

### **3. MEDIDAS ESTRUCTURALES**

#### **3.1 SISTEMA DE CONTROL DE AGUAS RESIDUALES**

##### **3.1.1 Evaluación de las Condiciones Actuales**

Los problemas existentes se identifican a continuación:

- Bajo índice de recolección de aguas residuales (46% por el sistema de alcantarillado sanitario)
- Alcantarillas con tapas rotas
- Bajo índice de eliminación de nutrientes en la laguna de estabilización Espinar (DBO<sub>5</sub>: 80%, N-T: 30%, P-T: 30%)
- Sobrecarga de la planta de tratamiento Chanu Chanu
- Afluencia de aguas pluviales al sistema colector
- Falta de sistemas "in situ"

##### **3.1.2 Plan Maestro**

###### **(1) Objetivos y Estrategias**

Año objetivo: 2025

Tipos de aguas residuales proyectadas:

- Agua residual doméstica
- Agua residual comercial
- Agua residual industrial

Cobertura proyectada del sistema de alcantarillado sanitario: 85% en el año 2025

Selección del sistema de alcantarillado: sistema separado

Implementación por etapas

Primera etapa	1998 – 2008	(Fase 1)
Segunda etapa	2009 – 2015	(Fase 2)
Tercera etapa	2016 – 2025	(Fase 3)

## (2) Condiciones de planeamiento

### 1) Area de planeamiento

- Area servida por alcantarillado sanitario (zonas 1 – 12, 14): 2,831 he
- Area servida por instalaciones sanitarias "in situ" (zonas 13, 15 y 16): 539 he

### 2) Cobertura del servicio de alcantarillado

**Tabla II.3.1 Cobertura de servicio proyectado de alcantarillado sanitario**

Año		1998	2008	2015	2025
Población de La Ciudad de Puno	Total	108,457	139,076	160,508	185,004
	Alcantarillado servido	50,107 (46%)	97,631 (70%)	125,731 (78%)	157,253 (85%)
Prom.diario	Flujo de Aguas Residuales	77.2 l/s	128.6 l/s	170.0 l/s	224.0 l/s
Cargas de Contaminantes (kg./día)	DBO <sub>5</sub>	2,255	4,393	5,658	7,076
	N-T	551	1,074	1,383	1,730
	P-T	63	122	157	197

## (3) Planes alternativos para medidas estructurales

### 1) Sistema "in situ"

Instalaciones "in situ":

- Letrinas de pozo
- Inodoro de sifón

Vaciado de letrinas: máquinas pequeñas vaciadores de letrinas (aspiradora) + camiones de lodos

Eliminación de lodos: eliminación en terreno (bosque)

## **2) Sistema fuera del lugar**

### **a. Sistema de recolección de aguas residuales**

Sistema de alcantarillado sanitario convencional en combinación con un sistema de alcantarillado simplificado.

### **b. Sistema de tratamiento de aguas residuales**

Existen tres planes alternativos para el tratamiento de aguas residuales y procesos de eliminación, el cual incluye uno de los propuestos por PRONAP (Alternativa I, I-A) e INADE-PELT (Alternativa II). Los diagramas de los procesos de tratamiento de aguas residuales para cada alternativa son mostrados posteriormente.

## **3) Diseño preliminar de los planes alternativos fuera de lugar**

El diseño preliminar de las plantas de tratamiento de aguas residuales ha sido preparado para las siguientes capacidades.

### **a. Sistema**

Los sistemas conceptuales de las alternativas antes mencionadas, se muestran posteriormente.

### **b. Estimación de Costos**

Los costos del proyecto son estimados basados en el diseño preliminar para el Plan Maestro. Los precios unitarios y la suma global han sido determinados considerando las condiciones locales, subcontratistas, equipos, disponibilidad de equipos de construcción y materiales, así como la idoneidad del método de construcción propuesto. Los costos totales por las alternativas se muestran en la *Tabla II.3.2.*

**Tabla II.3.2 Costo Total del Proyecto (hasta el año 2025)**

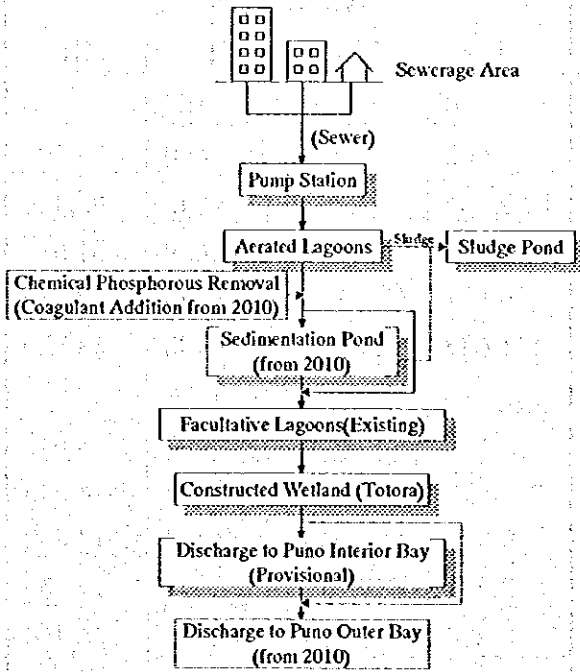
(S/.1000 (miles Soles))

Item	Alternativa			
	I	I-A	II	III
1. Adquisición del Terreno	0	0	167	0
2. Administración	600	600	400	600
3. Trabajo de Construcción	59,987	53,722	56,542	83,428
1) Alcantarillado	31,639	31,639	31,639	31,639
2) Estación de Bombeo	6,661	397	6,423	7,959
3) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales WWTP	21,687	21,687	18,480	43,829
4. Adquisición de Equipos de Mantenimiento	536	536	565	835
5. Servicio de Ingeniería (10% del Item 3.)	5,999	5,372	5,655	8,343
6. Contingencia (15% de los Items 3, 4 y 5)	9,979	8,945	9,414	13,890
7. IGV (18% de los Items 3, 4, 5 y 6)	13,771	12,344	12,992	19,169
Total	90,870	81,519	85,734	126,266
8. Renovación de Equipo <sup>1)</sup>	28,567	26,939	12,969	72,044
9. Mantenimiento y Operación O/M <sup>2)</sup>	27,640	23,896	40,597	31,323
Total General	147,077	132,354	139,300	229,633

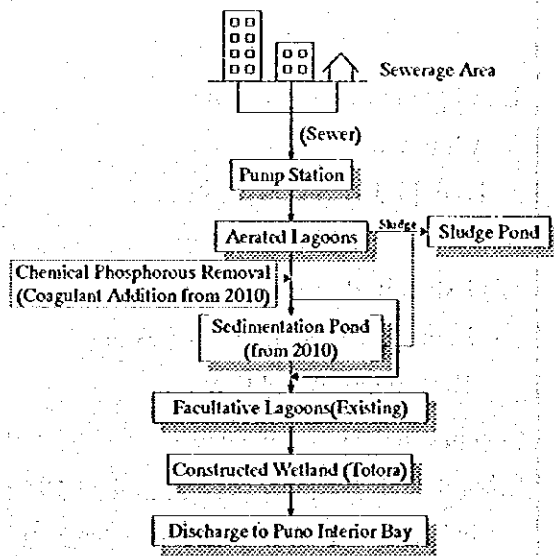
Nota : 1) Item "8." Incluye contingencia e IGV.

2) Item "9." Incluye IGV.

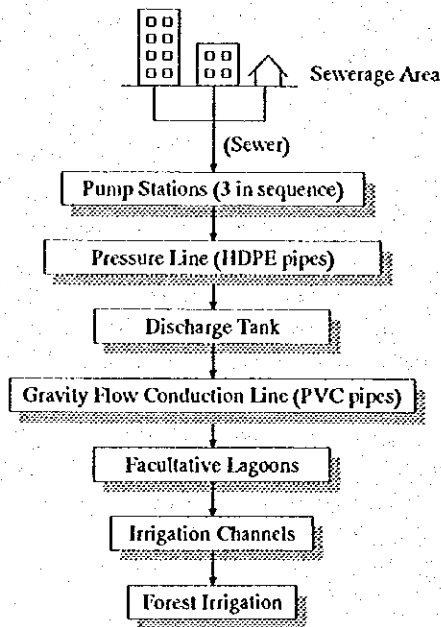
**Alternativa I**



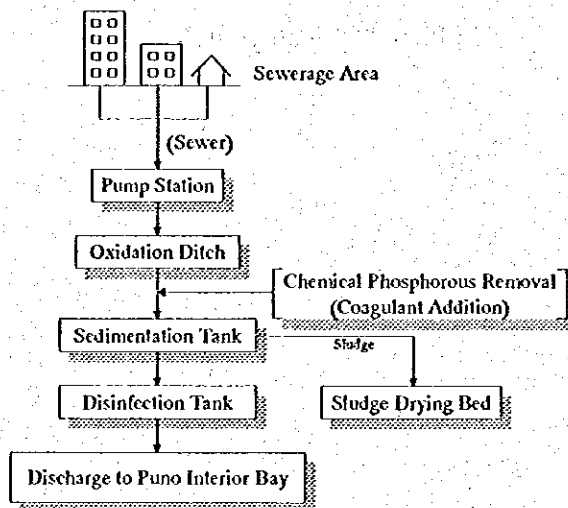
**Alternativa I-A**



**Alternativa II**



**Alternativa III**



#### 4) Evaluación de los planes alternativos

La Alternativa I, descarga las aguas tratadas a la Bahía Exterior de Puno. Sus descargas se realizan en una zona no son muy lejanas a la toma de agua para agua potable. El agua potable es la fuente más importante para los residentes de la Ciudad de Puno y debe ser protegida a todo costo. Una falla en ésta, significaría un incremento en los costos de tratamiento para suministro de agua.

La evaluación técnica muestra que las cuatro alternativas son factibles para la Ciudad de Puno, aunque se requiere de entrenamiento de personal para todas, especialmente para la Alternativa III.

La evaluación financiera muestra que sólo la alternativa I-A, cuyo costo mínimo entre ellas es financieramente factible. Las otras requieren de un aumento sustancial en las tarifas de los servicios de alcantarillado o requieren subsidios de la municipalidad u otros gobiernos.

**Tabla II.3.3 Tasa Interna de Retorno Financiero (TIRF) y Valor Actual Neto (VAN)**

	TIRF (%)	VAN (5%) (1,000 soles)
Alternativa I	3.5	- 4,018
Alternativa I-A	5.9	2,094
Alternativa II	4.4	- 1,683
Alternativa III	- 3.5	- 44,703

Según esta evaluación, se concluye que la alternativa I-A es factible para la Ciudad de Puno, especialmente desde el punto de vista financiero. La alternativa I-A es analizado adicionalmente para obtener un rendimiento óptimo, propuesto como un plan apropiado.

#### (4) Plan Propuesto

##### 1) Sistema "in situ"

Instalaciones "in situ":

**a. Sistema de tratamiento de aguas residuales "in situ" / sistema de eliminación**

**Letrina de Pozo**

- Capacidad de la poza:  $0.7 \text{ (ancho)} \times 0.7 \text{ (largo)} \times 1.5 \text{ (alto)} = 0.74 \text{ m}^3$
- Recolección de lodos: Cada 3 años
- Instalación: Cada vivienda

**Máquinas Pequeñas para el vaciado de los pozos**

- Capacidad: 500 L/unidades
- Rendimiento:  $4.2 \text{ pozas/día} \times 250 \text{ días/año} = 1,050 \text{ pozas/año}$
- Vida económica: 4 años

**Camiones para el transporte de lodos**

- Capacidad de Carga: 2 ton
- Vida económica: 8 años

**b. Costo de la recolección de lodos mediante sistema "in situ"**

El costo total de operación de la recolección de lodos se calcula en S/.78 por vez (promedio). Puesto que el cálculo del costo antes mencionado no incluye los costos administrativos ni el interés sobre el costo del capital, la tarifa real será ligeramente mayor.

**2) Sistema fuera del sitio**

**a. Sistema de recolección de aguas residuales**

El resumen del colector y una estación de bombeo a ser realizados en un plan futuro se muestra en las siguientes tablas.

## **Colector**

**Tabla II.3.4 Resumen del Plan de Alcantarillado**

Fase	Longitud de la tubería (m)	Porcentaje del área servida (%)
Fase 1 (1998-2008)	23,396	36
Fase 2 (2009-2015)	46,832	57
Fase 3 (2016-2025)	66,007	72
Total	136,234	-

## **Estación de bombeo**

**Tabla II.3.5 Resumen del Plan para la Estación de Bombeo**

Nombre	Especificaciones
E.B.DEL PUERTO	Bomba sumergible, 5.25 l/s, 8.6 m, 1.2 kW, 1 juego (+1)

### **b. Planta de tratamiento de aguas residuales**

- **Posible mejoramiento a través de la Alternativa I-A**

### **Lagunas de sedimentación**

Debido a que el mantenimiento de la eliminación de los sólidos acumulados en las lagunas facultativas se torna difícil durante la operación permanente, se ha propuesto la instalación de lagunas de sedimentación. Dos lagunas serán construidas en la Fase 2, operarán alternadamente como laguna de sedimentación y poza de lodos. Se construirá otra laguna al inicio de la Fase 3. El lodo acumulado en las lagunas ventiladas será bombeado hacia la poza de sedimentación mientras ésta funcione como poza de lodos.

