

## 2.2 DEPÓSITO FINAL

### (1) Condiciones Naturales en el Lugar Objetivo

#### 1) Precipitación

La precipitación promedio anual (1964 – 1998) es aproximadamente 720 mm, mientras que la precipitación máxima en los últimos 20 años fue aproximadamente 1230 mm en 1984 y la mínima, 380mm en 1992. La *Tabla X.2.7* muestra la precipitación mensual en 1984 y en 1993.

**Tabla X.2.7 Precipitación mensual máxima y promedio en 1984 y 1993**  
unidad(mm)

| Año  | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Set. | Oct. | Nov. | Dic. | Total |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1984 | 319  | 330  | 223  | 44   | 18   | 4    | 4    | 26   | 0    | 158  | 69   | 96   | 1291  |
| 1993 | 176  | 101  | 107  | 53   | 7    | 1    | 0    | 38   | 18   | 69   | 79   | 112  | 761   |

Estación: Puno/co – 708, LAT: 15° 50', LONG: 70° 01', ALT: 3812 m

Más del 85% de la precipitación se presenta entre noviembre y marzo mientras que más del 50% se da entre enero y marzo.

#### 2) Evaporación

La evaporación excede la precipitación anual. Las mayores se presentan entre setiembre y diciembre con un promedio de 200.2 mm/mes. A lo largo del año, la evaporación total se aproxima a 2,000 mm, casi tres veces la precipitación anual.

#### 3) Condiciones topográficas y geológicas

##### - Condición topográfica

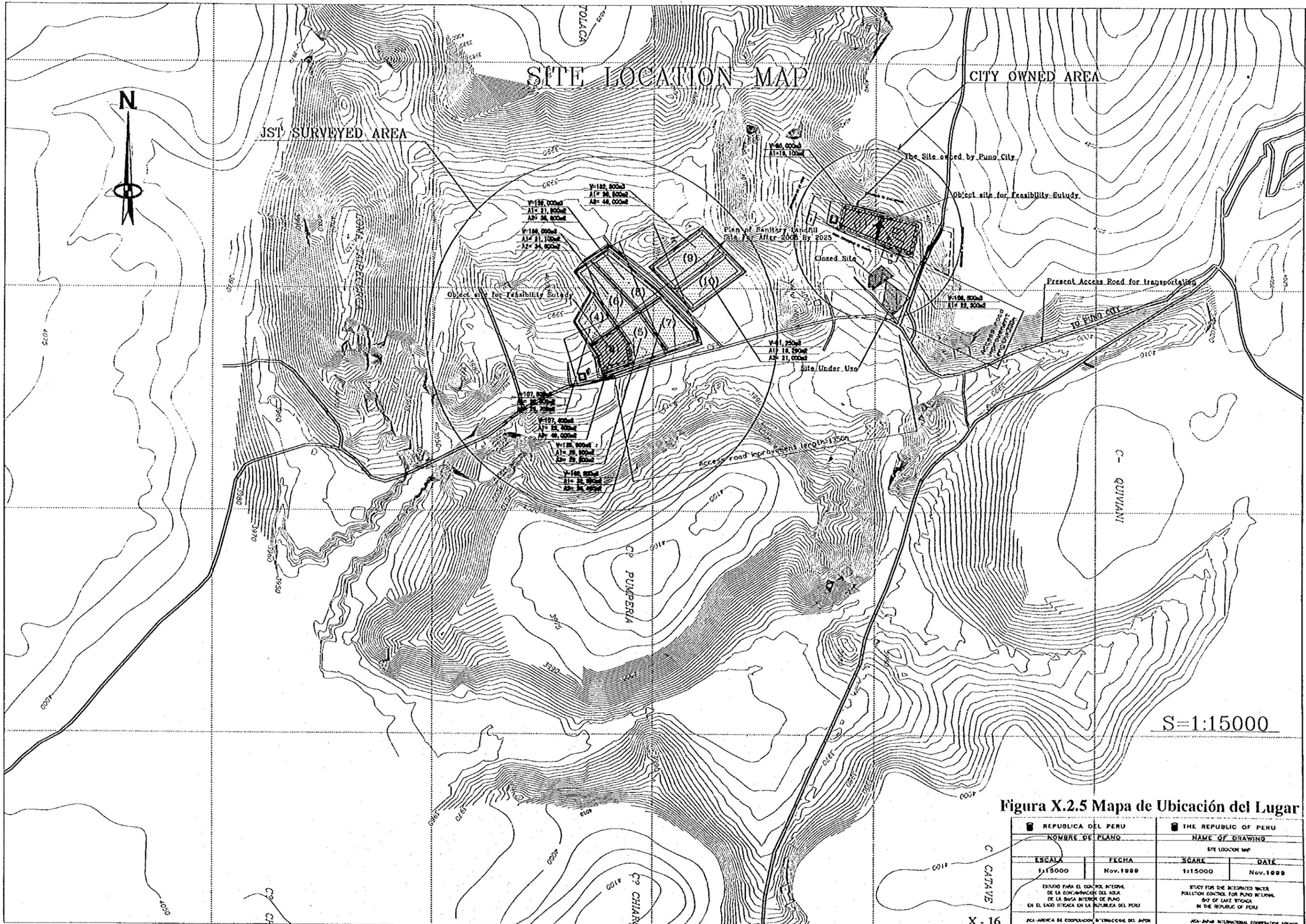
Dos lugares han sido considerados para el presente estudio de factibilidad. Uno de ellos ha sido adquirido por la ciudad cerca del lugar actual y el otro ha sido investigado por el Equipo de Estudio de JICA. Ambos son áreas llanas, la pendiente de la primera es aproximadamente 5% y de la segunda es 0.7% en la zona plana y aproximadamente 5% en la parte empinada. La *Figura X.2.5* muestra la ubicación de ambos lugares.

#### - Condición Geológica

Durante la investigación de campo efectuada en junio de 1999, se excavaron manualmente tres calicatas para verificar las condiciones geológicas.

Los resultados muestran que la estructura subterránea del lugar consiste de dos capas. La capa superior de 1 a 2.5 m de espesor es arcilla arenosa, margosa, suave o suelo arenoso mientras que el estrato profundo es roca intemperizada agrietada. La capa superior fue fácilmente excavada mientras que la roca fue imposible de ser excavada manualmente. Ambas capas son consideradas como permeables o semi-permeables. De las tres calicatas, aquella ubicada más hacia el este presentó la napa freática a 1.3 m por debajo del nivel del terreno.

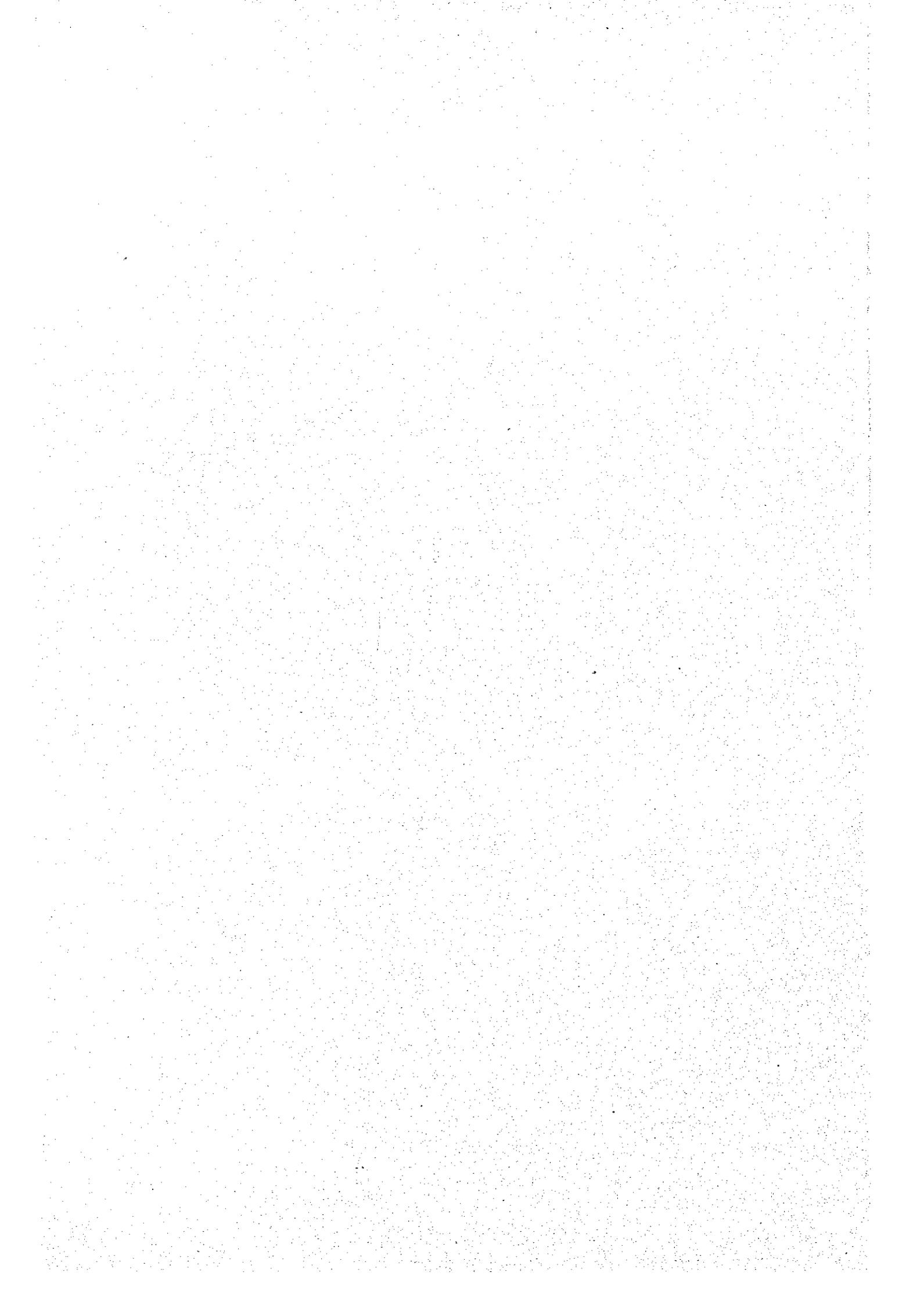
# SITE LOCATION MAP



S=1:15000

Figura X.2.5 Mapa de Ubicación del Lugar

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| REPUBLICA DEL PERU<br>NOMBRE DE PLANO  |  | THE REPUBLIC OF PERU<br>NAME OF DRAWING   |  |
| ESCALA<br>1:15000  |  | DATE<br>Nov. 1988   |  |
| ESTUDIO PARA EL CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA DE LA BASA INTERIOR DE PUNO EN EL SAJO TITACA EN LA REPUBLICA DEL PERU |  | STUDY FOR THE INTEGRATED WATER POLLUTION CONTROL FOR PUNO INTERIOR BASIN OF LAKE TITACA IN THE REPUBLIC OF PERU |  |
| JICA-AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON  |  | JICA-JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY   |  |



## **(2) Regulaciones legales para el establecimiento del Relleno Sanitario**

Según los Estándares Técnicos, las regulaciones legales para el establecimiento de lugares para relleno sanitario son principalmente:

- a) Se prohíbe el establecimiento de lugares para relleno a menos de 3 km de un aeropuerto;
- b) dentro de áreas de protección natural;
- c) dentro de áreas de recursos hídricos;
- d) donde es difícil obtener tierra para el recubrimiento;
- e) dentro de áreas urbanas.

Los lugares considerados en el presente estudio no tienen ninguna restricción antes mencionadas.

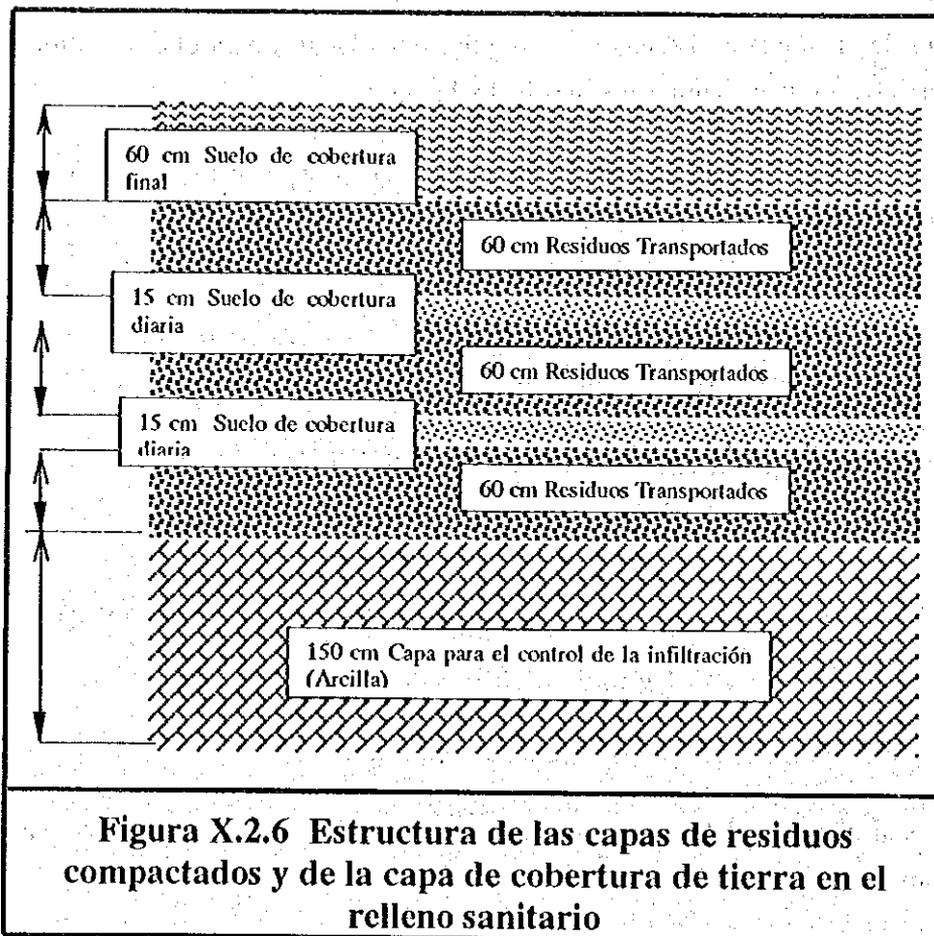
## **(3) Uso del suelo alrededor de los lugares considerados.**

En los alrededores del lugar viven unas pocas familias, existe el pastoreo y cultivos de papas.

## **(4) Cantidad Proyectada de Relleno para los Residuos Recolectados**

De acuerdo al Estándar Técnico elaborado por DIGESA para la Construcción de Rellenos Sanitarios, cada capa de 60 cm de espesor de residuos requiere 15 cm de cobertura de tierra y es indispensable una capa de cobertura final de 60 cm. La *Figura X.2.6* muestra la estructura de las capas de residuos dispuestos con recubrimiento de tierra y la capa de control de infiltración en el relleno sanitario.

