

429

ALCALDIA MUNICIPAL DE SONSONATE

---

**ESTUDIO DE  
IMPACTO AMBIENTAL  
DEL RELLENO SANITARIO DE SONSONATE**

**BAJO LA GESTION DEL SR. ALCALDE :  
DOUGLAS FELICIANO GALICIA**

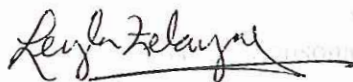
---

**COORDINADOR DE EQUIPO CONSULTOR  
ING. JUAN GUILLERMO UMAÑA GRANADOS**

429

## EQUIPO CONSULTOR

**Ing. Leyla Zelaya**



Ingeniera Química con Maestría en Gestión Ambiental y Recursos Naturales, con énfasis en Estudios de Impacto Ambiental. La Ing. Zelaya ha trabajado en proyectos de factibilidad en manejo de desechos sólidos en los municipios de San Miguel, La Unión, Santa Rosa de Lima y Puerto El Triunfo, a nivel de ejecución en Pasaquina y en proyectos de evaluaciones ambientales.

**Ing. Juan Guillermo Umaña**



Ingeniero Civil con Maestría en Ingeniería Sanitaria. El Ing. Umaña cuenta con 10 años de experiencia en proyectos de saneamiento ambiental.

Es el diseñador el relleno de Sonsonate, y ha realizado los estudios de selección de sitios para rellenos sanitarios de Usulután, Cojutepeque, Micro región de Juayúa, San Miguel, Santa rosa de Lima, La Unión, realizando los prediseños de los rellenos San Miguel. La Unión, Santa Rosa de Lima y diseño del relleno de Pasaquina.

**Ing. Luis Alonso Cordova**



Ingeniero Agrónomo con especialidad zootecnista, técnico de la escuela agrícola panamericana El Zamorano. Con 15 años de experiencia en el manejo de proyectos de desarrollo forestal y de cultivos en el país.



## RESUMEN EJECUTIVO para construcción de la zona

El Relleno Sanitario del Área Metropolitana de Sonsonate, formada por los municipios de Nahulingo, San Antonio del Monte, Sonzacate y Sonsonate, está ubicado en el extremo sur de la carretera "Sitio del Niño" en el Cantón Salinas de Ayacachapa, jurisdicción del municipio de Sonsonate.

El objetivo de este proyecto es disponer los desechos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar peligros para la salud.

Los elementos que conforman este proyecto son los siguientes:

1. Oficinas y bodega: un área de 225 m<sup>2</sup> que incluyen instalaciones sanitarias y red de agua potable para pila, baño y lavadero. Para este elemento se reparará y ampliará la casa existente en el terreno.
2. Instalaciones para reparación y resguardo de vehículos: formada por 182 m<sup>2</sup>, y comprenden instalaciones para la reparación, engrase y resguardo de vehículos, con su respectiva fosa de recolección de vertidos.
3. Camino de acceso: es la nivelación, corte y compactación del camino de acceso al relleno sanitario.
4. Zona activa del relleno sanitario: constituida por 100,000 m<sup>2</sup> e incluye:
  - Terrazas: utilizada para mantener la estabilidad de la pendiente del relleno, para la localización de canales para el drenaje del agua superficial y para la localización de tuberías destinadas a la recuperación del gas producido en el relleno.
  - Niveles: capas completas de celdas (volumen de material depositado durante el período de operación).
5. Obras de drenaje de aguas lluvias: constituida por una canaleta provisional forjada en terreno natural que será construida 3 metros arriba después de conformar cada terraza para evitar el escurrimiento superficial del agua de lluvia y cuya sección trapezoidal tendrá una base de 1.50 m y una profundidad de 1 m, con taludes a 45° y longitudes que variarán desde 500 m hasta quedar permanentemente al final de la conformación de la última terraza del relleno con

llenar la cisterna que será montada en el camión de volteo para recirculación de lixiviados en las zonas del relleno ya terminadas.

8. Captación y control de gases: es la incorporación de un sistema de ventilación con barriles de 200 litros perforados y llenados con piedra cuarta, colocados en forma de chimenea, construidas en forma vertical a medida que es operado el relleno.
9. Control de animales: lo constituye el cerco de malla ciclón de 700 m, colocado paralelo a la calle de acceso, en todo el frente a la calle que conduce a Cuisnahuat.
10. Control de vectores: es la utilización diaria de material de cobertura en las celdas de recolección de desechos. Este material de cobertura es producto de los cortes en los trabajos de terracería.
11. Control y monitoreo de la contaminación por lixiviados: Consiste en la vigilancia de los volúmenes captados en las lagunas de tratamiento de lixiviados para la programación de la recirculación y operación de los controles de entrada, salida y vaciado, así como la toma de muestras y análisis del lixiviado y el monitoreo de la calidad del agua subterránea obtenida del pozo perforado de monitoreo.
12. Perímetro de amortiguamiento: es la actividad de siembra y cuidado de la vegetación arbórea del terreno y la reforestación de algunas especies en el perímetro del relleno, así como el desarrollo del área forestal, ubicada en la zona norte del terreno.

Se efectuó una descripción general del proyecto con la finalidad de conocer en profundidad, todos aquellos elementos inherentes al mismo como justificación, objetivos, identificación del área de influencia, identificación de los componentes del proyecto, descripción de las fases, actividades y acciones.

En esta última parte se elabora una matriz donde se identificaron las fases, actividades y acciones y la ubicación espacial y temporal de las mismas. Al evaluar la matriz y con base a unos criterios de selección establecidos (área afectada, intensidad, duración, aspectos legales, irreversibilidad) se procedió a efectuar un tamizado de las acciones y de 36 acciones identificadas, se seleccionaron 11 que de acuerdo a los criterios de evaluación establecidos eran relevantes para efectos del Estudio de Impacto Ambiental.

... descripción y análisis de los diferentes componentes ambientales de ... Al igual que para



efectos de los cuales se seleccionaron 20 que con base a los criterios de selección establecidos y a la opinión de los consultores eran relevantes.

Los impactos seleccionados como relevantes y muy relevantes fueron los siguientes:

1. Interrupción del flujo superficial debido al corte en terraza en la construcción de la zona activa del relleno sanitario.
2. Alteración propiedades físicas del suelo debido al corte en terraza en la construcción de la zona activa del relleno sanitario.
3. Eliminación cubierta vegetal debido al corte en terraza en la construcción de la zona activa del relleno sanitario.
4. Alteración de la topografía debido al corte en terraza en la construcción de la zona activa del relleno sanitario.
5. Cambio en el uso del suelo debido al corte en terraza en la construcción de la zona activa del relleno sanitario.
6. Alteración propiedades físicas del suelo debido a la excavación en terrazas en la construcción de las obras de drenaje de aguas lluvias.
7. Conducción del flujo superficial debido a la excavación en terrazas en la construcción de las obras de drenaje de aguas lluvias.
8. Modificación del paisaje producido por la colocación de desechos sólidos y compactación en la operación y mantenimiento de la zona activa del relleno sanitario.
9. Alteración propiedades físicas del suelo producido por la colocación de desechos sólidos y compactación en la operación y mantenimiento de la zona activa del relleno sanitario.
10. Introducción de vectores producido por la colocación de desechos sólidos y compactación en la operación y mantenimiento de la zona activa del relleno sanitario.
11. Modificación del hábitat producido por la colocación de desechos sólidos y compactación en la operación y mantenimiento de la zona activa del relleno sanitario.
12. Contaminación del aire producido por la colocación de desechos sólidos y compactación en la operación y mantenimiento de la zona activa del relleno sanitario.
13. Producción de ruido y polvo producido por la colocación de desechos sólidos y compactación en la operación y mantenimiento de la zona activa del relleno sanitario.
14. Modificación propiedades físicas del suelo debido a la captación del lixiviado en la operación y mantenimiento del tratamiento de lixiviados.
15. Protección de aguas subterráneas y superficiales debido a la captación del lixiviado en la operación y mantenimiento del tratamiento de lixiviados.
16. Modificación del paisaje debido al recubrimiento con material en la operación del control



Seguidamente para cada uno de los impactos seleccionados y evaluados se seleccionaron las medidas de control ambiental. Hay que hacer notar que el tipo de proyecto que se evalúa contiene ya como medidas internas de diseño muchas de las medidas que sirven para atenuar o prevenir el efecto de construir y operar un tipo de obra como ésta. De hecho, este tipo de proyecto contó con un estudio de selección de sitio anteriormente, donde fue elegido el lugar que cumplía con las mejores características físicas y geológicas para este proyecto.

Por lo tanto, para asegurar la ejecución y desarrollo eficiente de las medidas ya consideradas se elaboró el Programa de Manejo Ambiental, donde se identificaron las acciones a realizar para llevar a cabo las medidas de control y vigilancia con su respectivo cronograma de actividades y costos. El costo total del Programa de Manejo Ambiental es \$303,800 colones.

Otro punto importante a recalcar es el ente responsable de ejecutar el Plan de Manejo Ambiental. Se sugiere un ente autónomo de carácter privado que sería contratado por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales con fondos del operador del Relleno Sanitario.

Se concluye que la mayoría de medidas de control ambiental recomendadas son de carácter mitigante y preventivo, que han sido consideradas en el diseño de esta obra de carácter ambiental por sí misma, que para su buen funcionamiento se incluye en el Programa de Manejo Ambiental los Manuales de operación y Mantenimiento así como el Manual de Funciones del Personal que operará el relleno, cuyo fin es mantener un nivel de calidad ambiental como en la situación sin proyecto.

Las medidas de carácter compensatoria recomendadas permitirán una recuperación de la calidad ambiental en el sitio.

## INDICE

|                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCCION .....</b>                                                               | <b>1</b>  |
| <b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....</b>                                                    | <b>2</b>  |
| JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....                                                        | 2         |
| OBJETIVOS DEL PROYECTO .....                                                            | 3         |
| COMPONENTES .....                                                                       | 3         |
| <b>IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....</b>                                       | <b>4</b>  |
| UBICACIÓN DENTRO DE REGIÓN HIDROGRÁFICA .....                                           | 4         |
| DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO .....                                                 | 4         |
| <b>COMPONENTES DEL PROYECTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS FASES, ACTIVIDADES Y ACCIONES... 5</b> |           |
| <b>SELECCIÓN DE LAS ACCIONES RELEVANTES.....</b>                                        | <b>12</b> |
| <b>EVALUACIÓN AMBIENTAL.....</b>                                                        | <b>15</b> |
| DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL AMBIENTE (SIN PROYECTO) .....                                | 15        |
| <i>Clima</i> .....                                                                      | 15        |
| <i>Uso actual de la tierra</i> .....                                                    | 15        |
| <i>Condiciones socioeconómicas</i> .....                                                | 16        |
| <i>Inventario forestal</i> .....                                                        | 17        |
| <i>Fauna existente en Salinas de Ayacachapa</i> .....                                   | 19        |
| <i>Geomorfología y Drenaje de la Región</i> .....                                       | 20        |
| <i>Planicie costera de Sonsonate</i> .....                                              | 20        |
| <i>Geología</i> .....                                                                   | 20        |
| <i>Suelos y topografía</i> .....                                                        | 21        |
| <i>Hidrografía</i> .....                                                                | 22        |
| <i>Unidades Hidrogeológicas</i> .....                                                   | 23        |
| <i>Propiedades Hidráulicas de las Unidades Hidrogeológicas</i> .....                    | 24        |
| <i>Superficie Freática</i> .....                                                        | 24        |
| DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL AMBIENTE (SITUACIÓN CON PROYECTO).....                       | 25        |
| Selección de los parámetros ambientales relevantes .....                                | 27        |
| Identificación definitiva y análisis de efectos ambientales.....                        | 29        |
| <i>Matriz de identificación</i> .....                                                   | 29        |
| <i>Descripción de efectos y sus medidas ambientales</i> .....                           | 36        |
| <i>Acción 1: Corte en terraza y movimiento de tierra</i> .....                          | 36        |
| <i>Acción 2: Excavación de drenajes superficiales</i> .....                             | 37        |
| <i>Acción 3: Selección y compactación de desechos sólidos</i> .....                     | 38        |
|                                                                                         | 40        |
|                                                                                         | 40        |



|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Preparación del Terreno.....</i>                                  | <i>52</i> |
| <i>Construcción de caminos de acceso.....</i>                        | <i>52</i> |
| <i>Construcción de terraza.....</i>                                  | <i>53</i> |
| <i>Métodos de relleno sanitario utilizados.....</i>                  | <i>54</i> |
| <i>Pasos para la construcción de las celdas:.....</i>                | <i>54</i> |
| <i>Frente de Trabajo.....</i>                                        | <i>54</i> |
| <i>Selección de subproductos.....</i>                                | <i>54</i> |
| <i>Material de cubierta.....</i>                                     | <i>55</i> |
| <i>Espesor de capas.....</i>                                         | <i>55</i> |
| <i>Acabado final y asentamiento.....</i>                             | <i>56</i> |
| <i>Operación en época de lluvias.....</i>                            | <i>56</i> |
| <i>Seguridad de trabajo.....</i>                                     | <i>57</i> |
| <b>MANTENIMIENTO.....</b>                                            | <b>59</b> |
| <i>Recursos.....</i>                                                 | <i>59</i> |
| <i>Supervisión.....</i>                                              | <i>59</i> |
| <i>Vías de acceso.....</i>                                           | <i>59</i> |
| <i>Abastecimiento de materiales y herramientas.....</i>              | <i>59</i> |
| <i>Control de moscas.....</i>                                        | <i>60</i> |
| <i>Material disperso.....</i>                                        | <i>60</i> |
| <i>Control de incendios.....</i>                                     | <i>60</i> |
| <i>Control de aguas.....</i>                                         | <i>60</i> |
| <i>Drenaje del líquido percolador.....</i>                           | <i>60</i> |
| <i>Drenaje de gases.....</i>                                         | <i>61</i> |
| <i>Pendiente de terrazas.....</i>                                    | <i>61</i> |
| <i>Drenajes.....</i>                                                 | <i>61</i> |
| <i>Zona de emergencia.....</i>                                       | <i>61</i> |
| <i>Desviación de aguas pluviales.....</i>                            | <i>62</i> |
| <i>Captación y conducción de las aguas superficiales.....</i>        | <i>62</i> |
| <i>Vigilancia.....</i>                                               | <i>62</i> |
| <i>Cercas.....</i>                                                   | <i>63</i> |
| <b>MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA CUBIERTA FINAL.....</b>        | <b>63</b> |
| <i>Depresiones.....</i>                                              | <i>63</i> |
| <i>Grietas.....</i>                                                  | <i>63</i> |
| <i>Reparación de zonas erosionadas de taludes y terraplenes.....</i> | <i>64</i> |
| <i>Diseño del Area Regenerada.....</i>                               | <i>64</i> |
| <i>Elección de la Cobertura Vegetal.....</i>                         | <i>64</i> |
| <b>MANUAL DE FUNCIONES DE PERSONAL PARA OPERAR EL RELLENO.....</b>   | <b>67</b> |
| <b>ACTIVIDADES Y FUNCIONES DEL PERSONAL.....</b>                     | <b>67</b> |
| <i>Jefe de Operación del Relleno Sanitario.....</i>                  | <i>67</i> |
| <i>Auxiliar de jefe de operaciones.....</i>                          | <i>68</i> |
| <i>Vigilante de portería.....</i>                                    | <i>68</i> |
| <i>Operador de tractor y camión.....</i>                             | <i>69</i> |
| <i>Camión.....</i>                                                   | <i>70</i> |
| <i>.....</i>                                                         | <i>70</i> |



