

---

INFORME PROYECTO ORDAZUR

**Sitios Propuestos para la Localización de un  
Relleno Sanitario Intermunicipal para  
S. J. Nepomuceno, General Moríngo, Buena Vista y Abaí**

Asunción, Enero 2003

Introducción .....	
1 Informaciones acerca del proyecto Ordenamiento Ambiental de Zonas Urbanas (ORDAZUR) – SEAM/BGR .....	4
2 Procedimientos y normativas para la ubicación de rellenos sanitarios	
2.1 Procedimientos .....	4
2.2 Normativas .....	
2.2.1 Normativas existentes en el Paraguay .....	5
2.2.2 Normativas internacionales .....	5
3 Ubicación del área del proyecto	5
3.1 Antecedentes .....	7
3.2 Trabajos ejecutados .....	
3.3 Ubicación de los sitios para el relleno sanitario .....	7
4 Resultados de las investigaciones	8
4.1 Introducción .....	8
4.2 Clima .....	
4.3 Geología	
4.3.1 Introducción .....	10
4.3.2 Geología general del área .....	10
4.4 Hidrogeología	
4.4.1 Introducción .....	11
4.4.2 Hidrogeología del área de estudio .....	11
4.4.2.1 Parámetros medidos en el campo .....	14
4.5 Suelos	
4.5.1 Introducción .....	15
4.5.2 Suelos de área de estudio .....	15
5 Evaluación de los Sitios 1 y 2 (Matriz de valoración) .....	15
6 Propuesta técnica y económica para el Relleno Sanitario Intermunicipal	15
6.1 Introducción .....	16
6.2 Estimación de cantidad de residuos .....	
6.3 Construcción del Relleno Sanitario .....	17
6.4 Operación del Relleno Sanitario .....	18
6.5 Costos .....	18
7 Conclusiones y Recomendaciones	19
7.1 Conclusiones .....	20
7.2 Recomendaciones .....	
8 Bibliografía .....	20
	21
Anexos .....	22
	24
<b>MAPAS</b>	
Mapa N° 1: Ubicación de los sitios investigados (accesos y distancias)	
Mapa N° 2: Aptitud de áreas para un relleno sanitario	
Mapa N° 3: Imagen satelital	10
Mapa N° 4: Ortofotocarta (mosaico de fotografías aéreas)	
Mapa N° 5: Topografía	11
Mapa N° 6: Unidades geológicas	14
Mapa N° 7: Unidades hidrogeológicas	
Mapa N° 8: Taxonomía de suelos	

## **Introducción**

El manejo sustentable de los recursos naturales es una de las prioridades de Cooperación Técnica Paraguayo-Alemana. Bajo esta temática, el gobierno Alemán, a través del Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), está apoyando al gobierno Paraguayo mediante un proyecto de la cooperación técnica, denominado Ordenamiento Ambiental de Zonas Urbanas (ORDAZUR). Este proyecto es ejecutado entre la Secretaría del Ambiente (SEAM) y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR) de Alemania. Uno de los objetivos del proyecto es el fortalecimiento para desarrollar procedimientos para la ubicación de sitios aptos para rellenos sanitarios.

Bajo esta premisa, los intendentes de los municipios de San Juan Nepomuceno, Sr. Carlos Paredes, de General Morínigo, Sr. Nestor Rojas, de Abaí, Sr. Hugo López y de Buena Vista, Sr. Estanislao Silvero, han enviado con fecha 4 de septiembre de 2002 una solicitud de cooperación al proyecto ORDAZUR, con el objetivo de llevar adelante un estudio técnico para identificar áreas aptas para la ubicación de un relleno sanitario intermunicipal.

El proyecto ORDAZUR se ha hecho eco de esta solicitud y ha efectuado diferentes estudios técnicos y de reconocimiento de campo para ubicar sitios que pudiesen ser aptos para los fines propuestos. En el siguiente informe técnico se presentan estos sitios, estando sin embargo, supeditado su habilitación definitiva a un estudio de impacto ambiental (EIA) que debe ser aprobado por la Secretaría del Ambiente.

### **1 Informaciones acerca del proyecto Ordenamiento Ambiental de Zonas Urbanas (ORDAZUR) – SEAM/BGR**

En el Paraguay, como en muchos otros países de América Latina, la expansión sin una adecuada planificación de las urbanizaciones, está causando graves problemas ambientales. Un problema importante es la deposición incontrolada de residuos, que contamina las aguas superficiales y subterráneas. Para introducir una planificación territorial que sea ambiental y económicamente sostenible, los gobiernos de la República del Paraguay y de la República Federal de Alemania implementaron el proyecto “Ordenamiento Ambiental de Zonas Urbanas – ORDAZUR”.

Dos objetivos fueron establecidos para este proyecto:

- a. La población del área del proyecto cuenta con una mejor disposición final de los residuos sólidos (Objetivo de Desarrollo).
- b. La SEAM y municipios del área del proyecto aplican conceptos e instrumentos para el ordenamiento ambiental del territorio (Objetivo del Proyecto).

El fortalecimiento institucional de la SEAM para el ordenamiento territorial con bases ambientales se realiza a través de trabajos de asesoría, capacitación e implementación de la infraestructura acorde a sus necesidades. El apoyo institucional se concentra en la Dirección General de Gestión Ambiental (DGGGA) y la Dirección General de Control de la Calidad Ambiental y de los Recursos Naturales (DGCC).

Las autoridades responsables del ordenamiento territorial son los municipios. Por esto, el proyecto también apoyará a municipios seleccionados, en la elaboración y el manejo de conceptos de ordenamiento territorial con bases ambientales.

En el presente informe se presentan los sitios que se han evaluado como aptos para la ubicación del relleno sanitario intermunicipal, junto a sus respectivas recomendaciones.

## **2 Procedimientos y normativas para la ubicación de rellenos sanitarios**

### **2.1 Procedimientos**

Al no existir un procedimiento establecido en el país para la ubicación de sitios para rellenos sanitarios, se describe seguidamente los aplicados en la República Federal de Alemania.

El procedimiento consiste básicamente en fijar zonas aptas (llamadas **positivas**) y zonas no aptas (**negativas**) en un área determinada. Esta selección se realiza actualmente con ayuda de un SIG, tomando en consideración criterios técnicos (área de recarga de acuíferos, cercanía a cauces de agua, etc.) y criterios legales (distancia a centros urbanos, a casas colindantes o a cauces de agua, etc.). Una vez determinadas las áreas positivas se localizan los sitios puntuales que reúnan las mejores condiciones para este fin y se efectúan las investigaciones complementarias de detalle.

### **2.2 Normativas**

#### **2.2.1 Normativas existentes en el Paraguay**

En muchos países existen normativas para el ordenamiento territorial, donde se determina claramente como y quienes son los responsables para fijar la ubicación de sitios aptos para rellenos sanitarios. Al no existir en el Paraguay una ley de ordenamiento territorial sancionada (existe solamente una propuesta de anteproyecto de ley de ordenamiento territorial del año 1993), se describe a continuación las resoluciones y leyes existentes en el país y que regramentan el manejo de los desechos sólidos en el país.