Sobre esta base, la capacidad requerida para el lugar es como se indica en la *Tabla X.2.8*

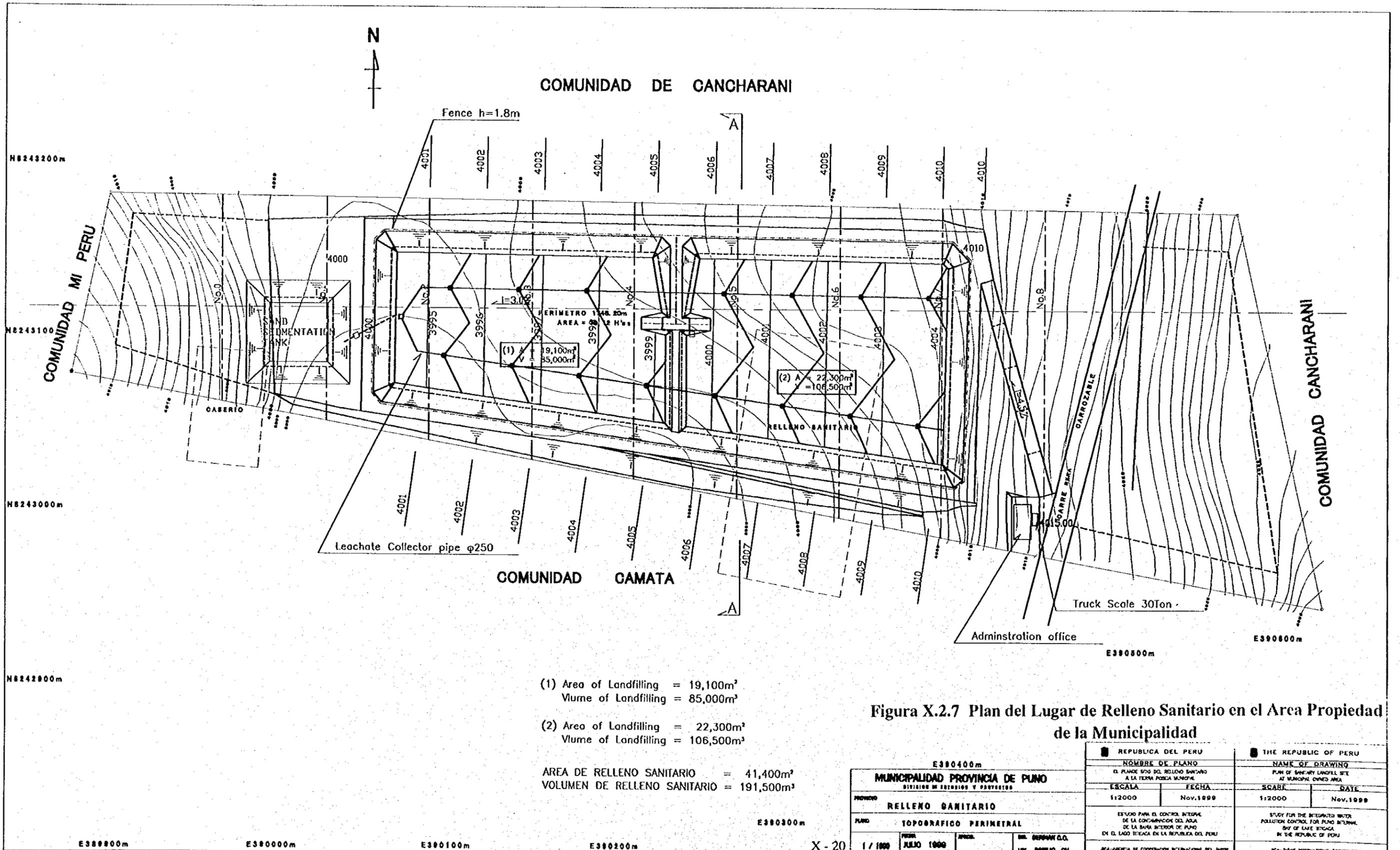


**Tabla X.2.8 Capacidad Necesaria en el Lugar de Relleno Sanitario**

|      | Generación de Residuos (Incluyendo direct. transportados) | Residuos Transportados | Residuos Transportados | Volumen de Residuos | Recubrimiento con tierra | Volumen Necesario   | Volumen Acumulado |
|------|---|------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|
|      | T/día   | T/día                  | T/año                  | m <sup>3</sup> /año | m <sup>3</sup> /año      | m <sup>3</sup> /año | m <sup>3</sup>    |
| 1998 | 68.41   | 35.49                  | 12,954                 | 18,506              | 4,626                    | 23,131              | 23,131            |
| 2008 | 87.63   | 60.07                  | 21,926                 | 31,322              | 7,829                    | 39,152              | 236,252           |
| 2025 | 128.39  | 128.39                 | 46,862                 | 66,946              | 16,734                   | 83,680              | 1,269,933         |

La capacidad necesaria para el Lugar de Relleno Sanitario para el año 2008 debe ser proyectada en 236,000 m<sup>3</sup>.

Actualmente, el lugar de disposición final de Cancharani tiene 10 he de las cuales 5 he se considera que recibirán 191,000 m<sup>3</sup> de residuos. La cantidad de residuos restantes equivalentes a 45,000 m<sup>3</sup>, serán dispuestos en el nuevo lugar con un área de 25 he, ésta última es basada en los estudios del Equipo de Estudio de JICA. La *Figura X.2.7* y *Figura X.2.9* muestran el plan de la perspectiva del mapa del relleno sanitario. Y la *Figura X.2.5* muestra la ubicación de los dos lugares, los cuales serán necesarios para el 2025. La *Tabla X.2.9* muestra el cronograma del plan de construcción del lugar.



(1) Area of Landfilling = 19,100m<sup>2</sup>  
 Volume of Landfilling = 85,000m<sup>3</sup>

(2) Area of Landfilling = 22,300m<sup>2</sup>  
 Volume of Landfilling = 106,500m<sup>3</sup>

AREA DE RELLENO SANITARIO = 41,400m<sup>2</sup>  
 VOLUMEN DE RELLENO SANITARIO = 191,500m<sup>3</sup>

Figura X.2.7 Plan del Lugar de Relleno Sanitario en el Area Propiedad de la Municipalidad

|                                    |                   |
|------------------------------------|-------------------|
| E390400m                           |                   |
| MUNICIPALIDAD PROVINCIA DE PUNO    |                   |
| DIRECCION DE ESTUDIOS Y PROTECCION |                   |
| PROYECTO: RELLENO SANITARIO        |                   |
| PLANO: TOPOGRAFICO PERIMETRAL      |                   |
| 1 / 1000                           | FECHA: JULIO 1999 |
| DR. GERMAN C.O.                    | DR. BAMBLO CH.    |

|   |           |   |           |
|---|-----------|---|-----------|
| REPUBLICA DEL PERU  |           | THE REPUBLIC OF PERU  |           |
| NOMBRE DE PLANO   |           | NAME OF DRAWING   |           |
| EL PLANO S/10 DEL RELLENO SANITARIO A LA TIERRA PUEBLA MUNICIPAL  |           | PLAN OF SANITARY LANDFILL SITE AT MUNICIPAL OWNED AREA                                |           |
| ESCALA  | FECHA     | SCALE   | DATE      |
| 1:2000  | Nov. 1999 | 1:2000  | Nov. 1999 |
| ESTUDIO PARA EL CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO EN EL LAGO TITICACA EN LA REPUBLICA DEL PERU |           | STUDY FOR THE INTEGRATED WATER POLLUTION CONTROL FOR PUNO BAY IN THE REPUBLIC OF PERU |           |
| AGA-ARICA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON  |           | JICA-JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY   |           |

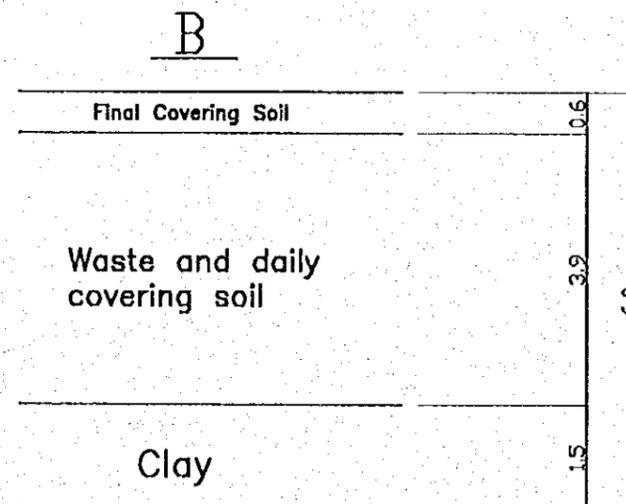
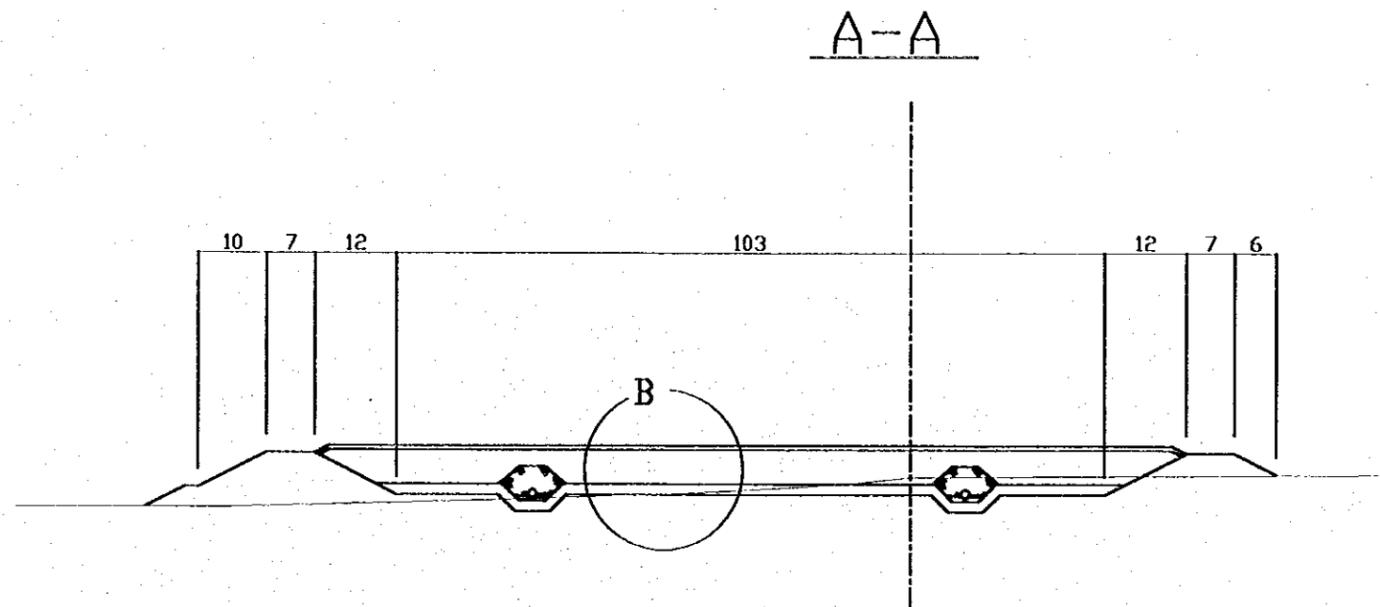


Figura X.2.8 Sección Estándar del Lugar de Relleno Sanitario en el Area Propiedad de la Municipalidad

|   |           |   |           |
|---|-----------|---|-----------|
| REPUBLICA DEL PERU  |           | THE REPUBLIC OF PERU  |           |
| NOMBRE DE PLANO   |           | NAME OF DRAWING   |           |
| SECCION NORMAL DE SITIO DEL RELLENO SANITARIO   |           | STANDARD SECTION AT SANITARY LANDFILL SITE  |           |
| ESCALA  | FECHA     | SCALE   | DATE      |
| 1:100   | Nov. 1999 | 1:100   | Nov. 1999 |
| ESTUDIO PARA EL CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA DE LA BASIN INTERIOR DE PUÑO EN EL LAGO TITICACA EN LA REPUBLICA DEL PERU |           | STUDY FOR THE INTEGRATED WATER POLLUTION CONTROL FOR PUÑO INTERIOR BASIN OF LAKE TITICACA IN THE REPUBLIC OF PERU |           |
| JICA-AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON   |           | JICA-JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY   |           |

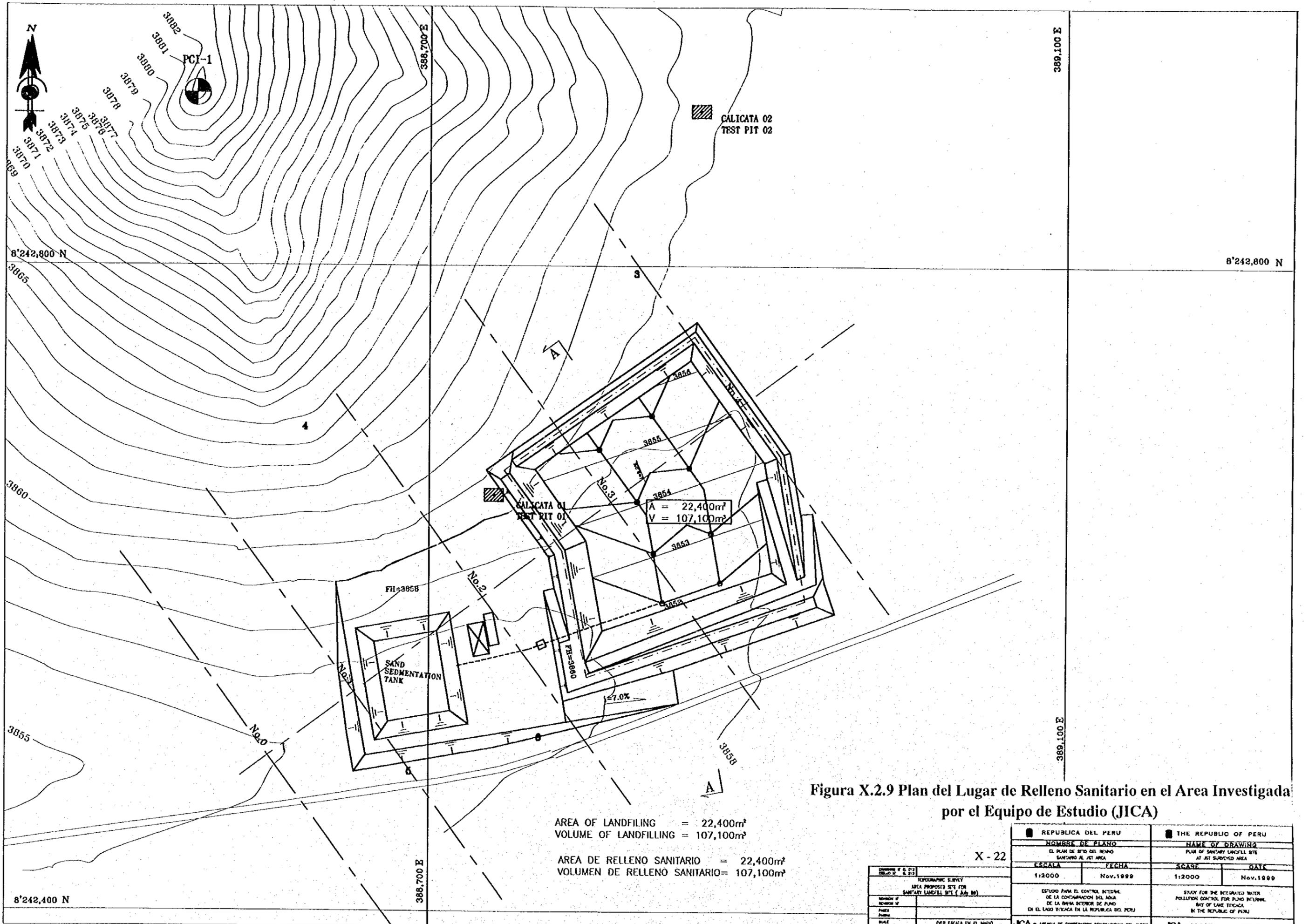


Figura X.2.9 Plan del Lugar de Relleno Sanitario en el Area Investigada por el Equipo de Estudio (JICA)