### **Tomas para las lagunas facultativas**

Las tomas para las lagunas facultativas se han modificado como se muestra en la *Figura II.3.1* a fin de incrementar el tiempo promedio de retención de las lagunas.

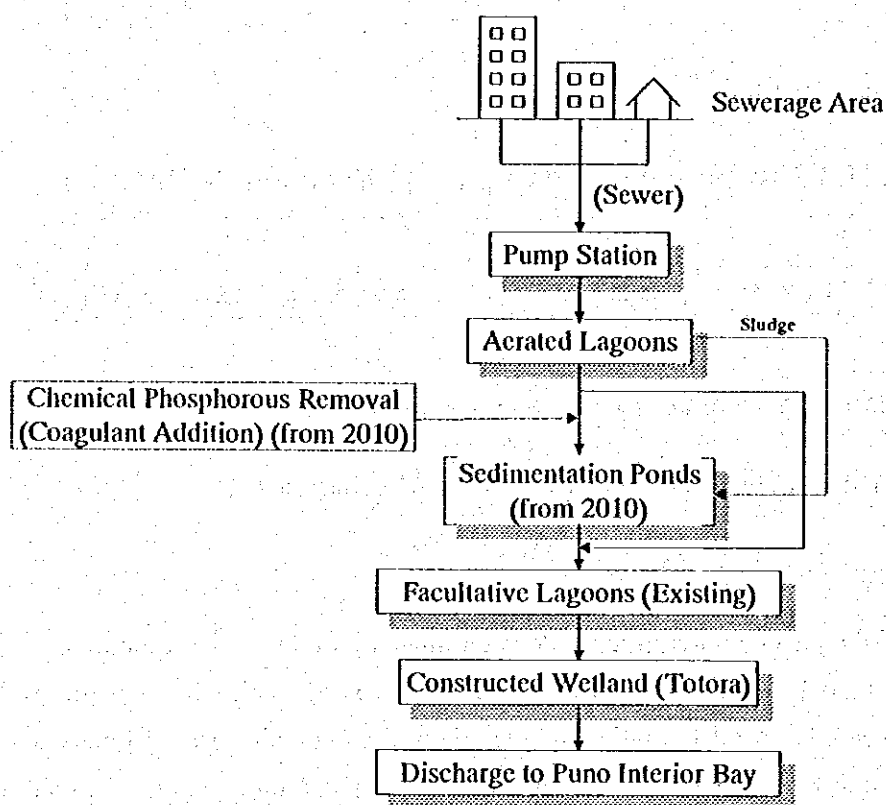


### Instalación de la desembocadura para la segunda laguna facultativa

Actualmente, se observa gran cantidad de algas en el afluente de las lagunas facultativas. A fin de minimizar la liberación de algas hacia el afluente, se instalará una estructura de salida.

#### - Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Propuesta

El esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta se muestra



a continuación.

El esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta, se muestra en la *Figura II.3.1*. Las especificaciones para la instalación principal de tratamiento de aguas residuales se muestran en la *Tabla II.3.6*.



**Tabla II.3.6 Especificaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta**

<b>Instalaciones</b>	<b>Especificaciones</b>
<b>1. Estación de Bombeo</b>	
EB Puno	Bomba sumergible, 200 l/s, 8.6 m, 30 kw, 2 juegos (+1)
<b>2. Lagunas ventiladas</b>	3 pozas
Tipo	Tipo rectangular
Dimensiones	64.0 m (ancho) × 80.0 m (largo) × 4.0 m (profundidad)
Nivel de potencia de aireación	22.35 kW (4 por poza)
Tiempo de retención	2.43 días
<b>3. Laguna primaria existente</b>	1 poza
Tipo	Laguna facultativa
Area	13.4 he
Profundidad promedio	1.5 m
Volumen	204,600 m <sup>3</sup>
<b>4. Laguna Secundaria Existente</b>	1 poza
Tipo	Laguna facultativa
Area	7.9 he
Profundidad promedio	1.5 m
Volumen	118,350 m <sup>3</sup>
<b>5. Humedales construido</b>	34 pozas
Tipo	Flujo sub-superficial
Dimensiones	23.0 m (ancho) × 203.0 m (largo)
Profundidad promedio	0.3 - 0.5 m
<b>6. Pozas de sedimentación</b>	3 pozas
Tipo	Tipo rectangular
Dimensiones	63.0 m (ancho) × 63.0 m (largo) × 4.0 m (profundidad)
Tiempo de Retención	2 días en el año 2025

## 2) Medidas no estructurales

### a. Fortalecimiento de la capacidad Institucional y operativa de EMSAPUNO

El programa de capacitación será establecido para proveer al personal actual y futuro, actualizando sus conocimientos y habilidades para la organización administrativa, operacional y mantenimiento de las instalaciones.

### b) Promoción de la higiene

A fin de lograr el mejoramiento de la salud pública, es esencial la promoción de la higiene entre los residentes de la Ciudad de Puno.

### c) Control del uso del sistema de alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado son frecuentemente dañados por mal uso de los pobladores, resultado del concepto errado consistente en que el sistema puede ser utilizado para eliminar cualquier objeto no deseado. Se requiere de regulaciones adecuadas que establezcan el uso apropiado del sistema y la cooperación pública a fin de mantener el control del sistema de alcantarillado.

## (5) Plan de Implementación

Los trabajos de construcción por fases, se muestran a continuación:

Instalaciones	Tubo Colector	Estación de Bombeo	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Año	2000-2002	2000-2002	2000-2002
Fase 1	$\phi$ 150-900, L = 25,223m	EB EL PUERTO	EB Puno Laguna Ventilación $\times$ 2 Humedal Construido $\times$ 34
Fase 2	$\phi$ 150-300, L = 46,832m		<2009> Poza de Sedimentación $\times$ 2
Fase 3	$\phi$ 150-300, L = 66,007m	<2017> EB EL PUERTO (Renovación del equipo de bombeo)	<2016-2017> EB Puno (Renovación del equipo de bombeo) Laguna de Ventilación $\times$ 1 Poza de Sedimentación $\times$ 1

(6) Organización para la Operación y Mantenimiento

**Tabla II.3.7 Cantidad Necesaria de Personal para la Operación y Mantenimiento del Sistema de Alcantarillado Propuesto**

Campo y Cargo		Fase 1	Fase 2	Fase 3	Obligación
Administrador		1	1	1	Responsable del sistema de alcantarillado
Colector y Estación de Bombeo					
Colector	Ingeniero	-	-	-	Responsable de la limpieza de colectores
	Capataz	-	-	-	Responsable de las obras del lugar
	Obrero	2	4	6	2 trabajadores/equipo
	Chofer	1	1	1	2 trabajadores/equipo
					* El mantenimiento de los vehículos deberá ser efectuado por EMSAPUNO
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales					
Operación	Ingeniero	1	1	1	Responsable de los asuntos técnicos
	Capataz	1	1	1	Responsable del funcionamiento de cada turno
	Operador	1	1	2	1 (2) operadores/turno
Mantenimiento	Técnico	1	1	1	Responsable de las obras del lugar
	Obrero	-	-	-	Limpieza
Análisis de la calidad del agua	Químico	1	1	1	Control de calidad de agua
Total		7	9	14	

(Unidad: personas)

El personal administrativo de EMSAPUNO no se encuentra incluido en la tabla. Se contratará trabajadores temporales durante la operación para efectuar trabajos tales como la tala de totora o la eliminación de lodos.

(7) Costo del Proyecto

Los costos de construcción para el proyecto propuesto son estimados de la misma forma como en la sección anterior.

El programa de operación y mantenimiento, tal como fue estipulado en las secciones precedentes, requieren de los siguientes ítems y fondos anuales para una operación apropiada del sistema de recolección de aguas residuales y para la planta de tratamiento de aguas residuales.

Según el estudio previo, la implementación global y el cronograma de desembolsos para el plan propuesto ha sido preparado tal como se muestra en la *Tabla II.3.8.*

Tabla II.3.8 Programa de Implementación y Desembolsos

Año	Fase 1										Fase 2										Fase 3									
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
<b>Asesor</b>																														
<b>Cronograma de Implementación</b>																														
1. Preparación del proyecto																														
2. Etapa de pre-construcción																														
2.1 Diseño detallado																														
2.2 Licitación																														
3. Construcción																														
3.1 Sistema de recolección																														
3.2 Planta de tratamiento de aguas servidas																														
- Obras Civiles																														
- Obras Eléctricas/Mecánicas																														
4. Equipamiento																														
5. Operación de prueba																														
<b>Cronograma de Desembolsos</b>																														
(Miles \$/)																														
1. Adquisición de terreno	0																													
2. Administración	600																													
3. Construcción	59,553																													
(1) Colector	31,639																													
- Obras Eléctricas/Mecánicas	0																													
(2) Est. Bombeo - Obras Civiles	34																													
- Obras Eléctricas/Mecánicas	365																													
(3) Planta de tratamiento - Civiles	7,649																													
- Obras Eléctricas/Mecánicas	13,868																													
4. Equipamiento	536																													
5. Servicio de Ingeniería	5,355																													
6. Imprevistos	8,917																													
7. IGV (18%) (for 3, 4, 5, 6)	12,305																													
<b>Total</b>	81,265																													
8. Renovación de equipo (incluye IGV y con.)	26,939																													
9. Operación & Mantenimiento	23,896																													
<b>Total General de Desembolsos</b>	132,100																													

## **(8) Evaluación del Proyecto**

### **1) Aspecto Social**

De acuerdo a la investigación de conciencia pública ejecutada por el Equipo de Estudio de JICA, la expectativa del mejoramiento de la sanidad y del medio ambiente en el lago mediante el desarrollo del sistema de alcantarillado es bastante alta. La implementación del Plan Maestro tendrá los siguientes efectos sociales:

- Mejoramiento de las condiciones sanitarias
- Mejoramiento del potencial de desarrollo turístico mediante el mejoramiento de la calidad del agua de la Bahía Interior de Puno.

El Plan Maestro propuesto es considerado socialmente factible para la ciudad de Puno. La aceptación social y la efectividad del Plan Maestro serán realizadas mediante la conciencia pública del programa.

### **2) Aspecto Financiero**

#### **a. Viabilidad Financiera del Proyecto Propuesto**

A fin de calcular el VAN del plan propuesto, la tasa de descuento se ha estimado en 5% debido a que la tasa interna comercial en los bancos en el Perú fue 5% en Agosto de 1999 (Banco Central de Reserva del Perú, Agosto de 1999).

**Tabla II.3.9 TIRF y VAN del plan propuesto**

	TIRF	VAN (S/.1000)
Plan Propuesto	6.0%	S/. 2,277

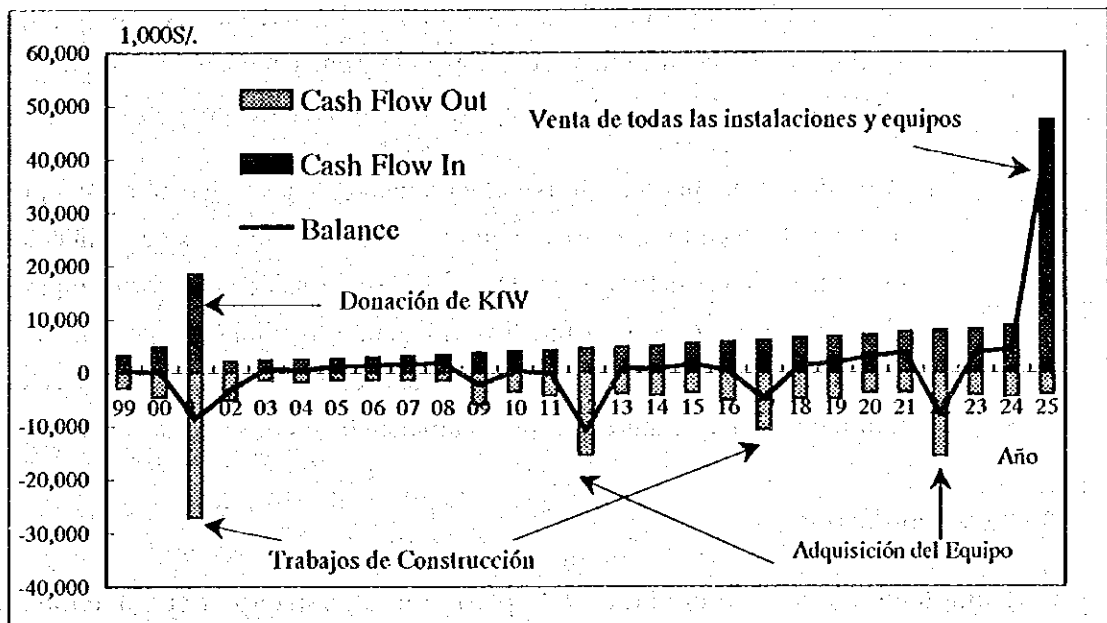
Nota: La tasa de descuento del VAN es 5%

La TIRF y el VAN han sido calculados utilizando la información del costo del proyecto, renta y donación.