#### **Ley 294/93 Evaluación de Impacto Ambiental**

El estudio de evaluación de impacto ambiental deberá permitir, identificar y estimar impactos ambientales en la obra o actividad proyectada o en ejecución. Proyectos de obras vinculadas con el tratamiento y disposición final de residuos requieren de una evaluación de impacto ambiental (Artículo 7). La evaluación deberá contener los límites del área geográfica a ser afectada, con una descripción física, biológica y socioeconómica del área de influencia directa de las obras o actividades y un inventario ambiental de la misma, con especial atención en la determinación de las cuencas hidrográficas. La SEAM es la institución responsable por la ejecución de esta ley.

#### **Resolución S.G. Nro. 548 Manejo de Desechos Sólidos**

Esta resolución es la única reglamentación válida para el tema de residuos sólidos en el Paraguay. Las autoridades responsables de ejecutar esta resolución es la SEAM y los Municipios. Algunos importantes artículos contenidos en esta resolución son:

**Artículo 4:** A los efectos del presente reglamento, se definen los siguientes vocablos:

*a. Desechos sólidos:*

Son los residuos sólidos o semisólidos, putrescibles o no, con excepción de las excretas de origen humano. Se comprende en la misma definición las excretas de origen animal, los restos, cenizas, productos del barrido de la calle, residuos industriales, de establecimientos hospitalarios, bares, plazas, mercados y los desperdicios mineros y agrícolas, entre otros.

*g. Relleno sanitario:*

Se entiende por relleno sanitario, la disposición final con la técnica que consiste en esparcir los desechos en el suelo, acomodarlos, compactarlos en un volumen más práctico posible y confinarlos cubriéndolos con tierra u otro material de tapada, ejerciendo los controles requeridos al efecto, de modo a minimizar los riesgos a la salud y los daños al medio ambiente.

**Artículos 36:** Los programas de actividades de manejo de basuras, deberá realizarse en forma tal que se eviten, entre otras, las situaciones siguientes:

- e. La generación de olores objetables, polvo y otras molestias;
- f. La disposición final no sanitaria de las basuras y otras medidas que eviten la contaminación del aire, agua y suelo.

**Artículo 47:** Las municipalidades o Entidades de Aseo deberán establecer un área de terreno dentro de su jurisdicción o en coordinación con otras entidades de aseo, para el tratamiento y/o la disposición final de las basuras. Para la designación de dicha área es preciso tener en cuenta cuanto sigue:

- a. El sitio para el tratamiento y/o la disposición final de las basuras deberá estar **a lo menos a cinco kilómetros del radio urbano**.
- b. Contar con una Ordenanza Municipal que lo declare como área protegida y con la consiguiente **prohibición de asentamientos humano en un radio no menor a quinientos metros, de los perímetros del mismo**.
- c. Obtener la Autorización de Funcionamiento del SEAM

**Artículo 120:** La disposición final sanitaria de las basuras correspondientes al servicio ordinario deberá someterse a las exigencias establecidas por la SEAM, así como cumplir las disposiciones relacionadas con la protección de los recursos naturales renovables y realizarse de acuerdo con la técnica del relleno sanitario.

**Artículo 123:** En todo sitio destinado a la disposición final o tratamiento de desechos sólidos, los diseños de la obra de ingeniería y su operación, deberán garantizar el cumplimiento a las normas contenidas en este reglamento y a las relacionadas con el control de la contaminación del aire, del agua y del suelo.

**Artículo 125:** Todo sitio para disposición final sanitaria de los desechos provenientes del servicio ordinario, deberá cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

- a. **Estar aislado, por lo menos cinco kilómetros del radio urbano y quinientos metros de cualquier asentamiento humano**, para así garantizar la no interferencia con actividades distintas de las allí realizadas y así evitar efectos nocivos a la salud de las personas y su medio ambiente inmediato.
- b. Contar con los servicios mínimos de suministro de agua, energía eléctrica, sistemas de comunicación, sistemas de drenaje para evacuación de sus residuos líquidos y gases producidos en el proceso de degradación, todos ellos de acuerdo con la complejidad de las actividades realizadas.

**Artículo 129:** De acuerdo al modo de operar de la disposición final, estos se clasificarán en:

*Nivel 1:* Vertedero controlado

*Nivel 2:* Relleno Sanitario Básico

*Nivel 3:* Relleno Sanitario Medio (a partir de este tipo de relleno sanitario se establece la construcción de un sistema de impermeabilización consistente en una capa de suelo compactado de cuanto menos sesenta centímetros de espesor, con una conductividad hidráulica de  $k \leq 10^{-7}$  cm/seg.)

*Nivel 4:* Relleno Sanitario Avanzado

### **Ley 1294 Orgánica Municipal**

El planteamiento físico y urbanístico del municipio son atribuciones y deberes de la Junta Municipal (Artículo 180). El municipio debe delimitar las áreas urbanas, suburbanas y rurales y debe dictar normas sobre el uso del suelo.

## 2.2.2 Normativas internacionales

El mayor riesgo de la disposición de residuos es la contaminación del agua subterránea por los líquidos percolantes.

Para fijar las normas técnicas que establezcan el concepto de barrera geológica de protección de sitios de rellenos sanitarios, la República Federal de Alemania, implementó un código técnico conocido como TASI (Technische Anleitung Siedlungsabfall o Norma Técnica para rellenos sanitarios para Residuos Domésticos), y que establece:

1. El subsuelo (suelos o rocas) de un sitio debe estar constituido por una capa poco permeable.
2. Esta capa debe ser de varios metros de espesor y de una extensión horizontal mayor que el relleno sanitario.
3. Debe tener una alta capacidad de absorción de contaminantes.

Seguidamente se enumeran algunos valores límites de los parámetros técnicos más importantes para la ubicación de sitios de rellenos sanitarios (fuente: TASI; TA Abfall ó Norma Técnica sobre Rellenos Sanitarios para Residuos Sólidos de Alemania; TA BS ó Norma Técnica para Rellenos Sanitarios de Baja Sajonia; NBR 13896 ó Norma Técnica Brasileña para rellenos de Residuos no Peligrosos y NorEU ó Norma Técnica de rellenos Sanitarios para Residuos Domésticos de la Unión Europea.).

### Permeabilidad (k) de la capa base:

$k \leq 10^{-6}$ m/s (= $10^{-4}$ cm/s)	TASI
$k \leq 10^{-9}$ m/s (= $10^{-7}$ cm/s)	NorEU
$k \leq 5 \times 10^{-5}$ cm/s	NBR 13896
$k \leq 10^{-7}$ m/s (= $10^{-5}$ cm/s)	TA BS

### Espesor de la capa base

por lo menos algunos metros	TASI
por lo menos 1 metro	NorEU
por lo menos 3 metros	NBR 13896
por lo menos 5 metros	TA BS

### Capacidad de absorción de contaminantes de la capa base

Esta condición generalmente se cumple cuando la capa base está constituida por arcillas o suelos arcillosos, con un espesor mayor a los 3 metros y un coeficiente permeabilidad  $\leq 10^{-5}$  cm/s (TA Abfall).