AREA OF LANDFILLING = 22,400m<sup>2</sup>  
 VOLUME OF LANDFILLING = 107,100m<sup>3</sup>  
 AREA DE RELLENO SANITARIO = 22,400m<sup>2</sup>  
 VOLUMEN DE RELLENO SANITARIO = 107,100m<sup>3</sup>

X - 22

|  |                   |  |                  |
|--|-------------------|--|------------------|
| REPUBLICA DEL PERU<br>NOMBRE DE PLANO<br>EL PLAN DE SITIO DEL RENO<br>SANITARIO AL IST AREA  |                   | THE REPUBLIC OF PERU<br>NAME OF DRAWING<br>PLAN OF SANITARY LANDFILL SITE<br>AT IST SURVEYED AREA                    |                  |
| ESCALA<br>1:2000   | FECHA<br>Nov.1989 | ESCALA<br>1:2000   | DATE<br>Nov.1989 |
| ESTUDIO PARA EL CONTROL INTEGRAL<br>DE LA CONTAMINACION DEL AGUA<br>DE LA BAHIA INTERIOR DE PUÑO<br>EN EL LAGO TICACA EN LA REPUBLICA DEL PERU |                   | STUDY FOR THE INTEGRATED WATER<br>POLLUTION CONTROL FOR PUÑO INLAKM<br>BAY OF LAKE TICACA<br>IN THE REPUBLIC OF PERU |                  |
| JICA - AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON  |                   | JICA - JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  |                  |

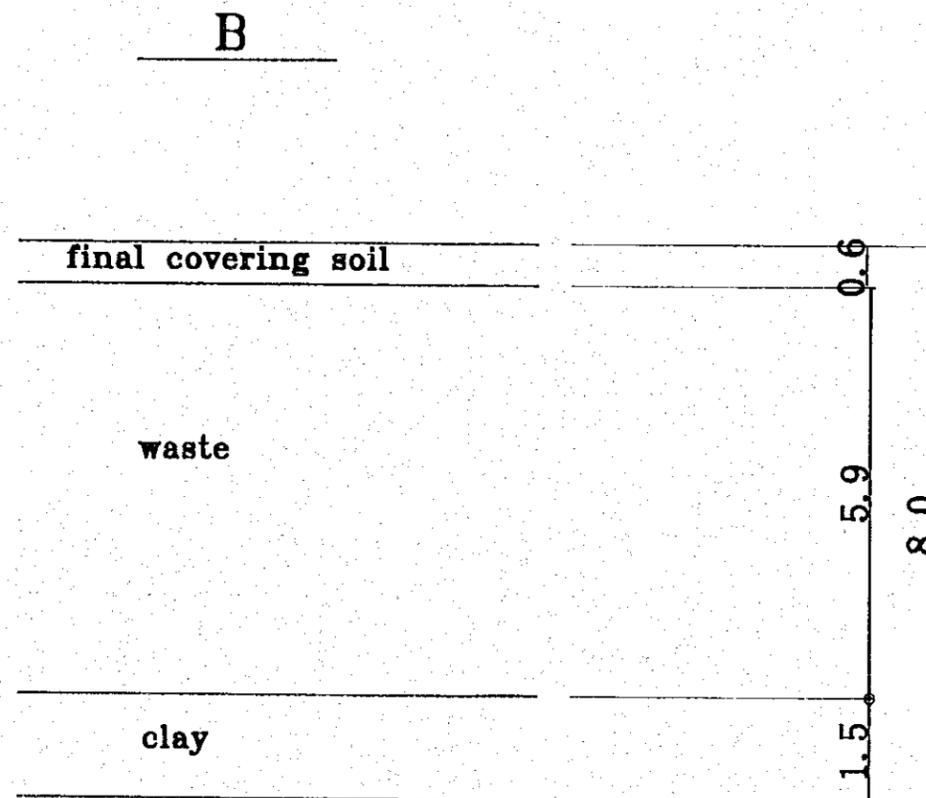
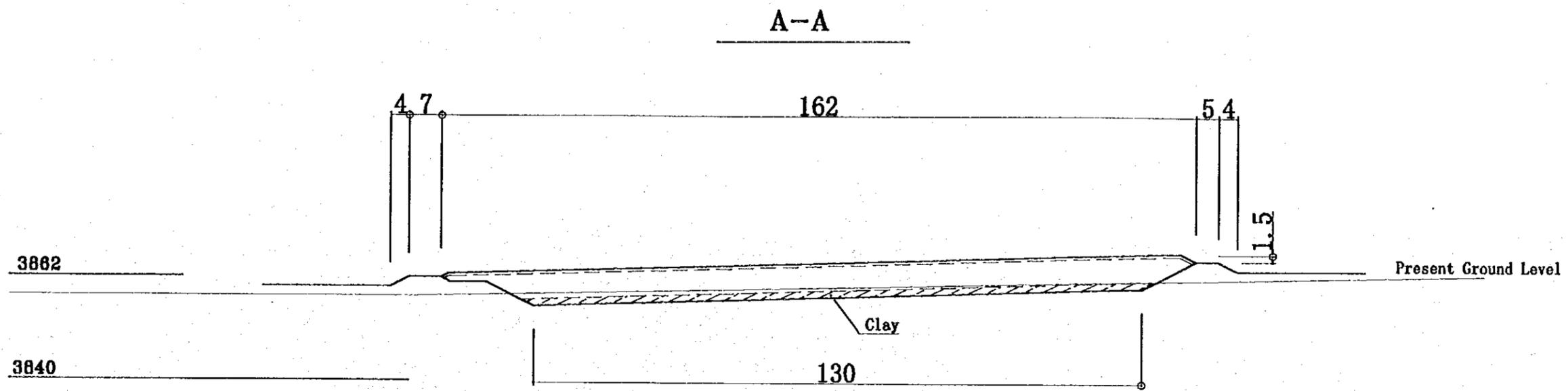


Figura X.2.10 Sección Estándar del Lugar de Relleno Sanitario en el Area Investigada por el Equipo de Estudio (JICA)

|  |           |  |           |
|--|-----------|--|-----------|
| ● REPUBLICA DEL PERU   |           | ■ THE REPUBLIC OF PERU   |           |
| NOMBRE DE PLANO  |           | NAME OF DRAWING  |           |
| SECCION NORMAL DE SITIO DEL RELLENO SANITARIO  |           | STANDARD SECTION OF SANITARY LANDFILL SITE   |           |
| ESCALA   | FECHA     | SCALE  | DATE      |
| 1:1000   | Nov. 1999 | 1:1000   | Nov. 1999 |
| ESTUDIO PARA EL CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA DE LA BASIN INTERIOR DE PUÑO EN EL LAGO ITICACA EN LA REPUBLICA DEL PERU |           | STUDY FOR THE INTEGRATED WATER POLLUTION CONTROL FOR PUÑO INTERIOR BASIN OF LAKE ITICACA IN THE REPUBLIC OF PERU |           |
| JICA-AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPAN  |           | JICA-JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  |           |



**Tabla X.2.9 Cronograma de Construcción de los Lugares**

| Número del Lugar | Ubicación del Lugar                      | Volumen del Lugar (1000 m <sup>3</sup> ) | Area del Lugar (he) | Tiempo de Vida (año) | Duración. a - a   |
|------------------|--|--|---------------------|----------------------|-------------------|
| [1]              | Propiedad de la Ciudad                   | 85.0                                     | 1.91                | 3                    | '02-'04           |
| [2]              | Propiedad de la Ciudad                   | 106.5                                    | 2.23                | 2                    | '05-'06           |
| [3]              | Investigada por Equipo de Estudio (JICA) | 125.9                                    | 2.24                | 3                    | '07-'09           |
| [4]              | Investigada por Equipo de Estudio (JICA) | 107.4                                    | 2.25                | 2                    | '10-'11           |
| [5]              | Investigada por Equipo de Estudio (JICA) | 125.9                                    | 2.59                | 3                    | '12-'14           |
| [6]              | Investigada por Equipo de Estudio (JICA) | 156.0                                    | 3.11                | 3                    | '15-'17           |
| [7]              | Investigada por Equipo de Estudio (JICA) | 162.8                                    | 3.28                | 2                    | '18-'19           |
| [8]              | Investigada por Equipo de Estudio (JICA) | 156.0                                    | 3.19                | 2                    | '20-'21           |
| [9]              | Investigada por Equipo de Estudio (JICA) | 182.5                                    | 3.65                | 3                    | '22-'24           |
| [10]             | Investigada por Equipo de Estudio (JICA) | 81.3                                     | 1.63                | 1+ $\alpha$          | '25-'25+ $\alpha$ |
| Total            |  | 1,289.3                                  | 26.08               | 24+ $\alpha$         |                   |

El sombreado muestra la duración del Estudio de Factibilidad.

Se observa que la zona es llana y el lugar es construido después de excavar varios metros y cubrir el fondo con una capa de arcilla para el control de la infiltración.

#### (5) Plan para la construcción de instalaciones

Las siguientes instalaciones serán establecidas de acuerdo al Estándar Técnico emitido por DIGESA. Las principales son:

##### 1) Vías de acceso

###### Estándar Técnico:

La ruta de acceso al lugar de relleno sanitario será proyectada de acuerdo al estándar técnico para el "Diseño de Carreteras" del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. La vía deberá ser construida para cualquier condición climática.

###### Plan para el presente proyecto:

Se proyecta un camino afirmado constituido por suelo compactado con piedras chancadas. La *Figura X.2.11* muestra la sección estándar de la vía de acceso.

##### 2) Cerco Perimétrico

###### Estándar Técnico:

El cerco perimétrico deberá ser proyectado con el objetivo principal de impedir el acceso de personas extrañas y animales. Preferentemente se emplearán los materiales disponibles en la zona y la altura será, como mínimo, 1.5m.

###### Plan para el presente proyecto:

Se planea la altura de la cerca en 1.8m. La *Figura X.2.11* muestra la cerca.

##### 3) Terraplén para Evitar el Flujo de Residuos.

###### Estándar Técnico:

La sección del terraplén deberá ser proyectada de tal modo que se garantice su estabilidad, tomando en cuenta su altura, tipo de material y otros factores relacionados. Los taludes recomendados son como se muestra a continuación.

| Tipo de Material                          | Terraplén  |            |
|---|------------|------------|
|   | Vertical   | Horizontal |
| Roca suelta                               | 4.0        | 1.0        |
| Conglomerado                              | 3.0        | 1.0        |
| Suelo compactado                          | 2.0        | 1.0        |
| Arena                                     | 0.5        | 1.0        |
| <u>Planeado para el presente proyecto</u> | <u>0.5</u> | <u>1.0</u> |