La TIRF (6.00%) es mayor que la tasa de descuento (5%) y el VAN (S/.2,277) se vuelve positivo. Por lo tanto, el plan propuesto se considera factible. Sin

embargo, esta factibilidad está basada en las condiciones mencionadas en la sección previa, por lo que la búsqueda de fuentes de préstamos locales con tasas de 5% interés y fondos locales sin intereses es crucial.

El cambio del balance de liquidez se muestra en la *Figura II.3.2*. Los “desembolsos del flujo de efectivo” aumentará entre el 2001 y el 2017, debido a que los costos por los trabajos de construcción se inflarán en estos años, y los “desembolsos del flujo de efectivo” se incrementarán entre el 2012 y el 2022, debido a que el costo para la adquisición de equipos aumentarán entre los mencionados años. Mientras que los “ingresos del flujo de efectivo” se incrementarán en el 2001, debido a la donación de la KfW. Por otra parte, los “ingresos del flujo de efectivo” aumentarán en el 2025 porque se supone que todas las instalaciones y los equipos serán vendidos por EMSAPUNO al costo devaluado remanente.



**Figura II.3.2 Fluctuación del Balance de Liquidez**

**b. Plan Financiero**

A fin de que el plan propuesto alcance un nivel financieramente viable por una TIRF mayor que 5%, uno de los métodos más efectivos es la recepción de



subsidios o subvenciones. Por otro lado, no sólo debe considerarse el aspecto financiero sino también debe ser considerado el aspecto económico debido a que la implementación del plan propuesto para el mejoramiento de la calidad del agua del Lago Titicaca influenciará en la industria turística y pesquera de Puno. Para hacer factible el plan propuesto, se deben tomar en cuenta las siguientes medidas:

- a) Búsqueda de una fuente financiera con una tasa de interés menor de 5%.
- b) Búsqueda de una fuente financiera sin interés.
- c) Incremento del índice de cobranza, la cual es de aproximadamente 76% en la actualidad.
- d) Incremento de la tarifa por los servicios de alcantarillado (5% cada 3 años). La tarifa actual en la ciudad de Puno es aproximadamente 97 soles/familia/año (EPS EMSAPUNO S.A. MEMORIA ANUAL 1998). El incremento de la tarifa debe ser reajustado y correctamente informado a los ciudadanos de Puno desde la etapa de preparación del proyecto.
- e) A fin de mitigar un impacto por el incremento de las tarifas por servicios de alcantarillado en los sectores familiares con bajos ingresos económicos, un cierto tipo de estructura de tarifas podría ser considerada. Por ejemplo, un sistema de tarificación progresiva, mediante mediciones por manzanas (consumo) aplicando una tarifa básica baja, ayudará a los sectores familiares de bajos ingresos, que mantienen bajo consumo de agua.

#### **(9) Recomendaciones**

##### **1) Implementación inmediata del plan de desarrollo del sistema de alcantarillado**

Debido a que la eutroficación de la Bahía Interior de Puno ha alcanzado el nivel hiper-eutrófico, se requieren acciones inmediatas para reducir las cargas contaminantes que ingresa a la bahía.

##### **2) Mantenimiento cuidadoso de los humedales construidos**

El sistema de tratamiento de aguas residuales tiene un proceso de humedales artificiales tipo flujo sub-superficial acorde al diseño el cual las autoridades

peruanas ambicionan terminar. En general, el índice de reducción de cargas contaminantes a través de este tipo de instalaciones, varía debido a algunas condiciones locales o a la calidad de mantenimiento. Por consiguiente, es necesario examinar la eficiencia y el mantenimiento propio de la instalación mediante un estudio experimental. El estudio también podrá ser llevado a cabo para alternativas tales como, humedales de tipo flujo superficial o sistemas de tratamiento con *Lemma*, el tipo idóneo debe ser decidido a través de los resultados.

### **3) Control de afluencia para el sistema de alcantarillado sanitario**

Se deberá establecer reglamentaciones estrictas para prevenir el diseño de conexiones de descarga de aguas pluviales al sistema sanitario.

### **4) Mejoramiento de la conciencia ambiental**

La falta de conciencia ambiental ocasiona el mal uso del sistema de alcantarillado sanitario y el uso de las vías de drenaje como excusados. Se recomienda enfáticamente la concienciación medioambiental como factor clave para el mejoramiento del medio ambiente.

## **3.2 MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

### **3.2.1 Evaluación de las Condiciones Actuales**

Se condujeron las siguientes investigaciones de campo a fin de entender exactamente la situación actual del manejo de residuos sólidos (SWM) en la ciudad de Puno.

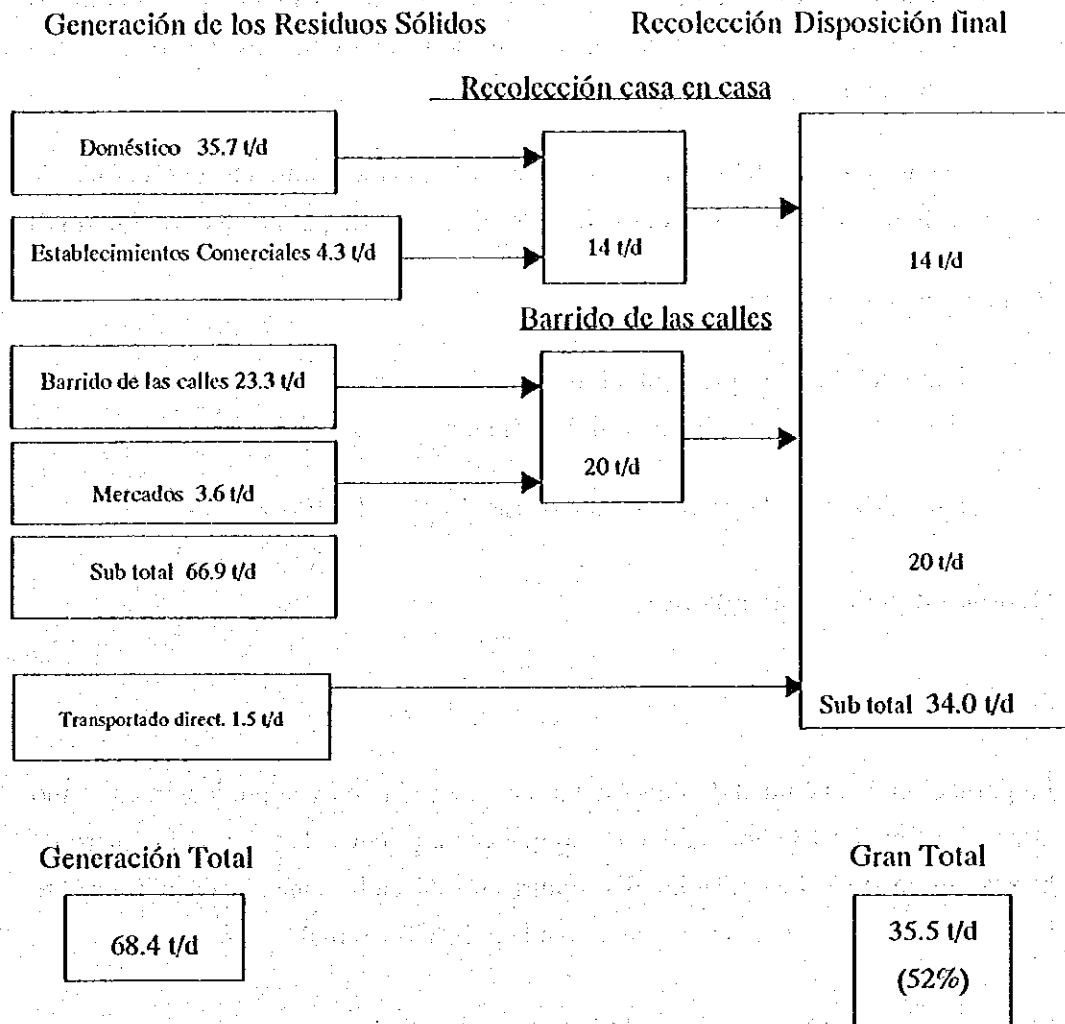
- Estudio de tiempo y movimiento de los trabajos de recolección
- Estudio de la cantidad de residuos sólidos transportada hacia el lugar de disposición final
- Estudio de los lugares de disposición clandestina de residuos (ubicación y cantidad)
- Cantidad de desechos y componentes físicos
- Medición del lugar de disposición final existente

La ciudad está dividida en cuatro áreas; área residencial (A), área comercial (B), área nueva en desarrollo (C) y área montañosa (D).

Según los resultados de los estudios, la generación per cápita de residuos y gravedad específica promedio es 0.33 kg/persona-día y 0.18 kg/l respectivamente.

Fueron reconocidas 67 ubicaciones de disposición clandestina, el total del área superficial y la cantidad en los lugares de disposición clandestina fueron estimados en 5,500 m<sup>2</sup> y 180 m<sup>3</sup> respectivamente. Las áreas en donde los vehículos recolectores no tienen acceso fueron 50, en el cual 20 de ellos están en la parte montañosa, 10 en las riberas del lago y las restantes 20 en otras áreas.

La *Figura II.3.3.* muestra el flujo de residuos sólidos tratados en 1998, el cual muestra la generación de residuos y cantidad transportada al lugar de disposición final (FDS). El índice total de recolección de residuos en la ciudad es de 52%, los índices de residuos recolectados para las viviendas y barrido de calles es 35% y 75% respectivamente.



**Figura II.3.3 Flujo de los Residuos Sólidos en la ciudad de Puno (1998)**

**3.2.2 Plan Maestro**

**(1) Objetivos y Estrategias**

- Eliminación de los residuos dispuestos clandestinamente (eliminación continua de los residuos y eliminación de los lugares de disposición clandestina)

- Mejoramiento del índice de recolección de residuos sólidos (mejoramiento del sistema de recolección, adquisición de vehículos de recolección adicionales, concienciación ciudadana)
- Mejoramiento del lugar de disposición final (mejoramiento del método de relleno sanitario, adquisición del espacio necesario para la disposición final)

#### Implementación por etapas:

al año 2008 : Implementación del relleno sanitario e incremento del índice de recolección de residuos.

al año 2025: Logro del índice de recolección del 100%

## (2) Condiciones de Planeamiento

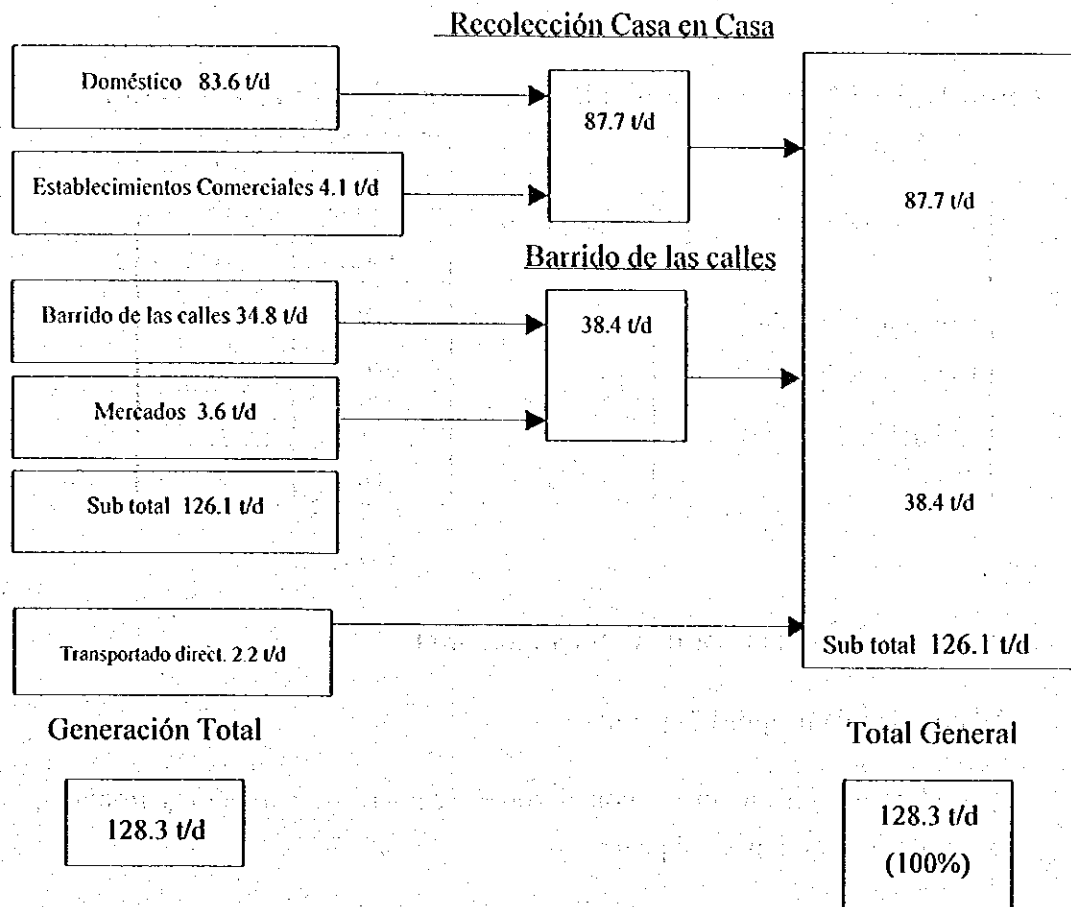
### 1) Población

La población de la ciudad de Puno se incrementa cada año y la población en el año 2025 se estima en 186,560 habitantes lo que corresponde a 1.7 veces el número de habitantes en 1998. La población disminuirá en 10% en la Zona A y en la Zona C se incrementará en tres veces con respecto a la población actual.