## INTRODUCCION

La construcción del Relleno Sanitario de Sonsonate responde a la necesidad urgente de contar con un sitio seguro para depositar los desechos generados por los municipios de Sonsonate, Sonzacate, San Antonio del Monte y Nahuilingo que conforman el Área Metropolitana de Sonsonate (AMSO) y cuyas poblaciones urbanas alcanzan los 100,000 habitantes y con una producción diaria de desechos de más de 50 toneladas de las cuales el 70% actualmente están siendo depositadas en un botadero a cielo abierto y el resto en las quebradas y ríos, lo cual es común en esta zona rica de recursos hídricos.

La Alcaldía de Sonsonate conciente de esta situación y ante el ofrecimiento de financiamiento del AID se toma el compromiso de realizar las gestiones que le han llevado aproximadamente dos años logrando comprar un terreno de 84 manzanas ubicado en el Cantón Salinas de Ayacachapa a 30 km de la ciudad conduciéndose por la carretera del litoral a 1.5 km sobre el desvío que conduce a Cuisnahuat.

Para la compra del sitio la Alcaldía contrató asistencia técnica y llevo a cabo una investigación de factibilidades de compra, hoy en día se cuenta con el diseño de la obra y el recurso financiero para iniciar el primer año de operación y se prepara por segunda vez a operar un relleno sanitario, la primera experiencia fue con asistencia técnica de la Cooperación Española en el año de 1994, el cual reflejó de manera clara la fragilidad con la que un proyecto de estos fracasa si no se fortalece todo el sistema de gestión de los desechos sólidos.

Este Estudio de Impacto Ambiental, ofrece herramientas para garantizar un buen manejo del Relleno Sanitario y establece una propuesta viable con instrumentos tales como el Programa de Manejo Ambiental, que ha sido integrado con la supervisión de la construcción, operación, mantenimiento y cierre final del relleno, basados en dos instrumentos como son: el Manual de Operación y Mantenimiento así como el Manual de Actividades y Funciones del Personal que operara el relleno sanitario.

Además se iniciará un plan de reestructuración del sistema que busca la sostenibilidad del mismo en donde se ejecutará un plan de manejo integral de los desechos municipales.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### Justificación Del Proyecto

El método más común de disposición final en nuestro país es depositar directamente los desechos sólidos sobre la tierra, en los ríos o en el mar, sin ninguna medida ni control. El único cuidado es que sea un sitio alejado de la ciudad para que no sea molesto ni a la vista ni al olfato. Lógicamente ese sitio se convierte en un foco insalubre, sucio, contaminante y degradante de los recursos circundantes. La ausencia de control de estas actividades propicia que se expandan o se multipliquen rápidamente estos focos de contaminación, en cuanto se satura un lugar o se encuentra uno más cómodo o cercano.

Actualmente el Área Metropolitana de Sonsonate, AMSO, formada por los municipios de Nahulingo, San Antonio del Monte, Sonzacate y Sonsonate (ver mapa 1), todos utilizan como sitio de disposición final un terreno que tiene en comodato la municipalidad de Sonsonate, ubicado en la Cooperativa de Santa Cruz Tazulá, a 12 km del área urbana del municipio. El relleno fue construido en 1995 por AECI/DEMUCA<sup>1</sup>. Éste ha sufrido deterioro en todas sus instalaciones físicas provocado por la falta de una adecuada operación y mantenimiento, llegando a ser cerrado por las autoridades de salud en Noviembre de 1999. La construcción de un nuevo sitio de disposición final, se ha convertido para la municipalidad de Sonsonate en una acción prioritaria.

El relleno Sanitario como método de disposición final es un componente importante de la gestión integral de los desechos sólidos. La producción de desechos se aproxima a las 54 ton/día para el AMSO<sup>2</sup> y se pretende reducir al mínimo los efectos nocivos para la salud y el medio ambiente de los desechos sólidos colocados sin ningún manejo en el AMSO.

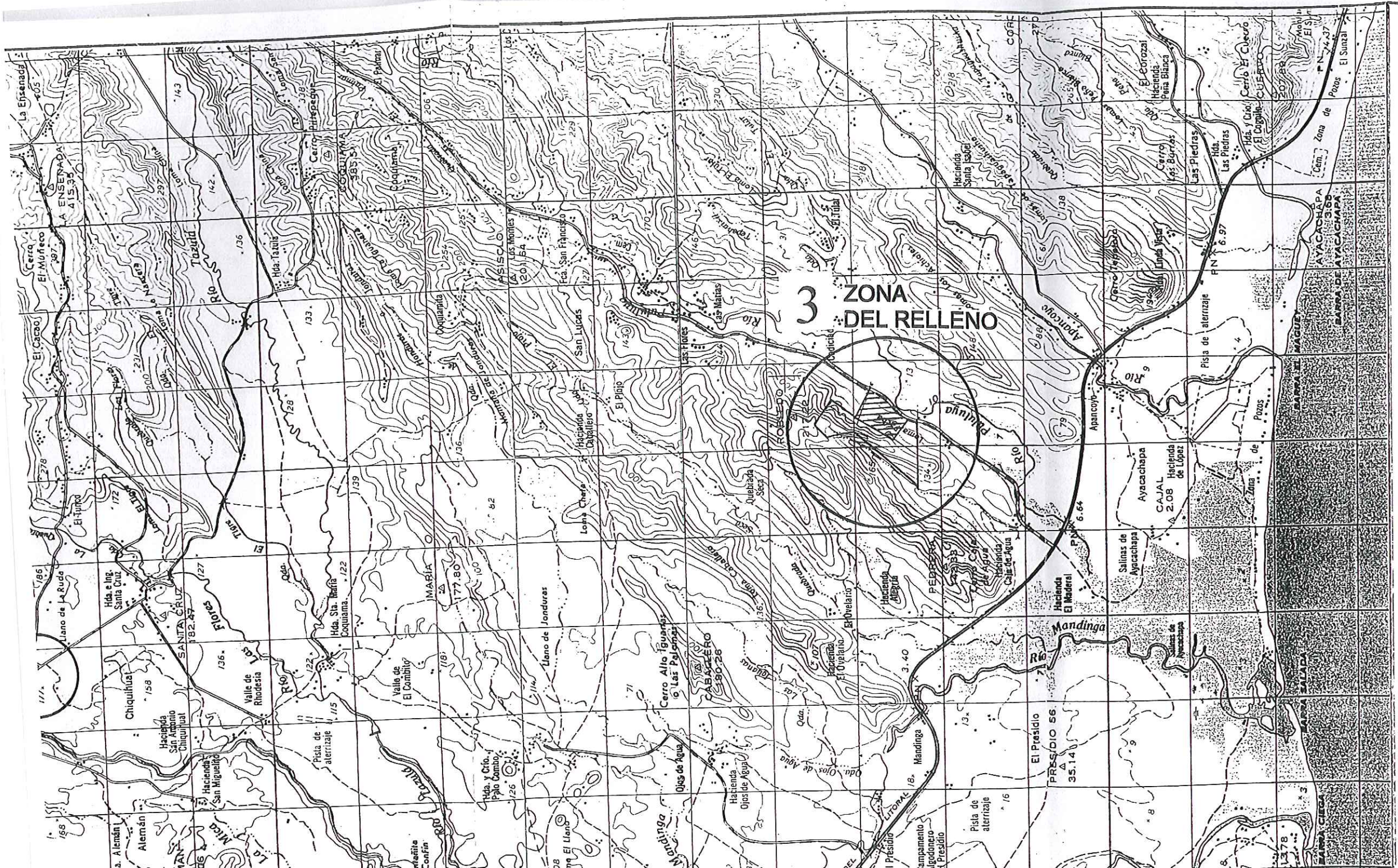
Dichos efectos nocivos son el resultado de:

- i. Inflamabilidad: que por su contenido puede causar fácilmente un incendio o favorecerlo.
- ii. Producción de malos olores y lixiviados durante la fermentación al aire libre.
- iii. Producción de humos, material particulado en suspensión.
- iv. Dispersión de paneles, plásticos y polvos.









1. SIT  
199

2. SIT  
US

3. SIT

ARE  
ARE



## Objetivos Del Proyecto

Básicamente el objetivo del proyecto es disponer los desechos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar peligros para la salud.

## Componentes

Los elementos que conforman este proyecto son los siguientes (ver diseño):

5. Oficinas y bodega: un área de 225 m<sup>2</sup> que incluyen instalaciones sanitarias y red de agua potable para pila, baño y lavadero. Para este elemento se reparará y ampliará la casa existente en el terreno.
6. Instalaciones para reparación y resguardo de vehículos: formada por 182 m<sup>2</sup>, y comprenden instalaciones para la reparación, engrase y resguardo de vehículos, con su respectiva fosa de recolección de vertidos.
7. Camino de acceso: es la nivelación, corte y compactación del camino de acceso al relleno sanitario.
8. Zona activa del relleno sanitario: constituida por 100,000 m<sup>2</sup> e incluye:
  - Terrazas: utilizada para mantener la estabilidad de la pendiente del relleno, para la localización de canales para el drenaje del agua superficial y para la localización de tuberías destinadas a la recuperación del gas producido en el relleno.
  - Niveles: capas completas de celdas (volumen de material depositado durante el período de operación).
13. Obras de drenaje de aguas lluvias: constituida por una canaleta provisional forjada en terreno natural que será construida 3 metros arriba después de conformar cada terraza para evitar el escurrimiento superficial del agua de lluvia y cuya sección trapezoidal tendrá una base de 1.50 m y una profundidad de 1 m, con taludes a 45° y longitudes que variarán desde 500 m hasta quedar permanentemente al final de la conformación de la última terraza del relleno con una longitud de 1,300 m para la recolección de las aguas lluvias.
14. Drenaje de lixiviados: comprende el corte en terraza con una pendiente hacia dentro del 2% y una tubería de PVC para la conducción de lixiviados en una zanja excavada al pie

16. Captación y control de gases: es la incorporación de un sistema de ventilación con barriles de 200 litros perforados y llenados con piedra cuarta, colocados en forma de chimenea, construidas en forma vertical a medida que es operado el relleno.
17. Control de animales: lo constituye el cerco de malla ciclón de 700 m, colocado paralelo a la calle de acceso, en todo el frente a la calle que conduce a Cuisnahuat.
18. Control de vectores: es la utilización diaria de material de cobertura en las celdas de recolección de desechos. Este material de cobertura es producto de los cortes en los trabajos de terracería.
19. Control y monitoreo de la contaminación por lixiviados: Consiste en la vigilancia de los volúmenes captados en las lagunas de tratamiento de lixiviados para la programación de la recirculación y operación de los controles de entrada, salida y vaciado, así como la toma de muestras y análisis del lixiviado y el monitoreo de la calidad del agua subterránea obtenida del pozo perforado de monitoreo.
20. Perímetro de amortiguamiento: es la actividad de siembra y cuidado de la vegetación arbórea del terreno y la reforestación de algunas especies en el perímetro del relleno, así como el desarrollo del área forestal, ubicada en la zona norte del terreno.