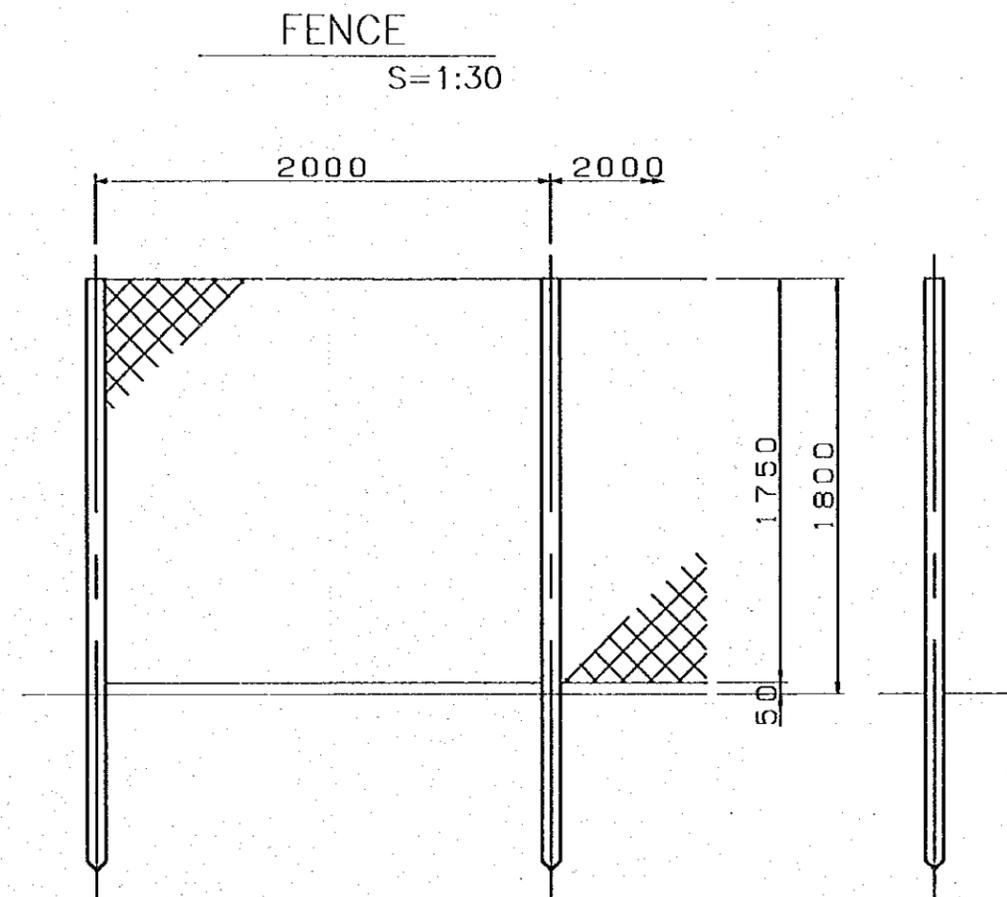
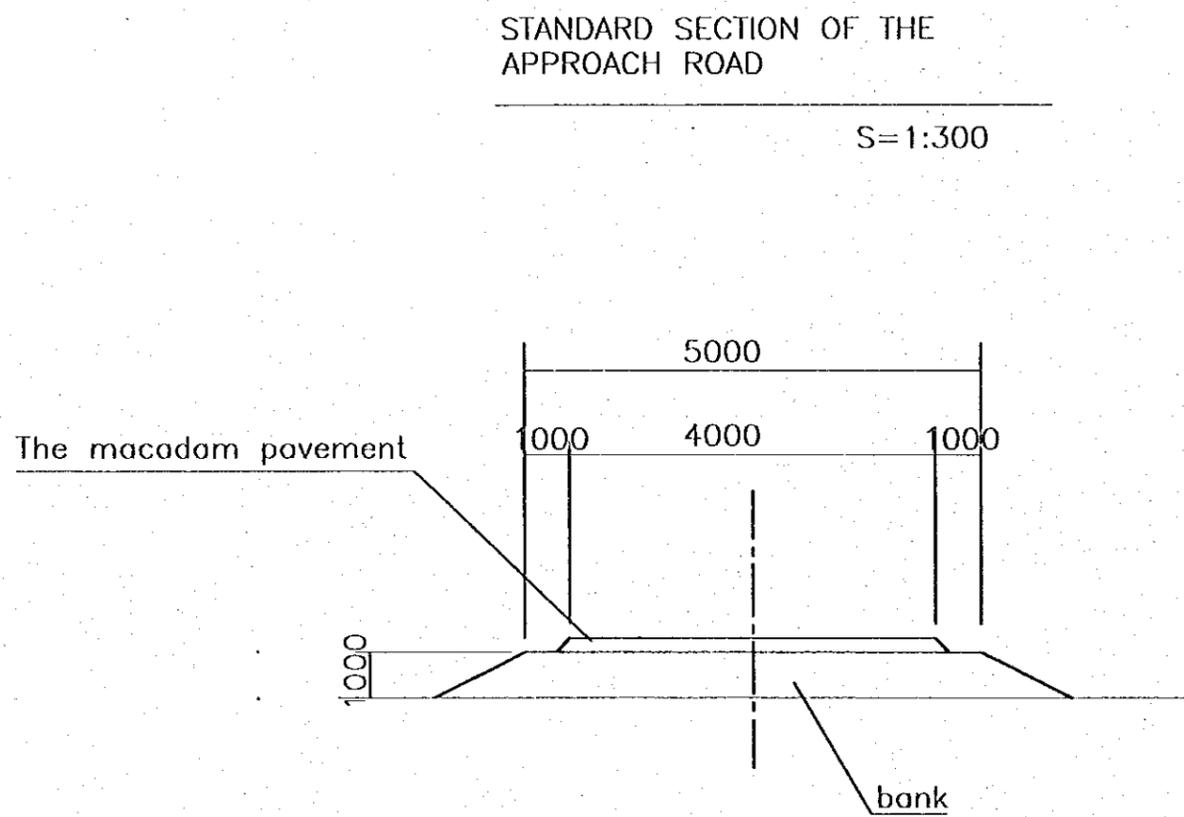
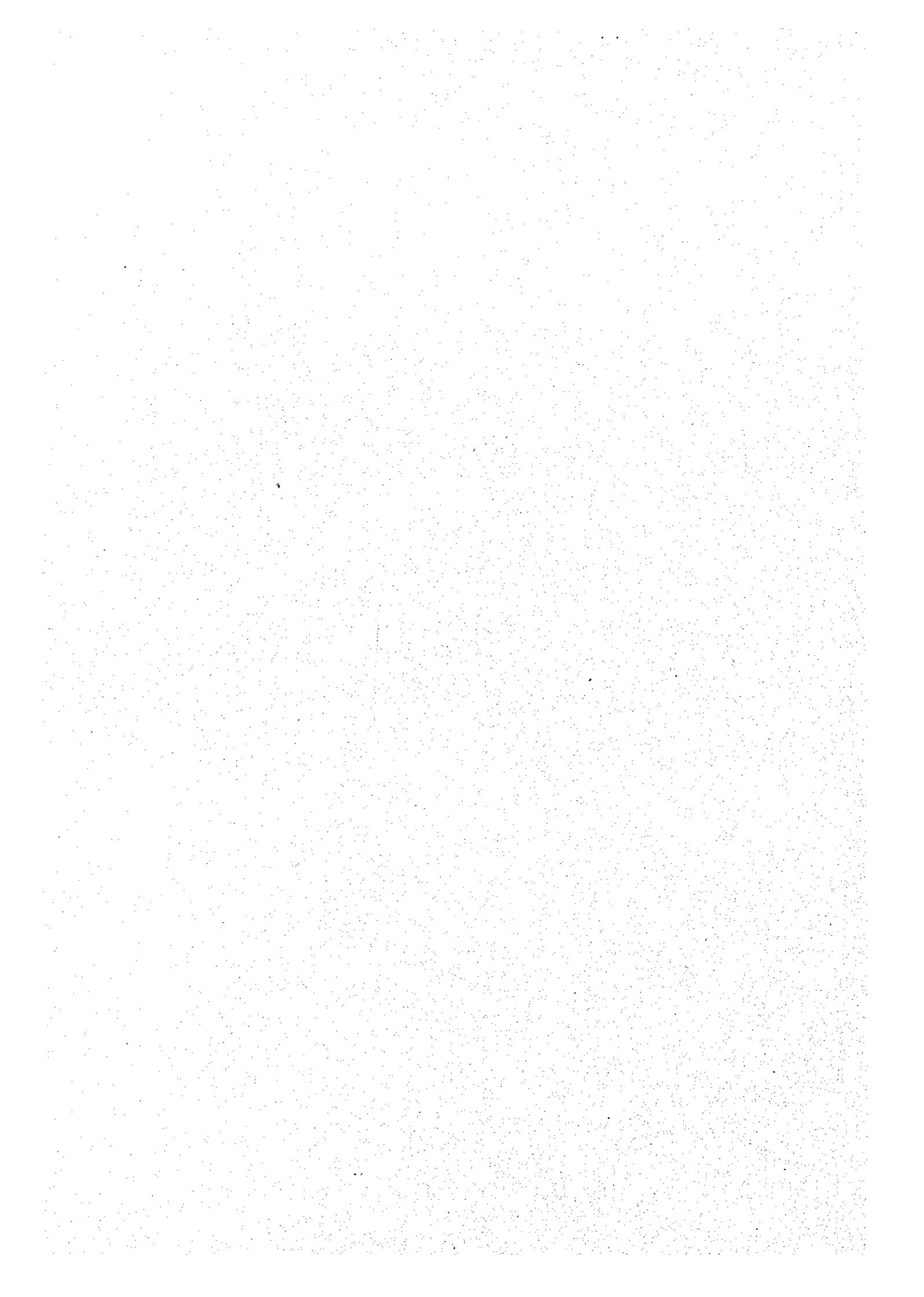


Figura X.2.11 Sección Estándar de la vía de acceso

|   |           |   |           |
|---|-----------|---|-----------|
| REPUBLICA DEL PERU  |           | THE REPUBLIC OF PERU  |           |
| NOMBRE DE PLANO   |           | NAME OF DRAWING   |           |
| STANDARD SECTION OF THE ACCESS ROAD   |           |   |           |
| ESCALA  | FECHA     | SCALE   | DATE      |
|   | Nov. 1989 |   | Nov. 1989 |
| ESTUDIO PARA EL CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA DE LA BAHIA INTERIOR DE PUÑO EN EL LAGO TITICACA EN LA REPUBLICA DEL PERU |           | STUDY FOR THE INTEGRATED WATER POLLUTION CONTROL FOR PUÑO INTERNAL BAY OF LAKE TITICACA IN THE REPUBLIC OF PERU |           |
| JICA-AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPAN   |           | JICA-JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY   |           |



4) Capa para el control de la infiltración del percolado (Capa impermeable en el fondo del lugar)

**Estándar Técnico:**

Si no existe una barrera geológica natural que impida la contaminación del agua subterránea por efecto del percolado, se deberá planificar un sistema de impermeabilización con capas de arcilla u otros materiales (geomembrana o geotextiles) de características apropiadas tomando en cuenta las condiciones naturales del lugar (nivel de agua subterránea, clima, etc.).

La permeabilidad del material a usar no deberá ser mayor que  $k = 10^{-5}$  cm/s y el espesor total mínimo de la capa de arcilla será función de la profundidad del agua subterránea y de la precipitación pluvial en la zona.

**ESPESOR MINIMO RECOMENDABLE DE LA CAPA DE ARCILLA.**

| Precipitación/año | Nivel de agua subterránea. |         |           |
|-------------------|----------------------------|---------|-----------|
|                   | Más de 100m                | 30-100m | Hasta 30m |
| Hasta 50mm        | 0.30m                      | 0.60m   | 0.90m     |
| 50-300mm          | 0.60m                      | 0.90m   | 1.20m     |
| Más de 300mm      | 0.90m                      | 1.20m   | 1.50m     |

Planeado para el presente proyecto El espesor de la capa es 1.5m.

La *Figura X.2.8* muestra la situación de la instalación de la capa de arcilla.

5) Drenaje del percolado

**Estándar Técnico:**

Se proyecta un drenaje para la recepción y evacuación del percolado en la base del relleno sanitario. Este será dispuesto en forma de una "espina de pez" u otras, aprovechando el sistema de drenaje natural, en la base de los terraplenes de cada plataforma. El drenaje estará constituido por canaletas de piedra, tubos perforados u otros, con una pendiente longitudinal mínima de 2% y de dimensiones compatibles con el flujo de percolado esperado.

**Plan para el presente proyecto:**

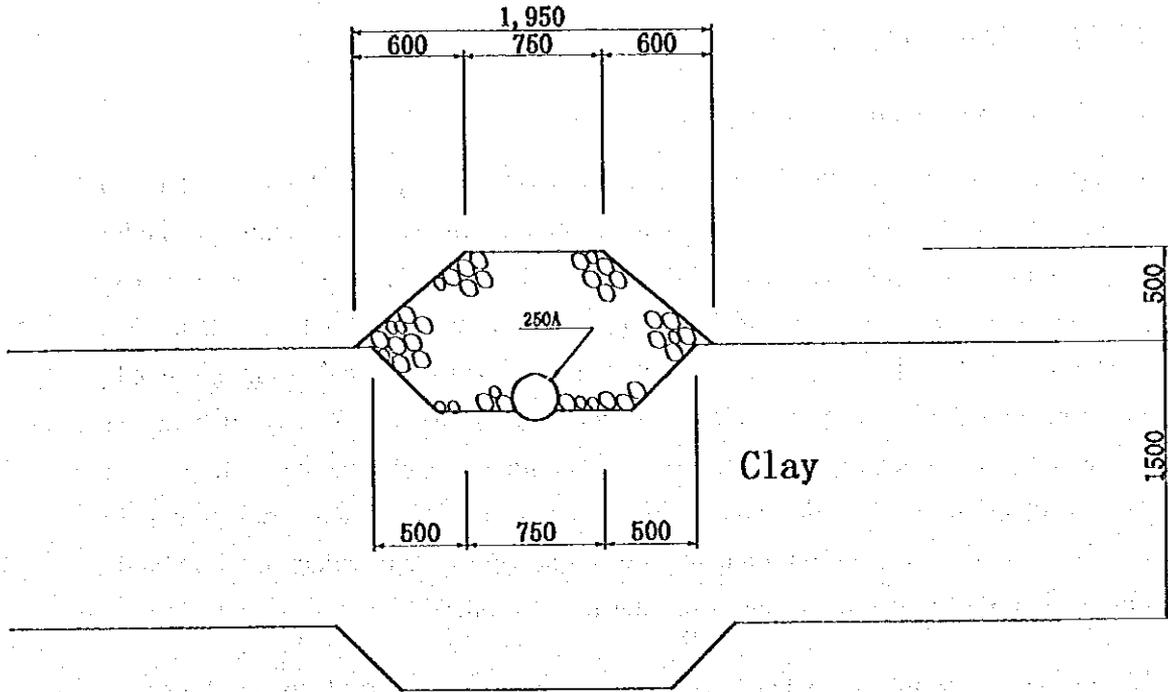
Se ha planificado que la tubería principal sea un tubo HDP cubierto con grava y los ramales como canaletas de piedra. La *Figura X.2.12* muestra la sección transversal de los mismos.

## 6) Tratamiento del percolado

### Estándar Técnico:

Según las características del percolado generado en el relleno sanitario, se ha planificado sistemas de tratamiento tales como recirculación, filtros de percolación, lagunas de estabilización, reactivos anaerobios de flujo hacia arriba u otros, a fin de reducir los límites permisibles de contaminantes.

# Main pipe



# Branch

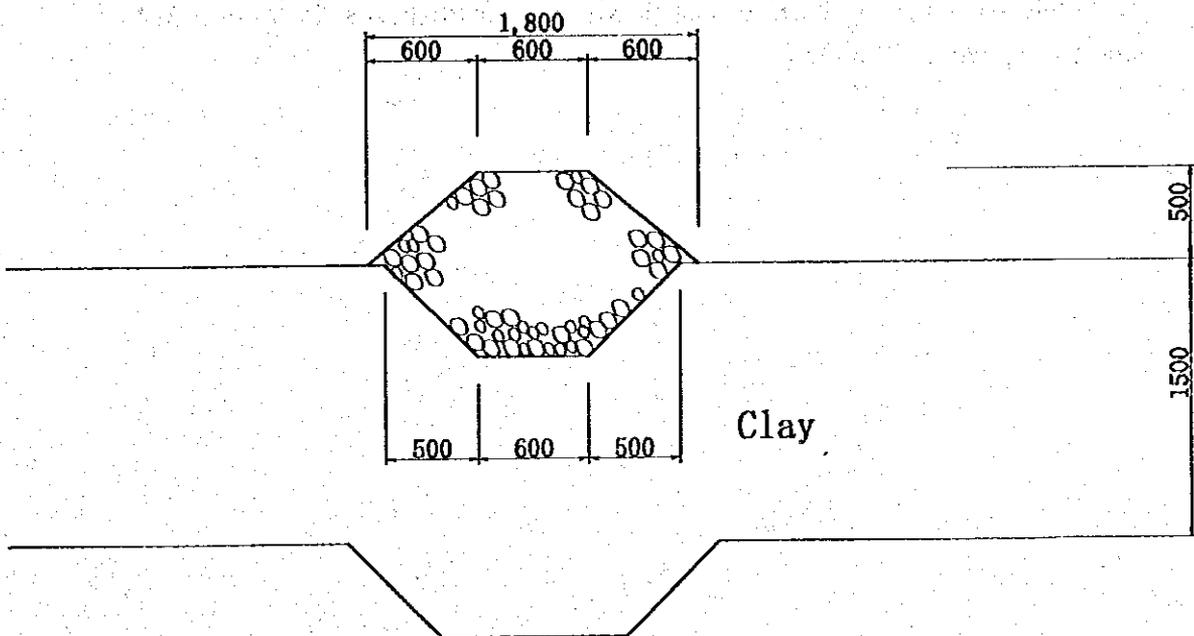


Figura X.2.12 Sección del Tubo Colector de Percolado.