### 2) Cantidad y Características de los Residuos Sólidos

Para la estimación futura de generación de residuos en la Ciudad de Puno, la generación per cápita es calculada basándose en la suposición de que el crecimiento económico anual de la ciudad es 1.5%. La generación de residuos será de 86 ton/día en el 2008, mientras que en 1998 fue de 67 ton/día. No se asume que anualmente exista un cambio en las características de los residuos, aunque la situación exacta no es fácil de predecir. La *Figura II.3* muestra el flujo estimado de tratamiento de residuos sólidos en el año 2025 en la Ciudad de Puno.

Generación de los Residuos Sólidos    Recolección    Disposición final



**Figura II.3 4 Flujo de los Residuos Sólidos en la ciudad de Puno (2025)**

**(3) Planes Alternativos para las Medidas Estructurales**

**1) Mejoramiento de la Recolección y el Transporte**

- Adquisición adicional de vehículos de recolección

La ciudad de Puno cuenta con siete vehículos de recolección de los cuales tan sólo cuatro están disponibles para operar debido a las malas condiciones de los restantes. A fin de mejorar el índice de recolección de residuos se requieren vehículos adicionales.

La *Tabla II.3.10* muestra el número de vehículos actuales y requeridos a fin de alcanzar un índice de recolección de 100% en los años 2008 y 2025.

**Tabla II.3.10 Número Requerido de Vehículos de Recolección**

Vehículo	Actual	Número requerido en los años objetivos	
	1999	2008	2025
Compactador 12m <sup>3</sup>	1	2	2
Camión de Basura 6m <sup>3</sup>	1	3	5
Compactador 4.0m <sup>3</sup>	2	11	15
Total	4	16	22

**2) Mejoramiento del Lugar de Disposición final**

- Adquisición de maquinaria pesada

Para el recubrimiento diario con tierra se requiere de cargadores frontales, excavadora y camiones volquetes.

- Adquisición de un nuevo terreno para la ampliación del relleno sanitario

El actual relleno sanitario estará lleno dentro de algunos años.

- Sistema de tratamiento del deslave

El sistema de tratamiento del deslave debe ser instalado de acuerdo a las nuevas regulaciones que serán promulgadas en un futuro no muy lejano.

**3) Eliminación de los residuos dispuestos clandestinamente**

El trabajo de eliminación debe ser realizado mediante la participación ciudadana.

#### 4) Planes alternativos

##### a. Recolección y transporte

###### - Sistema de Recolección

**Alternativa 1 (A-1):** Adopción del Sistema de Recolección por Campana (actual) para toda el área de las Zonas A, B, C y D con una frecuencia de recolección de dos veces por semana.

**Alternativa 2 (A-2):** Para las Zonas A y B se adopta el sistema de recolección empleado en A-1 y para las Zonas C y D, un nuevo sistema basado en una combinación de colocación de contenedores e introducción de vehículos especiales.

**Alternativa 3 (A-3):** Se distribuyen contenedores en la Zona C como se mencionó anteriormente en A-2.

Entre las tres alternativas mencionadas, la alternativa 3 es la más efectiva desde el punto de vista técnico. Sin embargo, considerando el costo global, la alternativa 1 ha sido considerada como la más práctica.

###### - Índice de recolección de residuos

Como resultado del caso, se estudia dos alternativas que tienen como objetivo un incremento del índice de recolección rápido o moderado, ambas costarán una gran suma. Considerando las dificultades financieras de la Municipalidad Provincial de Puno, no hay otra forma excepto que seleccionar el del incremento moderado (ver *Figura II.3.5*).

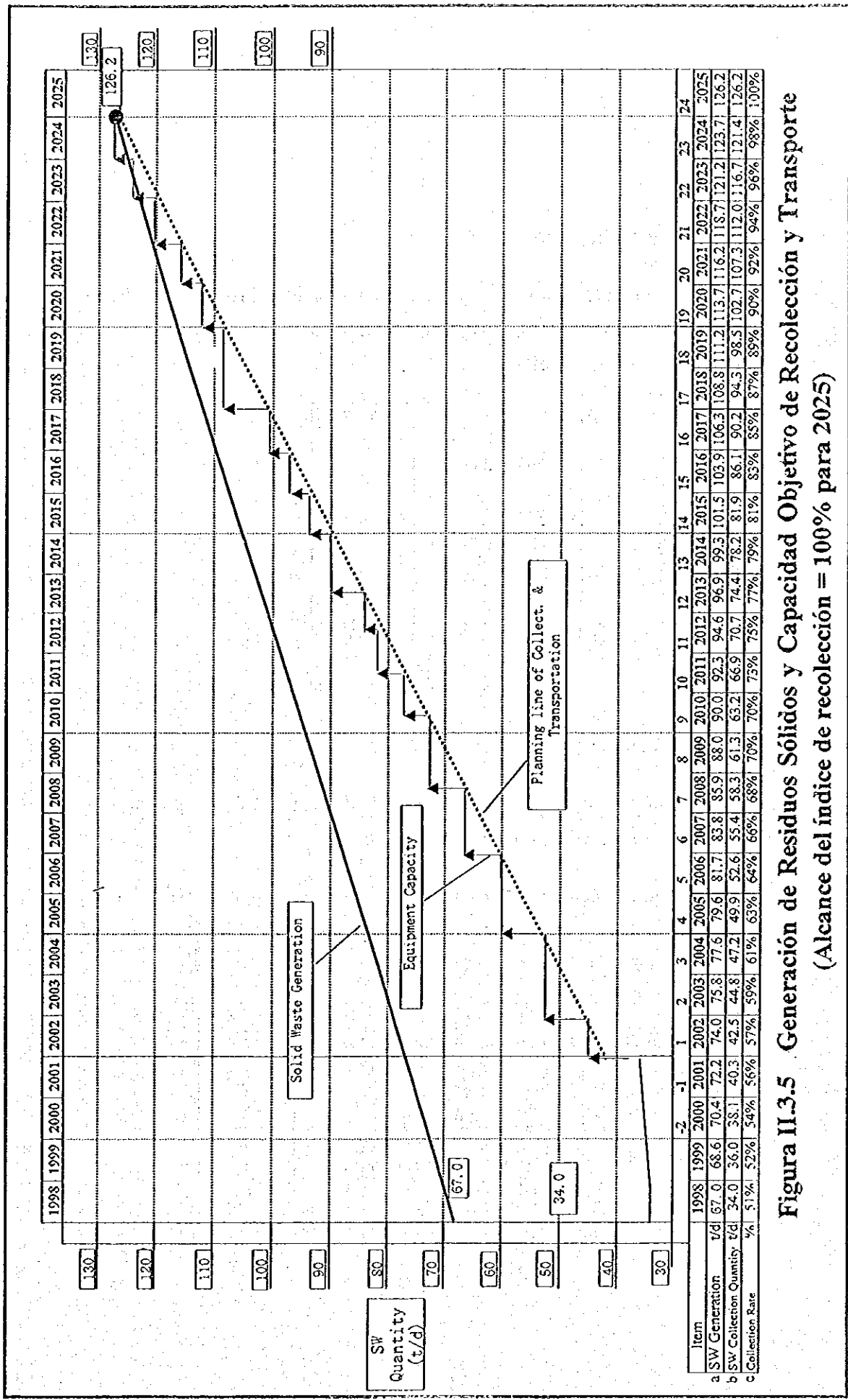
##### b. Lugar de Disposición Final

El relleno sanitario deberá ser diseñado de acuerdo con los lineamientos técnicos de DIGESA (a punto de ser promulgado bajo la aprobación del Congreso de la República).

Concretamente, las siguientes instalaciones deberán ser consideradas en el lugar de relleno sanitario de acuerdo a los lineamientos técnicos.



- Muro de contención para prevenir el escape de los residuos.
- Instalaciones para el drenaje del agua superficial proveniente de las lluvias.
- Instalación para la recolección del deslave.
- Capa para el control de la infiltración del deslave.
- Cerca para prevenir la diseminación de los residuos por efecto del viento.
- Vía de acceso.
- Instalación para el tratamiento del deslave.
- Instalaciones para la administración del sitio incluyendo puente para el pesado.



**Figura II.3.5 Generación de Residuos Sólidos y Capacidad Objetivo de Recolección y Transporte**  
 (Alcance del índice de recolección = 100% para 2025)

### (3) Plan Propuesto

#### 1) Recolección y Transporte

Considerando las dificultades financieras de la Municipalidad Provincial de Puno, el índice de recolección de residuos debe incrementarse gradualmente con el objetivo de lograr el 100% en el año 2025.

Año		2008	2025
Cantidad de Vehículos Recolectores de Residuos Sólidos Requerido	Camión compactador 12 m <sup>3</sup>	1	2
	Camión compactador 4 m <sup>3</sup>	7	15
	Camión volquete 6.8 m <sup>3</sup>	1	5
	Triciclo	5	5
Mano de Obra		153	204

#### 2) Lugar de Disposición final

Se ha propuesto un relleno sanitario como lugar de disposición final siguiendo los lineamientos técnicos expedidos por DIGESA.

De acuerdo a estos lineamientos, 10 rellenos sanitarios con una extensión de 20,000 m<sup>2</sup> - 37,000 m<sup>2</sup> serán construidos por etapas. También se requerirá maquinaria pesada en los sitios.

Año		2008	2025
Cantidad de sitios (a ser construidos hasta el año)		3	10
Cantidad de Maquinaria Pesada Requeridos en el Lugar de Disposición Final	Cargador frontal	1	1
	Excavadora	1	1
	Camión volquete	1	1
	Grupo Electrógeno	1	1
	Balanza para camiones	1	1
Mano de Obra		6	6

### **3) Medidas No Estructurales**

Básicamente, la eliminación deberá efectuarse haciendo uso de los equipos de propiedad de la municipalidad provincial, sin embargo es deseable la participación voluntaria de los ciudadanos en otras actividades ordinarias de la municipalidad.

## **(5) Plan de Implementación**

### **1) Eliminación de los residuos dispuestos clandestinamente**

Una cuadrilla de 10 a 20 personas deberá recolectar los residuos diseminados a fin de transportarlos al lugar de disposición final mediante vehículos recolectores de propiedad de la municipalidad provincial cada fin de semana. Se requerirán 6 meses para completar el trabajo.

### **2) Ampliación del lugar de disposición final**

Hasta el año objetivo 2025, aproximadamente 1,270,000 m<sup>3</sup> de residuos incluyendo 254,000 m<sup>3</sup> de tierra para la cobertura serán depositados en el lugar de disposición final. Es necesario construir el lugar de disposición final con la capacidad antes mencionada.

Conjuntamente con la construcción, se deberá implementar en el lugar una vía de acceso, una balanza para camiones, maquinaria pesada, un equipo electrógeno y una oficina administrativa.

### **3) Complemento de los vehículos de recolección**

El equipamiento debe ser adquirido gradualmente. Y deberán ser adquiridos a más tardar para el año 2002 un compactador grande, uno pequeño, cinco volquetes medianos y un juego completo de herramientas para el mantenimiento.

### **4) Cronograma de Implementación**

- Inicio de la eliminación de los residuos dispuestos clandestinamente a partir del año 2000 y finalización del trabajo en el periodo de un año.

- Inicio de la construcción del lugar de disposición final a partir del año 2001 y la construcción de 10 lugares con 20,000 m<sup>2</sup> – 37,000 m<sup>2</sup> para el año 2025.

El cronograma de implementación se muestra en la *Figura II.3.6*.

## (6) Costos del Proyecto

### 1) Condiciones

Las condiciones para la estimación de los costos se resumen a continuación:

- La mayor parte de los costos son expresados bajo condiciones económicas vigentes en 1998 y no ha sido considerado el incremento de los precios.
- Se ha asumido que los trabajos de construcción serán ejecutados por un contratista general peruano y los trabajos de operación y mantenimiento, por personal de la municipalidad.
- Para la estimación, se ha empleado los costos en Perú a excepción de la tubería para la recolección del deslave para la cual se ha empleado el costo en Japón.
- El costo del servicio de ingeniería se ha asumido igual a 5% del total del costo directo de construcción.
- La contingencia física se ha asumido igual al 15% del total del costo directo de construcción y del servicio de ingeniería.