→ Falta Cierre

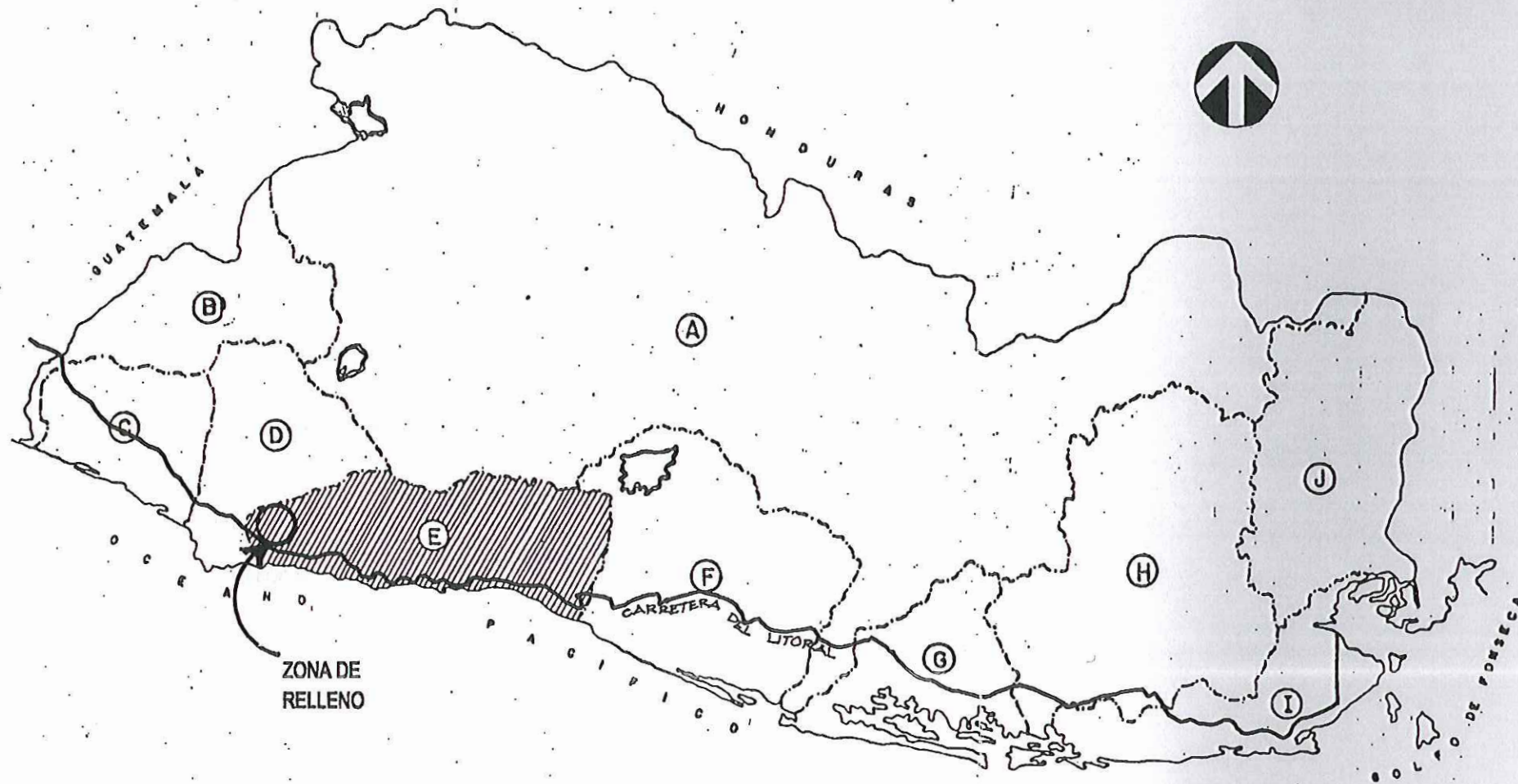
## IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

### Ubicación dentro de región hidrográfica

El área de estudio se localiza en la Zona Occidental de la República de El Salvador, en el departamento de Sonsonate.

El terreno donde se construirá el relleno está en el límite de la Región Hidrográfica "E" y comprende las pequeñas cuencas ubicadas entre la cordillera del Bálsamo y la costa del Océano Pacífico, en los departamentos de Sonsonate, La Libertad, San Salvador y La Paz. Los límites este y oeste son las regiones "F" y "D" y el área total es de 1,146.3 km<sup>2</sup> (ver mapa2).







entre 20 msnm en el acceso al relleno y 200 msnm en el área de restauración ecológica y desarrollo recreativo (ver mapa 3).

Políticamente pertenece al municipio de Sonsonate, cantón Salinas de Ayacachapa, departamento de Sonsonate; tiene una extensión de 84.5 mz. De las cuales 30 están destinadas para la construcción del relleno sanitario, 3.5 están sembradas de cultivos de estación y 24.5 es bosque natural secundario.

La accesibilidad es buena, por la carretera del litoral, entrando 2 kilómetros por la calle que conduce a Cuisnahuat. Y como recurso hídrico se cuenta con el río Pululuya que corre paralelo a la propiedad.

El área provisoria de insumos basura es el área metropolitana de Sonsonate (San Antonio del Monte, Nahuilingo, Sonzacate y Sonsonate) y los desechos sólidos son el mayor insumo para este proyecto, principalmente el municipio de Sonsonate, por ser el de mayor población. El resto de insumos, sobre todo el material de cobertura, se encuentra dentro de la misma área del proyecto.

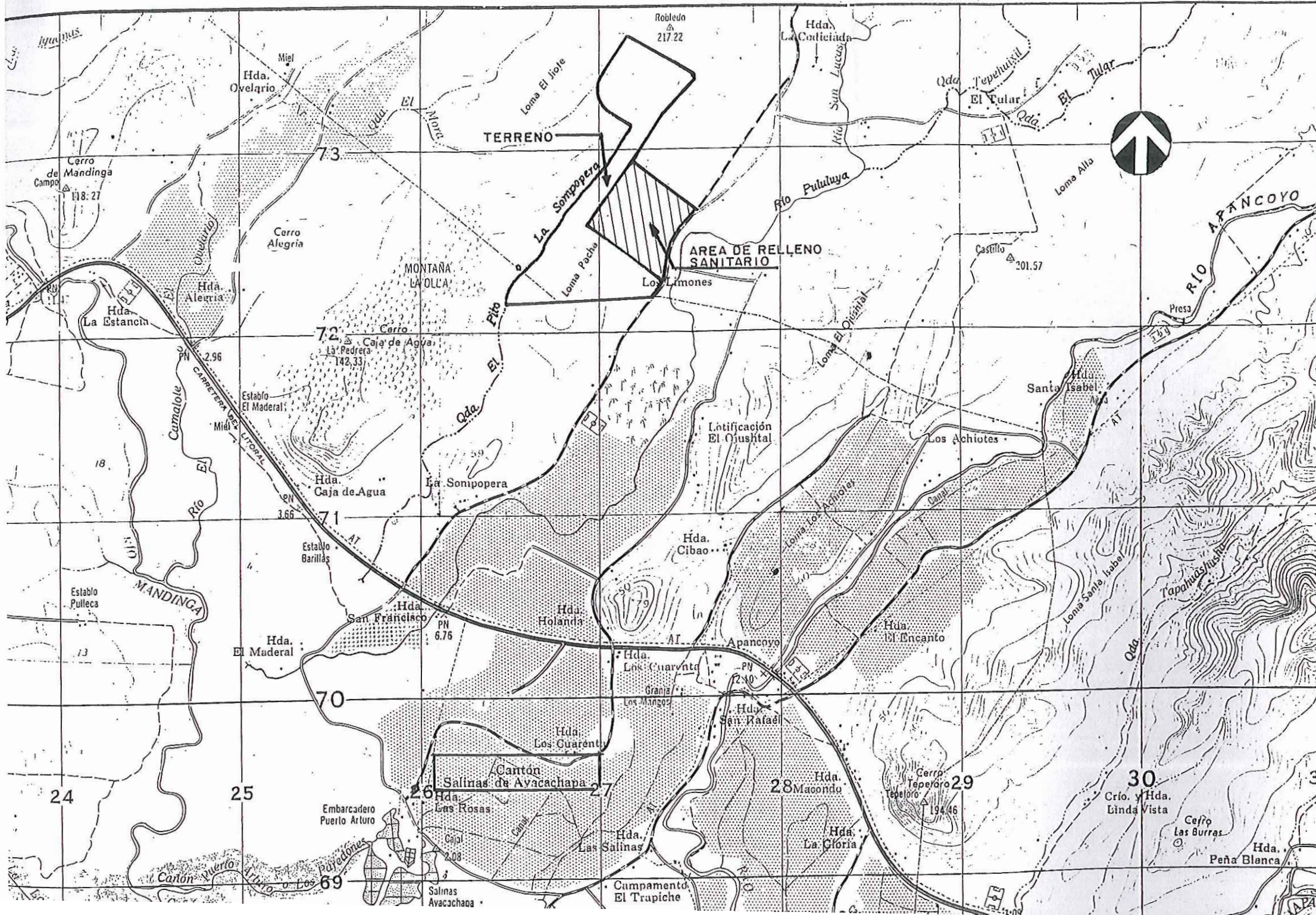
El área de influencia es, principalmente, la zona receptora de impacto y generadora de interacciones enmarcada dentro de las áreas mencionadas anteriormente.

### **COMPONENTES DEL PROYECTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS FASES, ACTIVIDADES Y ACCIONES.**

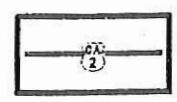
El relleno sanitario del Área Metropolitana de Sonsonate está formado por:

1. Oficinas y bodega
2. Instalaciones para reparación y resguardo de vehículos
3. Camino de acceso
4. Zona activa del relleno sanitario(Terrazas)
5. Obras de drenaje de aguas lluvias
6. Captación de lixiviados
7. Tratamiento de lixiviados
8. Captación y control de gases
9. Control de animales
10. Control de vectores e impermeabilización
11. Control y monitoreo de la contaminación por lixiviados.
12. Perímetro de amortiguamiento





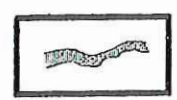
# SIMBOLC



CARRETERA PAVIM



CARRETERA SIN PA  
TRANSITABLE TODC



RIO

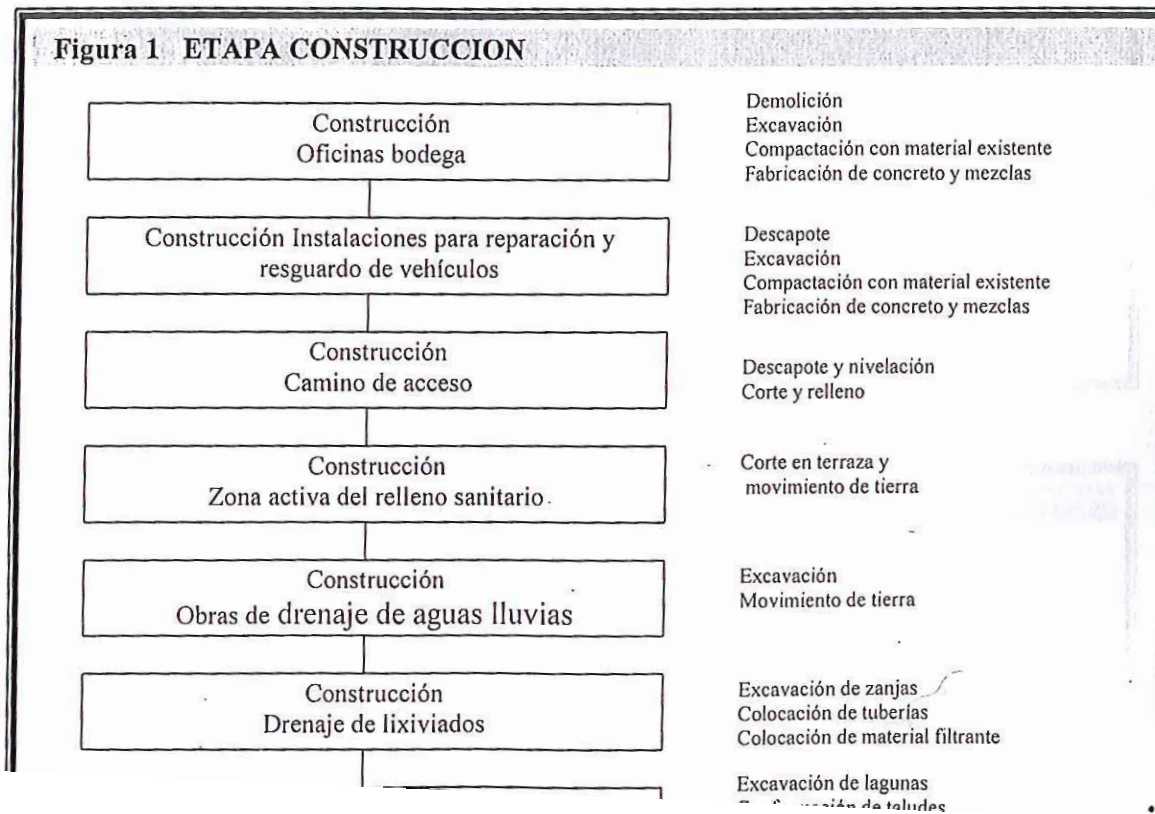


esparcir y compactar la basura en capas de 30 centímetros, recubriéndolas con capas de 15 a 20 cm de tierra al final del día.

3. **Fase de control y vigilancia:** se refiere a aquellas medidas de control para mantener las operaciones en las mejores condiciones, así como al monitoreo y seguimiento de los problemas de operación y mantenimiento.