|  |          |  |          |
|--|----------|--|----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> REPUBLICA DEL PERU<br>NOMBRE DE PLANO  |          | <input checked="" type="checkbox"/> THE REPUBLIC OF PERU<br>NAME OF DRAWING  |          |
|  |          | Section of Leachate Collector Pipe   |          |
| ESCALA   | FECHA    | SCALE  | DATE     |
| 1:200  | Nov.1999 | 1:200  | Nov.1999 |
| ESTUDIO PARA EL CONTROL INTEGRAL<br>DE LA CONTAMINACION DEL AGUA<br>DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO<br>EN EL LAGO TITICACA EN LA REPUBLICA DEL PERU |          | STUDY FOR THE INTEGRATED WATER<br>POLLUTION CONTROL FOR PUNO INTERIOR<br>BAY OF LAKE TITICACA<br>IN THE REPUBLIC OF PERU |          |
| JICA-AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON  |          | JICA-JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  |          |

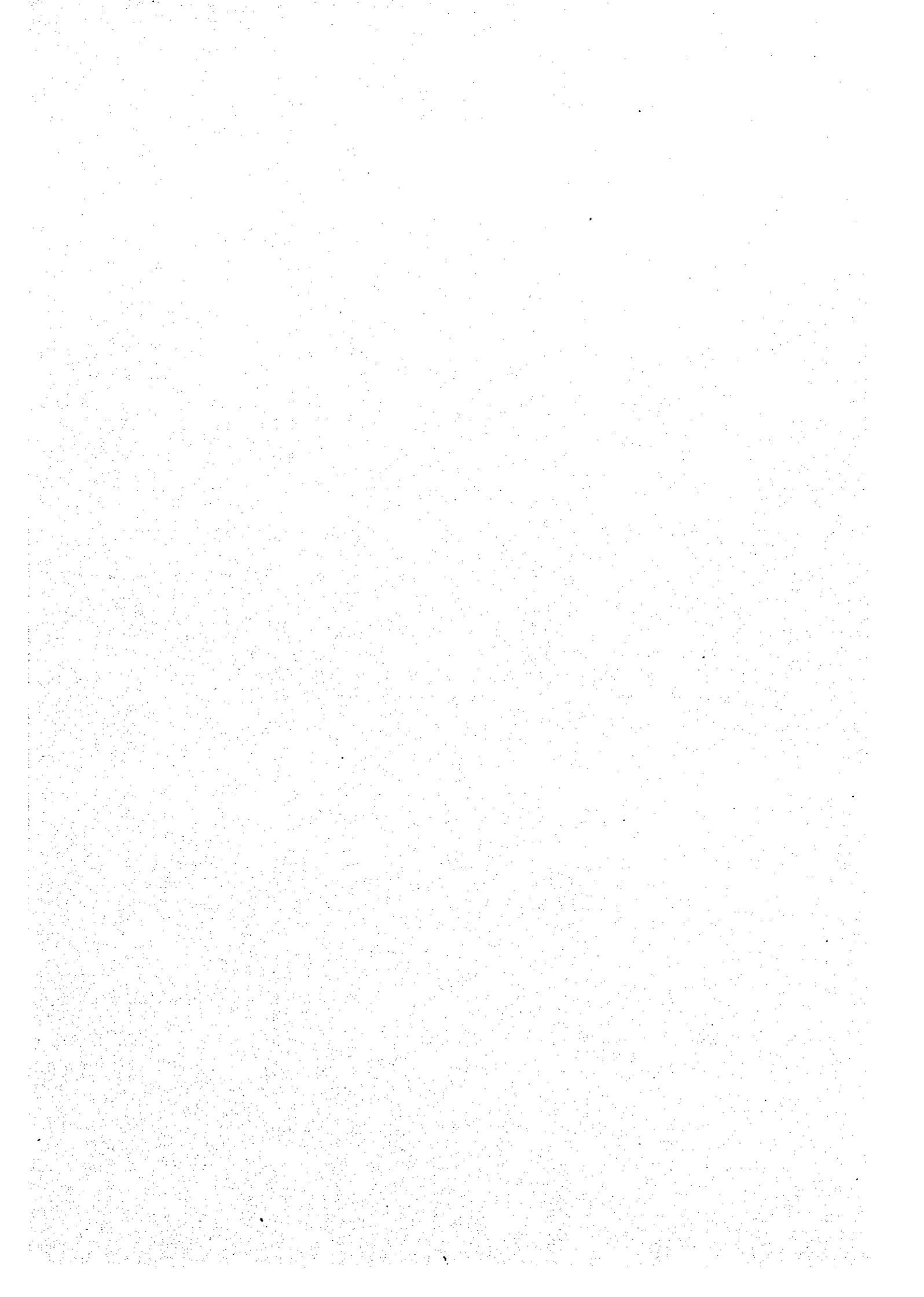
### Plan para el presente proyecto:

Se adopta el sistema de circulación.

Como se mencionó previamente, la precipitación anual promedio equivalente a aproximadamente 720 mm/año, la cual es menor que la evaporación promedio equivalente a aproximadamente 2000 mm/año. Por esta razón se ha adoptado el sistema de circulación como instalación para el tratamiento del percolado. Sin embargo, debido a que durante la estación de lluvias, la evaporación es menor que la precipitación diaria, el percolado se genera. En estos casos, éste deberá ser acumulado en el lugar y tratado a lo largo del año mediante el agua que entra y sale si ésta se mantiene circulando. Las instalaciones para el tratamiento del percolado consisten en un tanque de sedimentación de arenas, poza de circulación y bomba de circulación. La *Figura X.2.13* muestra estas instalaciones.

Como ejemplo, se muestra en el cálculo de la generación de percolado para los casos de precipitación máxima y promedio en los últimos 20 años. Los resultados se muestran en la *Tabla X.2.10* y *Tabla X.2.11* respectivamente.

En lo que respecta a las instalaciones de monitoreo, han sido planificados los pozos de monitoreo. Por cada lugar se han proyectado cuatro pozos. La *Figura X.2.14* muestra el pozo de monitoreo.



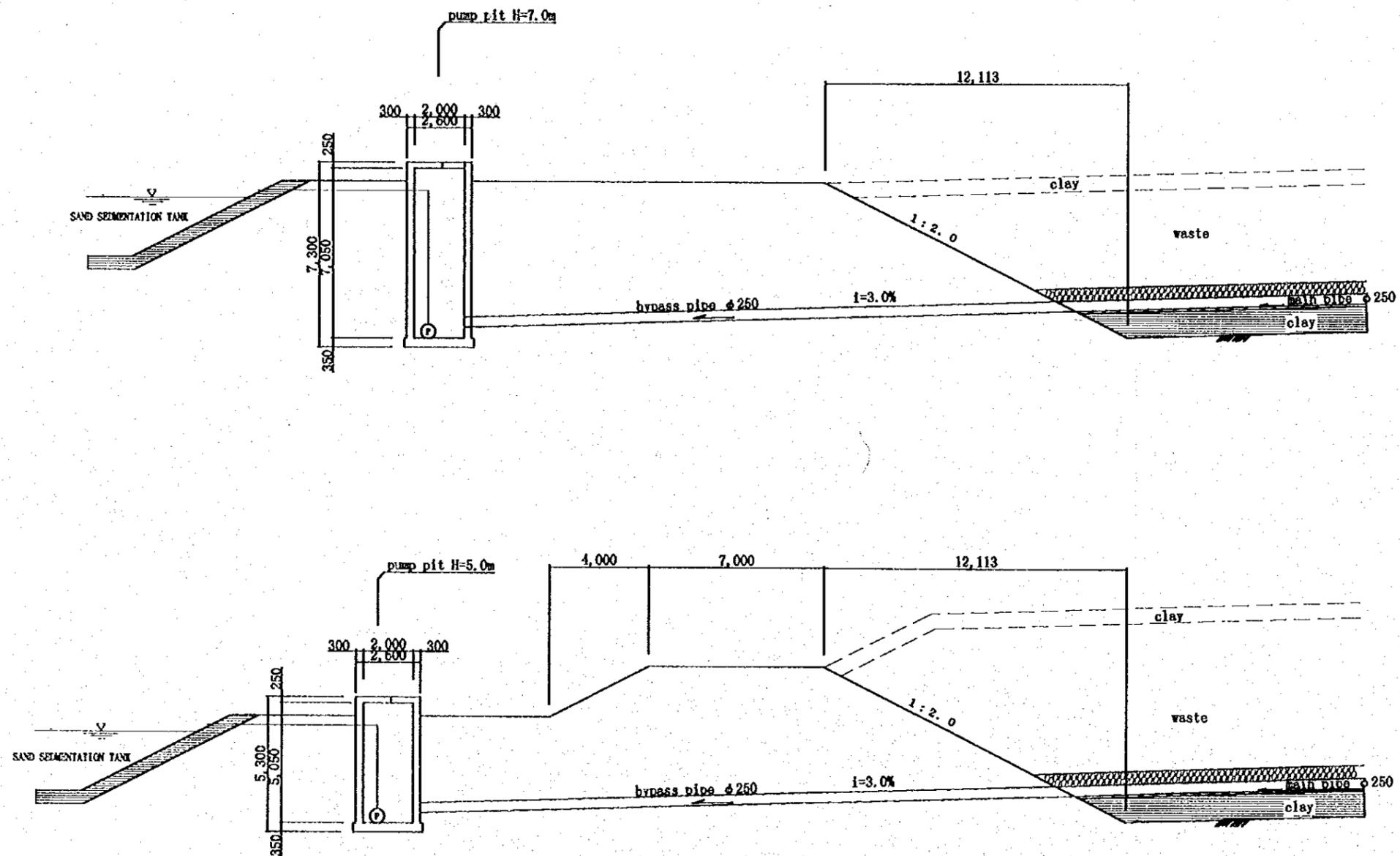
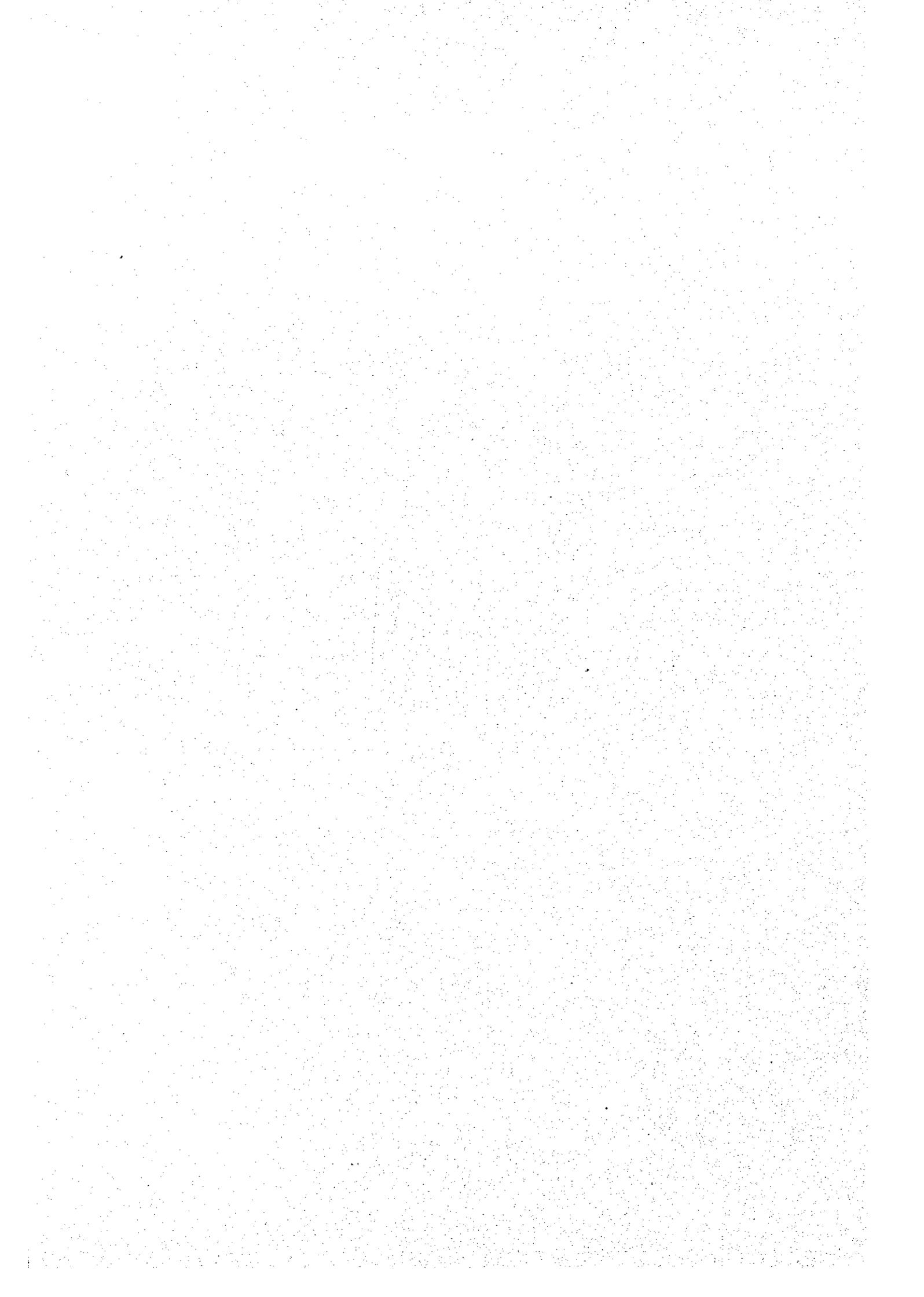


Figura X.2.13 Sección Estándar de la Ubicación del Pozo de Bombeo

|  |          |  |          |
|--|----------|--|----------|
| REPUBLICA DEL PERU<br>NOMBRE DE PLANO<br>SECCION NORMAL DE BOMBA<br>HORIZONTAL PUNTO SITUACION   |          | THE REPUBLIC OF PERU<br>NAME OF DRAWING<br>STANDARD SECTION OF PUMPST LOCATION   |          |
| ESCALA   | FECHA    | SCALE  | DATE     |
| 1:200  | Nov.1989 | 1:200  | Nov.1989 |
| ESTUDIO PARA EL CONTROL INTEGRAL<br>DE LA CONTAMINACION DEL AGUA<br>DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO<br>EN EL LAGO TITICACA EN LA REPUBLICA DEL PERU |          | STUDY FOR THE INTEGRATED WATER<br>POLLUTION CONTROL FOR PUNO INTERNAL<br>BAY OF LAKE TITICACA<br>IN THE REPUBLIC OF PERU |          |
| ICA-AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON   |          | ICA-JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY   |          |



**Tabla X.2.10 (1) Cantidad de Percolado Generado debido a la Precipitación Máxima Diaria en los Ultimos 20 años en el Lugar Propiedad de la Ciudad.**

Area operating A1 = 22,400 m<sup>2</sup>  
 Area operated A2 = 0 m<sup>2</sup>

Eva quant E = 105 m<sup>3</sup>/d  
 Max leachate generation 1,219 m<sup>3</sup>/d  
 Necess adjust Pond Vim 7,880 m<sup>3</sup>/d  
 Site inside storage vl 115 dy  
 Sinking coefficient 4.7 mm/d