### Nivel estático del acuífero freático

por lo menos 1 metro	TASI
por lo menos 1,5 metros	NBR 13896

### Distancia a un cursos de agua

por lo menos 200 metros	NBR 13896
-------------------------	-----------

**El sitio no puede estar ubicado en un área de inundación:** TASI, NorEU, NBR 13896

Algunas de estos valores se han utilizado para evaluar las condiciones de los dos sitios investigados por el proyecto ORDAZUR y se presenta en forma de una matriz de evaluación en el Capítulo 5.

### 3 Ubicación del área del proyecto

#### 3.1 Antecedentes

El área de trabajo se encuentra comprendida entre las ciudades de San Juan de Nepomuceno, General Morínigo, Buena Vista y Abaí (**Mapa N° 1 adjunto**).

Debido a que el relleno sanitario pretende ser utilizado por las cuatro comunas mencionadas, la distancia de y hacia cada una de ellas debería ser lo más equidistante posible. Limitante para esta búsqueda es el alto porcentaje de territorio que se encuentra dentro de zonas topográficamente bajas (humedales) y que no son aptas para una obra de esta naturaleza. De las áreas topográficamente más elevadas, y que serían aptas a tal fin, las limitaciones están representadas por la alta densidad demográfica existente y que las formaciones geológicas están representadas mayormente por areniscas bastante permeables.

Los sitios propuestos son los que reúnen las mejores condiciones técnicas y de accesibilidad en el área de trabajo.

#### 3.2 Trabajos ejecutados

Para determinar la ubicación de los sitios propuestos como aptos para la construcción de un relleno sanitario se siguieron los siguientes pasos:

- a. Recopilación de la información básica existente (datos meteorológicos, catastrales, topográficos, hidrológicos, hidrogeológicos, geológicos y de suelos).
- b. Una vez obtenidos los datos necesarios se procesaron en el gabinete (mediante la ayuda de un Sistema de Información Geográfica – SIG); determinando primeramente las áreas aptas (positivas - ver descripción de este procedimiento en el capítulo 2) para una obra de esta naturaleza y posteriormente los sitios específicos; que luego se investigaron en detalle en el campo (**Mapa N° 2 adjunto**).
- c. Visita al área de trabajo para comprobación in situ de las condiciones de los accesos, densidad poblacional y condiciones de disponibilidad de la tierra (uso actual). Reunión informativa con las autoridades locales e intercambio de ideas y sugerencias.
- d. Elaboración del informe técnico final, con sus resultados y recomendaciones.

#### 3.3 Ubicación de los sitios para el relleno sanitario

Tomando en consideración los parámetros descritos en el punto anterior, se determinaron en el área de investigación dos sitios (Sitio 1 y 2) potencialmente aptos para la construcción del relleno sanitario intermunicipal.

La ubicación, con las respectivas distancias a los sitios elegidos, puede visualizarse en el **Mapa N° 1 adjunto**:

##### Sitio 1

Ubicado sobre el camino que une la localidad de Buena Vista y la ruta asfaltada Gral. Morínigo – San Juan Nepomuceno. La distancia a la ruta pavimentada es de aprox. 3 km y se accede al sitio a través de un camino de tierra, que presenta algunas dificultades después de intensas precipitaciones. La **Foto N° 1** muestra el sitio elegido, mientras que en la **Foto N° 2** se observa el camino después de intensas precipitaciones. El estado del camino, luego de lluvias, representa un problema para un adecuado acceso al mismo. En caso de ser el sitio elegido, deben efectuarse trabajos de mejoramiento y consolidación de este acceso, como así también del acceso hacia la localidad de Buena Vista.



**Foto N° 1:** Vista panorámica del Sitio 1



**Foto N° 2:** Camino de acceso al Sitio 1

## **Sitio 2**

Ubicado a unos 3 km. de la ruta asfaltada Morínigo – San Juan Nepomuceno, sobre un área topográficamente más elevada (**Foto N° 3**). El camino de acceso es de tierra, que debería ser consolidado y mejorado en caso de optarse por este sitio para el relleno sanitario. En el área, la densidad poblacional es mayor que en el Sitio 1, lo que podría ser una limitante.



**Foto N° 3:** Vista panorámica del Sitio 2



## 4 Resultados de las investigaciones

### 4.1 Introducción

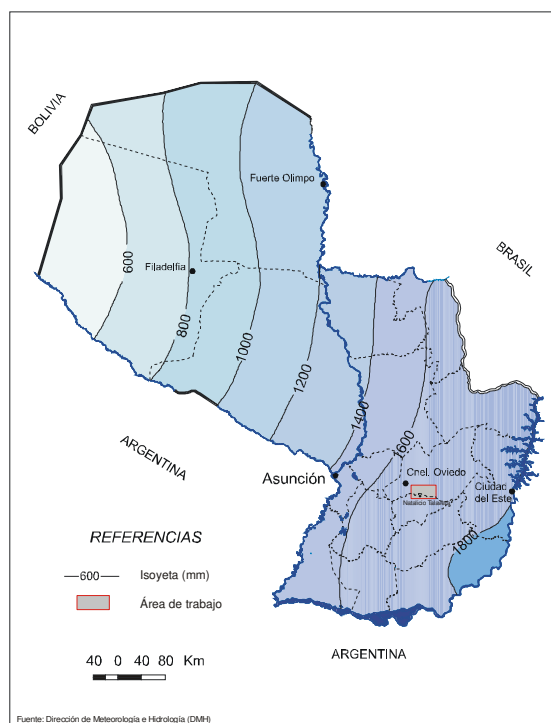
Todas las descripciones realizadas en este capítulo se referirán a los **Sitios 1 y 2** descritos en el capítulo anterior.

Los trabajos se basaron fundamentalmente en la evaluación de las características topográficas, geológicas, hidrogeológicas, climáticas y de suelos del lugar; como así también de los accesos y disponibilidad territorial de los potenciales sitios del relleno sanitario. También se tomó en consideración las disposiciones establecidas en las diferentes leyes y resoluciones vigentes (p.ej. resolución SG 548 “Manejo de Desechos Sólidos, ley 294/93 “Evaluación de Impacto Ambiental”, ley 1294 “Orgánica Municipal”)

Para la valoración de la aptitud de cada uno de los sitios elegidos se prestó especial atención a los accesos existentes (cercanías a calles principales y de buenas condiciones) y a las condiciones topográficas del terreno.

### 4.2 Clima

El Paraguay presenta una variedad climática muy amplia. Al noroeste del Chaco (región Occidental) es de tipo semiárido, tornándose subhúmedo y megatermal con vegetación de sabana en la cuenca Chaqueña del Río Paraguay y al noroeste de la región Oriental. En el resto de la región Oriental es de tipo húmedo mesotermal, con índices máximos de humedad en los departamentos de Alto Paraná, Itapúa y Canindeyú (DINAC, 1992).