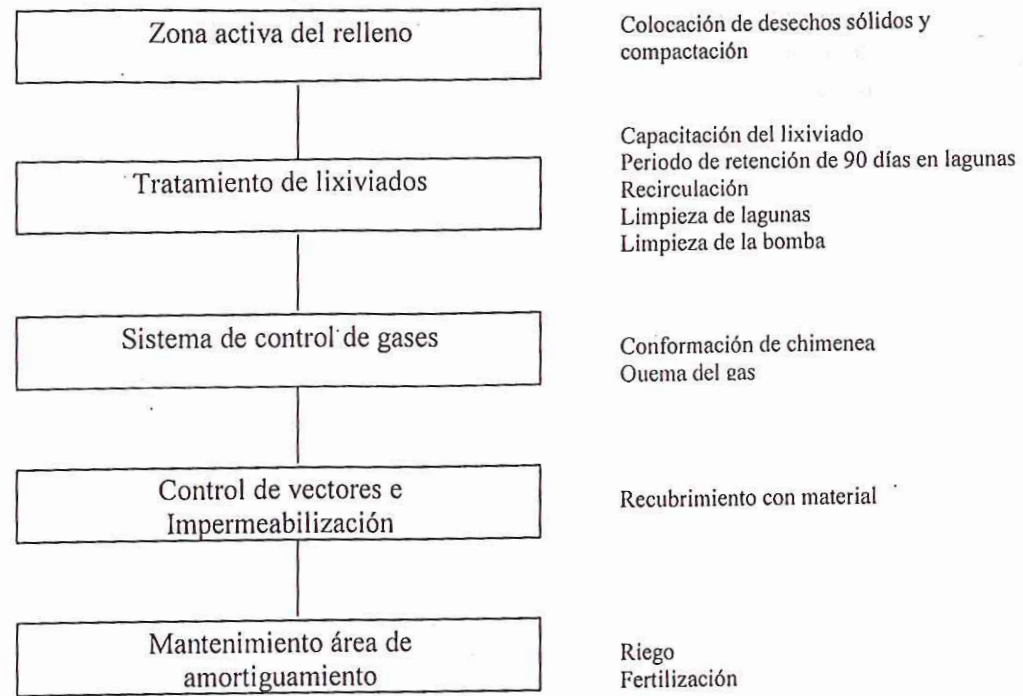
El desarrollo de la zona activa del relleno sanitario se realizará en diversas etapas, partiendo de la cota 26 snm, en donde se conformará la primer terraza en un 50% en la fase I, de la etapa 1. Se debe considerar que el terreno son 84 manzanas con 6,491.5 varas cuadradas con una vida útil proyectada de 26 años y que actualmente cuentan con un presupuesto para la construcción de la primera fase de la etapa 1, que incluye las instalaciones auxiliares y la terraza para el primer año.

En las figuras 1, 2 y 3 se presentan los elementos que componen el proyecto, ubicados por fases, con sus diferentes acciones a realizar.

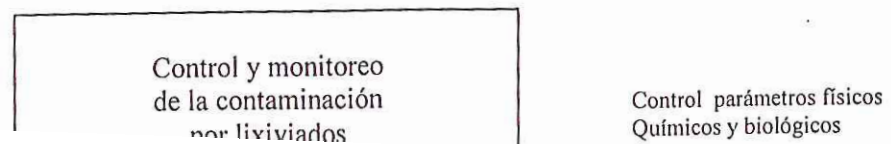




**Figura 2 ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**



**Figura 3 ETAPA CONTROL Y VIGILANCIA**



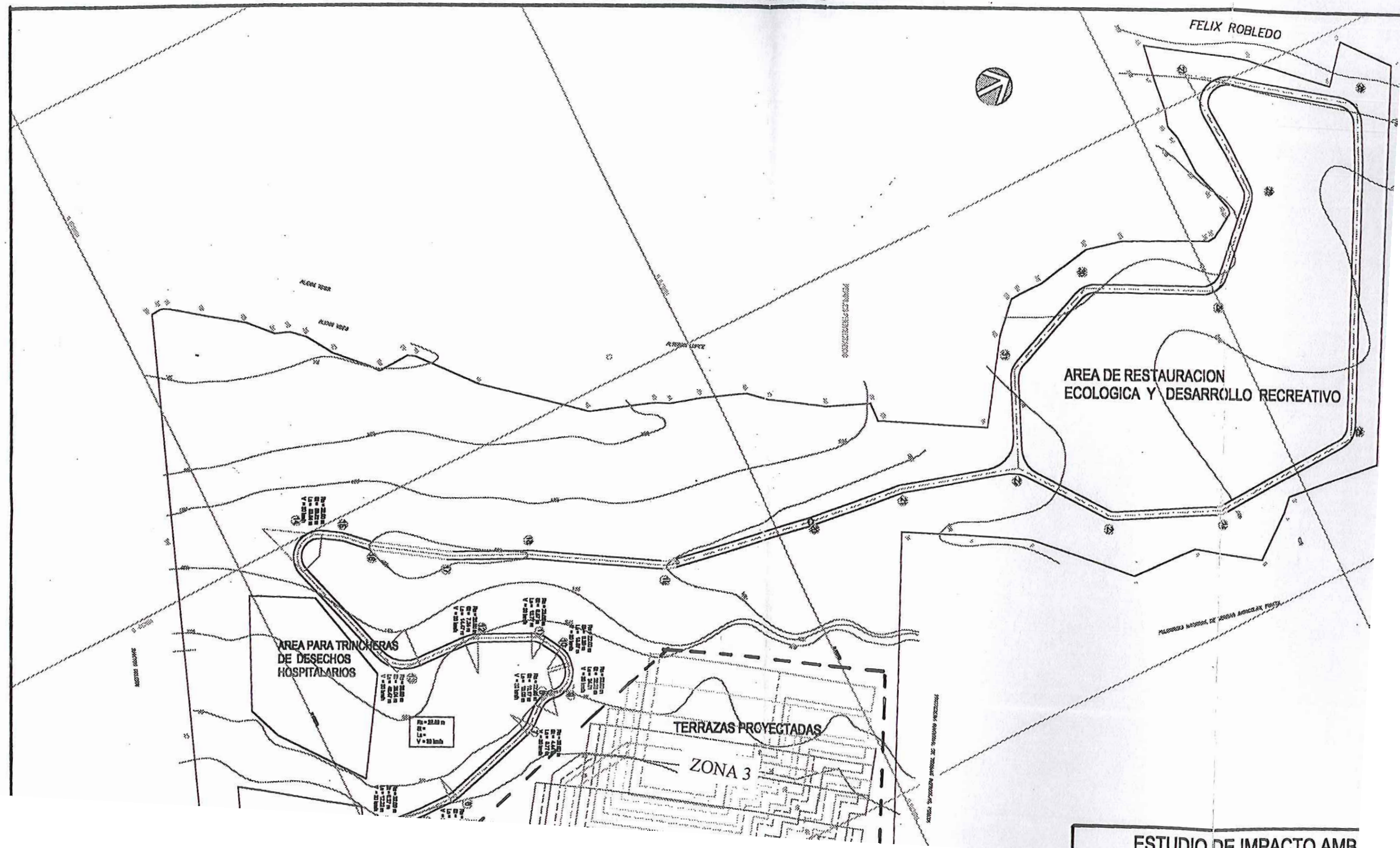


En cada una de las fases se realizan una serie de acciones y procesos que se ubican tanto espacial como temporalmente y que a su vez requieren de diferentes insumos que generan productos de acuerdo a sus características particulares. A continuación se presentan en las tablas 1,2 y 3 los insumos y productos generados por cada acción, para las etapas de construcción, operación y mantenimiento y control; y en la tabla 4 se observa la matriz de ubicación espacial y temporal de las acciones del proyecto, para la ubicación espacial se presenta el mapa 4 que muestra las zonas de trabajo en la planta de conjunto del proyecto.

**Tabla 1. Insumos y productos según actividades desarrolladas en la etapa construcción**

| INSUMO                                                                                                                     | ACTIVIDAD                                                                                                               | ACCIÓN                                                                                                                                                                           | PRODUCTO                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra</li> <li>• Maquinaria</li> <li>• Material de construcción</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de oficinas y bodega</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demolición</li> <li>• Excavación</li> <li>• Compactación con material existente</li> <li>• Fabricación de concreto y mezclas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de empleo</li> <li>• Estructura</li> <li>• 8.88 m<sup>3</sup> de suelo</li> <li>• Ruido</li> <li>• Ripio</li> </ul>                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra</li> <li>• Maquinaria</li> <li>• Material de construcción</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción instalaciones para reparación y resguardo de vehículos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descapote</li> <li>• Excavación</li> <li>• Compactación con material existente</li> <li>• Fabricación de concreto y mezclas</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de empleo</li> <li>• Estructura</li> <li>• 120 m<sup>2</sup> de vegetación herbácea</li> <li>• 24 m<sup>3</sup> de capa fértil</li> <li>• 11.4 m<sup>3</sup> de suelo</li> <li>• Ruido</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra</li> <li>• Maquinaria</li> <li>• Combustible</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción camino de acceso</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descapote y Nivelación</li> <li>• Corte y relleno</li> </ul>                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de empleo</li> <li>• Vía de acceso</li> <li>• 1,800 m<sup>3</sup> de suelo (relleno)</li> <li>• 3,500 m<sup>3</sup> de suelo</li> <li>• Ruido</li> <li>• Polvo</li> </ul>                         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra</li> <li>• Maquinaria</li> <li>• Combustible</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción zona activa del relleno sanitario</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corte en terraza</li> </ul>                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10,329.15 m<sup>3</sup> de suelo</li> <li>• 2,896.3 m<sup>3</sup> de suelo</li> <li>• Generación de empleo</li> <li>• Ruido</li> <li>• Polvo</li> </ul>                                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra</li> </ul>                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción</li> </ul>                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Excavación</li> </ul>                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de empleo</li> <li>• Estructura</li> </ul>                                                                                                                                                        |





FELIX ROBLEDO

AREA DE RESTAURACION  
ECOLOGICA Y DESARROLLO RECREATIVO

AREA PARA TRINCHERAS  
DE DESECHOS  
HOSPITALARIOS

TERRAZAS PROYECTADAS

ZONA 3

$R_0 = 30.00 \text{ m}$   
 $R_L =$   
 $L = 30 \text{ m}$   
 $V = 30 \text{ km/h}$



|                                                                                                                                                   |                                                                                                          |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                   |                                                                                                          | entrada, salida y estructura de vaciado.                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 Lagunas de tratamiento</li> <li>• Ruido</li> <li>• Polvo</li> </ul>                                                                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra</li> <li>• Maquinaria</li> <li>• Combustible</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción sistema de captación y control de gases</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Excavación</li> </ul>                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de empleo</li> <li>• Estructura</li> <li>• Material removido</li> <li>• Ruido</li> <li>• Polvo</li> </ul>                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra</li> <li>• Maquinaria</li> <li>• Combustible</li> <li>• Material de construcción</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción cercado para el control de animales</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chapeo y limpieza</li> <li>• Excavación</li> <li>• Colocación de postes y malla ciclón.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de empleo</li> <li>• Cercado de 700 m</li> <li>• Material removido</li> <li>• Restricción de acceso y carácter a la obra.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra</li> <li>• Maquinaria</li> <li>• Combustible</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acondicionamiento perímetro de amortiguamiento</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahoyado</li> <li>• Sembrado</li> </ul>                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de empleo</li> <li>• Vegetación arbórea</li> </ul>                                                                                   |

**Tabla2. Insumos y productos según actividades de la etapa de operación y mantenimiento**

| INSUMO                                                                                                                       | ACTIVIDAD                                                                             | ACCIÓN                                                                                                                                                                                                                     | PRODUCTO                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra</li> <li>• Maquinaria</li> <li>• Combustible</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona activa del relleno sanitario</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocación de desechos sólidos y compactación</li> </ul>                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo</li> <li>• Gases</li> <li>• Lixiviados</li> <li>• Ruido</li> <li>• Polvo</li> <li>• Movimiento adicional de vehículos</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bomba</li> <li>• Combustible</li> <li>• Lubricantes</li> <li>• Lixiviado</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento de lixiviados</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Captación del lixiviado</li> <li>• Periodo de retención de 90 días en lagunas.</li> <li>• Recirculación</li> <li>• Limpieza de lagunas</li> <li>• Limpieza de la bomba</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo</li> <li>• Efluentes líquidos menos contaminantes</li> </ul>                                                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra</li> <li>• Material de construcción</li> <li>• Gases</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de control de gases</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conformación de chimenea.</li> <li>• Quema de gas</li> </ul>                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo</li> <li>• Eliminación de hidrocarburos.</li> <li>• Generación de dióxido de carbono, dióxido de</li> </ul>                      |











## SELECCIÓN DE LAS ACCIONES RELEVANTES

### (Tamizado de acciones)

Una vez realizada la descripción de los diferentes componentes del proyecto y haber desglosado e identificado las acciones correspondientes a cada actividad, se procedió a efectuar un tamizado de las acciones, a fin de seleccionar aquellas que realmente sean relevantes a los fines del Estudio de Impacto Ambiental. Para tal fin se procedió de la siguiente manera:

- a. Se establecieron los criterios de selección y se les asignó el peso correspondiente con base a la opinión del grupo de trabajo, siendo los criterios seleccionados los siguientes:
  - Área afectada (12%): es la superficie afectada por el proyecto medida en m<sup>2</sup> o manzanas.
  - Intensidad (25%): es el grado de destrucción que se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos.
  - Duración (19%): el efecto que se manifiesta dentro del tiempo comprendido en un ciclo anual, antes de 5 años o en un período superior.
  - Aspectos legales (19%): consiste en las normativas vigentes aplicable al proyecto.
  - Irreversibilidad (25%): supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar, por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce.
- b. Se procedió a cuantificar en tal sentido cada acción. Se evaluó asignándole un valor del 1 al 10 para cada criterio. El valor obtenido en cada criterio fue afectado por el peso correspondiente y luego se efectúa la suma correspondiente de los valores afectados.
- c. A fin de seleccionar las acciones relevantes, se estableció una escala de valores:
 

|           |                |
|-----------|----------------|
| 1 – 2.5   | Irrelevante    |
| 2.6 – 4.9 | Poco relevante |
| 5.0 – 7.5 | Relevante      |
| 7.6 – 10  | Muy relevante  |