The Year is 1984  
 Observation Station  
 PUNO / CO-708

LAT. : 15°50' "S" DPTO. PUNO  
 LONG : 70°01' "W" PROV. PUNO  
 ALT : 3812 m DIST. PUNO

Sinking coefficient C1 = 0.89 0.91 0.83 0.83  
 C2 = 0.89 0.91 0.83 0.83

|    | January        |          | February       |          | March          |          | April          |          | May            |          | June           |          | July           |          | August         |          | September      |          | October        |          | November       |          | December       |          |
|----|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|
|    | Leachate quant | Pond Vim |
| 1  | 12             | 12       | 267            | 3,454    | 37             | 6,769    | 39             | 7,653    | 0              | 4,064    | 0              | 1,401    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 295            | 3        |
| 2  | 439            | 439      | 102            | 3,451    | 296            | 6,959    | 8              | 7,556    | 0              | 4,559    | 0              | 1,296    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 190            | 60       |
| 3  | 397            | 730      | 106            | 3,452    | 389            | 7,243    | 0              | 7,451    | 0              | 4,454    | 0              | 1,190    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 84             | 56       |
| 4  | 179            | 804      | 532            | 3,878    | 67             | 7,204    | 0              | 7,346    | 0              | 4,349    | 0              | 1,085    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 66             | 4        |
| 5  | 387            | 1,086    | 143            | 3,916    | 6              | 7,104    | 0              | 7,240    | 0              | 4,243    | 0              | 980      | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 72             | 0        |
| 6  | 98             | 1,078    | 275            | 4,086    | 37             | 7,036    | 0              | 7,155    | 0              | 4,138    | 0              | 874      | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 65             | 0        |
| 7  | 10             | 983      | 526            | 4,506    | 0              | 6,931    | 0              | 7,030    | 0              | 4,033    | 0              | 769      | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 14             | 0        |
| 8  | 116            | 993      | 236            | 4,637    | 30             | 6,856    | 0              | 6,925    | 0              | 3,928    | 0              | 664      | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 14             | 0        |
| 9  | 596            | 1,484    | 100            | 4,632    | 171            | 6,921    | 0              | 6,819    | 0              | 3,822    | 0              | 559      | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 78       |
| 10 | 159            | 1,538    | 24             | 4,551    | 0              | 6,816    | 0              | 6,714    | 0              | 3,717    | 0              | 453      | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 150      |
| 11 | 221            | 1,654    | 57             | 4,503    | 363            | 7,073    | 0              | 6,609    | 0              | 3,612    | 0              | 348      | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 4        |
| 12 | 50             | 1,599    | 304            | 4,701    | 180            | 7,148    | 0              | 6,503    | 0              | 3,506    | 0              | 243      | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 13 | 22             | 1,515    | 797            | 5,393    | 130            | 7,173    | 0              | 6,398    | 0              | 3,401    | 0              | 137      | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 14 | 20             | 1,430    | 271            | 5,559    | 37             | 7,105    | 0              | 6,296    | 0              | 3,296    | 0              | 32       | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 15 | 36             | 1,361    | 359            | 5,813    | 0              | 7,000    | 0              | 6,188    | 0              | 3,191    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 16 | 419            | 1,674    | 591            | 6,298    | 0              | 6,895    | 0              | 6,082    | 0              | 3,085    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 17 | 52             | 1,621    | 183            | 6,377    | 236            | 7,025    | 0              | 5,977    | 0              | 2,980    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 18 | 265            | 1,780    | 304            | 6,575    | 110            | 7,030    | 0              | 5,872    | 0              | 2,875    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 19 | 64             | 1,739    | 334            | 6,804    | 266            | 7,190    | 0              | 5,766    | 0              | 2,769    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 20 | 50             | 1,683    | 175            | 6,874    | 463            | 7,548    | 0              | 5,698    | 0              | 2,664    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 21 | 175            | 1,754    | 12             | 6,781    | 151            | 7,593    | 14             | 5,606    | 0              | 2,559    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 22 | 173            | 1,822    | 308            | 6,984    | 0              | 7,488    | 40             | 5,541    | 0              | 2,454    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 23 | 341            | 2,057    | 94             | 6,972    | 310            | 7,693    | 8              | 5,443    | 0              | 2,343    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 24 | 337            | 2,289    | 359            | 7,225    | 104            | 7,692    | 54             | 5,392    | 0              | 2,243    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 25 | 108            | 2,291    | 33             | 7,153    | 138            | 7,724    | 0              | 5,287    | 0              | 2,138    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 26 | 4              | 2,190    | 0              | 7,048    | 58             | 7,677    | 9              | 5,191    | 0              | 2,032    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 27 | 80             | 2,165    | 0              | 6,942    | 121            | 7,692    | 0              | 5,086    | 0              | 1,927    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 28 | 514            | 2,574    | 0              | 6,837    | 171            | 7,758    | 0              | 4,980    | 0              | 1,822    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 29 | 626            | 3,094    | 0              | 6,727    | 227            | 7,880    | 0              | 4,875    | 0              | 1,717    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 30 | 307            | 3,206    | 0              | 6,612    | 37             | 7,812    | 0              | 4,770    | 0              | 1,611    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |
| 31 | 102            | 3,293    | 0              | 6,506    | 13             | 7,719    | 0              | 4,606    | 0              | 1,506    | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        | 0              | 0        |

As the calculation result, necessary leachate adjustment pond ( or sand sedimentation tank) is approximately 15,000 m<sup>3</sup>.  
 However, leachate can be stored inside the sanitary landfill site of which capacity is 4600m<sup>3</sup>.  
 Therefore, actually necessary capacity of the pond is approximately, 10,000 m<sup>3</sup>.

**Tabla X.2.10 (2) Cantidad de Percolado Generado debido a la Precipitación Máxima Diaria en los Últimos 20 años en el Lugar Propiedad de la Ciudad.**

Area operating A1 = 44,900 m<sup>2</sup>  
 Area operated A2 = 0 m<sup>2</sup>

Eva quant E= 211 m<sup>3</sup>/d  
 Max leachate generation 2,443 m<sup>3</sup>/d  
 Necess adjust Pond Vlm 15,795 m<sup>3</sup>/d  
 Site inside storage v) 148 d/y  
 I 4.7 mm/d

The Year is 1984  
 Observation Station PUNO / CO-708  
 LAT. : 15°50' "S"  
 LONG. : 70°01' "W"  
 DPTO. PUNO  
 PROV. PUNO  
 ALT. : 3812 m  
 DIST. PUNO

Sinking coefficient  
 C1 = 0.89  
 C2 = 0.89

0.83  
 0.83

0.21  
 0.21

0  
 0

0  
 0

0.76  
 0.76

0.48  
 0.48

|    | January        |            | February       |            | March          |            | April          |            | May            |            | June           |            | July           |            | August         |            | September      |            | October        |            | November       |            | December       |            |
|----|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|
|    | Leachate quant | Precip vlm |
| 1  | 24             | 6,924      | 535            | 13,508     | 75             | 13,508     | 78             | 15,340     | 0              | 9,330      | 0              | 2,808      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 591            | 5          |
| 2  | 879            | 879        | 204            | 6,917      | 593            | 13,949     | 17             | 15,146     | 0              | 9,139      | 0              | 2,597      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 380            | 121        |
| 3  | 795            | 1,463      | 212            | 6,919      | 779            | 14,517     | 0              | 14,933     | 0              | 8,928      | 0              | 2,386      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 300        | 300            | 0          | 169            | 112        |
| 4  | 360            | 1,612      | 1,066          | 7,774      | 134            | 14,440     | 0              | 14,724     | 0              | 2,175      | 0              | 2,175      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 256        | 345            | 131        | 131            | 8          |
| 5  | 775            | 2,176      | 286            | 7,849      | 11             | 14,241     | 0              | 14,513     | 0              | 8,717      | 0              | 1,964      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 10         | 144            | 0          | 0              | 0          |
| 6  | 196            | 2,161      | 552            | 8,199      | 75             | 14,104     | 0              | 14,302     | 0              | 8,506      | 0              | 1,753      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 130        | 130            | 0          | 0              | 137        |
| 7  | 20             | 1,970      | 1,054          | 9,033      | 0              | 13,893     | 0              | 14,091     | 0              | 8,295      | 0              | 1,562      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 27         | 27             | 0          | 0              | 312        |
| 8  | 232            | 1,991      | 474            | 9,296      | 60             | 13,742     | 0              | 13,880     | 0              | 8,084      | 0              | 1,562      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 156        |
| 9  | 1,195          | 2,974      | 200            | 9,285      | 343            | 13,874     | 0              | 13,649     | 0              | 7,662      | 0              | 1,120      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 208        |
| 10 | 320            | 3,083      | 49             | 9,123      | 0              | 13,662     | 0              | 13,458     | 0              | 7,451      | 0              | 909        | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 301        |
| 11 | 444            | 3,316      | 114            | 9,026      | 727            | 14,178     | 0              | 13,247     | 0              | 7,239      | 0              | 698        | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 2,443      | 2,443          | 0          | 0              | 8          |
| 12 | 100            | 3,205      | 609            | 9,424      | 361            | 14,529     | 0              | 13,036     | 0              | 7,028      | 0              | 487        | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 297        | 2,929          | 63         | 65             | 0          |
| 13 | 44             | 3,037      | 1,598          | 10,811     | 261            | 14,378     | 0              | 12,825     | 0              | 6,817      | 0              | 276        | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 30         |
| 14 | 40             | 2,866      | 543            | 11,143     | 75             | 14,242     | 0              | 12,614     | 0              | 6,905      | 0              | 64         | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 7          | 2,114          | 2          | 2              | 0          |
| 15 | 72             | 2,227      | 719            | 11,651     | 0              | 14,031     | 0              | 12,403     | 0              | 6,395      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 369        | 2,271          | 39         | 39             | 0          |
| 16 | 839            | 3,555      | 1,185          | 12,625     | 0              | 13,820     | 0              | 12,192     | 0              | 6,184      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 14         | 2,074          | 93         | 93             | 0          |
| 17 | 104            | 3,248      | 609            | 12,782     | 473            | 14,082     | 0              | 11,981     | 0              | 5,973      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 1,863          | 360        | 360            | 0          |
| 18 | 531            | 3,569      | 609            | 13,179     | 220            | 14,091     | 0              | 11,770     | 0              | 5,762      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 235        | 1,887          | 13         | 162            | 0          |
| 19 | 128            | 3,486      | 670            | 13,638     | 533            | 14,413     | 0              | 11,559     | 0              | 5,551      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 1,676          | 4          | 4              | 0          |
| 20 | 100            | 3,374      | 351            | 13,779     | 928            | 15,130     | 74             | 11,421     | 0              | 5,340      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 75         | 1,540          | 60         | 60             | 0          |
| 21 | 352            | 3,315      | 25             | 13,592     | 302            | 15,221     | 27             | 11,238     | 0              | 5,129      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 34         | 1,364          | 19         | 19             | 121        |
| 22 | 348            | 3,652      | 617            | 13,998     | 0              | 15,010     | 80             | 11,107     | 0              | 4,918      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 7          | 1,159          | 185        | 185            | 11         |
| 23 | 683            | 4,124      | 188            | 13,975     | 622            | 15,421     | 15             | 10,911     | 0              | 4,707      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 948            | 56         | 56             | 14         |
| 24 | 675            | 4,588      | 719            | 14,483     | 209            | 15,419     | 108            | 10,808     | 0              | 4,496      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 737            | 211        | 211            | 156        |
| 25 | 216            | 4,593      | 65             | 14,338     | 276            | 15,483     | 0              | 10,597     | 0              | 4,285      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 10         | 536            | 13         | 13             | 25         |
| 26 | 8              | 4,390      | 0              | 14,127     | 116            | 15,388     | 19             | 10,405     | 0              | 4,074      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 334        | 660            | 60         | 60             | 0          |
| 27 | 160            | 4,339      | 0              | 13,915     | 242            | 15,419     | 0              | 10,194     | 0              | 3,863      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 3          | 452            | 63         | 63             | 0          |
| 28 | 1,031          | 5,159      | 0              | 13,704     | 343            | 15,551     | 0              | 9,983      | 0              | 3,652      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 20             | 262        | 60             | 60         |
| 29 | 1,255          | 6,203      | 0              | 13,491     | 455            | 15,795     | 0              | 9,772      | 0              | 3,441      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          |
| 30 | 615            | 6,607      | 0              | 13,278     | 73             | 15,658     | 0              | 9,561      | 0              | 3,230      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          |
| 31 | 204            | 6,600      | 0              | 13,065     | 26             | 15,473     | 0              | 9,319      | 0              | 3,019      | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 0          | 0              | 802        | 802            | 0          | 0              | 173        |

As the calculation result, necessary leachate adjustment pond ( or sand sedimentation tank) is approximately 15,800 m<sup>3</sup>.  
 However, leachate can be stored inside the sanitary landfill site of which capacity is 4400m<sup>3</sup>.  
 Therefore, actually necessary capacity of the pond is approximately, 12,000 m<sup>3</sup>.





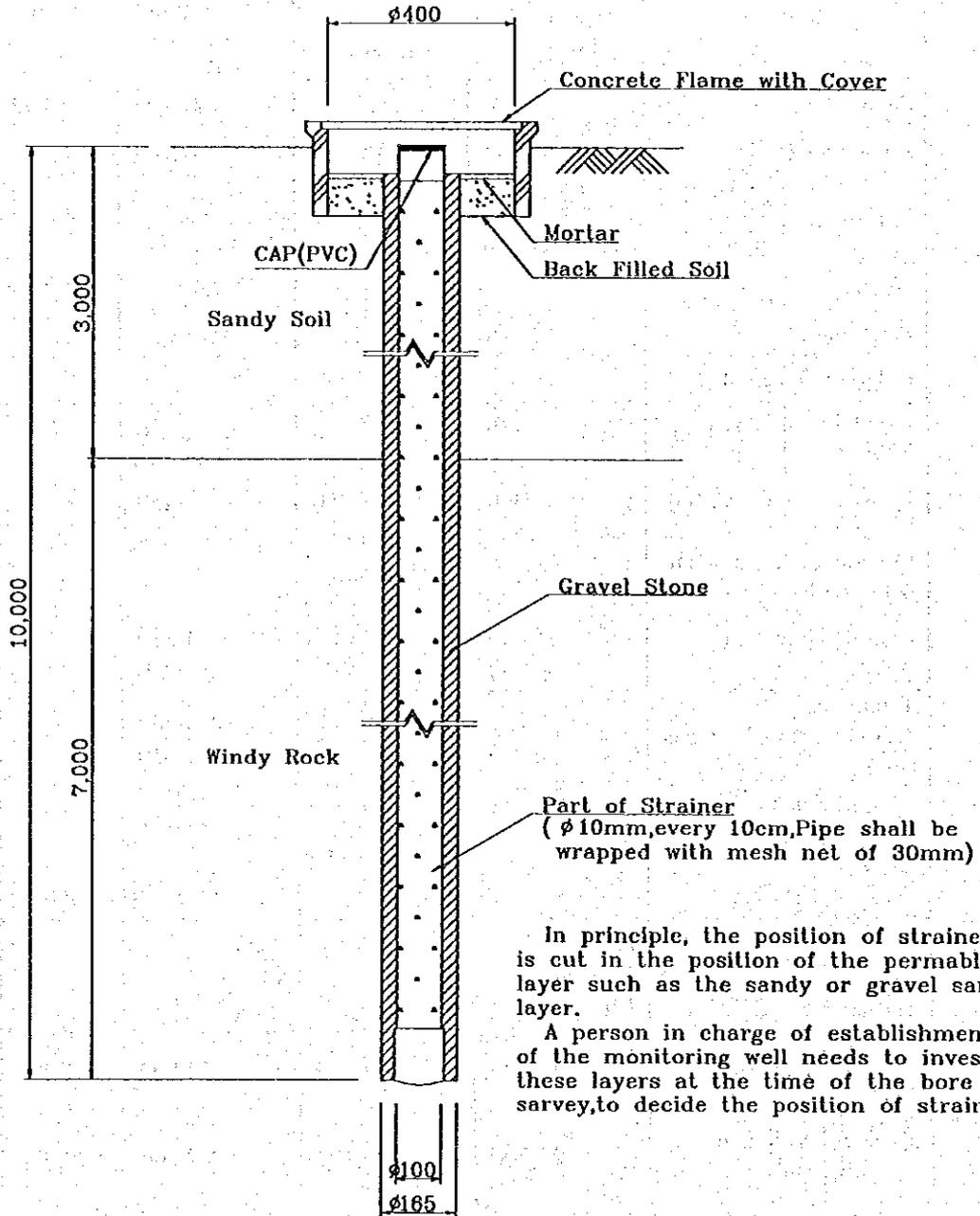
7) Descripción del Plan Total de las Instalaciones