2) Costo de Construcción	33,649,000 Soles
3) Equipo	12,913,000 Soles
4) Costo de Operación y Mantenimiento	42,671,000 Soles
5) Total General	89,233,000 Soles (No incluye IGV)

**(7) Organización para la Operación y Mantenimiento**

**1) Manejo del Proyecto**

El Departamento de Limpieza está a cargo de la operación de recolección y disposición de residuos. Sin embargo, el mantenimiento del equipo o los trabajos de cobranza son efectuados por diferentes departamentos regionales de mantenimiento de equipos, se requiere de un departamento encargado de las cobranzas. La unificación de dichos departamentos es requerida para conseguir un manejo eficiente.

**2) Fortalecimiento de la Organización**

Es deseable que la educación esté orientada a enriquecer el nivel técnico del personal así como a proporcionarles entrenamiento técnico acorde con el gobierno estatal e instituciones internacionales tales como DIGESA o CEPIS.

Items	Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
<b>1. Preparation and Transportation</b>																												
1.1) Detailed Planning for Collection Routes and manpower:																												
2.1) Inquiry/Place of Order for Equipments																												
2.2) Procurement																												
a) 12 m <sup>3</sup> Compactor Truck																												
b) 4 m <sup>3</sup> Compactor Truck																												
c) 6.5 m <sup>3</sup> Garbage Dump Truck																												
d) Maintenance Equipment																												
e) Tricycle																												
<b>3. Employment of Staff</b>																												
3.1) Driver for Vehicles and Assistant																												
3.2) Worker for Road Sweeping																												
<b>Sanitary Landfill Construction</b>																												
1. Preparation of Project																												
1.1) Detailed site survey of Geol. etc.																												
1.2) Detailed design.																												
1.3) Bidding																												
2. Land Acquisition																												
3. Site Construction																												
4. Duration of landfill period at each site																												
5. Truck Scale basement																												
6. Administration House Construction																												
7. Sedimentation Tank Construction																												
8. Leachate Circulation Pit Construction																												
9. Road Improvement construction																												
10. Monitoring well installation																												
11. Heavy machine purchasing																												
<b>Total Cost (Thousand \$)</b>																												
Collection and Maintenance																												
Total for collection & trans.																												
<b>Sanitary Landfill Construction</b>																												
Total for Landfill const.	14	3,494	2,414	348	3,271	352	4,999	353	3,737	361	4,220	1,765	365	4,993	370	372	5,294	386	5,184	391	6,783	1,801	401	3,001	404			
<b>Grand Total</b>	14	3,494	4,676	1,546	4,203	1,993	6,285	1,575	1,656	5,132	1,486	5,655	4,868	2,218	6,624	1,972	2,334	6,994	2,798	7,188	2,029	9,024	4,053	2,524	5,196	2,666		

Figura II.3.6 Cronograma de Implementación y Desembolsos del Proyecto

(8) Evaluación del Proyecto

1) Cálculos para un Plan Financiero Aceptable

A fin de estimar la medida mas adecuada para hacer factible el plan propuesto, el TIRF de los siguientes 6 casos han sido calculados. En la *Tabla II.3.11*, se muestran las combinaciones de las tarifas por el manejo de residuos con una tarifa medioambiental y la TIRF (Tasa Interna de Retorno Financiero) de cada caso.

Caso 1: El sistema actual de las tarifas por el manejo de residuos (32 soles/familia/año como tarifa por el manejo y no por tarifa ambiental).

Caso 4: Los gastos por la operación y mantenimiento O/M se suponen que serán reducidos en 30%.

Caso 1, 4, 6 y 7: Los gastos por servicios de ingeniería se asumen que serán cubiertos mediante contribuciones del gobierno Peruano.

Caso 5 y 8: Los gastos por los servicios de ingeniería, maquinaria pesada y vehículos, se asumen que serán cubiertos mediante contribuciones del gobierno Peruano.

**Tabla II.3.11 Resultados de la Viabilidad Financiera**

	Tarifa por el Manejo de Residuos	Tarifa Medioambiental	Corte de gastos de O/M	Subsidios del Estado	TIRF	P/L	Balance de Ingresos
	soles/familia/año	\$/días/persona	(%)		%	1,000 soles	1,000 soles
Caso 1	32	0	0	Ser.Ing.	-38.8	-60,781	-60,751
Caso 4	32	0	30	Ser.Ing.	-32.6	-53,745	-53,715
Caso 5	32	0	0	Ser.Ing.+ M.P.+V	-27.1	-51,879	-51,849
Caso 6	48	1.4	0	Ser.Ing.	8.1	273	303
Caso 7	64	1.1	0	Ser.Ing.	8.7	1,553	1,583
Caso 8	48	1.2	0	Ser.Ing.+ M.P.+V	17.3	2,143	2,173

\*1 P/L simboliza Beneficios – Pérdidas.

\*2 Estado: Gobierno Estatal

\*3 Ing.Ser.: Servicios de Ingeniería

\*4 M.P.+V: Maquinaria Pesada y Vehículos



El plan propuesto no es factible bajo los casos 1, 4 y 5, porque el TIRF de ellos son negativos. Por otro lado, los casos 6, 7 y 8 son viables, debido a que el TIRF excede el 7% de la tasa de interés de préstamo blando, además el P/L y Balances de Ingresos son positivos. Además, se puede decir que la contribución para los servicios de ingeniería, maquinaria pesada y vehículos, es mas efectiva que la disminución de los costos de obra debido a que el TIRF del caso 5 es mayor al del caso 4.

## **2) Implementación del Plan Financiero**

Cada caso tiene sus ventajas bajo situaciones diferentes. Estas ventajas son mencionadas a continuación:

**Caso 6:** Si la prioridad de los ciudadanos es mayor que la del turismo y si la maquinaria pesada y vehículos no son cubiertos por una contribución, el caso 6 sería el mas adecuado.

**Caso 7:** Si la prioridad turística es mayor que la de los ciudadanos y si la maquinaria pesada y vehículos no son cubiertos por una contribución, el caso 7 sería el mas adecuado.

**Caso 8:** Si los gastos por los servicios de ingeniería, maquinaria pesada y vehículos son cubiertos mediante una contribución del gobierno Peruano, el caso 8 sería el mas adecuado.

Existen algunos puntos cruciales para ejecutar los casos 6, 7 y 8, como se indica a continuación:

**Punto 1:** La tasa de cobranza actual de las tarifas por el manejo de residuos, debe ser incrementada de 48% a 70%. Este método puede ser ejecutado sin ninguna variación fundamental del manejo de residuos sólidos en Puno.

**Punto 2:** El incremento de las tarifas por manejo de residuos sólidos actuales debe ser reajustado.

**Punto 3:** El incremento de las tarifas por manejo de residuos sólidos actuales debe ser correctamente informado a los ciudadanos desde la etapa de preparación del proyecto.

Punto 4: A fin de mitigar un impacto en el incremento de tarifas para las familias de bajos ingresos, un cierto tipo de medidas podría ser considerado. Por ejemplo, la ciudad de Puno debe ser dividida en áreas de altos ingresos y bajos ingresos económicos. Entonces, una tasa de incremento alto por el manejo de residuos, debe ser aplicada a las áreas con altos ingresos.

Punto 5: La introducción de la tarifa medioambiental, debe ser reajustada y correctamente informada a los hoteles de Puno.

Punto 6: El gobierno estatal debe reconocer que los valores y beneficios generados por el turismo del lago Titicaca, son mercedores de ser provistas por subsidios para un mejoramiento medioambiental.

### **(9) Recomendaciones**

- Adopción del sistema actual de recolección por campana (casa en casa) para toda el área, con una frecuencia de recolección de dos veces a la semana
- Educación de salud pública a los ciudadanos en iglesias, cámara de comercio y escuelas para prevenir la disposición clandestina de residuos.
- Uso de medios de comunicación tales como periódicos, televisión y radio para la educación de los pobladores.
- Ejecución de campañas estacionales de limpieza

### **3.3 OTRAS MEDIDAS**

La ampliación y mejoramiento del sistema de alcantarillado y del manejo de residuos sólidos, han sido discutidos en las secciones anteriores como medidas principales a ser tomadas con la prioridad más alta. En esta sección, las restantes medidas estructurales posibles son discutidas a fin de fortalecer el plan de control integral de contaminación de aguas de la Bahía de Puno.

#### **3.3.1 Sistema de Drenaje Urbano**

El sistema de drenaje urbano debe ser mejorado para el funcionamiento efectivo del sistema de alcantarillado sanitario, a cambio de reducir los puntos indirectos de cargas contaminantes. Especialmente se espera que un sistema de drenaje urbano apropiado evitará que el agua pluvial ingrese a las alcantarillas, reduciendo los

efectos de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Principalmente, desde este punto de vista, el mejoramiento del sistema de drenaje urbano es discutido.

### **(1) Evaluación de las Condiciones Actuales**

Los problemas existentes son identificados como a continuación:

- Aniegos en las calles
- Sedimentos en las vías de drenaje
- Disposición de residuos sólidos, excrementos humanos y escombros proveniente de construcciones en los canales de drenaje
- Ingreso de las aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario
- Descarga de sedimentos y contaminantes a la Bahía Interior de Puno

### **(2) Objetivos y Estrategias de las Medidas para el Mejoramiento de los Drenajes**

#### **1) Objetivos**

- Controlar los aniegos en las calles
- Reducir el ingreso de sedimentos y contaminantes a la Bahía Interior de Puno
- Prevenir el ingreso de agua pluvial al sistema de alcantarillado sanitario

#### **2) Estrategia**

- Máxima utilización de las vías de drenajes naturales y los canales existentes para minimizar costos

### **(3) Plan Propuesto**

- Ampliación y revestimiento de los canales existentes.
- Construcción de vías de drenaje adicionales.
- Construcción de presas de detención y estructuras de salto para controlar la velocidad del flujo y la sedimentación.

- Instalación de drenajes adecuados en las calles.
- Separación de las vías de drenaje y el sistema de alcantarillado sanitario.

Las medidas propuestas para la mejora de los canales de drenaje se muestran en la *Tabla II.3.12* y en la *Figura II.3.7*. La longitud total de los canales propuestos es 12 km. El costo total es 8.5 millones de soles mientras que el costo de construcción de los canales de primera prioridad es 5.4 millones.

**(2) Costo del Proyecto**

Costo directo de construcción:	6,700,500 S/.
Costo del servicio de ingeniería (construcción x 10%):	670,100 S/.
Contingencia { (construcción+ingeniería) x 15%}:	1,105,600 S/.
Costo de administración (construcción x 1 %):	67,000 S/.
<b>Total</b>	<b>8,543,200 S/. (no incluye IGV)</b>

**(5) Implementación**

año 2000: preparación, diseño detallado y estudios

2001 ~ 2008: trabajo de construcción

Tabla II.3.12 Mejoramiento propuesto para los canales de drenaje (Periodo de Retorno de 5 años)