**Figura Nº I:** Precipitación media anual (mm)  
Período considerado: 1961 - 1990

El país se encuentra bajo influencia del anticiclón subtropical del océano Atlántico. Este sistema bórico, cuyo centro oscila estacionalmente entre los 20 y 30° de latitud sur, es el responsable del transporte de masas de aire húmedo y cálido desde bajas latitudes hacia el Paraguay. Por ello, los vientos del norte y noreste son cálidos y húmedos, que se perturban en los meses de invierno con la entrada de frentes fríos y secos desde el sur (DINAC, 1992).

La mayor parte de las precipitaciones del país son de tipo convectivas, producidas por tormentas aisladas intensas o por líneas de turbonada que son frecuentes desde la primavera hasta el otoño. Las lluvias aumentan de noroeste a sudeste en cantidad y también en frecuencia. Así se pasa de una

precipitación típica de 600 mm anuales en el sector nordeste (Chaco), hasta llegar a valores de 1800 mm anuales al sudoeste del país (**Figura N° I**).

Por efecto de la continentalidad, pese a la escasa extensión territorial y homogeneidad topográfica, el Paraguay experimenta fuertes variaciones espaciales y temporales de la temperatura. La temperatura media anual en todo el país es de alrededor de 23 °C, con

valores de medios de 25 °C en el área Chaqueña y entre 21 °C y 22 °C en el área sudoeste de la región Oriental.

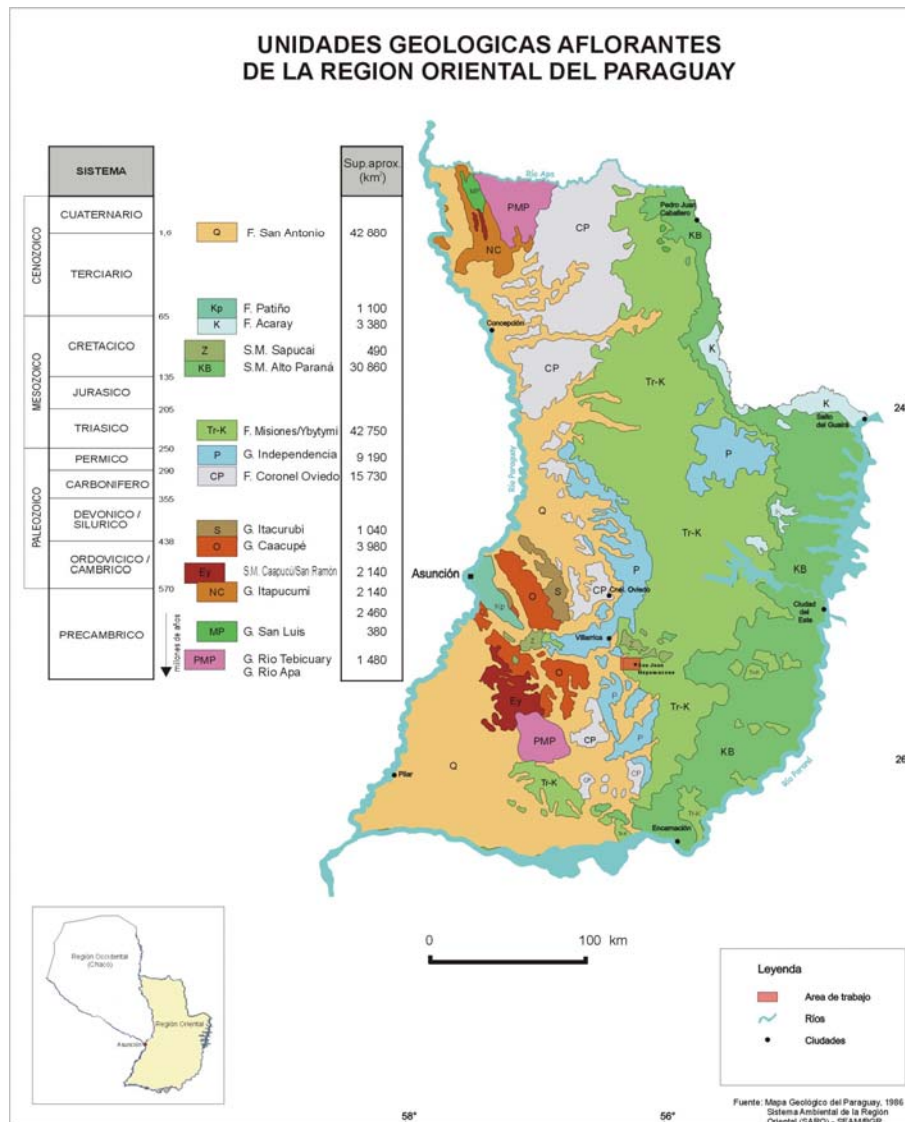
### 4.3 Geología

#### 4.3.1 Introducción

Las unidades geológicas aflorantes en la región Oriental del Paraguay se muestran en la **Figura N° II** (fuente: Mapa Geológico del Paraguay, 1986; Sistema Ambiental de la Región Oriental – SARO, 2001). El área de investigación específicamente se halla ubicado en un cuadrante que enmarca las ciudades de Gral. Higinio Morínigo, Abaí al norte, Buena Vista y San Juan Nepomuceno al sur.

#### 4.3.2 Geología general del área

Geológicamente la unidad sedimentaria predominante en el área es la Formación Misiones de edad triásica/jurásica, como muestra el **Mapa N° 6 adjunto**.



**Figura N° II:** Unidades geológicas aflorantes en la Región Oriental del Paraguay

altamente arenosa en cuanto a sus características generales, siendo el cuadrante mismo parte de la zona de contacto discordante entre la Formación Misiones de edad triásica-jurásica y las rocas infrayacentes de la Formación Tacuary del Grupo Independencia de edad pérmica.

### **Formación Tacuary (pt)**

La Formación Tacuary aparece en un insipiente afloramiento al suroeste del área de estudio (**Mapa N° 6 adjunto**), se caracteriza fundamentalmente por la predominancia de sedimentos de granulometría fina a muy fina, en una alternancia silto-arcillosa, de colores de claros, estratificación laminada y en formato planoparalelo (**Foto N° 4**). La principal importancia de la presencia de esta unidad en el área radica en definir estratigráficamente como zona de contacto entre la Formación Tacuary y la Formación Misiones.



**Foto N° 4:** Estratificación laminada en estratos plano-paralelos de la Formación Tacuary.

### **Formación Misiones (tr-j)**

Esta unidad sedimentaria ha sido definida por primera vez por Harrington (1950), con el nombre de Formación Misiones, proponiendo para ella un ambiente de sedimentación eólica. Hutchinson (1979) describe areniscas de ambientes fluvial y eólica como constituyentes de la Formación Misiones.

En el contacto de esta unidad con las rocas infrayacentes pérmicas ocurren discordancias locales. Los mismos son observados en varios locales, mostrando depósitos de flujo de lodo o fanglomerado. Otro contacto discordante es marcado por el retrabajamiento de clastos del techo de la unidad inferior en los depósitos base de la unidad superior. La presencia de material fanglomerádico y de clastos retrabajados en la Formación Misiones indican presencia de discordancias locales.