**Tabla X.2.12 Plan Total de las Instalaciones**

| Nombre del lugar de Relleno                         |                           | Lugar propiedad de la ciudad (Lugar 1) | Lugar propiedad de la ciudad (Lugar 2) | Lugares investigados por el Equipo de Estudio JICA | Total   | Observaciones         |
|---|---------------------------|--|--|--|---------|-----------------------|
| Area (m <sup>2</sup> )                              |                           | 19,100                                 | 22,300                                 | 22,400   | 63,800  |                       |
| Capacidad (m <sup>3</sup> )                         |                           | 85,000                                 | 106,500                                | 107,100  | 298,600 |                       |
| Terraplén   | Material                  | Tierra                                 | Tierra                                 | Tierra   | -       |                       |
|   | Altura                    | 5.0 m (prom).                          |  | 4.5 m (prom)                                       | -       |                       |
| Ancho   |                           | 7.0                                    |  | 7.0  | -       |                       |
| Pendiente   |                           | V:II=1:2                               |  | V:H=1:2  | -       |                       |
| Colector de percolado                               |                           |  |  |  |         |                       |
| Tubería principal                                   | φ 250 (m)                 | 360                                    | 300                                    | 240  | 900     |                       |
| Ramal   | Grava (m)                 | 340                                    | 450                                    | 450  | 1,240   |                       |
| Método de Tratamiento del Percolado                 |                           | Circulación                            |  |  | -       |                       |
| Cantidad circulante (m <sup>3</sup> /d)             |                           | 1,039 (784)                            | 2,253*1 (1,699)*1                      | 1,219 (919)  | -       | (20 Max)<br>(20 Prom) |
| Tanque de sedimentación de arenas (m <sup>3</sup> ) |                           | 2,200 (0)                              | 10,000 (0)                             | 12,000m <sup>3</sup> (0)                           | -       | (20 Max)<br>(20 Prom) |
| Vía de acceso                                       | Ancho                     | 8.0m                                   |  |  | -       |                       |
|   | Pavimento                 | Piedra chancada                        |  |  | -       |                       |
|   | Distancia                 | 300m                                   |  | 1,350m   | 1,650m  |                       |
| Sistema de Monitoreo Ambiental                      |                           | Pozo 4 unidades 10m, φ150              |  | Pozo 4 unidades 10m, φ150                          |         |                       |
| Capa de Arcilla Impermeable                         | Area (m <sup>2</sup> )    | 14,800                                 | 17,600                                 | 14,800   | 47,200  |                       |
|   | Volumen (m <sup>3</sup> ) | 22,200                                 | 26,400                                 | 22,200   | 70,800  |                       |

# SECTION OF MONITORING WELL

S=1:15



In principle, the position of strainer is cut in the position of the permeable layer such as the sandy or gravel sandy layer.

A person in charge of establishment of the monitoring well needs to investigate these layers at the time of the bore hole sarvey, to decide the position of strainer.

Figura X.2.14 Sección del Pozo de Monitoreo

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| REPUBLICA DEL PERU<br>NOMBRE DE PLANO   |  | THE REPUBLIC OF PERU<br>NAME OF DRAWING  |  |
| ESCALA<br>1:200   |  | ESCALE<br>1:200  |  |
| FECHA<br>Nov. 1989  |  | DATE<br>Nov. 1989  |  |
| ESTUDIO PARA EL CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO EN EL LAGO TITICACA EN LA REPUBLICA DEL PERU |  | STUDY FOR THE INTEGRATED WATER POLLUTION CONTROL FOR PUNO INTERNE BAY OF LAKE TITICACA IN THE REPUBLIC OF PERU |  |
| JICA-AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON   |  | JICA-JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  |  |

**(6) Equipamiento necesario a ser instalado**

El equipamiento necesario para el Lugar de Relleno Sanitario es como se presenta a continuación,

**a. Cargador Frontal**

Equipo principal en el Lugar de Relleno Sanitario para nivelar los residuos transportados y cubrir con tierra después de la compactación.

**b. Excavadora**

Utilizada para la excavación del lugar y para recoger la tierra para el recubrimiento.

**c. Volquete**

Utilizado para transportar la tierra para el recubrimiento.

**d. Balanza para camiones**

El equipo para el pesado de los residuos transportados es indispensable para recoger información fundamental acerca del Lugar de Relleno Sanitario.

**e. Generador**

Utilizado para el drenaje de agua y las Instalaciones Administrativas..

**(7) Plan para el personal**

Es necesario 6 personas como personal actual, sin considerar el Plan Alternativo para Recolección y Transporte.

### **3. PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN**

#### **3.1 CONSTRUCCIÓN DEL LUGAR DE RELLENO SANITARIO.**

El PELT (Proyecto Especial Binacional del Lago Titicaca) tiene experiencia en obras de construcción civil tales como presas de irrigación, caminos, canales abiertos, etc. Por lo tanto, la construcción del Lugar de Relleno Sanitario no representará ningún problema para el lado peruano desde el punto de vista técnico.

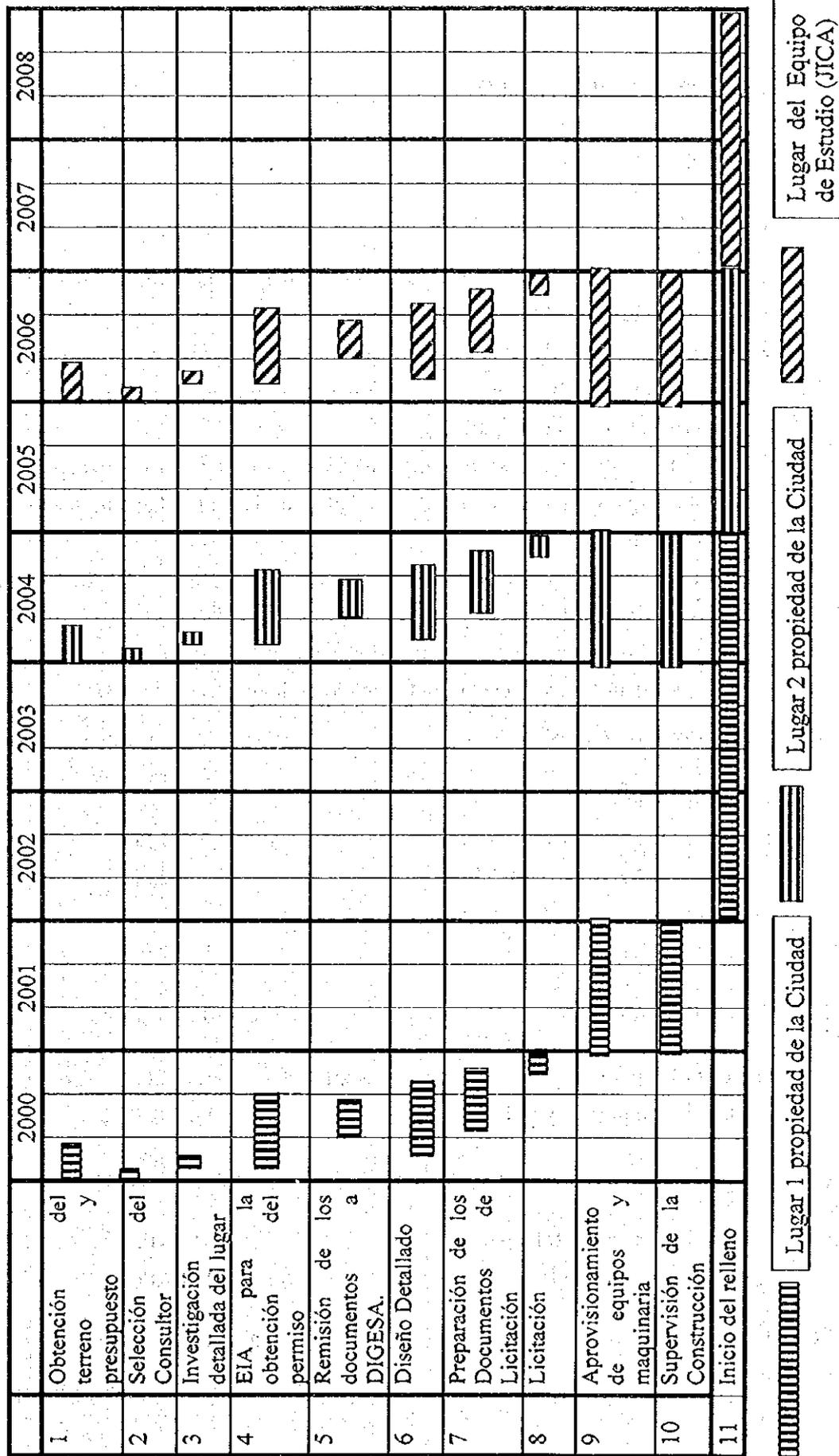
Se deberán seguir los siguientes procedimientos antes que la ciudad de Puno comience las obras de construcción.

- (1) Obtención del terreno y presupuesto.
- (2) Selección del Consultor.
- (3) Investigación detallada del lugar por el consultor incluyendo investigaciones geológicas y topográficas.
- (4) Evaluación del Impacto Ambiental de acuerdo a los Estándares Técnicos emitidos por DIGESA.
- (5) Remisión de los documentos relacionados con los trabajos de construcción a DIGESA a fin de obtener su aprobación.
- (6) Diseño Detallado.
- (7) Preparación de los Documentos de Licitación.
- (8) Licitación de la Construcción.
- (9) Adquisición de equipos y maquinaria pesada

La ejecución de los procedimientos antes mencionados requerirá por lo menos un año. Por lo tanto, los trabajos de construcción podrán iniciarse a partir del año 2001.

El programa de implementación se muestra en la *Figura X.3.1.*

Figura X.3.1 Programa de Implementación



#### 4. COSTO DEL PROYECTO

##### (1) Condiciones

Las condiciones para el cálculo del costo se resumen a continuación,

- 1) La mayoría de los costos se expresan bajo las condiciones económicas que prevalecían en 1998,
- 2) Se asume que la construcción será ejecutada por un contratista general peruano y los trabajos de operación y mantenimiento serán ejecutados por personal de la municipalidad.
- 3) Para la estimación, se ha empleado los costos en Peru a excepción de la tubería para la recolección del percolado para la cual se han empleado precios de Japón.
- 4) El costo del servicio de ingeniería se ha asumido igual al 5% del total del costo directo de construcción.
- 5) La contingencia física se ha asumido igual al 15% del total del costo directo de construcción y del costo del servicio de ingeniería.

##### (2) Costo de construcción 9,113,000 Soles

Desagregado;

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 1) Costo Directo de Construcción    | 7,527,000 |
| 2) Costo de Adquisición del Terreno | 22,000    |
| 3) Costo del Servicio de Ingeniería | 377,000   |
| 4) Contingencia                     | 1,187,000 |

##### (3) Equipamiento 3,738,000 Soles

|  |           |
|--|-----------|
| 1) Vehículos para la recolección y el transporte | 1,983,000 |
| 2) Maquinaria pesada y volquetes                 | 1,753,000 |

##### (4) Costo de Operación y Mantenimiento 9,682,000 Soles

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| 1) Para recolección y transporte | 6,900,000 |
| 2) Para la disposición final     | 2,782,000 |

**TOTAL GENERAL** **22,533,000 Soles**

(No se incluye IGV)

## 5. MANEJO DEL PROYECTO

### 5.1 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

La *Tabla X5.1* muestra los ítems a ser administrados para las actividades de recolección y transporte.

**Tabla X.5.1 Items a ser Administrados para la Recolección y el Transporte**

| Items   | Contenido   | Observaciones |
|---|---|---------------|
| Establecimiento del presupuesto necesario   | Obtención del presupuesto necesario para la adquisición de equipos y personal.  |               |
| Asignación del Personal   | Asignación del personal a sus puestos   |               |
| Asignación de los vehículos y herramientas adquiridas                               | Asignación de los vehículos adquiridos a las rutas y zonas de recolección que lo requieran  |               |
| Chequeo diario de la eficiencia del sistema de recolección y transporte de residuos | Verificación del trabajo diario para evaluar el resultado real de la recolección y transporte de residuos sólidos.  |               |
| Mantenimiento Preventivo  | Ejecución de mantenimiento preventivo periódico a los vehículos.  |               |
| Suplemento de repuestos y fungibles   | Los repuestos y fungibles deberán ser verificados y adquiridos periódicamente. La ciudad debe organizarse siempre a fin de estar en condición de adquirirlos. |               |
| Procesamiento de quejas   | La ciudad debe siempre acomodar su organización a fin de hacer frente a las quejas de los pobladores.   |               |

### 5.2 DEPÓSITO FINAL

Se requieren tres aspectos para el manejo del lugar de relleno sanitario. El primero es el trabajo preparativo para la construcción, el segundo es el manejo del lugar durante el uso y finalmente el manejo del lugar después del uso. Es natural que todos ellos deben estar en conformidad con el estándar técnico emitido por DIGESA. La *Tabla X.5.1* muestra los contenidos principales de los Estándares Técnicos para el mantenimiento.