Se seleccionaron las acciones que alcanzaron la denominación de relevante y muy relevantes. En total de las 36 acciones 11 alcanzaron tales denominaciones, es decir se descartaron 25 que de



las acciones relevantes en las fases de construcción y de operación y mantenimiento

| Fase     | Acciones de cada actividad                          | Criterios de selección |     |     |     |     |       | Peso de la acción |      |       |       |       |  |
|----------|-----------------------------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|-------------------|------|-------|-------|-------|--|
|          |                                                     | AA                     | I   | D   | AL  | IR  | St-AA | St-I              | St-D | St-AL | St-IR | TOTAL |  |
| N        |                                                     | 12%                    | 25% | 19% | 19% | 25% |       |                   |      |       |       |       |  |
|          | ACCIÓN                                              |                        |     |     |     |     |       |                   |      |       |       |       |  |
|          | Demolición                                          | 1                      | 6   | 1   | 3   | 7   | 0.12  | 0.72              | 0.19 | 0.57  | 1.75  | 3.35  |  |
|          | Excavación                                          | 1                      | 8   | 2   | 3   | 7   | 0.12  | 0.96              | 0.38 | 0.57  | 1.75  | 3.78  |  |
|          | Compactación con material existente                 | 1                      | 8   | 3   | 3   | 7   | 0.12  | 0.96              | 0.36 | 0.36  | 0.84  | 2.64  |  |
|          | Fabricación de concreto y mezclas                   | 1                      | 5   | 1   | 3   | 7   | 0.12  | 0.6               | 0.12 | 0.36  | 0.84  | 2.04  |  |
| esguardo | Descapote                                           | 2                      | 4   | 2   | 3   | 6   | 0.24  | 0.48              | 0.38 | 0.57  | 1.5   | 3.17  |  |
|          | Excavación                                          | 2                      | 8   | 2   | 3   | 7   | 0.24  | 0.96              | 0.38 | 0.57  | 1.75  | 3.9   |  |
|          | Compactación con material existente                 | 2                      | 8   | 3   | 3   | 7   | 0.24  | 0.96              | 0.57 | 0.57  | 1.75  | 4.09  |  |
|          | Fabricación de concreto y mezclas                   | 1                      | 5   | 1   | 3   | 7   | 0.12  | 0.6               | 0.19 | 0.57  | 1.75  | 3.23  |  |
|          | Descapote y nivelación                              | 5                      | 9   | 5   | 3   | 8   | 0.6   | 1.08              | 0.95 | 0.57  | 2     | 5.2   |  |
|          | Corte y relleno                                     | 5                      | 9   | 6   | 3   | 8   | 0.6   | 1.08              | 1.14 | 0.57  | 2     | 5.39  |  |
| no       | Corte en terraza y movimiento de tierra             | 9                      | 10  | 9   | 3   | 10  | 1.08  | 1.2               | 1.71 | 0.57  | 2.5   | 7.06  |  |
| aguas    | Excavación                                          | 5                      | 8   | 5   | 3   | 8   | 0.6   | 0.96              | 0.95 | 0.57  | 2     | 5.08  |  |
|          | Movimiento de tierra                                | 4                      | 8   | 3   | 3   | 8   | 0.48  | 0.96              | 0.57 | 0.57  | 2     | 4.58  |  |
| s        | Excavación de zanjas                                | 5                      | 8   | 5   | 3   | 8   | 0.6   | 0.96              | 0.95 | 0.57  | 2     | 5.08  |  |
|          | Colocación de tuberías                              | 3                      | 6   | 5   | 3   | 8   | 0.36  | 0.72              | 0.95 | 0.57  | 2     | 4.6   |  |
|          | Colocación de material filtrante                    | 3                      | 6   | 5   | 3   | 8   | 0.36  | 0.72              | 0.95 | 0.57  | 2     | 4.6   |  |
| izados   | Excavación de lagunas                               | 4                      | 8   | 5   | 3   | 9   | 0.48  | 0.96              | 0.95 | 0.57  | 2.25  | 5.21  |  |
|          | Conformación de taludes                             | 3                      | 3   | 4   | 3   | 9   | 0.36  | 0.36              | 0.76 | 0.57  | 2.25  | 4.3   |  |
|          | Colocación de tubería de entrada, salida y estr. de | 2                      | 3   | 4   | 3   | 9   | 0.24  | 0.36              | 0.76 | 0.57  | 2.25  | 4.18  |  |







## EVALUACIÓN AMBIENTAL

### Descripción y análisis del ambiente (sin proyecto)

#### *Clima.*

Como el resto del país, la región "E", pertenece a la región climática de los trópicos semi-húmedos.

De acuerdo a la clasificación de Koppen, quien considera que la mejor expresión de los efectos del clima es la vegetación nativa, la que a su vez está relacionada directamente con la elevación del terreno; en la región se tienen las mayores precipitaciones del país y se identifican cuatro zonas climatológicas siendo la de interés para este estudio La sabana tropical caliente con las siguientes características:

La sabana tropical caliente o tierra caliente: Comprendida entre las elevaciones de 0 a 800 msnm, siendo ésta la Llanura aluvial costera. Con variaciones de temperatura de 18° a 28°C como valores mínimos y máximos mensuales con una precipitación media anual de 1700 mm, los cultivos predominantes son: cereales, pasto, caña de azúcar y matorrales.

Cerca de la propiedad no existe una estación meteorológica, pero se dispone de registros de precipitación y temperatura de la estación meteorológica tipo T-6 en Acajutla, cuyos datos de elevación y orientación son: 15 msnm. 13° 34.4' latitud norte y 89° 50.0' longitud oeste respectivamente.

De acuerdo a la distribución de zonas climáticas en El Salvador, Salinas de Ayacachapa se encuentra en la clasificación de tierra caliente, tipo (AW aig). Esta zona se extiende de 0 – 800 msnm; con temperatura media anual de 22° - 27° C y en algunos meses alcanza temperaturas máximas de 40.8°C. la precipitación promedio anual es de 147.63 mm. Y una humedad relativa del aire promedio anual de 75.5 %. Predominando los vientos con rumbo NE.

La región puede ser caracterizada en forma general con los parámetros climatológicos obtenidos de la red de estaciones Hidrometeorológicas existentes (Ver tabla N°6).

Cerca de 20 Ha. Están cubiertas de bosque secundario donde hay por lo menos 20 especies de árboles forestales de uso maderables y no maderables; que manejados de manera sostenible pueden mejorar significativamente el ecosistema de la propiedad.

**Tabla 6 Resumen de información climatológica de la región "E"**

| Periodo climático          | Estación lluviosa                                                                                                                  | Estación seca                                                                                                                         |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Duración                   | Mayo - Octubre                                                                                                                     | Noviembre - Abril                                                                                                                     |
| Temperatura                | La temperatura máxima absoluta es de 34.4°C en el mes de mayo y mínimo durante la noche de 12°C en el mes de octubre.              | Con temperatura media mensual de 20.2°C y valores extremos de 21.7° y 19.4°C en los meses de abril y enero.                           |
| Viento circulación general | La dirección predominante es sur-este, con una velocidad de 5.33 km/hora con extremos de 7 y 4 km/hr como máximo y mínimos.        | Con una velocidad de 6 km/hr, extremos de 11 y 2 km/hr, con una dirección dominante Este, cambiando a norte durante ciertos periodos. |
| Luz-Solar                  | Con un promedio de 7 hr/día, un máximo de 8.6 hr/día en el mes de abril y un mínimo en el mes de septiembre de 6.1 hr/día.         | Con valores extremos de 8.8 y 10.1 hr/día en los meses de Noviembre y Enero respectivamente, con un promedio de 9.5 hr/día            |
| Humedad relativa del aire  | La humedad media mensual es del 81.8% y un mínimo de 78% en el mes de julio y un máximo de 85% en el mes de octubre.               | Con un promedio del 72.5%, valores extremos del 80% y 66% en los meses de noviembre y enero.                                          |
| Fenómenos Especiales       | Canícula en el mes de junio de 5 a 6 días máximo, otro fenómeno son los temporales que ocurren en los meses de junio y septiembre. | Lluvias convectivas ( gran intensidad y corta duración) durante este periodo de tipo local .                                          |

#### **Condiciones socioeconómicas**

El régimen de tenencia de la tierra en la zona se caracteriza con la existencia de pequeños propietarios, además de existir propietarios con áreas mayores a las 20 mz.



Es imperativo mencionar en este apartado, que el manejo del recurso forestal no ha sido incentivado; sin embargo la capacidad de estos suelos y por su topografía, es forestal. De ahí la importancia de promover el manejo sostenible del bosque existente y en la medida de lo posible la implementación de especies forestales especialmente en los alrededores del relleno sanitario por construir.

### *Inventario forestal*

Se ubicaron cinco zonas paralelas a la línea base ( cota 22 ); en cada zona se establecieron subparcelas de muestreo estratificado de tamaños variables, según la vegetación existente. Las estrategias de medición fueron:

|           |   |                                                               |
|-----------|---|---------------------------------------------------------------|
| Brinzales | : | individuos con alturas entre 0.3 m y 0.5 m.                   |
| Latizales | : | individuos de altura mayor a 1.5m o con diámetros < 10cm dap. |
| Fustales  | : | Individuos con dap entre 10 y 40 cm.                          |
| Arboles   | : | individuos de dap > 40 cm.                                    |

Antes de hacer la descripción de cada uno de los estratos mencionados, es conveniente hacer notar que el bosque existente en su mayoría es caducifolio cuya característica principal es que pierde las hojas anualmente durante la estación seca.

Los brinzales se registraron en subparcelas de 5 X 5 m. Con una intensidad de muestreo de 5 %; los latizales en subparcelas de 10 X 10 m. A una intensidad de muestreo del 7 %. Los fustales en subparcelas de 20 X 20 m. A una intensidad de muestreo del 10 %; y los arboles en subparcelas de 25 X 25 m. A una intensidad de 100 %. Este muestreo está basado en las categorías descritas por Barnard ( 1950 ).

El resultado de los registros obtenidos en los estratos brinzales, latizales y fustales descritos en el párrafo anterior demuestran que las especies existentes no son de importancia económica ya que, predomina la vegetación de sotobosque. Es importante considerar que en el estrato latizales el 90 % de la muestra lo constituye la especie Pithecollobium dulce ( Mangollano ), situado en el lado noreste de la propiedad donde se construirá el relleno sanitario.

El resultado de los registros obtenidos del estrato conocido como árboles, ubicado en la parte superior de la propiedad ( cota 100 – 250 ) se observa una cantidad significativa de árboles de distintas especies que, además de ser semilleros, tienen importancia ecológica y de sombra.

# Salinas de Ayacachapa

| Nombre científico              | Nombre común                               | Tipo de planta/ estrato   | Uso                                  |
|--------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| <i>Acacia</i>                  | Mira / siempre viva                        | Arbusto                   | Medicinal                            |
| <i>(Vasque)</i>                | Hijo de la Montaña                         | Árbol                     | ornamental                           |
| <i>ica</i>                     | Tamarindo                                  | Árbol                     | Leñosa/Alimento                      |
|                                | Carao                                      | Árbol                     | Alimento/leña                        |
| <i>um</i>                      | Hoja de Tapa                               | Arbusto                   | Medicinal                            |
| <i>Vitifolium</i>              | Tecomasuche                                | Árbol                     | Leña                                 |
| <i>a</i>                       | Terebinto                                  | Árbol                     | Madera                               |
| <i>ens</i>                     | Pan Caliente/ Pega Pega                    | Planta trepadora          | Maleza                               |
|                                | Campanilla                                 | Plantas leñosas/herbáceas | Mala hierba                          |
| <i>ulensis</i>                 | Campanilla roja                            | Plantas leñosas/herbáceas | Mala hierba                          |
| <i>i</i>                       | Golondrina                                 | Planta leñosa             | Mala hierba                          |
| <i>idra</i>                    | Pie de Venado                              | Arbusto Leñoso            | Ninguno                              |
| <i>z L.</i>                    | Casia Rozada                               | Árbol                     | Leña / madera                        |
| <i>enthus</i>                  | Chichingua oloroso                         | Planta leñosa             | Mala hierba                          |
|                                | Is canal                                   | Arbusto                   | Cercos                               |
| <i>in</i>                      | Jobo                                       | Árbol                     | Leña, sombra                         |
| <i>rboreus</i>                 | Mano de Leon                               | Arbustos                  | Cercos                               |
| <i>mtus</i>                    | Laurel negro                               | Árbol                     | Madera                               |
| <i>mga</i>                     | Volador                                    | Árbol                     | Madera/postes                        |
| <i>tical</i>                   | Mango                                      | Árbol                     | Alimento                             |
| <i>culifolia</i>               | Cortez Blanco                              | Árbol                     | Madera (prohibido talar)             |
| <i>a (Bertol.JDC)</i>          | Maculis/Maquilisguat                       | Árbol                     | Madera (prohibido talar)             |
| <i>uba (L.) Serg.</i>          | Jiote / Palo de jiote                      | Árbol                     | Cercos                               |
| <i>rescens (Humb. Y Bonp.)</i> | Tutumushte / siete pellejos/palo de ceniza | Arbusto / árbol           | Leña                                 |
| <i>ifolia Lamarck.</i>         | Tapaculo / caulote                         | Árbol                     | Medicina / leña                      |
| <i>ifera Hemsley</i>           | Tambor / palo de queso                     | árbol                     | Hojas para quesos, leña.             |
| <i>ns (R. y R.) H.B.K.</i>     | Tacobon/matapulga                          | Hierbo / arbusto          | Mala hierba                          |
| <i>iflora</i>                  | Jocotillo                                  | Arbusto / árbol           | Leña                                 |
| <i>m dulce (Rox.) Benth</i>    | Carbón colorado                            | Arbusto / árbol           | Preparación de carboón               |
| <i>usifolia Bertoloni</i>      | Mangollano                                 | Árbol espinoso            | Leña                                 |
| <i>eroana urban</i>            | Guarumo                                    | Árbol mediano             | Ninguno                              |
| <i>Calderón Standl</i>         | Pito                                       | Árbol pequeño             | Alimento                             |
|                                | Huilihiste                                 | árbol                     | Cualidades venenosas y paralizantes. |

, se encuentran en un numero no significativo desde el punto de vista poblacional ; a excepción del mangolla



### *Fauna existente en Salinas de Ayacachapa*

#### **Invertebrados.**

Aun cuando el inventario en este estrato (nicho de vida) es sumamente difícil realizarlo; en las primeras observaciones permitieron ubicar en perspectiva algunas poblaciones existentes así tenemos:

- Arácnidos; como : arañas, alacranes, arañas de tenazas.
- De orden Diplopona (mil pies) y chilopoda (cien pies).
- Dentro de los insectos se observaron: algunos de orden Orthopteros; Himépteros (chinchas); Coleópteros (escarabajo); lepidópteros (mariposas); Dípteros (moscas y mosquitos); Himenópteros (Hormigas)

#### **Vertebrados**

Dentro de la propiedad, existen no muy variadas especies de vertebrados. Aun así si consideramos su tamaño y actividad junto a los insectos, es uno de los grupos que más espacio deberían ocupar en la conciencia humana. Ya que son un eslabón importante en la cadena alimenticia.

