento se evalúa en cuatro categorías, las que son:



- A: Impacto importante
- B: Impacto moderado
- C: Desconocido
- D: Sin impacto

En Bolivia, el impacto ambiental debe ser examinado en cada proyecto. Como primera etapa, la ficha ambiental (FA) pasa a ser un instrumento de categorización de EIA.

El contenido de FA es:

- Información general del proyecto,
- Ubicación y su descripción
- Descripción del proyecto,
- Materiales en bruto, entradas y producción del proyecto,
- Aspectos ambientales.

El proyecto o actividad se clasifica en los siguientes niveles:

- Requiere EIA integrada,
- Requiere EIA específica,
- No requiere EIA pero es aconsejable EIA conceptual,
- No requiere EIA.

La idea de FA es similar a IEE. En este estudio, el IEE se modifica de acuerdo con el contenido de FA. En IEE, se analizan principalmente impactos negativos. Por otro lado, en FA, se consideran también impactos positivos.

### 4.3 Impacto Ambiental

Los impactos ambientales de la matriz de impacto ambiental se muestran en las *Tablas H.4.2 y H.4.3.*

#### (1) Mejoramiento de Canales

Los trabajos de mejoramiento de ríos o de canales de drenaje tienen por objeto aumentar las capacidades de flujo de los canales mediante su ensanchamiento y

enderezamiento. El canal mejorado en el cual aumenta la cantidad de flujo, probablemente cambiará las condiciones hidrológicas.

Durante la estación húmeda, en los tramos superiores, disminuirá el nivel de inundación y la duración será menor; sin embargo, en los tramos inferiores, el nivel de agua de la inundación será mayor y más larga.

Durante la estación seca, el flujo aguas abajo será más bajo. Esto puede causar la depresión del nivel de agua subterránea y la contaminación de estas corrientes.

A lo largo del río hay áreas forestales. El bosque próximo al río puede ser una protección importante para los animales silvestres y aves, como así también es rico en flora y fauna, comparado con las tierras cultivadas de las cercanías. La mejora del canal puede tener cierto impacto en la flora y fauna de los bosques vecinos a los ríos.

La disminución de la frecuencia de las inundaciones mejorará las condiciones de vida de la comunidad y aumentará el desarrollo. A veces, esto trae aumento de los riesgos a la vida y a la propiedad, debido a la concentración de población y propiedades.

## (2) Construcción de Diques de Control

La construcción de estas estructuras, tiene por fin confinar el flujo de la inundación dentro del canal del río. Estas obras cambiarán el uso de la tierra, los bosques y las tierras cultivadas a lo largo de ellos, lo cual tendrá un impacto en éstos.

## (3) Control del Uso de la Tierra

En las cuencas retardadoras propuestas, se requerirá el control del uso de la tierra como parte de las medidas no estructurales para la mitigación de las inundaciones. Esto tendrá un impacto social y económico en el área rural, aunque se piensa que estos impactos son probablemente poco significativos.

#### (4) Modificación del Uso de la Tierra

En la tierra propensa a inundaciones, se restringirá el uso como parte de la mitigación de las inundaciones. Esto tendrá un impacto social en los habitantes, aunque se piensa que estos impactos no serán significativos.

La evaluación de cada actividad del elemento ambiental se resume en la *Tabla H.4.2*, de acuerdo con los criterios.

En conclusión, es necesario el EIA del proyecto de mitigación debido a la modificación de las condiciones hidrológicas, pérdida de bosques en las riberas de los ríos y el cambio de las condiciones sociales de los habitantes.

#### 4.4 Mayor Investigación

Las influencias del mejoramiento de los canales de los ríos que aumentan su capacidad de flujo, debe ser estudiadas, ya que a lo largo del río cambiarán el flujo de las inundaciones, descargas con bajo flujo y nivel del agua subterránea. En consecuencia, habrá algún impacto no tan sólo en la flora y en la fauna a lo largo de los ríos, sino también en el aspecto socioeconómico o en las condiciones ambientales de la zona en peligro de inundaciones. A partir de IEE, es necesario el EIA para proceder con una etapa de mayores estudios.