**Tabla X.5.2 Items a ser Administrados para el Lugar de Relleno Sanitario**

|                          | Items                             | Contenido  | Observaciones   |
|--------------------------|-----------------------------------|--|---|
| Trabajos preparatorios   | Elaboración de los pre-requisitos | De acuerdo al estándar técnico de DIGESA.  |   |
|                          | Investigación geológica           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- La confirmación de la permeabilidad del lugar candidato y el nivel del agua subterránea cambian a lo largo del año.</li> <li>- Se deberán conducir pruebas físicas y mecánicas de suelos a fin de definir la inclinación del terraplén, la textura de la tierra para el recubrimiento y otros.</li> </ul>   |   |
|                          | E.I.A.                            | - Como resultado del IEE, no se ha encontrado problemas ambientales bajo las condiciones actuales en el presente proyecto. Si el planeamiento de la ciudad es modificado, se debe reconfirmar el IEE y tomar las medidas que sean necesarias.  |   |
| Durante el uso del lugar | Items durante el uso del lugar.   | <p>Los siguientes ítems deberán ser manejados de acuerdo al estándar técnico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Control y registro de los desechos transportados directamente</li> <li>- Descargas</li> <li>- Esparcido y compactación</li> <li>- Recubrimiento</li> <li>- Drenaje de las aguas superficiales, gases y percolado</li> <li>- Control de la contaminación del agua subterránea</li> <li>- Control del Quemado de Residuos</li> <li>- Control de Roedores</li> <li>- Control de la Segregación</li> <li>- Medidas de seguridad y plan de contingencia</li> <li>- Trabajos correctivos</li> </ul> |   |
| Después del uso          | Items después del uso del lugar.  | <p>Los siguientes ítems deberán ser manejados de acuerdo al estándar técnico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cobertura final y mantenimiento de la tierra para el recubrimiento.</li> <li>- Uso futuro del Area de Relleno.</li> </ul>   | En caso que la precipitación sea superior a 300 mm/año en el lugar, la capa de cobertura final deberá ser de arcilla. |

## 6. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

### 6.1 ASPECTO TÉCNICO

#### (1) Recolección y Transporte

- 1) Debido a que el método de recolección no es técnicamente especial sino ordinario, el Proyecto propuesto puede ser implementado sin ningún problema.
- 2) La frecuencia de recolección en las áreas norte y sur de la zona C es dos veces por semana y tres veces por semana en el centro de la Ciudad. El área de recolección también ha sido ampliada.

El plan para la ampliación de los servicios de recolección se ha proyectado como sigue.

#### Comparación de la información en 1998 y 2008 para la ampliación de los servicios

##### (1998)

###### a. Gastos del servicio de recolección de residuos por tonelada

$$936,482 \text{ soles/año} \div 360 \text{ días} = 2,601 \text{ soles/d}$$

$$2,601 \div 35.5 \text{ ton/día} = 73.3 \text{ soles}$$

###### b. Número de residentes servidos por personal de la Municipalidad

$$35,500 \text{ kg/d} \div 0.62 \text{ kg/capita día} = 57,250 \text{ personas}$$

$$57,250 \div 109 \text{ personas} = 525 \text{ personas}$$

###### c. Número de residentes servidos por los vehículos de recolección

$$57,250 \text{ personas} \div 4 \text{ vehículos} = 14,313 \text{ personas}$$

##### (2008)

###### a. Gastos del servicio de recolección de residuos por tonelada

$$1,301,000 \text{ soles/año} \div 360 \text{ días} = 3,614 \text{ soles/d}$$

$$3,614 \div 58.3 \text{ ton/día} = 62.0 \text{ soles/ton}$$

###### b. Número de residentes servidos por personal de la Municipalidad

$$58,300 \text{ kg/d} \div 0.41 \text{ kg/capita día} = 142,195 \text{ personas}$$

$$142,195 \div 160 \text{ personas} = 889 \text{ personas}$$

c. Número de residentes servidos por los vehículos de recolección

$$142,195 \text{ personas} \div 9 \text{ vehículos} = 15,800 \text{ personas}$$

En consecuencia, es evidente que

- El gasto de los servicios de recolección por tonelada de residuo se reduce en 20%.
- El número de residentes que se benefician del servicio de recolección por personal de la Municipalidad se incrementa en aproximadamente 70%.
- El número de residentes que reciben el servicio mediante vehículos de recolección se incrementa en 10%.

## TRÁFICO

El número de viajes de los vehículos de recolección muestra un incremento como se muestra a continuación. Estas cifras son pequeñas en comparación con el número total de tráfico de la ciudad. Por ello, el incremento en el número de vehículos de recolección no afecta el entorno en esta conexión.

|      |                       |                         |
|------|-----------------------|-------------------------|
| 1998 | 4 unidades operativas | Total 8 viajes por día  |
| 2008 | 9 unidades operativas | Total 25 viajes por día |

### (2) Disposición Final

La Tabla Comparativa se muestra en la *Tabla X.6.1* muestra la diferencia entre la situación actual del lugar de disposición y la correspondiente al lugar del relleno sanitario planificado. Los ítems designados en la *Tabla X.6.1* son indispensables para la obtención de buenas condiciones ambientales y para el cumplimiento del estándar. Como resultado de la implementación de los ítems antes mencionados, la situación actual del lugar de disposición debe ser mejorada desde el punto de vista ambiental.

Sin embargo, como inversión inicial, las instalaciones deberán satisfacer los requerimientos del estándar. En lo que respecta al lugar de disposición actual, el recubrimiento de tierra se ejecutaría diariamente en vez de cada 3 o 4 meses. Por ello, el presupuesto necesario para la inversión inicial y los costos de operación se

incrementa. A fin de conseguir este incremento, se requiere el mejoramiento del presupuesto.

**Tabla X.6.1 Tabla Comparativa entre el Lugar Actual y el Lugar Planificado.**

|               | Items                                   | Situación del lugar actual   | Situación del lugar planificado  | Observaciones |
|---------------|---|--|--|---------------|
| Instalaciones | Terraplén                               | De tierra  | Se ha planifica hecho de tierra de acuerdo con el estándar.  |               |
|               | Canal abierto para aguas superficiales  | Se ha establecido un canal de tierra abierto   | Se ha planeado un canal de tierra abierto.   |               |
|               | Colector de percolado                   | No se ha instalado   | Planificado con tuberías HDP $\phi$ 250 $\times$ 2 en cada lugar.  |               |
|               | Drenaje de gases                        | El lugar ya cerrado cuenta con drenaje sin embargo el lugar en uso no cuenta con drenaje de gases. | El drenaje de gases se ha planificado de acuerdo con el estándar.  |               |
|               | Capa de arcilla impermeable en el fondo | No se ha instalado   | Una capa impermeable de 1.5m de espesor se ha planificado de acuerdo al estándar.                                |               |
|               | Tratamiento del percolado               | No se ha instalado   | El sistema de circulación adoptado está diseñado de acuerdo a los estándares                                     |               |
|               | Cerca                                   | Instalada  | La altura de la cerca proyectada es 1.8m   |               |
|               | Oficina Administrativa                  | No se ha instalado   | Se ha planificado 200 m <sup>2</sup> para la oficina administrativa para el pesado de los residuos transportados |               |
|               | Balanza para camiones                   | No se ha instalado   | Se ha planificado una balanza de 30 ton.   |               |
|               | Pozo de monitoreo                       | No se ha instalado   | Se han planificado 4 pozos de monitoreo en cada caso.  |               |
| Operación     | Recubrimiento con tierra                | Se ejecuta una vez cada 3 meses  | Se ha planificado la cobertura diaria y final.   |               |
|               | Tierra para el recubrimiento final      | Ejecutado  | Se ha planificado la ejecución.  |               |

## 6.2 ASPECTO FINANCIERO

### 1) Condiciones del Análisis Financiero

A fin de analizar los aspectos financieros del plan propuesto, existen algunas condiciones como se indica a continuación:

- a) Se ha omitido la estimación de la inflación.
- b) No se ha considerado el impuesto a la renta del proyecto de residuos sólidos.
- c) El ingreso proveniente del proyecto de residuos sólidos se incrementará por:
  - i) Incremento en el número de familias en Puno
  - ii) Incremento en la tarifa de manejo de residuos sólidos con crecimiento económico(=1.5% / año Esta figura refleja la tasa de crecimiento económico en el departamento de Puno)
  - iii) Incremento del índice de cobranza por el manejo de residuos (=1.46% / año. La meta del índice de cobranzas en el 2025 ha sido fijado en 70%. El índice actual es 48%)
  - iv) La implementación de una tarifa medioambiental para los turistas a fin de salvar el Lago Titicaca.  
(Cuando el manejo de residuos sólidos en Puno haya sido completamente organizada, como beneficio los turistas disfrutarán de un medio ambiente estético, por consiguiente, los turistas deben compartir el costo de este proyecto colaborando con la tarifa al medio ambiente. El precio adecuado para la tarifa medioambiental es analizada en la *Tabla XI.2.12*)
  - v) Contribución de PRONAA
  - vi) Contribución de S/.550,000 anuales de la municipalidad de Puno
  - vii) Contribución del gobierno estatal
- d) Parte del costo de la construcción será financiado mediante préstamo local con una tasa de interés de 7%. El periodo de amortización del préstamo será 20 años y el periodo de gracia de 5. El préstamo cubrirá las contingencias de los trabajos de construcción más no el IGV de los mismos.
- e) El costo del equipo, servicios de ingeniería, vehículos y mano de obra será financiado mediante un préstamo local sin interés.

- f) Los vehículos se deprecian en 10 años después de los cuales se adquirirán otros nuevos al mismo precio.
- g) Las contingencias (15%) han sido consideradas sobre el costo de los trabajos de construcción y servicio de ingeniería.
- h) El IGV (18%) se considera sobre el costo de los trabajos de construcción, equipos, servicio de ingeniería, contingencias y vehículos.
- i) Todas las instalaciones y los equipos serán vendidos al valor remanente depreciado al año fiscal 2025.

## **2) Viabilidad financiera del Proyecto Propuesto**

### **(i) Resultados de la Viabilidad Financiera**

En el Capítulo VI del plan maestro, los siguientes tres casos fueron recomendados para incrementar la renta por el manejo de los residuos sólidos en Puno.

*Caso 6:* La tarifa por el manejo de residuos es 48 soles/familia/año y la tarifa medioambiental es US\$1.4/día/persona bajo las condiciones que los gastos por los servicios de ingeniería sean cubiertos por una contribución del gobierno peruano.

*Caso 7:* La tarifa por el manejo de residuos es 64 soles/familia/año y la tarifa medioambiental es US\$1.1/día/persona bajo las condiciones que los gastos por los servicios de ingeniería sean cubiertos por una contribución del gobierno peruano.

*Caso 8:* La tarifa por el manejo de residuos es 48 soles/familia/año y la tarifa medioambiental es US\$1.2/día/persona bajo las condiciones que los gastos por los servicios de ingeniería, maquinaria pesada y vehículos sean cubiertos por una contribución del gobierno peruano.

La viabilidad en estos casos fueron analizados para el período del 2025, el cual es el año objetivo del plan maestro. Por consiguiente, esta viabilidad debe ser estimada nuevamente para el período del 2008, el cual es el año objetivo del estudio de factibilidad.

En la *Tabla X.6.2*, se muestran los resultados de los análisis de viabilidad financiera en los tres casos.

**Tabla X.6.2 Resultados de la Viabilidad Financiera**

|        | Tarifa por el Manejo de Residuos | Tarifa Medioambiental | TIRF |
|--------|----------------------------------|-----------------------|------|
|        | soles/familia/año                | \$/día/persona        | %    |
| Caso 6 | 48                               | 1.4                   | 0.7  |
| Caso 7 | 64                               | 1.1                   | 1.3  |
| Caso 8 | 48                               | 1.2                   | 15.4 |

Según los resultados de la viabilidad financiera, se pueden mencionar los siguientes factores:

- La tarifa medioambiental del Caso 6, debe ser elevado en la etapa del Estudio de Factibilidad (F/S), debido a que el TIRF (0.7%) es menor al 7% de la tasa de interés de préstamo blando.
- La tarifa medioambiental del Caso 7, debe ser elevado en la etapa del Estudio de Factibilidad (F/S), debido a que el TIRF (1.3%) es menor al 7% de la tasa de interés de préstamo blando.
- La tarifa medioambiental del Caso 8, parece del el adecuado, debido a que el TIRF (15.4%) excede el 7% de la tasa de interés de préstamo blando. Sin embargo, el P/L del Caso 8 es negativo, por consiguiente la tarifa medioambiental debe ser elevada en la etapa del Estudio de Factibilidad (F/S).

### 3) Plan Financiero

#### (i) Cálculos para un Aceptable Plan Financiero

**Tabla X.6.3 Combinaciones Recomendables**

|         | Tarifa por el Manejo de Residuos Sólidos | Tarifa Medioambiental | TIRF | P/L         | Balance de Ingresos |
|---------|--|-----------------------|------|-------------|---------------------|
|         | soles/familia/año                        | \$/día/persona        | %    | 1,000 soles | 1,000 soles         |
| Case 9  | 48                                       | 2.1                   | 13.6 | 9           | 1,466               |
| Case 10 | 64                                       | 1.8                   | 14.2 | 214         | 1,670               |
| Case 11 | 48                                       | 1.4                   | 21.1 | 140         | 1,596               |

\*1: Los servicios de ingeniería del Caso 9 y 10, son cubiertos por una contribución del gobierno peruano.

**\*2:** Los servicios de ingeniería, maquinaria pesada y vehículos del Caso 11, son cubiertos por una contribución del gobierno peruano.

**\*3:** P/L simboliza Beneficios – Pérdidas.

Basados en los resultados de los análisis que se muestran en la *Tabla X.6.3*, el Caso 9, 10 y 11 son recomendables para el año objetivo 2008. Las razones en detalle para dicha elección, se describen a continuación:

**Razón 1:** El TIRF es mayor al 7% de la tasa de descuento.

**Razón 2:** El P/L es positivo.

**Razón 3:** Comparados con las tarifas de alojamiento en Puno, la tarifa medioambiental parece ser aceptable entre US\$1.40-2.10/día/persona.

**(ii) Implementación del Plan Financiero**

En la *Tabla X.6.4*, se muestran las ventajas de cada caso:

**TablaX.6.4 Ventajas de Cada Caso**

|         | Tarifa por el Manejo de Residuos | Tarifa Medioambiental | Ventajas  |
|---------|----------------------------------|-----------------------|---|
|         | soles/familia/año                | \$/día/persona        |   |
| Caso 9  | 48                               | 2.1                   | Si la prioridad de los ciudadanos es mayor a la del turismo, y si la maquinaria pesada y los vehículos no son cubiertos por una contribución, el Caso 9 sería el mas adecuado.    |
| Caso 10 | 64                               | 1.8                   | Si la prioridad del turismo es mayor que la de los ciudadanos, y si la maquinaria pesada y los vehículos no son cubiertos por una contribución, el Caso 10 sería el mas adecuado. |
| Caso 11 | 48                               | 1.4                   | Si los gastos de los servicios de ingeniería, maquinaria pesada y vehículos son cubiertos por una contribución del gobierno peruano, el Caso 11 sería el mas adecuado.            |

Existen algunos puntos cruciales a ejecutar en los Casos 9, 10 y 11:

**Punto 1:** El índice actual de cobranza por el manejo de residuos sólidos, debe ser incrementado en un 1.46% anual. Este método puede ser ejecutado sin realizar ningún cambio fundamental del manejo de residuos sólidos en Puno.

**Punto 2:** El incremento de la tarifa actual por el manejo de residuos debe ser reajustado.

**Punto 3:** El incremento de la tarifa actual por el manejo de residuos, debe ser bien 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 regulada 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 merecedores de ser provistas por subsidios para un mejoramiento medioambiental.