Litológicamente la Formación Misiones en el área puede dividirse en dos unidades, que se describen a continuación:

- **fanglomerado (tr-j/f):** corresponden a depósitos de flujos de lodos, presentan clastos de areniscas inmersos y soportados en una matriz areno-arcillosa, los mismos son angulosos a subangulosos, de variadas formas y colores claros, principalmente amarillentos, de areniscas y siltitas, en los cuales claramente se observan relictos de estratificación laminada (**Mapa N° 6; Foto N° 5**). Los depósitos se presentan con características caóticas sin grandes extensiones, pudiendo corresponder a abanicos aluviales de la base sedimentaria de ríos torrentosos o *wadis*. En el área se hallan restringidas a afloramientos con

espesores no máximos a 1 metro, ubicados en la base de las areniscas fluviales de la unidad.



**Foto N° 5:** Clastos con relictos de estratificación laminada, en Matriz soportada e fanglomerado de la base de la Formación Misiones.

- **areniscas fluviales (tr-j/a):** se presentan como areniscas de granulometría media, con granos subredondeados, pobremente cementados, con matriz altamente arenosa. En general la mineralogía de estas rocas constituye un 90 % de cuarzo y los 10 % restantes consisten de feldespatos y minerales arcillosos en la matriz. En algunos locales se hallan alterados a canga y exhibe estratificación acanalada y formato sigmoidal (**Mapa N° 6, Foto N° 6**). Esta unidad correspondería a la base de la Formación Misiones.



**Foto N° 6:** Areniscas en formato sigmoidal de ambiente fluvial de la base de la Formación Misiones.

### **Geología de los Sitios 1 y 2:**

Estratigráficamente los sitios calificados como 1 y 2 se hallan ubicados sobre rocas base de la Formación Misiones, los mismos corresponden a los fanglomerados altamente alterados en parte. La alteración de los mismos los degrada a suelos areno-arcillosos de color rojizo que alcanzan espesores de hasta 3 metros en las lomadas.



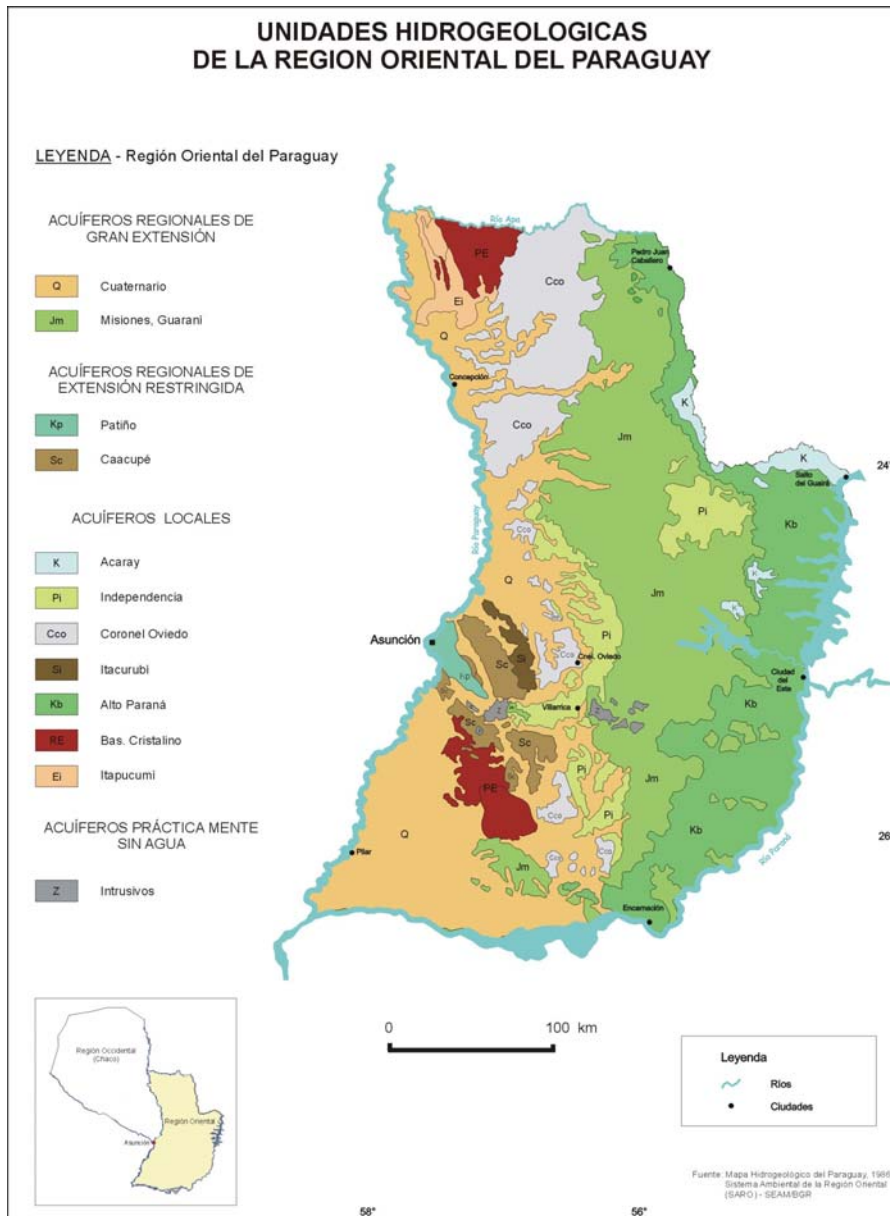
## 4.4 Hidrogeología

### 4.4.1 Introducción

El acuífero del área de trabajo fue calificado en el mapa hidrogeológico del proyecto PAR 83/005 de 1986 según su extensión como (**Figura N° III**):

**Acuífero Misiones:** Es el más importante del Paraguay. Integrado por las areniscas eólicas, bien seleccionadas y muy friables de edad Jurásica.

**Acuífero Independencia:** Correspondiente a un conjunto de formaciones geológicas del período Pérmico, integrado por sedimentos arenosos con intercalación de materiales finos (siltitas).



**Figura N° III:** Unidades hidrogeológicas de la región Oriental del Paraguay

#### 4.4.2 Hidrogeología del área de estudio

Las zonas seleccionadas se encuentran sobre rocas sedimentarias de granulometría media areno-arcillosas y fanglomerados pertenecientes a la Formación Misiones (Triásico-Jurásico) y formaciones Cuaternarias. En los sectores bajos, se acumulan grandes cantidades de agua superficial debido a la presencia de arcilla y por lo tanto escasa infiltración, lo que hace que varias zonas se encuentren anegadas.

Los sedimentos fanglomerádicos pertenecen a la base de la Formación Misiones. Estos sedimentos poseen una permeabilidad media a baja, por corresponder a depósitos de flujos de lodos, presentan una matriz areno-arcillosa.

La recarga de los acuíferos proviene fundamentalmente de las precipitaciones pluviales y de los cauces superficiales.