ID	Nivel de Prioridad	Canal Propuesto		Sección Propuesta				Propiedades Hidráulicas del Canal Propuesto				Escomentia Máx (5 años)			Capacidad suficiente		Comentario			
		Ubicación Tramo	Tipo	Longitud (m)	Pendiente	z	b (m)	y (m)	Número (nos.)	Número de Manning	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	Velocidad (m/s)	Capacidad (m <sup>3</sup> /s)	Existente (m <sup>3</sup> /s)		Futura (m <sup>3</sup> /s)	Existente (Y/N)	Futura (Y/N)
L-1	2	JM.2	CC	570	0.06624	0.0	0.70	0.65	1	0.015	0.46	2.00	0.23	6.39	2.91	2.08	2.75	Y	Y	U
L-2	2	JB.3	CC	240	0.06090	0.0	0.60	0.50	1	0.015	0.30	1.60	0.19	5.39	1.62	-	1.44	Y	Y	A
L-3	2	JB.4	CC	870	0.13602	0.0	0.75	0.65	1	0.015	0.49	2.05	0.24	9.44	4.60	3.80	4.56	Y	Y	N
H-1	1	JB.6	CC	220	0.04443	0.0	0.95	0.80	1	0.015	0.76	2.55	0.30	6.27	4.77	3.80	4.56	Y	Y	U
H-2	1	JB.6	BC	160	0.04443	0.0	0.85	0.80	1	0.013	0.68	2.45	0.28	6.90	4.69	2.07	4.67	Y	Y	A
H-3	1	JB.8	CC	170	0.01659	0.0	1.20	1.10	1	0.015	1.32	3.40	0.39	4.57	6.03	2.07	5.98	Y	Y	U
H-4	1	JB.10	BC	170	0.00707	0.0	1.60	1.30	1	0.013	2.08	4.20	0.50	4.05	8.42	4.05	8.14	Y	Y	A
L-4	2	FL.12	CC	300	0.13604	0.0	0.50	0.45	1	0.015	0.23	1.40	0.16	7.27	1.64	1.32	1.49	Y	Y	U
L-5	2	FL.14	CC	300	0.04519	0.0	0.45	0.40	1	0.015	0.18	1.25	0.14	3.89	0.70	0.48	0.59	Y	Y	U
H-5	1	FL.15	CC	140	0.01602	0.5	1.50	1.30	1	0.015	2.80	4.41	0.65	6.23	17.41	13.52	16.38	Y	Y	U
L-6	2	FL.16	CC	120	0.20055	0.0	0.25	0.15	1	0.015	0.04	0.55	0.07	4.98	0.19	0.16	0.18	Y	Y	U
L-7	2	CD.1	CC	480	0.00446	0.0	0.90	0.80	1	0.015	0.72	2.50	0.29	1.94	1.40	1.16	1.31	Y	Y	N
L-8*	2	CA.3	CC	230	0.09000	0.0	1.05	0.90	1	0.015	0.95	2.85	0.33	9.58	9.05	6.24	8.60	Y	Y	U
L-9*	2	CA.5	CC	200	0.09000	0.0	1.10	0.95	1	0.015	1.05	3.00	0.35	9.90	10.35	7.32	9.98	Y	Y	U
L-10	2	CA.13	CC	330	0.21794	0.0	0.50	0.40	1	0.015	0.20	1.30	0.15	8.94	1.79	1.29	1.69	Y	Y	U,N
L-11*	2	CA.15	CC	270	0.14000	0.0	0.70	0.60	1	0.015	0.42	1.90	0.22	9.12	3.83	2.73	3.48	Y	Y	N
H-6	1	CA.18	BC	560	0.00490	0.0	1.80	1.50	3	0.013	2.70	4.80	0.56	3.67	29.72	22.88	29.67	Y	Y	N
L-12	2	RP.1	CC	530	0.01055	0.0	1.10	0.90	1	0.015	1.00	2.90	0.35	3.37	3.38	2.78	3.23	Y	Y	N
L-13	2	CH.3	CC	220	0.06486	0.0	1.20	1.05	1	0.015	1.26	3.30	0.38	8.94	11.26	8.60	11.11	Y	Y	U
H-7	1	TG.2	CC	940	0.04165	0.0	0.85	0.70	1	0.015	0.60	2.25	0.26	5.61	3.34	2.40	3.16	Y	Y	U
L-14	2	MO.1	CC	490	0.14976	0.0	0.50	0.45	1	0.015	0.23	1.40	0.16	7.63	1.72	1.31	1.61	Y	Y	N
H-8	1	MO.2	CC	580	0.16452	0.0	0.45	0.35	1	0.015	0.16	1.15	0.14	7.18	1.13	0.87	0.99	Y	Y	N
H-9	1	MO.3	CC	330	0.00867	0.0	1.10	0.90	1	0.015	0.99	2.90	0.34	3.03	3.00	2.55	2.84	Y	Y	N
L-15	2	AS.2	CC	100	0.09456	0.0	0.90	0.80	1	0.015	0.72	2.50	0.29	8.94	4.51	3.33	4.35	Y	Y	N
L-16*	2	AS.5	CC	300	0.17000	0.0	0.70	0.55	1	0.015	0.39	1.80	0.21	9.83	3.78	2.78	3.63	Y	Y	N
L-17	2	AS.6	CC	790	0.08299	0.0	0.85	0.70	1	0.015	0.60	2.25	0.26	7.91	4.71	3.52	4.49	Y	Y	N
H-10	1	AS.7	CC	180	0.01316	0.5	1.30	1.10	1	0.015	2.04	3.76	0.54	5.08	10.34	7.85	10.03	Y	Y	U
L-18*	2	AS.8	CC	240	0.23000	0.0	0.55	0.45	1	0.015	0.25	1.45	0.17	9.84	2.43	1.71	2.21	Y	Y	U
H-11	1	AS.10	BC	460	0.01380	0.0	1.20	0.90	2	0.013	1.08	3.00	0.36	4.57	9.88	6.33	9.36	Y	Y	A
L-19	2	AS.13	CC	560	0.02127	0.0	1.35	1.20	1	0.015	1.62	3.75	0.43	5.56	9.00	6.34	8.82	Y	Y	U
H-12	1	AS.14	BC	560	0.01944	0.0	1.30	1.00	2	0.013	1.30	3.30	0.39	5.76	14.98	9.63	14.90	Y	Y	A
L-20	2	MC.1	CC	320	0.02047	0.0	0.90	0.75	1	0.015	0.68	2.40	0.28	4.09	2.76	2.10	2.73	Y	Y	N

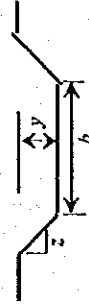
\* : Podría requerir la construcción de salto.

Nomenclatura : U => Mejoramiento del canal existente

A => Ampliación del canal existente

N => Canal nuevo

Nota : Los canales de concreto existentes en los tramos JB.12, FL.11, CA.12 y CA.17 tienen capacidad suficiente bajo las condiciones de uso de tierra actuales y en combinación con los canales naturales puede considerarse que tienen capacidad suficiente inclusive para condiciones de uso de tierra futuras.



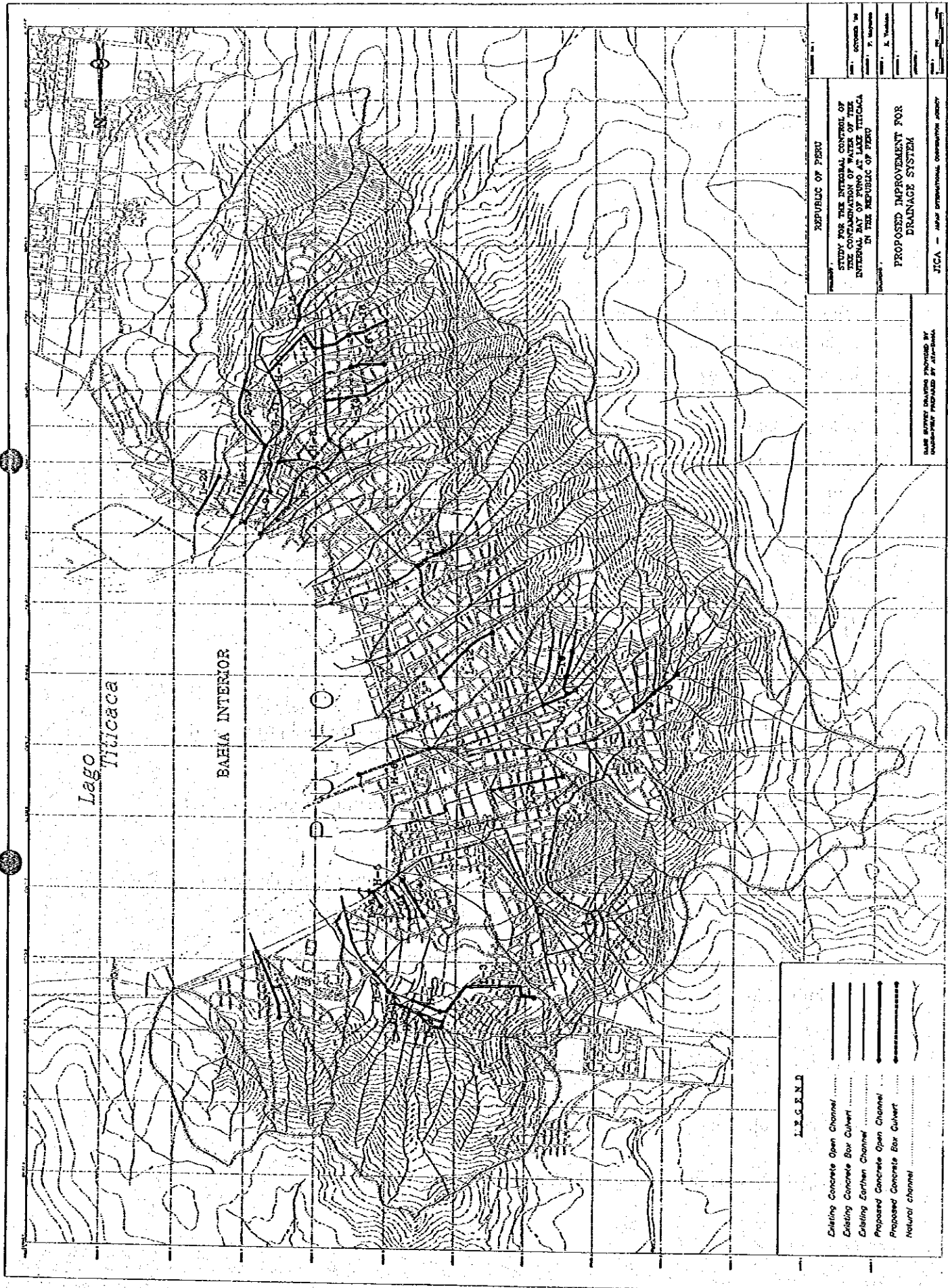


Figura II.3.7 Mejoramiento propuesto para los canales de drenaje

### 3.3.2 Administración en el lago

Principalmente, el control de la contaminación de aguas debe ser enfocado en las medidas contra las cargas contaminantes externas, como los desagües o el tratamiento sanitario de aguas residuales, debido a que las cargas externas son origen de las cargas contaminantes en el lago. Sin embargo, las medidas en el lago contra las cargas de contaminantes acumuladas en la columna de agua o en los sedimentos del fondo, deben ser tomadas cuando ninguna medida contra las cargas externas no produzca efectos en la calidad del agua del lago.

Además del mejoramiento de la calidad de aguas, el medio ambiente natural debe ser rehabilitado a un nivel como lo fue hace algunas décadas. Esto mejorará el potencial del Lago Titicaca para el desarrollo turístico.

#### (1) Eliminación de la Lenteja de Agua (*Lemna*)

##### 1) Objetivos y Estrategias

La *Lemna* se caracteriza por lo siguiente:

- La *Lemna* es un tipo de macrofitas flotante con una longitud promedio de 2 milímetros.
- Su temperatura de supervivencia se encuentra en un gran rango, entre los 8 y 45 °C.
- Esta se reproduce a través de dos tipos de procesos, una de ellas es la reproducción sexual y la otra es vegetativa o reproducción asexual.
- El ciclo de reproducción es corto, aproximadamente un mes.

La eliminación/cosecha de *Lemna* de la superficie del lago, es una medida simple y directa. Esto contribuirá a la reducción, no solamente de la *Lemna* de la superficie del lago, sino también de los nutrientes contenidos en el mismo.

##### 2) Area objetivo

Principalmente, la parte oeste de la Bahía Interior de Puno

### 3) Plan Propuesto

El método de eliminación ordinaria mediante una organización competente es propuesto desde los siguientes puntos de vista.

- Prevenir la muerte de la *lemna*, la cual se precipita y se acumula en el fondo del lago.
- Evitar el esparcimiento de la *Lemna* sobre la superficie del lago.

La *Lemna* debe ser cosechada una vez por mes, tomando en cuenta su ciclo de reproducción. La frecuencia se resume a continuación:

- Una vez al mes (1 vez = 5 días)
- En total, 12 veces al año (= 60 días)

Para promover la concienciación medioambiental, sería preferible que la cosecha sea realizada mediante la participación ciudadana. Sin embargo, los participantes no desearán caminar en las aguas contaminadas según las experiencias de la última campaña realizada en 1998. Por consiguiente, un equipo cosechadora de acuafitas instalado en una barcaza de bajo calado es propuesto para la cosecha del *Lemna* hasta que la calidad de aguas sea mejorada en cierta medida.

#### a. Volumen a cosechar

La capacidad de cosecha del equipo es 30-40 ton./día, es decir, 1,800-2,400 m<sup>3</sup>/año.

#### b. Disposición de la *Lemna* cosechada

Se espera que la *Lemna* pueda ser usado como compuesto para la agricultura.



### c. Equipo requerido

- Barca de bajo calado: 1 unidad (0 unidades desde el 2009)
- Botes de apoyo: 24 botes/año  
(36 botes/año para la cosecha y apoyo desde 2009)
- Vehículos para la disposición de la *lemma*: 48 vehículos/año,  
(6 vehículos/año desde 2009)

### 4) Costo del Proyecto

Adquisición del equipo cosechador:	S/.378,000 soles
Gastos de personal:	S/.188,600 soles
Costo de administración (1%):	S/.2,300 soles
Total :	S/.793,800 Soles (no incluye IGV)

### 5) Implementación

Se espera que la diseminación de la *lemma* se reducirá significativamente en el año 2008 a través del mejoramiento del sistema de alcantarillado en la Ciudad de Puno. Por consiguiente, la eliminación ordinaria de la *lemma* debe ser ejecutada desde el año 2000 hasta el 2008.

Sin embargo, la *Lemma* no morirá ni desaparecerá por completo en la Bahía Interior de Puno. Por lo que serán necesarias las eliminaciones ocasionales de *Lemma* aún después del año 2008. En tal caso, la eliminación debe ser llevada a cabo mediante campañas de cosecha. Las campañas deben ser organizadas mediante la participación voluntaria de los ciudadanos, lo que enriquecerá la conciencia popular y la comprensión de la administración del medio ambiente.

## (2) Eliminación o Recubrimientos de los Sedimentos del Fondo

### 1) Objetivos y Estrategias

Los resultados de este estudio arrojan altos contenidos de materia orgánica de los sedimentos del fondo tomados de la capa superficial, cercana a las orillas

occidentales. Por consiguiente, la eliminación o recubrimiento de sedimentos debe ser enfocado a la superficie del fondo a lo largo de las orillas occidentales.