Con respecto a los impactos ambientales probablemente anticipados por la implementación de las medidas de mitigación de las inundaciones, los términos de referencia del siguiente estudio ambiental deberán cubrir los siguientes conceptos:

- Tenencia de la tierra y propiedades existentes,
- Cambio de las condiciones de flujo en las corrientes aguas abajo,
- Cambio del nivel de las aguas subterráneas,
- Cambio de la calidad del agua,
- Impacto en la flora y la fauna a lo largo de los bosques en las riberas de los ríos.

## 5 Estudio de Reconocimiento de la Calidad del Agua

### 5.1 Calidad del Agua en la Area de Estudio

La calidad del agua del Río Pirai fue analizada desde Julio a Agosto de 1989, durante el estudio del plan maestro contra las inundaciones de la Ciudad de Santa Cruz. Se tomaron muestras de agua en 11 estaciones a lo largo del río, desde el kilómetro 218 al kilómetro 415. En total se hicieron pruebas de 27 conceptos los cuales incluyen descarga, temperatura, pH, turbiedad, alcalinidad, DO, DBO, coliformes totales, plancton y otras. Aguas abajo de Santa Cruz, desde La Bélgica al Puente Fernández, pasando por Juan Latino y el Puente Eisenhower, estaba fuertemente contaminada, como lo muestra la *Fig. H.5.1*. El agua en La Bélgica estaba muy contaminada y el parámetro DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) paso sobre 100 ppm debido a los efluentes de Santa Cruz. El parámetro DBO fue de 20 a 30 ppm aguas abajo del Puente Fernández.

### 5.2 Estudio de Reconocimiento de la Calidad del Agua

#### (1) Conceptos Estudiados

La calidad del agua fue estudiada en mayo y septiembre de 1995 en el área de estudio. Los conceptos estudiados fueron los siguientes;

- Temperatura del agua
- PH
- Oxígeno disuelto (DO)
- Conductividad eléctrica (CE)
- DBO
- Sólidos en suspensión (SS)
- Número de grupos coliformes

#### (2) Ubicación de las Tomas de Muestras de Agua

Las muestras se tomaron en cinco lugares, que se muestran en la *Tabla H.5.1* y en la *Fig.H.5.1*. Las ubicaciones No. 2, No. 4 y No. 5 se seleccionaron para investigar la calidad del agua aguas abajo de la fuente de agua de desecho. Las muestras de agua se tomaron dos veces al día en No. 2, No. 4 y No. 5 y una vez al día en No. 1 y No. 3.

### (3) Método de Análisis

Las muestras fueron analizadas mediante los métodos normales en EE. UU. Estos son los métodos normalizados para el análisis de agua potable y residuales, editado por Mary Ann H. Franon y el comité de la Asociación Pública Americana, Asociación de Trabajos de Agua Americana, Federación de Control de la Contaminación del Agua, 1992. Se usó la edición española publicada por Díaz de Santos S. A. en 1992.

### (4) Resultados

En la *Tabla H.5.2* se muestran los resultados del estudio de reconocimiento de la calidad del agua. Las muestras de agua tomadas en las ubicaciones No 2 y No 4 aparecen fuertemente contaminadas por materias orgánicas y parece que están afectadas por el desague del área urbana de Santa Cruz y de las colonias a lo largo del río. Las muestras de los otros lugares están relativamente limpias.

Antes de hacer la toma de muestras en mayo, ya se habían registrado precipitaciones de 88 mm en Saavedra en los últimos 30 días, desde el 15 de abril al 14 de mayo. Antes de hacer la toma de muestras en septiembre, no se registraron lluvias en los últimos 30 días, desde el 12 de agosto al 10 de septiembre. Esto significa que las muestras de mayo se hicieron al final de la estación de las lluvias y que las muestras de septiembre se efectuaron en la estación seca.

En Puerto Pailas, ubicado en el Río Grande, los sólidos en suspensión disminuyeron entre la estación de las lluvias y la estación seca, pero aumentaron en DBO y CE (CD). Debido a la disminución de las descargas, la carga de sedimento disminuyó y aumentó la concentración de los materiales disueltos.

En el Arroyo Los Sauces, donde descarga parcialmente el área urbana de la ciudad de Santa Cruz, aumentaron los valores de CE (CD), SS y DBO. Especialmente los valores de DBO pasaron a ser dos veces los valores de la época de lluvias y los valores de DO disminuyeron correspondiendo al aumento de materias orgánicas. En el Río Pirai, la calidad del agua entre las dos estaciones no cambió mucho, permaneciendo casi igual.