##### 4.4.2.1 Parámetros medidos en el campo

El parámetro más importante para determinar la aptitud de un área para sitio de ubicación de un vertedero es la distancia al agua subterránea (Nivel Estático o N.E.) (medido en metros bajo superficie – m b.s.). Según normas internacionales, el valor mínimo debe ser de 1 m b.s.(TASi). También se efectuaron mediciones de la conductividad eléctrica CE y ph en algunos pozos (**Mapa Nº 7 adjunto**).

Se tomaron mediciones de 7 pozos excavados (norias) a diferentes cotas y 4 pozos profundos.

En las partes topográficamente más altas los valores de N.E. se encuentran 6 y 7 m b.s., y en las partes bajas entre 1 y 3 m b.s.

Los valores de C.E. del agua de pozo se encuentra entre 81 y 142  $\mu\text{S}/\text{cm.}$ , el pH entre 4 y 6,20.

#### 4.5 Suelos

##### 4.5.1 Introducción

Fisiográficamente el área presenta características de “Lomadas” (MAG/BM 1995). Estas lomadas derivan de la erosión diferenciada de rocas con diferentes composiciones mineralógicas, por ejemplo: areniscas de la Formación Misiones de edad triásica/jurásica y derrames basálticos de la Suite Magmática Alto Paraná, de edad Jurásica/cretácica.

El material parental en el área específica del proyecto es el denominado litológicamente ARENISCA, sobre las unidades denominadas lomadas altas. Estas tierras presentan cimas desde 200 hasta 300 m.s.n.m., donde las pendientes son de pronunciadas a moderadas de 0% a 8%.

##### 4.5.2 Suelos del área de estudio

La unidad taxonómica predominante en los dos sitios preseleccionados como prioritarios, según el Proyecto Racionalización del Uso de la Tierra (MAG/BM 1995) corresponde a “Rhodic Paleudult” (**Mapa Nº 8 adjunto**). La descripción taxonómica en el sistema soil taxonomy (1995) a escala 1:100.000 y publicado a escala 1:50.000 es:

Orden : Ultisol  
Sub-Orden : Udult

Gran Grupo : Paleudult  
Sub Grupo : Rhodic Paleudult  
Fase : Francosa Fina

Las características generales en ambos sitios se sustentan en una Unidad Cartográfica denominada paisaje: Lomada, material: Parental Arenisca, topografía general con pendientes entre 0% a 8%, drenaje: bueno y ausencia de pedregosidad y rocosidad. Específicamente los sitios propuestos se diferencian en la pendiente del terreno, de esta manera:

**Sitio N°1:** U10.3 (La/A2n), pendientes que oscilan entre 0% a 2%.

**Sitio N°2:** U10.3 (La/B2n), pendientes que oscilan entre 2% a 8%.

En tanto una descripción más detallada de la unidad taxonómica identificada en estas Unidades Cartográficas caracterizan también al suelo por poseer una textura denominada aparentemente frágil, mostrando en un uso intensivo del suelo problemas en los procesos de degradación, denominado erosión. Este suelo presenta textura francosa superficial y arcillosa en profundidad.

Actualmente estos suelos están degradados por el uso intensivo por labores agropecuarias, siendo la erosión la principal causante de la pérdida de la capacidad productiva natural de los mismos, en fincas y sus alrededores. Las características químicas naturales del suelo son limitadas en su fertilidad natural, es decir, la capacidad productiva para fines agrícolas es restringida por la disponibilidad de nutrientes para cultivos agrícolas, debido a la baja Capacidad de Intercambio Cationico (CIC), Ph ligeramente ácido y además una Saturación de Bases (SB) por debajo del 50%.

## **5 Evaluación de los sitios 1 y 2 (Matiz de valoración)**

Para valorar los dos sitios seleccionados (1 y 2) se ha creado una matriz de valoración, que toma en consideración los criterios más importantes descriptos en el capítulo 2. A cada criterio considerado se le ha asignado un valor (mediante los símbolos + , +/- y -) y que significa:

- Criterio plenamente alcanzado (+)
- Criterio alcanzado (+/-)
- Criterio no alcanzado (-)

Los criterios considerados y evaluados en la matriz fueron:

1. Distancia entre sitio y centro urbano (> 5 kilómetros)

Según Resolución 548 (Artículo 125) debe ser de 5 kilómetros

2. Distancia entre sitio y asentamiento humano (> 500 metros)

Según Resolución 548 (Artículo 125) debe ser de 500 metros

3. Extensión horizontal de la capa base (> 3 hectáreas)

Este parámetro se estableció debido a la cantidad de habitantes en los cuatro municipios.

4. Espesor de la capa base (> 3 metros)

Si bien la resolución 548 en su artículo 129 establece este espesor en 60 cm (para rellenos sanitarios del nivel 3), se prefirió aumentar este valor y ubicarlo en aquellos valores establecidos internacionalmente.

5. Capacidad de absorción de contaminantes de la capa base  
Se refiere a la capacidad de absorber los contaminantes de la capa base (ver capítulo 2)
6. Distancia al nivel estático del acuífero freático (> 1 metro)  
Establecido a través de normas internacionales (TASi).
7. Fuera de un área de inundación (humedales)  
Se refiere especialmente a aquellas áreas propensas a sufrir fuertes anegamientos (humedales ó bajos topográficos).
8. Distancia a cursos de agua (>200 metros)  
Este parámetro fue establecido de acuerdo a normas internacionales (NBR 13896).

En la matriz siguiente (matriz de valoración) se presenta los resultados de la valoración en cada uno de los sitios investigados.

<b>Criterio considerado</b>	<b>Sitio 1</b>	<b>Sitio 2</b>
Distancia entre sitio y centro urbano (> 5 kilómetros)	+	+
Distancia entre sitio y asentamiento humano (> 500 metros)	+	+/-
Extensión horizontal de la capa base (> 3 hectáreas)	+	+
Espesor de la capa base (> 3 metros)	+	+
Capacidad de absorción de contaminantes de la capa base	+/-	+/-
Distancia al nivel estático del acuífero freático (> 1 metro)	+	+
Fuera de un área de inundación (humedales)	+	+
Distancia a cursos de agua (>200 metros)	+	+/-
Resultado de la valoración	<b>Sitio muy apto</b>	<b>Sitio apto</b>

Tomando en consideración los distintos parámetros evaluados se puede ver que los dos sitios podrían considerarse como aptos para la construcción de un relleno sanitario. Sin embargo, el **sitio 1 presenta condiciones más favorables**, por su relativamente baja densidad poblacional y condiciones geológicas, hidrogeológicas y de suelos aceptables.



## 6. Propuesta técnica y económica para el Relleno Sanitario Intermunicipal

### 6.1 Introducción

Según la legislación Paraguaya se define a un relleno sanitario de la siguiente forma (resolución SG Nro. 548):

“Se entiende por relleno sanitario, la disposición final con la técnica que consiste en esparcir los desechos en el suelo, acomodarlos, compactarlos en un volumen más práctico posible y confinarlos cubriéndolos con tierra u otro material de tapada, ejerciendo los controles requeridos al efecto, de modo a minimizar los riesgos a la salud y los daños al medio ambiente.”