## 2) Técnicas posibles

El dragado o recubrimiento debe ser enfocado a las áreas donde los sedimentos superficiales con contenido orgánico (IL) sea 20% o más. El área objetivo corresponde al área donde la profundidad del agua es menor a 3.5 m y donde los equipos puedan operar.

### a. Dragado

El trabajo de dragado requiere un lugar de disposición para los sedimentos eliminados, lo que significaría efectos de costo para el proyecto. El área idónea para el lugar de disposición sería el área inundable a lo largo de la orilla. Según el plan de desarrollo ecoturístico de PELT, este lugar ha sido propuesto como área donde no se levantarán estructuras en el futuro.

- Área del dragado: 2,200,000 m<sup>2</sup>
- Grosor del dragado: 0.30 m
- Volumen del dragado: 660,000 m<sup>3</sup>
- Área de la disposición temporal: 324,000 m<sup>2</sup> (área efectiva: 200,000 m<sup>2</sup>)
- Equipo principal: dragador portátil de alta densidad (Tipo: volteado de cubo 100 m<sup>3</sup>/h.) x 1
- Contratista: Contratista extranjero
- Periodo de construcción: 2009 ~ 2014

### b. Recubrimiento de Sedimentos

Los posibles materiales a usarse para el recubrimiento son:

**Arenas del Río Cutimbo:** Arenas del Río Cutimbo encontrada cerca del puente Cutimbo, aproximadamente a 21 km de la Ciudad de Puno. Su volumen explotable es limitado y para su uso se requiere arena cernida de la grava entre mezclada.

**Arenas de la playa Charcas:** Arenas de la playa Charcas, muy fina y no es necesario cernirla. Esta puede ser tomada desde la

barca mediante bombeo y transportada en la tolva de la barcaza.

Arenas de la Bahía Interior de Puno: Arena limosa, distribuida a lo largo de canal de navegación.

#### ***Caso 1 (Arenas del Río Cutimbo)***

El trabajo de recubrimiento consiste en cuatro procesos; excavación de la arena, transporte a las orillas, transporte desde las orillas y esparcido de la arena.

- Area de recubrimiento del sedimento: 2,100,000 m<sup>2</sup>
- Grosor del recubrimiento: 0.30 m
- Volumen de recubrimiento: 630,000 m<sup>3</sup>
- Contratista: Contratista peruano
- Período de construcción: 2009 ~ 2020

#### ***Caso 2 (Arenas de la Playa Charcas)***

El trabajo de recubrimiento consiste en tres procesos; excavación y carga de la arena de la playa, transporte desde las orillas y esparcido de arena.

- Area de recubrimiento del sedimento: 2,400,000 m<sup>2</sup>
- Grosor del recubrimiento: 0.30 m
- Volumen de recubrimiento: 720,000 m<sup>3</sup>
- Contratista: Contratista peruano
- Período de construcción: 2009 ~ 2021

#### ***Caso 3 (Arenas de la Bahía Interior de Puno)***

Los trabajos de recubrimiento consisten en tres procesos; dragado, transporte de las orillas y esparcido de las arenas. Las áreas para el recubrimiento de sedimento es la misma que en el caso 2.

- Area de recubrimiento del sedimento: 2,400,000 m<sup>2</sup>
- Grosor del recubrimiento: 0.30 m
- Volumen de recubrimiento: 720,000 m<sup>3</sup>
- Contratista: Contratista extranjero
- Período de construcción: 2009 ~ 2014

### 3) Evaluación de los Planes Alternativos

#### a. Aspecto técnico

El dragado de capas delgadas requiere de técnicas mayores que las de recubrimiento. Para las técnicas de recubrimiento es una interrogante definir el lugar donde se obtendría el material de recubrimiento. La alternativa de las arenas de la Bahía Interior de Puno es ventajosa debido a que no requiere el proceso de transporte de materiales mediante botes o camiones en distancias significativas.

#### b. Aspecto del Medio Ambiente

Las técnicas de dragado requieren un proceso para disponer los sedimentos eliminados. Las técnicas de recubrimiento de sedimentos no causarán tales problemas.

#### c. Aspecto financiero

Los costos directos (costo directo de construcción + costo del equipo; no incluye IGV) para las alternativas, han sido estimadas a continuación:

- Dragado: S/.120,436 miles Soles
- Recubrimiento de Sedimentos (Arenas del Río Cutimbo):  
S/.23,800 miles de soles
- Recubrimiento de Sedimentos (Arenas de la Playa Charcas)  
S/.29,338 miles de soles
- Recubrimiento de Sedimentos (Arenas de la Bahía Interior de Puno):  
S/.19,670 miles de soles

Como resultado, el recubrimiento de sedimentos mediante las arenas de la Bahía Interior de Puno es la más ventajosa desde el punto de vista financiero.

#### d. Evaluación global

Entre las tres alternativas, el método cuyo material para el recubrimiento es tomado desde el fondo de los sedimentos en la Bahía Interior de Puno debe ser propuesto desde el punto de vista financiero y medioambiental.

#### 4) Plan Propuesto

Se propone el método del recubrimiento de sedimentos, el material para el recubrimiento será tomado de los sedimentos del fondo arenoso de la Bahía Interior de Puno. El área del recubrimiento de sedimentos se muestran en la *Figura II.3.8*, y la figura conceptual del trabajo se muestra en la *Figura II.3.9*.

#### 5) Costo del Proyecto

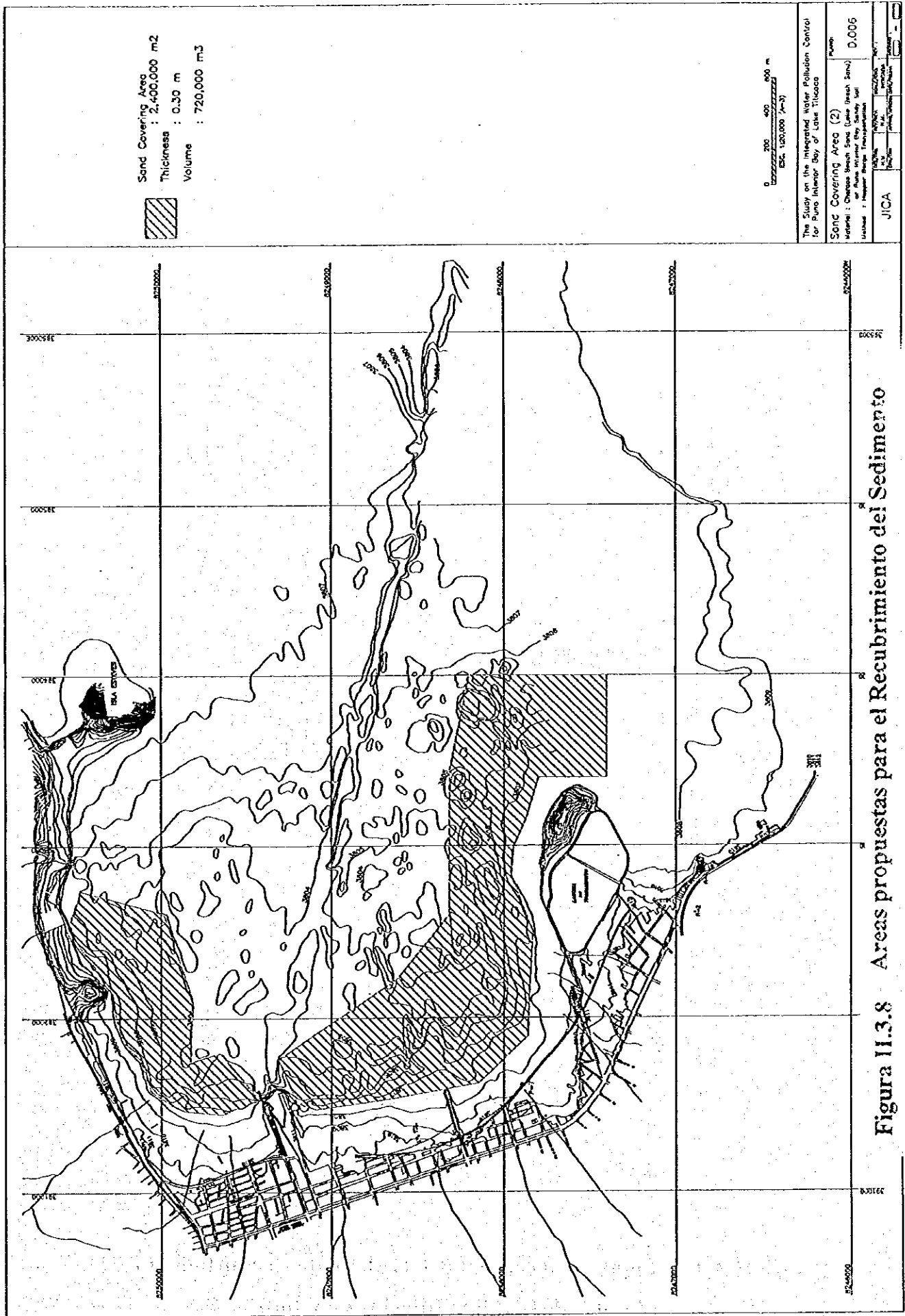
El costo del proyecto para el plan propuesto está estimado a continuación:

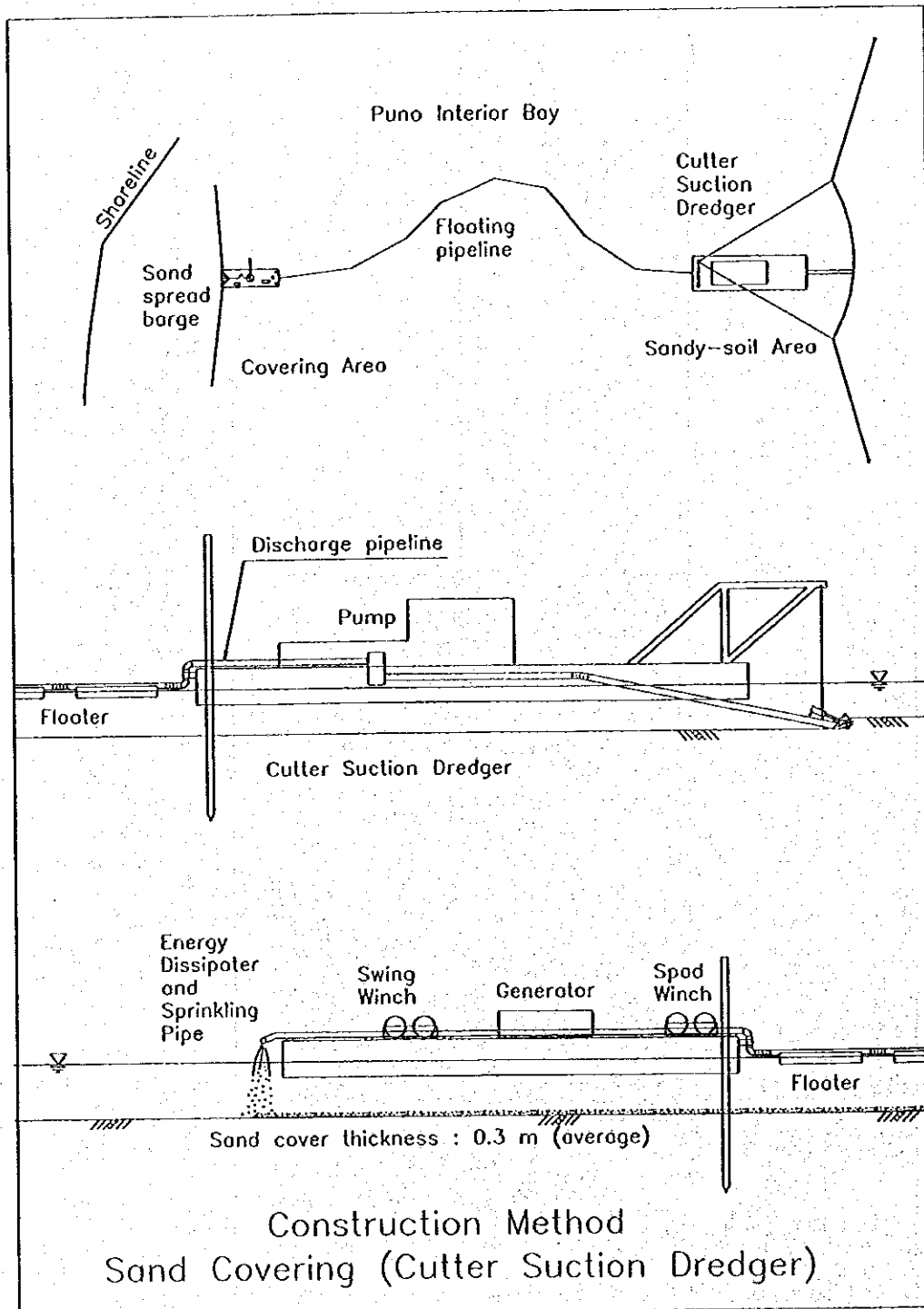
a. Costo directo de construcción:	S/.13,952 miles Soles
b. Costo de ingeniería [ = a. x 10% ]:	S/.1,395 miles Soles
c. Costo de contingencia [ = (a.+b.+d.) x 10% ]:	S/.2,106 miles Soles
d. Costo del equipo :	S/.5,717 miles Soles
e. Costo de administración [ = a. x 1% ]:	S/.140 miles Soles
Total	S/.23,311 miles Soles (no incluye IGV)

#### 6) Implementación

Los tratamientos en el lago deben ser implementados cuando las medidas contra las cargas externas no produzcan los efectos esperados. Por consiguiente, el trabajo de recubrimiento debe ser implementado desde el año 2009, después del término de la primera etapa del proyecto de alcantarillado. En este primer año, serán necesarios algunos trabajos de preparación, tales como sondeos, diseño detallado o trámites para licencias. El trabajo principal debe ser implementado desde el 2010 al 2014.