No obstante lo considerado en el estudio; representa que, este equilibrio se mantiene aun con el proyecto del Relleno Sanitario por iniciar. Básicamente se asegura ya que la flora existente no sufrirá cambios de consideración.

Algunos vertebrados observados en Salinas de Ayacachapa con los nombres comunes son : Iguanas y Lagartijas, Cherenqueques, Tenguereches bobos o iguana crestada; anolis, cochosa rayada, víboras, víboras cascabel.

Aves de rapiña como zopilotes, gavilanes y halcones, aves de rapiña nocturnas como buhos y lechuzas ( especialmente de las cotas 100 – 250), aves rápidas Yencejos y colibríes, entre otros que no se lograron identificar.

#### **Mamíferos**

### *Geomorfología y Drenaje de la Región*

Geomorfológicamente la región se divide en las unidades siguientes:

- Cordillera del Bálsamo
- Planicie Costera de Sonsonate
- Llanura costera del río Jiboa
- Region de esteros de la barra salada y manglares

A continuación se describirá únicamente la unidad donde está ubicado el proyecto.

#### *Planicie costera de Sonsonate*

Esta zona está formada por los depósitos aluviales recientes transportados por las corrientes de agua. Provenientes del complejo volcánico de Santa Ana – Izalco y parte de la cadena del Bálsamo que se extienden desde Sonsonate a la costa, la llanura está formada por gravas, arenas, limos y arcillas que descansan sobre tobas, estos sedimentos presentan un espesor que va de 1 a 10 m detectados en afloramientos sobre el Río Banderas y sus alrededores, en la zona de la costa el espesor es mayor.

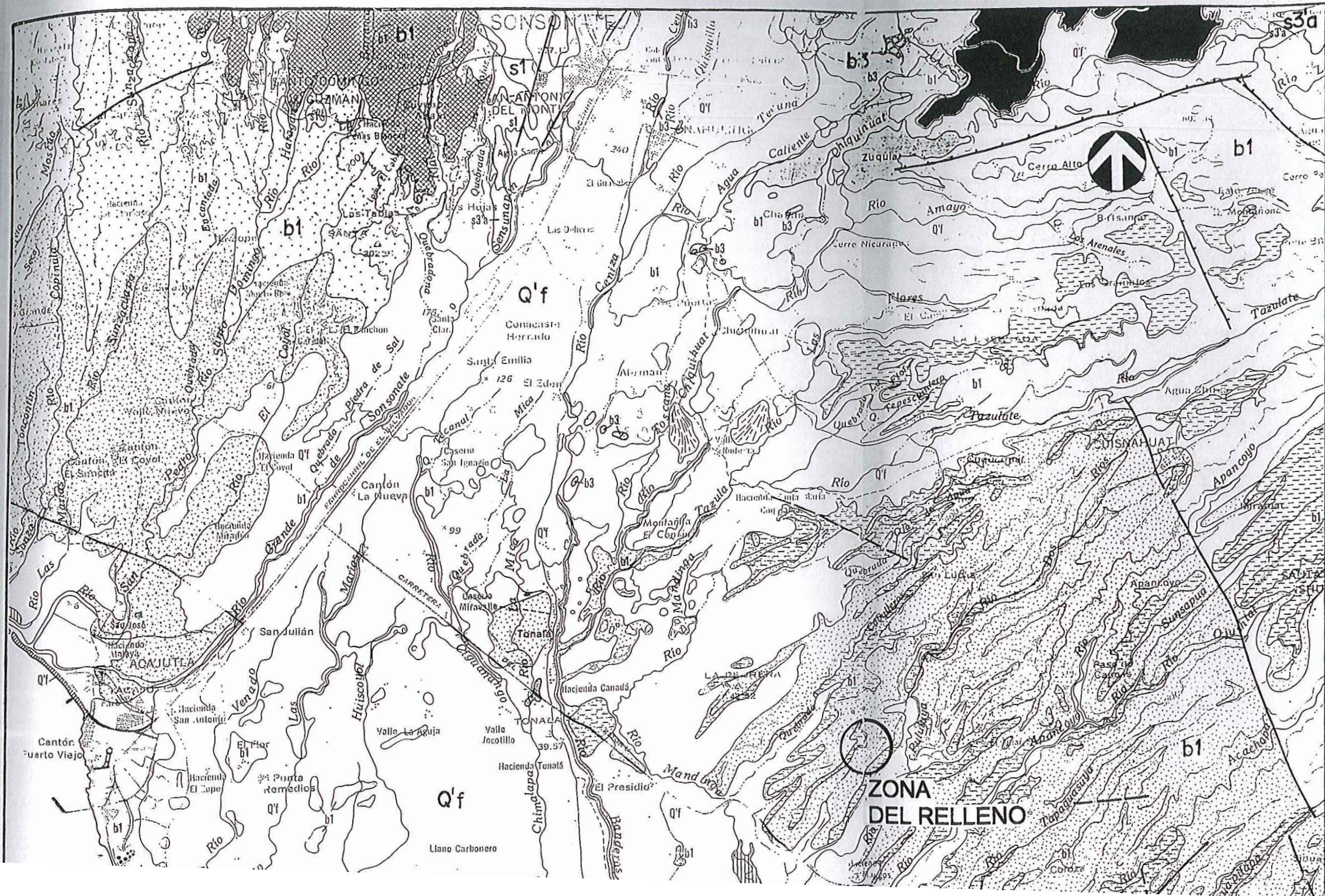
La permeabilidad de estos depósitos depende de su granulometría, porosidad y forma en que se agrupan los materiales, disminuyendo gradualmente a medida que disminuye el tamaño de los mismos, lo que aumenta el grado de compactación y cementación.

Esta área aloja un acuífero que por sus características de formación se puede considerar como bueno. La topografía de esta zona en general es plana, presentando una pendiente del 1%, en dirección hacia el océano.

#### *Geología*

La zona donde está ubicado el proyecto está formada por rocas de origen volcánico pertenecientes al Cuaternario y Terciario (ver mapa 5). Los centros de origen de los materiales volcánicos Terciarios se desconocen, en parte fluyeron por fisuras, mientras que las rocas volcánicas, cuaternarias fueron expulsadas por los centros volcánicos ubicados al norte de la Región. Las rocas volcánicas han sido transportadas por las corrientes de agua de las





# SIMB

## FORMACION BA

- b1 EPICLASTITAS
- b3 EFUSIVAS BAS

## FORMACION SA

- Q'f DEPOSITOS S
- s5'a EFUSIVAS BA
- s3'a PIROCLASTI
- s1 PIROCLASTI LOCALMENT



estrato es la formación San Salvador, por lo que a continuación se describen únicamente estas dos formaciones de la región hidrográfica.

### **Formación San Salvador**

**Sedimentos aluviales:** Los sedimentos aluviales son los materiales más recientes, estando constituidos por cantos rodados, gravas, arenas y limos, sobre sedimentos marinos, arenas con restos de moluscos. Su carácter petrográfico es variado, el que va de básico a ácido, presentando un espesor saturado mayor a los 200 m, esto sobre la base de la perforación de pozos ubicados en el área de Acajutla.

**Lavas y Piroclásticos:** Estas rocas pertenecen al Cuaternario, siendo las lavas de carácter básico (Basálticas) piroclásticos sueltos (cenizas y lapilli) escoria con intercalación de tobas líticas y pumíticas. El carácter petrográfico de los materiales antes mencionados va de basáltico a dacítico.

### **Formación Bálsamo**

Los estratos del Bálsamo están constituidos por lavas y aglomerados, parcialmente descompuestos en arcilla. En parte están cubiertos por piroclásticos e intercalados con tobas, lahar (corrientes de lodo) y tufitas. El carácter predominante de estos materiales es Básico (basáltico-andesítico).

Esta formación se divide en tres, colocándolos en el siguiente nivel estratigráfico:

- b3 Efusivas básicas intermedias
- b2 Efusivas ácidas - intermedias - ácidas
- b1 Piroclastitas ácidas, epiclásticas volcánicas

El ultimo estrato b1, es el correspondiente al área donde se construirá el relleno sanitario, el cual es un estrato bastante consolidado con afloramiento de rocas.

### **Suelos y topografía**

El tipo de suelo predominante en la zona de los incensales y entisoles sódicos;



La textura superficial es franco arcillosa y en la zona destinada para el relleno sanitario es franca. El subsuelo tiene una textura arcillosa con una profundidad promedio de un metro. Con alto grado de pedregosidad desde la cota 75 hasta la 200.

La topografía varía de alomada hasta montañosa de pendientes fuertes y quebradas profundas; con estratos inferiores variables; lavas, lodos volcánicos, tobas y aún materiales volcánicos finos ( cenizas, escoria volcánica y lapilli ).

Con relación a la permeabilidad esta es buena en la cota 100 – 150 y baja desde las cotas 100 a 22 provocando en éstas una escorrentía rápida. La pendiente en la zona del relleno es de 20 a 30 % y en el sector poniente del 30 a 50%.

### *Hidrografía*

La magnitud de la escorrentía superficial está gobernada no sólo por la intensidad y duración de la precipitación de la región o cuenca que es objeto del estudio, sino por otros factores físicos de la misma como son: la pendiente del terreno, la permeabilidad de los estratos existentes, la humedad existente en el suelo y la cobertura vegetal.

El terreno se puede dividir en tres partes o zonas: la zona alta, media y baja.

La zona alta o parte norte constituida por la Loma Pacha en donde su mayor parte drena hacia la quebrada el Pito o La Sompopera y solo un 30% drena por el sector poniente del terreno ya que el sector oriente que es donde se ubican las terrazas del relleno está truncado por un corte natural casi a 90° con diferencia de nivel de 50 a 75 metros.

La zona media formada por una loma suave que va de la curva 50 a la 100 está conformada por materiales pertenecientes al terciario cuya permeabilidad es nula y en donde se forman pequeñas quebradas con cauces que no superan los 60 cm.

Y la zona baja que va de la curva 20 a la 50, también está formada por materiales pertenecientes al terciario cuya permeabilidad es nula y en donde se ubican los drenajes de la calle, que evacúan más al sur en los niveles del 20 a 13 que llegan al río Pululuya, que se encuentra paralelo a la calle, teniendo su punto más cercano al poniente del terreno a unos 30 metros y su parte mas alejada en sector oriente (zona del relleno) a unos 100 metros.

La zona se puede considerar como un sistema cerrado observándose una ausencia de



San Lucas y río Dos Ríos) y cuya característica es que no descarga en el río Mandinga perdiéndose antes de llegar, debido a que la zona está conformada por material más granulares.

La región en general drena a través de 16 ríos principales de los cuales el río Pululuya es de un tamaño medio y se puede concluir que los ríos de la zona de estudio son pequeños y no tienen un gran potencial, como puede observarse en la tabla 8.