El relleno sanitario propuesto se define como “Relleno Sanitario Básico” (según Resolución 548) y debe reunir los siguientes elementos de importancia:

- 1) Personal de mantenimiento y control
- 2) Cerco perimetral, control de entrada, inspección y registro de los residuos que ingresan.
- 3) Cobertura y compactación diariamente (manos de obras) y semanal (con maquinas) de residuos
- 4) Drenaje de las aguas pluviales
- 5) Sistema de eliminación de gases
- 6) Plan de clausura (cobertura final y forestación)
- 7) Extracción del lixiviado

Los sitios elegidos para este proyecto (sitio 1 y 2) presentan una capa de baja permeabilidad en el subsuelo y la profundidad del agua subterránea por debajo de los 3 metros. Esto significa que la base de las zanjas, que se usarán para el vertido de los residuos, se encuentran por encima del nivel freático. El lixiviado que se almacena en las zanjas, debe ser drenado y almacenado en una pileta de evaporación.

### 6.1 Estimación de cantidad de residuos

Para estimar el volumen de residuos sólidos a ser depositados es necesario efectuar un cálculo de la cantidad de residuos generados. Para ello es necesario disponer de los siguientes datos:

Población total existente en el área del proyecto (según datos de DGEEC 2001)	13.000 habitantes
Producción de residuos en la región de proyecto per capita, incluyendo residuos comerciales y municipales (OPS 2001)	0,9 kg/día
Factor de recolección (estimada)	60 %
Densidad de los residuos compactados (estimada)	800 kg/m <sup>3</sup>

De estos valores se puede decir que la cantidad de residuos a ser depositados son los siguientes:

Residuos por día	7 toneladas
Residuos en 1 año	2.500 toneladas (3.200 m <sup>3</sup> )
Residuos en 5 años	12.500 toneladas (16.000 m <sup>3</sup> )

Para este primer cálculo, fueron utilizados valores estimativos. Por ello se recomienda mejorar la calidad de la información en el caso de efectivizar la obra. Para eso se debe:

1. Obtener un valor lo más aproximado posible de los residuos recolectados en las comunas
2. Si existen medidas para la recolección de residuos; cuales son y como pueden ser mejoradas

## 6.2 Construcción del Relleno Sanitario

Los residuos deben ser depositados en zanjas. Las dimensiones de las zanjas han sido diseñadas de tal forma de que cada celda pueda ser utilizada por 6 meses aproximadamente ( $60\text{m} \times 3\text{m} \times (10+8)2 = 1600 \text{ m}^3$  volumen bruto, ver **Fig. 2a-Anexo**).

Para una duración de 5 años se necesitarán 10 zanjas (**Fig. 3-Anexo**). Con esto se calcula que el área total del predio deberá ser de unos  $190\text{m} \times 130\text{m}$  ( $24.700\text{m}^2$ ). El sistema de zanjas tiene la ventaja de ser muy flexible, ya que como la estimación real de los residuos a generar es muy difícil de calcular, el sistema permite adaptar la cantidad de zanjas a medida que avanza la recolección.

Para los 2 primeros años serán necesarias solamente 2 zanjas (**Fig. 3-Anexo**). Estas zanjas pueden realizarse fácilmente con una máquina topadora. El material sacado de las zanjas es acumulado al costado de las mismas (**Fig. 1-Anexo**). A ambos lados de la base de las zanjas, debe construirse un canal de drenaje para el desagote de los líquidos lixiviados (**Fig. 2b-Anexo**). La máquina topadora puede usarse para compactar el fondo de las zanjas y lograr una mayor impermeabilización de la base. En este caso, no es necesario agregar una capa impermeabilizante complementaria.

Cada 2 zanjas debe construirse una pileta, en donde se junta el líquido lixiviado para su posterior evaporación (**Fig. 3-Anexo**). En el caso de que la pileta no abastezca la acumulación del líquido lixiviado, éste debe ser bombeado y esparcido posteriormente sobre los residuos del relleno. Durante intensas precipitaciones, se sugiere cubrir el relleno para evitar una acumulación excesiva de lixiviado. En caso de que una pileta pueda abastecer a más de dos zanjas, se sugiere seguir utilizando esta pileta para las otras zanjas. Esto reduce los costos de construcción de las piletas.

El gas que se genera en el relleno debería ser eliminado. Para ello se puede construir una chimenea de ventilación de gases. Cuanto más se compactan los residuos, menos gas es el que se genera. La compactación debe realizarse mediante una máquina topadora o aplanadora. Si en la primera zanja se comprueba que el gas generado es poco o ninguno, se puede descartar las chimeneas para las demás zanjas.

La cobertura final en cada una de las zanjas debe realizarse con una cierta pendiente. Posteriormente se agrega una cubierta de suelo (de unos 30 cm aproximadamente), que debe compactarse. Sobre las zanjas cubiertas debe plantarse algún tipo de vegetación.

Alrededor de todo el predio, debe construirse un canal de drenaje para el agua pluvial. También debe colocarse un alambre perimetral y en la entrada (si es posible), colocar una caseta de control con acceso restringido y controlado.

## 6.3 Operación del Relleno Sanitario

Para el control del relleno sanitario debe haber un control durante todo el día. Los residuos son vertidos en las zanjas y manualmente acumulados. Una o dos veces por semana debe agruparse los residuos mediante una máquina topadora, la que también los debe compactar

y cubrir. Para el tapado de los residuos se utilizará el material extraído de la zanja y que ha sido depositado en los alrededores. Cuando una zanja está llena, se cubre mediante tierra orgánica y que posteriormente es reforestada.

#### **Cálculos de costos de inversión**

<b>Item</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
acondicionamiento de terreno (nivelación, delimitación)	-	-	7.500.000
construcción de zanjas	10 zanjas	8.000.000	80.000.000
pileta de lixiviado	5 piletas	5.000.000	25.000.000
chimeneas de gas	10 chimeneas	1.500.000	15.000.000
drenaje perimetral	500 m	15.000	7.500.000
caseta de control	-	-	6.000.000
cercado perimetral	640	40.000	25.600.000
portón			1.500.000
compactación final, forestación	10 zanjas	2.000.000	20.000.000
planificación / consultas			25.000.000
<b>Costo total</b>			<b>213.100.000</b>

#### **Cálculo de los costos de operación (en guaraníes)**

<b>Item</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo por Mes</b>
control y operación	1 jornalero	800.000 sueldo mensual	800.000
costo de maquinaria	12 horas por mes	500.000 por hora	6.000.000
<b>Costo total</b>			<b>6.800.000</b>

#### **6.4 Costos**

Los costos de inversión de 213 millones de guaraníes es para un relleno sanitario con una vida útil de 5 años. Para los 2 primeros años del proyecto, los gastos de inversión ascienden a aproximadamente 100 millones de guaraníes.

En el cálculo de costos no se han incluido los costos de compra del terreno y mejoramiento de los caminos de acceso.

Los costos de operación mensual alcanzan la suma de 6.8 millones de guaraníes.

Con esto, los costos para la deposición de los residuos alcanzan los 16.392 Gs. por tonelada (costos de inversión), sumado a 32.645 Gs. (costos de operación). Esto da una suma total de 49.037 Gs. por tonelada.