El trabajo de recubrimiento de sedimentos comenzaría desde el lado norte del área objetivo, debido a que se espera que la calidad del agua del lago comience a mejorar desde ese sector, continuando con los trabajos de mejoramiento de la red del sistema de alcantarillado.





**Figura II.3.9**    **Figura Conceptual del Trabajo de Recubrimiento**  
**(Arenas de la Bahía Interior de Puno)**

### (3) Replantación de caña (Totora)

#### 1) Objetivos y estrategias

La "Totora" es una especie de caña, un grupo emergente de macrofitas, que no solamente caracteriza el paisaje del Lago Titicaca, sino también provee beneficios ecológicos a las comunidades biológicas que viven en las orillas del litoral. Desde el punto de vista de control de calidad de aguas, también es importante considerar el papel de la totora como filtro/absorbente biológico y su contribución al mejoramiento del medio ambiente.

Principalmente, con el fin de proteger la faja totoral silvestre, la replantación de totora no debe hacerse separando las raíces de la totora silvestre, sino utilizando el proceso de multiplicación de plantones. Por consiguiente, se requiere de un semillero para la multiplicación de estas. El principal proceso de rehabilitación de totora se muestra a continuación:

- Multiplicación de plantones de "Totora"
- Plantación de plantones de totora multiplicados

#### 2) Plan Propuesto

##### a. Área de planeamiento

El área de planeamiento para la plantación de plantones de totora, es a lo largo de la orilla oeste de la Bahía Interior de Puno, como se muestra en la *Figura II.3.10*. El área se sitúa contra las agujas del reloj, desde la UNA hacia la Isla Espinar, tomando en cuenta el plan de desarrollo de la futura zona ribereña.

La Rehabilitación de la faja totoral consiste en dos fases; la multiplicación de totora y la plantación.

##### b. Multiplicación de plantones "Totora"

- Periodo de multiplicación: 7 años
- Área requerida para los semilleros: 720 m<sup>2</sup> (3 líneas x 240 m<sup>2</sup>/año)
- Área requerida: 1,890 m<sup>2</sup> (referirse a la *Figura II.3.11*)



### c. Plantación de plántones de "Totora"

- Periodo de plantación: 2 años
- Dimensiones de cada unidad: largo = 200 m  
ancho = 40 m
- Cantidad de unidades: 18 unidades
- Area total de plantación: 14.4 he (referirse a la *Figura II.3.10*)

Según el reconocimiento del campo, se ha observado que la lenteja de agua (*Lemna*) estuvo atrapada por la faja totoral existente cuando los vientos hacia el este soplaban predominantemente. Una faja totoral en forma de V podría ser útil para prevenir que el *Lemna* sea esparcida en la superficie del lago (ver *Figura II.3.10*).

### d. Cantidad de personal requerido

El número de personal requerido es:

- Personal permanente: 24 hombres-mes/año
- Personal temporal: 30~90 hombres-días/año

### e. Equipo requerido

No se requiere de equipo especial a excepción de botes y vehículos

## 3) Costo del Proyecto

El costo necesario para la operación y mantenimiento se estima a continuación. No se requiere de inversión para construcción ni para equipamiento.

Gastos de personal:	S/.142,200 soles
Alquiler (bote, vehículo, etc.):	S/.14,700 soles
Costo de administración (1%):	S/.1,400 soles
Total :	S/.161,000 soles (no incluye IGV)

## 4) Implementación

Periodo de implementación: año 2000 ~ 2008

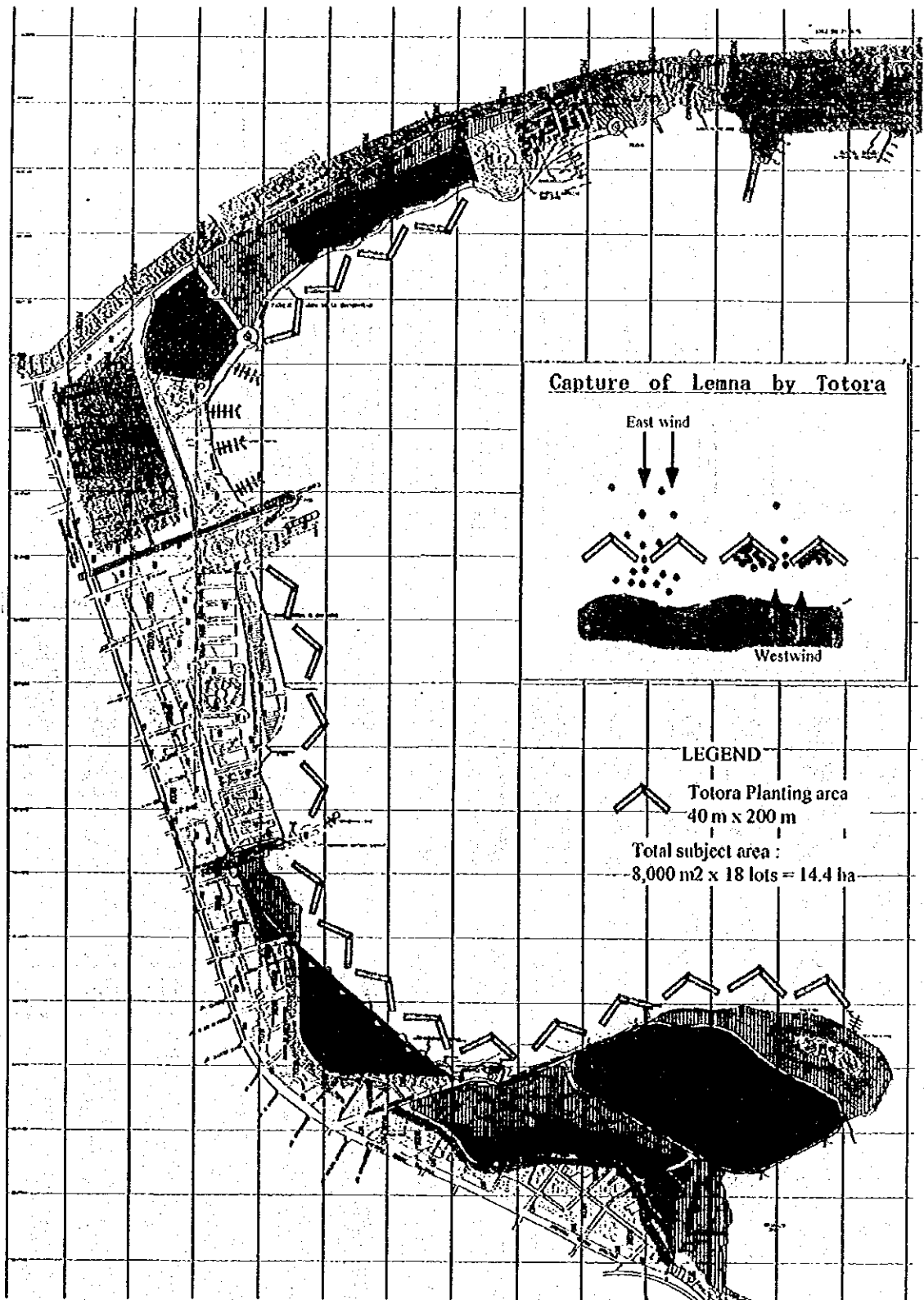
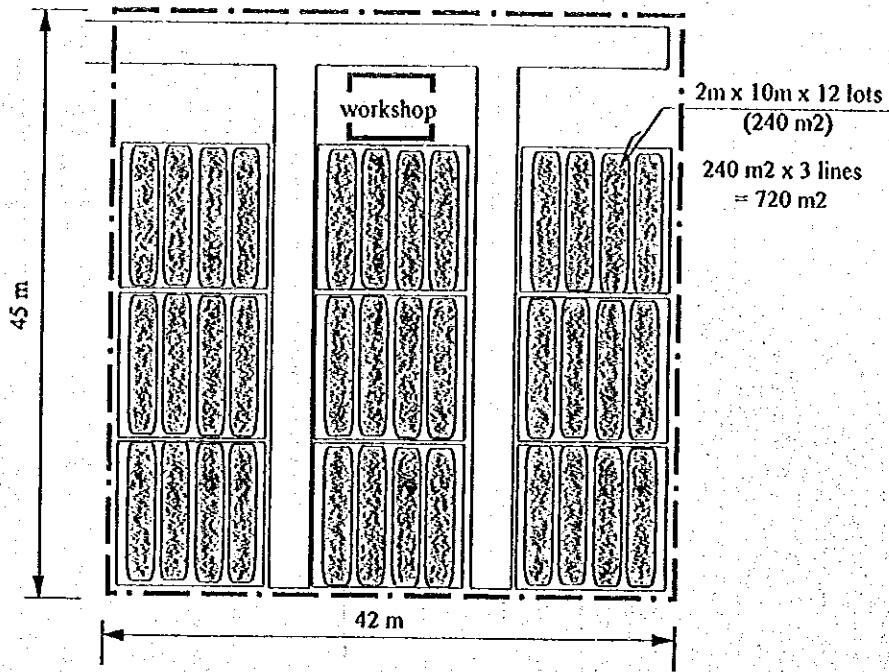


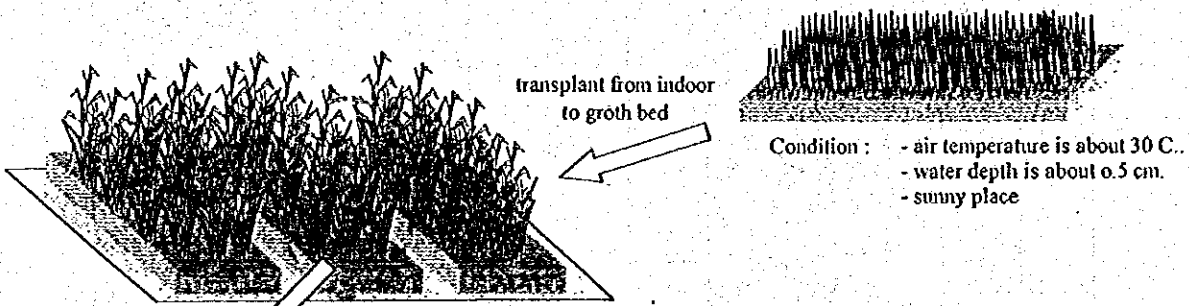
Figura II.3.10 Area de Planeamiento de Replantación de totora

**Growth Bed of Tofora**

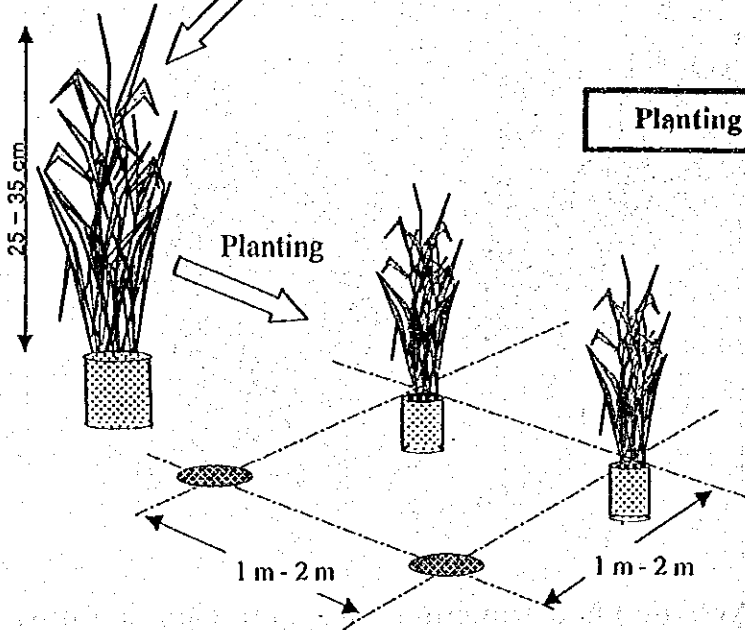
Total required area : 1,890 m<sup>2</sup>  
 Total area of seed bed : 720 m<sup>2</sup>



**Germination of Tofora**



**Planting of Seedling Tofora**



**Figura II.3.11 Semillero Requerido para la Siembra de Tofora**