**Tabla 8. Características de los ríos principales de la región "E"**

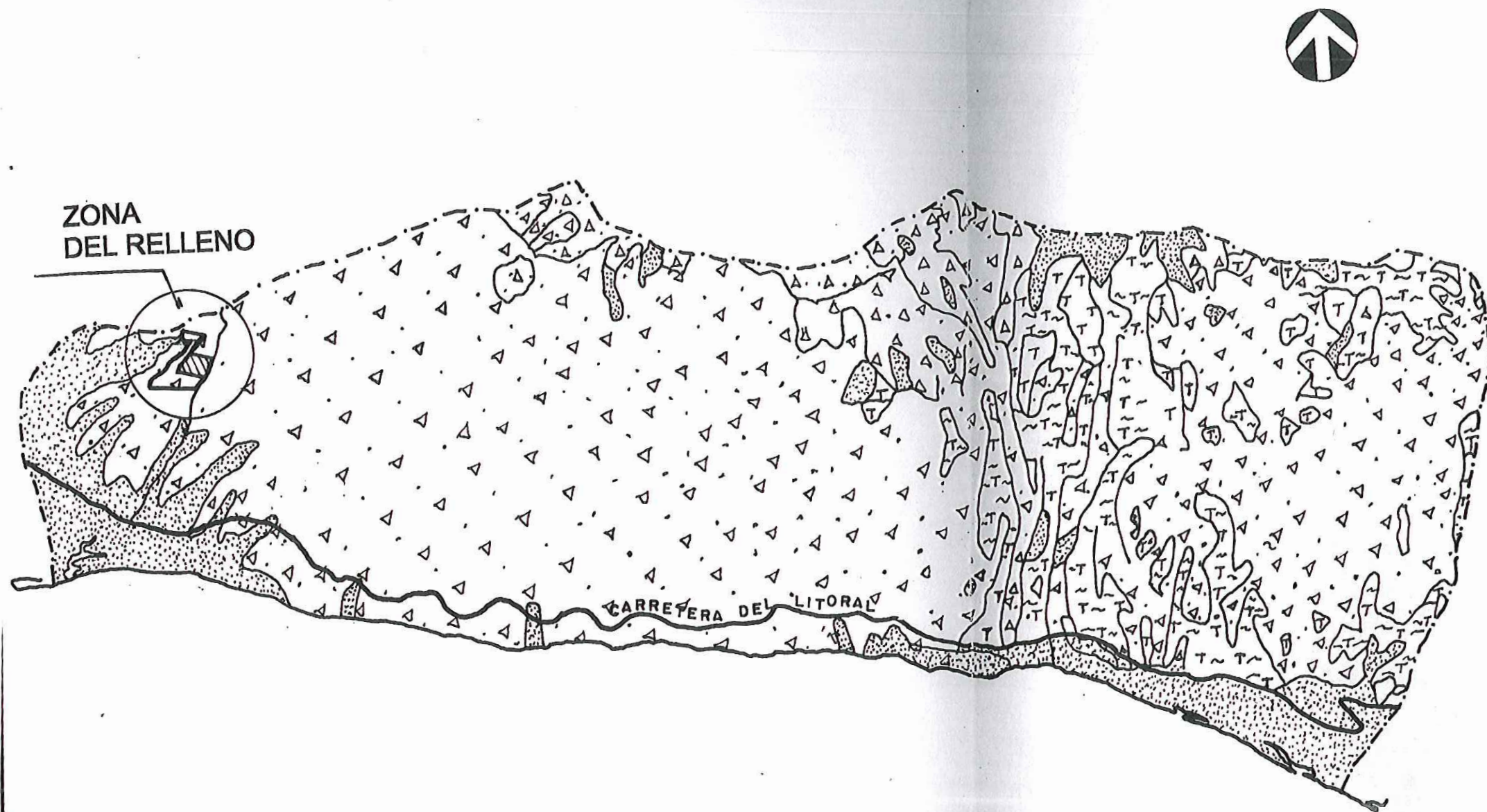
| Cuenca      | Rio         | Area de drenaje km <sup>2</sup> | Longitud recorrido km | Tipo de drenaje |
|-------------|-------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------|
| Mandinga    | Mandinga    | 46.5                            | 12                    | Dentritico      |
| Pululuya    | Pululuya    | 52.3                            | 19                    | Dentritico      |
| Apancoyo    | Apancoyo    | 91                              | 21                    | Dentritico      |
| Acachapa    | Acachapa    | 92                              | 25                    | Dentritico      |
| Mizata      | Mizata      | 31.5                            | 21                    | Dentritico      |
| La Perla    | La Perla    | 84.7                            | 21                    | Dentritico      |
| Sunzal      | Sunzal      | 49.1                            | 19                    | Dentritico      |
| Comasagua   | Comasagua   | 78.3                            | 20                    | Dentritico      |
| Chilama     | Chilama     | 76.5                            | 25                    | Dentritico      |
| Aquisquillo | Aquisquillo | 30                              | 20                    | Dentritico      |
| Huiza       | Huiza       | 146                             | 27                    | Dentritico      |
| Tihuapa     | Tihuapa     | 94.9                            | 25                    | Dentritico      |

#### *Unidades Hidrogeológicas*

Sobre la base de las características hidrogeológicas de las rocas, tales como la capacidad para admitir, almacenar y transmitir agua se han agrupado las rocas que presentan características hidrogeológicas similares, con el fin de elaborar un mapa que muestre las diferentes unidades hidrogeológicas (ver mapa 6), siendo estas las siguientes:

- a) Sedimentos aluviales recientes (Qal)
- b) Aglomerados y lavas terciarias (Tla)
- c) Sedimentos Aluviales (Qal)





## SIMBOLOG



SEDIMENTOS ALUVIONALES REC  
FLUVIO LACUSTRE, PERMEABILIC



LAVAS ANTIGUAS  
PERMEABILIDAD : BAJA A MUY B.



AGLOMERADOS Y LAVAS TERCI  
PERMEABILIDAD : MUY BAJA A P

### *Propiedades Hidráulicas de las Unidades Hidrogeológicas*

La unidad hidrogeológica constituida por lavas y piroclásticos cuaternarios, es la de mayor importancia por presentar condiciones favorables, para admitir y transmitir volúmenes considerables de agua, que recargan los acuíferos. Sin embargo la existencia de ellas en la zona es menor del 10%.

Los piroclásticos cuaternarios presentan una permeabilidad relativamente baja, debido a que están constituidos en su mayor parte por materiales finos (polvo volcánico y cenizas) y tobas.

Los aglomerados y lavas Terciarias se caracterizan por su estado masivo y compacto, por lo que se caracterizan por su baja capacidad para admitir y transmitir agua, presentando permeabilidad baja a prácticamente nula, excepto cuando las lavas se encuentran fracturadas, donde la permeabilidad es mayor. En este tipo de materiales, por lo antes mencionado, no es posible la existencia de un acuífero continuo, sino que solo existen bolsones aislados de agua que, por lo general, tienen un bajo rendimiento.

#### *Superficie Freática:*

Los datos del nivel freático fueron obtenidos de los pozos cercanos a la zona en donde se observo a 14 msnm, el terreno tiene su menor nivel en 20 msnm e inicia con la primera terraza en el nivel 26 msnm, lo queda una profundidad de 12 metros al nivel freático.

En general en la zona del proyecto la superficie freática se localiza entre los 50 y 10 metros debido a la elevación que cobra el terreno de 26 a 100 metros.



### Descripción y análisis del ambiente (situación con proyecto)

Con base a la información anterior, se presentan las tablas 9 y 10 de los posibles efectos sobre el medio ambiente haciendo una predicción de los posibles efectos sobre la calidad ambiental de los componentes del medio. Para esta predicción se consideraron las acciones que alcanzaron la denominación de relevante y muy relevante presentadas en la tabla 5. Y se hizo un análisis de los cambios que sucederían comparando con la situación sin proyecto.

**Tabla 9. Efectos sobre el ambiente en la fase de construcción.**

| Actividad                                | Acción                                  | Efectos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Construcción camino de acceso            | Descapote y nivelación                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la topografía</li> <li>• Compactación del suelo</li> <li>• Contaminación de la capa superficial de suelo con subsuelo excavado</li> <li>• Modificación del paisaje</li> <li>• Modificación del hábitat</li> <li>• Eliminación cubierta vegetal</li> <li>• Pérdida de suelo por remoción</li> <li>• Producción de ruido y polvo</li> <li>• Cambios en el uso del suelo</li> </ul> |
|                                          | Corte y relleno                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interrupción del flujo superficial</li> <li>• Modificación del paisaje</li> <li>• Modificación del hábitat</li> <li>• Producción de ruido y polvo</li> <li>• Cambios físicos del suelo</li> <li>• Cambios en el uso del suelo</li> </ul>                                                                                                                                                       |
| Const. Zona activa del relleno sanitario | Corte en terraza y Movimiento de tierra | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interrupción del flujo superficial</li> <li>• Alteración propiedades físicas del suelo</li> <li>• Eliminación cubierta vegetal</li> <li>• Alteración de la topografía</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |

|                                  |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Const. Drenaje de lixiviados     | Excavación de zanjas  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración propiedades físicas del suelo</li> <li>• Modificación del paisaje</li> <li>• Modificación del hábitat</li> <li>• Producción de ruidos</li> <li>• Interrupción del flujo superficial</li> <li>• Cambios en el uso del suelo</li> </ul> |
| Const. Tratamiento de lixiviados | Excavación de lagunas | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación del paisaje</li> <li>• Modificación del hábitat</li> <li>• Producción de ruidos</li> <li>• Alteración drenaje</li> <li>• Compactación del suelo</li> <li>• Cambios en el uso del suelo</li> </ul>                                   |

**Tabla 10. Efectos sobre el ambiente en la fase de operación y mantenimiento.**

| Actividad                         | Acción                                        | Efectos                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zona activa del relleno sanitario | Colocación de desechos sólidos y compactación | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación del paisaje</li> <li>• Alteración propiedades físicas del suelo</li> <li>• Introducción de vectores</li> <li>• Modificación del hábitat</li> <li>• Contaminación del aire</li> <li>• Producción de ruido y polvo</li> </ul> |
| Tratamiento de lixiviados         | Captación del lixiviado                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación propiedades físicas del suelo</li> <li>• Interferencia en la migración del gas producido</li> <li>• Protección de aguas subterráneas</li> </ul>                                                                             |
|                                   | Recirculación                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación propiedades físicas del suelo</li> <li>• Contaminación del aire</li> <li>• Contaminación de aguas superficiales</li> </ul>                                                                                                  |



### Selección de los parámetros ambientales relevantes

Realizada la descripción de los diferentes parámetros ambientales (situación sin proyecto) se procedió a efectuar un tamizado de los parámetros, a fin de seleccionar aquellos que realmente sean afectados a los fines del Estudio de Impacto Ambiental, es decir, describir aquellos elementos que pueden verse afectados de forma considerable por el proyecto propuesto. Para tal fin se procedió de la siguiente manera:

- i. Se efectuó una evaluación cualitativa de 53 parámetros ambientales con base a las acciones (seleccionadas) que se ejercerán sobre cada uno, y se procedió a identificarlos como:
  - Relevante
  - No relevante
- ii. Alcanzaron la denominación de relevantes 15 parámetros, descartándose 38, que de acuerdo a los criterios de selección y a la evaluación de los consultores no eran afectados en forma manifiesta a los fines de la Evaluación de Impacto Ambiental. En la tabla 11 pueden observarse los resultados obtenidos.

**Tabla 11. Selección de componentes ambientales relevantes para el análisis ambiental**

|                       | Parámetros ambientales     | Relevante | No relevante |
|-----------------------|----------------------------|-----------|--------------|
| <b>MEDIO ABIOTICO</b> |                            |           |              |
| CLIMA                 | Temperatura                |           | Y1           |
|                       | Precipitación              |           | Y2           |
|                       | Humedad                    |           | Y3           |
|                       | Viento (dirección)         |           | Y4           |
| ATMÓSFERA             | Aire                       | X1        |              |
|                       | Ruido                      | X2        |              |
| HIDROGEOLOGÍA         | Unidades hidrogeológicas   |           | Y5           |
|                       | Dirección agua subterránea |           | Y6           |
| GEOMORFOLOGÍA         | Relieve                    | X3        |              |
|                       | Pendiente                  |           | Y7           |
|                       | Cobertura                  |           |              |

|                              |                                 |     |     |
|------------------------------|---------------------------------|-----|-----|
| AGUA                         |                                 |     |     |
| Calidad Física:              | Turbidez                        |     | Y15 |
|                              | Color                           |     | Y16 |
|                              | Sabor                           |     | Y17 |
|                              | Temperatura                     |     | Y18 |
| Calidad Química:             | Conductividad Eléctrica         |     | Y19 |
|                              | DBO                             | X7  |     |
|                              | PH                              |     | Y20 |
|                              | Nitratos y fosfatos             |     | Y21 |
|                              | Metales pesados                 | X8  |     |
|                              | Oxígeno disuelto                | X9  |     |
| Calidad Biológica:           | Coliformes                      |     | Y22 |
| <b>MEDIO BIÓTICO</b>         |                                 |     |     |
| VEGETACIÓN                   | Cobertura                       | X10 |     |
|                              | Composición florística          |     | Y23 |
|                              | Inventario                      |     | Y24 |
|                              | Diversidad                      |     | Y25 |
| FAUNA                        | Inventario                      |     | Y26 |
|                              | Cadena Trófica                  | X11 |     |
|                              | Movilidad                       | X12 |     |
|                              | Especies raras                  |     | Y27 |
| PAISAJE                      | Visibilidad                     |     | Y28 |
|                              | Carácter paisajístico           | X13 |     |
|                              | Fragilidad                      |     | Y29 |
| <b>MEDIO SOCIO-ECONÓMICO</b> |                                 |     |     |
| Población:                   | Tamaño                          |     | Y30 |
|                              | Tasa de crecimiento poblacional |     | Y31 |
|                              | Población económicamente activa |     | Y32 |
|                              | Mov. Migratorios                |     | Y33 |
| Ord. Territorial:            | Uso del suelo                   | X14 |     |
|                              | Dist. Centros poblados          |     | Y34 |
| Aspectos Económicos:         | Base económica                  |     | Y35 |
| Aspectos culturales:         | Actitud ciudadana               |     | Y36 |



## Identificación definitiva y análisis de efectos ambientales

### *Matriz de identificación*

Para la elaboración definitiva de la Matriz de Identificación se procedió primero a realizar un tamizado de los diferentes efectos ambientales que podrían ser provocados, tomando como base las tablas 9 y 10, a fin de seleccionar aquellos efectos realmente relevantes y concentrar el desarrollo de las medidas de control ambiental sobre los mismos.