**El factor clave en el cálculo del costo para el relleno sanitario, son los gastos de construcción y operación del relleno. En el caso de que los municipios dispongan de maquinaria (por. ej. máquinas topadoras o aplanadoras) los costos se reducirían drásticamente.**

## **7 Conclusiones y Recomendaciones**

### **7.1 Conclusiones**

En este informe se presentan dos sitios aptos (sitio 1 y 2) para la ubicación de un relleno sanitario intermunicipal.

La ubicación de estos sitios ha sido extremadamente difícil debido a:

- La gran densidad poblacional rural existente, sobre todo en las áreas topográficamente más elevadas y que son las únicas aptas para este tipo de obra.
- Una fisiografía muy irregular de la zona, con grandes áreas cubiertas por bajos topográficos y que se encuentran anegados en su gran mayoría (humedales).
- Infraestructura caminera secundaria en malas condiciones, especialmente en épocas de lluvia.
- Condiciones geológicas, hidrogeológicas y de suelos poco aptas para el emplazamiento de una obra de esta naturaleza. Generalmente presencia de rocas y suelos muy arenosos y con ello de alto riesgo a la contaminación del agua subterránea.

También se presenta un modelo de construcción del relleno sanitario y el cálculo del costo de construcción y operación del mismo.

### **7.2 Recomendaciones**

Tomando en consideración todos los parámetros evaluados (ver matriz de valoración) se recomienda lo siguiente:

1. **El Sitio 1 es el que presenta las mejores condiciones para la ubicación de un relleno sanitario (Mapa N° 1 adjunto)** debido a:
  - a. Se ubica en un área con relativamente poca densidad poblacional
  - b. Presenta suelos de material areno-arcilloso de hasta 3 metros de espesor
  - c. Las rocas existentes en el área (fanglomerados), proporcionan una buena protección a los acuíferos subyacentes
  - d. La distancia al agua subterránea es mayor a 1 metro, por lo que satisface los requerimientos internacionales en este aspecto
2. **El Sitio 2 puede considerarse como un sitio de alternativa** para el vertedero, aunque se encuentra ubicado en un área de mayor densidad poblacional. En cuanto a las condiciones de suelos, geológicas e hidrogeológicas son similares a las del Sitio 1.

#### **Aspectos negativos a considerar:**

1. Los caminos de acceso a ambos sitios son de tierra, por lo que representan una limitante en los días con intensas precipitaciones. En cualquiera de los casos es necesario realizar un mejoramiento y compactación de los mismos.
2. Las formaciones geológicas son de una relativamente alta permeabilidad (no se han realizado ensayos de permeabilidad), por lo que sería recomendable efectuar una impermeabilización de la capa base, antes de depositar los residuos

3. La presencia de grandes superficies con bajos topográficos (humedales) es un gran problema en el momento de seleccionar un sitio para la ubicación de un relleno sanitario. Se recomienda tener especial cuidado y respetar la distancia a éstos.
4. La distancia desde las poblaciones hasta el sitio elegido (cualquiera de los dos) es relativamente alta. Esto supondrá un elevado costo operativo para cada uno de los municipios, lo que es necesario evaluar previa implementación del proyecto (adquisición del terreno e inicio de obras)
5. En forma general es muy importante remarcar la extrema protección que se debe efectuar sobre las areniscas de la Formación Misiones (acuífero Guaraní) ante cualquier agente de contaminación (ya sea este puntual o areal). Según estudios efectuados por el proyecto SARO (SARO, 2001) en esta área, este acuífero recibe gran parte de su recarga (a través de las precipitaciones y cauces superficiales) y cualquier contaminación generada podría producir consecuencias irreparables en un sistema que es vital para el abastecimiento de agua potable de gran parte del Paraguay y de Sudamérica.

En cuanto a los costos del relleno sanitario hay que remarcar que los valores obtenidos en este trabajo son estimativos. No obstante se ajustan a las normas elementales que una obra de esta naturaleza pudiese tener. En el caso de que los municipios dispongan de la maquinaria necesaria para la ejecución y mantenimiento de la infraestructura, los costos se reducirían drásticamente.

Al sitio elegido definitivamente debe efectuarse un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que tendrá que ser aprobado por la SEAM.

## **7 Bibliografía**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997): Aterros de residuos nao perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação, NBR 13896. – Rio de Janeiro

AUST, H. ET AL (1997): Geowissenschaftliche Rahmenkriterien zur Standorterkundung für Deponien. - Geologisches Jahrbuch, Reihe G, Heft 4, Stuttgart/Hannover 1997

BHP WORLD EXPLORATION INC (1999): Paraguay Coal Exploration, Final Report

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2001): Projektbeschreibung Städtische Umweltplanung und Standortbestimmung von Deponien (Proyecto Ordenamiento Ambiental de Zonas Urbanas), Hannover

BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1991): Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall), Bonn

BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1993): Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall), Bonn

DESAD (2000): Manual sobre Manejo de Residuos Sólidos Urbanos, Instituto de Desarrollo Municipal.- Asunción

EUROPÄISCHE UNION (1998): Richtlinie 98 EG über Abfalldeponien. - Brüssel

GONZÁLEZ, M.; CUBAS, N.; PASIG, R.; LAHNER, L. (2001): Mapa Geológico de la República del Paraguay, esc. 1:100.000 – Hoja Villarrica, D.R.M, 1 h., San Lorenzo

GONAZALEZ, M.; CUBAS, N. (2001): Mapa Geológico de la República del Paraguay, esc. 1:100.000 – Hoja Villarrica Texto Explicativo, D.R.M, 76 p., San Lorenzo.

MINISTERIO DE SALUD Y BIENESTAR SOCIAL (1996): Resolucion S.G.Nº 548 por el cual se establece Normas Tecnicas que reglamenta el manejo de los desechos solidos. - Asuncion

NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1991): Anforderungen an Deponiestandorte für Siedlungsabfälle, Nds. MBL Hannover Nr. 3/1992

OMS (2001): Análisis sectorial de Residuos Sólidos del Paraguay.- Asunción, Paraguay

ONU (1986): Memoria del mapa hidrológico de la República del Paraguay, escala 1:1.000.000.- Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo, Proyecto PAR 83/005; 80p, Asunción

PROYECTO SISTEMA AMBIENTAL DE LA REGIÓN ORIENTAL (2001): Sistema Ambiental de la Region Oriental del Paraguay, Informe Tecnico Final. – San Lorenzo

SECRETARIA TÉCNICA DE PLANIFICACION (2001): Analisis Sectoral de Residuos Sólidos en Paraguay. – Asuncion

SUELO, CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA Y EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL (1999): Distritos de Mauricio José Troche y Natalicio Talavera. Dpto. de Guairá. Proyecto Racionalización del Uso de la Tierra. (GOP – BIRF 3445 – PA). – MH – MAG/BM Vol. 5 pág. 68.

SUELO, CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA Y EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL (1999): Distrito de Caaguazú. Dpto. de Caaguazú. Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra. (GOP – BIRF 3445 – PA). – MH – MAG/BM Vol. 1 pág. 137

## **ANEXOS**