Para la selección de los efectos ambientales relevantes se procedió de la siguiente manera:

- a. Se establecieron los criterios de selección y se les asignó el peso correspondiente, con base a la opinión de los consultores, siendo los criterios seleccionados los anteriormente definidos:
  - Area afectada (12%)
  - Intensidad (25%)
  - Duración (19%)
  - Aspectos Legales (19%)
  - Irreversibilidad (25%)
- b. Se procedió a cuantificar, en tal sentido cada efecto y se evaluó asignándole un valor del 1 al 10 para cada criterio. El valor obtenido en cada criterio fue afectado por el peso correspondiente y luego se efectuó la suma correspondiente de los valores afectados.
- c. A fin de seleccionar los efectos relevantes, se estableció una escala de valores:
 

|           |                |
|-----------|----------------|
| 1 – 2.5   | Irrelevante    |
| 2.6 – 4.9 | Poco relevante |
| 5.0 – 7.5 | Relevante      |
| 7.6 – 10  | Muy relevante  |

Se seleccionaron los efectos que alcanzaron la denominación de relevante y muy relevantes. En total de 59 impactos ambientales (efectos) identificados solo 20 fueron calificados como relevantes y muy relevantes, es decir se descartaron 39 que de acuerdo a los criterios de evaluación de los consultores no ejercían un efecto relevante a los fines de la obra.

mitigación o compensación, que deberán estar contenida en el Programa de Manejo Ambiental.



## efectos relevantes en las fases de construcción y de operación y mantenimiento

|              |    |                                    | Criterios de selección |         |         |         |       | Peso del efecto |      |       |       |       |
|--------------|----|------------------------------------|------------------------|---------|---------|---------|-------|-----------------|------|-------|-------|-------|
|              |    |                                    | AA I                   | D       | AL      | IR      | St-AA | St-I            | St-D | St-AL | St-IR | TOTAL |
| CIÓN         | Nº | EFFECTOS                           | 12<br>%                | 25<br>% | 19<br>% | 25<br>% |       |                 |      |       |       |       |
| ote y<br>ión | 1  | Alteración de la topografía        | 2                      | 7       | 1       | 1       | 1     | 0.24            | 1.75 | 0.19  | 0.19  | 2.62  |
|              | 2  | Compactación del suelo             | 1                      | 7       | 1       | 1       | 1     | 0.12            | 1.75 | 0.19  | 0.19  | 2.5   |
|              | 3  | Contaminación capa superficial     | 1                      | 7       | 1       | 1       | 1     | 0.12            | 1.75 | 0.19  | 0.19  | 2.5   |
|              | 4  | Modificación del paisaje           | 2                      | 7       | 8       | 1       | 1     | 0.24            | 1.75 | 1.52  | 0.19  | 3.95  |
|              | 5  | Modificación del hábitat           | 1                      | 6       | 8       | 1       | 1     | 0.12            | 1.5  | 1.52  | 0.19  | 3.58  |
|              | 6  | Eliminación cubierta vegetal       | 2                      | 7       | 8       | 1       | 1     | 0.24            | 1.75 | 1.52  | 0.19  | 3.95  |
|              | 7  | Pérdida de suelo por remoción      | 6                      | 7       | 8       | 1       | 1     | 0.72            | 1.75 | 1.52  | 0.19  | 4.43  |
|              | 8  | Producción de ruido y polvo        | 7                      | 4       | 1       | 1       | 1     | 0.84            | 1    | 0.19  | 0.19  | 2.47  |
|              | 9  | Cambio en el uso del suelo         | 2                      | 4       | 3       | 1       | 1     | 0.24            | 1    | 0.57  | 0.19  | 2.25  |
| y relleno    | 10 | Interrupción del flujo superficial | 8                      | 7       | 1       | 1       | 1     | 0.96            | 1.75 | 0.19  | 0.19  | 3.34  |
|              | 11 | Modificación del paisaje           | 8                      | 7       | 1       | 1       | 1     | 0.96            | 1.75 | 0.19  | 0.19  | 3.34  |
|              | 12 | Modificación del hábitat           | 8                      | 7       | 1       | 1       | 1     | 0.96            | 1.75 | 0.19  | 0.19  | 3.34  |
|              | 13 | Producción de ruido y polvo        | 2                      | 2       | 1       | 1       | 1     | 0.24            | 0.5  | 0.19  | 0.19  | 1.37  |
|              | 14 | Cambios físicos del suelo          | 8                      | 7       | 1       | 1       | 1     | 0.96            | 1.75 | 0.19  | 0.19  | 3.34  |
|              | 15 | Cambio en el uso del suelo         | 8                      | 7       | 1       | 1       | 1     | 0.96            | 1.75 | 0.19  | 0.19  | 3.34  |
| en terraza   | 16 | Interrupción del flujo             | 10                     | 10      | 10      | 1       | 10    | 1.2             | 2.5  | 1.9   | 0.19  | 8.29  |





|                       |    |                                                        |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|----|--------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|
|                       | 40 | Cambio en el uso del suelo                             | 9  | 7  | 5  | 1  | 3  | 1.08 | 1.75 | 0.95 | 0.19 | 0.75 | 4.72 |
|                       |    |                                                        |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |
|                       |    |                                                        |    |    |    |    |    |      |      |      |      |      |      |
| on de<br>sólidos      | 41 | Modificación del paisaje                               | 10 | 10 | 5  | 10 | 3  | 1.2  | 2.5  | 0.95 | 1.9  | 0.75 | 7.3  |
| tación                | 42 | Alteración propiedades<br>físicas del suelo            | 10 | 10 | 5  | 10 | 10 | 1.2  | 2.5  | 0.95 | 1.9  | 2.5  | 9.05 |
|                       | 43 | Introducción de vectores                               | 10 | 10 | 5  | 10 | 1  | 1.2  | 2.5  | 0.95 | 1.9  | 0.25 | 6.8  |
|                       | 44 | Modificación del hábitat                               | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1.2  | 2.5  | 1.9  | 1.9  | 2.5  | 10   |
|                       | 45 | Contaminación del aire                                 | 10 | 10 | 8  | 10 | 1  | 1.2  | 2.5  | 1.52 | 1.9  | 0.25 | 7.37 |
|                       | 46 | Producción de ruido y<br>polvo                         | 10 | 10 | 10 | 10 | 1  | 1.2  | 2.5  | 1.9  | 1.9  | 0.25 | 7.75 |
| on del                | 47 | Modificación propiedades<br>físicas del suelo          | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 1.2  | 2.5  | 1.9  | 1.9  | 2.5  | 10   |
|                       | 48 | Interferencia en la<br>migración del gas<br>producido  | 2  | 3  | 2  | 10 | 3  | 0.24 | 0.75 | 0.38 | 1.9  | 0.75 | 4.02 |
|                       | 49 | Protección de aguas<br>subterráneas y<br>superficiales | 10 | 10 | 10 | 10 | 1  | 1.2  | 2.5  | 1.9  | 1.9  | 0.25 | 7.75 |
| alación               | 50 | Modificación prop. físicas<br>del suelo                | 9  | 2  | 6  | 1  | 3  | 1.08 | 0.5  | 1.14 | 0.19 | 0.75 | 3.66 |
|                       | 51 | Contaminación del aire                                 | 2  | 2  | 6  | 1  | 2  | 0.24 | 0.5  | 1.14 | 0.19 | 0.5  | 2.57 |
|                       | 52 | Contaminación de aguas<br>superficiales                | 2  | 2  | 6  | 1  | 10 | 0.24 | 0.5  | 1.14 | 0.19 | 2.5  | 4.57 |
| a de gas              | 53 | Producción de olor                                     | 3  | 2  | 1  | 1  | 8  | 0.36 | 0.5  | 0.19 | 0.19 | 2    | 3.24 |
|                       | 54 | Producción de incendios                                | 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 0.12 | 0.25 | 0.19 | 0.19 | 0.75 | 1.5  |
| primiento<br>material | 55 | Modificación del paisaje                               | 10 | 5  | 10 | 10 | 10 | 1.2  | 1.25 | 1.9  | 1.9  | 2.5  | 8.75 |

|    |                                               |    |    |    |    |    |     |      |      |      |      |      |      |      |
|----|-----------------------------------------------|----|----|----|----|----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 56 | Modificación del hábitat                      | 10 | 5  | 10 | 10 | 10 | 10  | 10   | 1.2  | 1.25 | 1.9  | 1.9  | 2.5  | 8.75 |
| 57 | Eliminación de hábitat de vectores y animales | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5   | 1.2  | 2.5  | 1.9  | 1.9  | 1.25 | 8.75 |      |
| 58 | Producción de polvo y material volante        | 10 | 4  | 5  | 10 | 1  | 1.2 | 1    | 0.95 | 1.9  | 0.25 | 5.3  |      |      |
| 59 | Protección a la celda                         | 10 | 1  | 10 | 10 | 5  | 1.2 | 0.25 | 1.9  | 1.9  | 1.25 | 6.5  |      |      |



biental (cruce de variables)

| Medio abiótico |       |      |         |     |                  |       |    |        |         |     |       |     | Medio biótico |     |        |      | M.S. | C.V. |
|----------------|-------|------|---------|-----|------------------|-------|----|--------|---------|-----|-------|-----|---------------|-----|--------|------|------|------|
| F.             | SUELO |      | HIDROG. |     | AGUA             |       |    | PAISAJ | FLORA   |     | C. T. | MOV | O.T           | USO | E. I-C | S.P. |      |      |
|                | RELI  | TEX. | EROS.   |     | DBO <sub>5</sub> | M. P. | OD |        | COBERT. |     |       |     |               |     |        |      |      |      |
|                |       |      |         |     |                  |       |    |        |         |     |       |     |               |     |        |      |      |      |
|                | -19   | -17  | -17     | -16 |                  |       |    |        | -18     | -18 | -18   | -18 | -22           |     |        |      |      |      |
|                |       | -23  | -23     | 27  |                  |       |    |        |         |     |       |     |               |     |        |      |      |      |
|                |       |      |         |     |                  |       |    |        |         |     |       |     |               |     |        |      |      |      |
|                |       |      |         |     |                  |       |    |        |         |     |       |     |               |     |        |      |      |      |
| -46            |       | -42  |         |     |                  |       |    | -41    |         | -43 | -44   |     |               |     |        | -43  |      |      |
|                |       | -47  |         |     | 49               | 49    | 49 |        |         |     |       |     |               |     |        |      |      |      |
|                |       |      |         |     |                  |       |    |        |         |     |       |     |               |     |        |      |      |      |
|                |       |      | 59      |     |                  |       |    | -55    |         | -56 | -56   |     |               |     |        | 57   |      |      |
|                |       |      |         |     |                  |       |    |        |         |     |       |     |               |     |        |      |      |      |
|                |       |      |         |     |                  |       |    |        |         |     |       |     |               |     |        |      |      |      |

Los efectos conservan su numero correlativo de la tabla 12 y el signo significa si es positivo o negativo

ento de tierra

ólidos y compactación

ial

*Descripción de efectos y sus medidas ambientales*

A continuación se realiza una descripción de cada uno de los efectos relevantes identificados y se propone la medida ambiental, sin embargo se ha ordenado una tabla que indica el carácter de la medida y para este caso se indica su calificación si es interna o propia del proyecto, es decir que el diseño del relleno la incluye o es externa ya que serán estas ultimas que deberán de garantizarse en el Programa de Manejo Ambiental.

*Acción 1: Corte en terraza y movimiento de tierra*

**Efecto 16. Interrupción del flujo superficial:** Este efecto es causado por la acción del corte para conformar la terraza y sucederá cada año en la época seca, en donde se realizará por un periodo de dos meses la conformación de terrazas, que consiste en el corte promedio de 13,552 m3 de tierra que será acumulada en un sector para ser utilizada para cobertura diaria de la basura.

| Medio Afectado         | Medida                                 | Carácter del efecto       | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|------------------------|----------------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Hidrografía de la zona | Construcción de canaletas perimetrales | Permanente e Irreversible | Control               | Interna del proyecto      |

**Efecto 17. Alteración de propiedades físicas del suelo:** El corte en terraza provocará un aumento de volumen del suelo (factor de abundamiento de 1.25) y revolverá los estratos de limo arcilloso con arena arcillosa y dejará al descubierto la toba cementada.

| Medio Afectado                                                              | Medida                                                                                                      | Carácter del efecto       | Carácter de la medida                                          | Calificación de la medida |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Textura</li><li>• Erosión</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Protección del material cortado con cubierta de plástico.</li></ul> | Permanente e irreversible | <ul style="list-style-type: none"><li>• Preventiva</li></ul>   | Interna del proyecto      |
|                                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>• Cortes con pendientes entre 0.5 y 2 %</li></ul>                     |                           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Compensación</li></ul> |                           |
|                                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>• Sello final</li></ul>                                               |                           |                                                                |                           |



| Medio Afectado                                                                                               | Medida                                                      | Carácter del efecto        | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura</li> <li>• Cadena trófica</li> <li>• Movilidad</li> </ul> | Desarrollo de zona forestal y perímetro de barrera natural. | Mediano plazo y reversible | Compensación          | Interna del proyecto      |

**Efecto 19. Alteración de la topografía:** Los cortes tendrán un efecto que poco a poco irán modificando el perfil del terreno, modificando la pendiente que conformará áreas promedio anuales de 3,800 m<sup>2</sup> con pendientes del 20 al 30 % a terraplenes con pendientes del 2 %.

| Medio Afectado                 | Medida                                     | Carácter del efecto        | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|--------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Relieve de la Zona de terrazas | Sello final y Recubrimiento con vegetación | Mediano plazo y reversible | compensación          | Interna del proyecto      |

**Efecto 22. Cambio en el uso del suelo:** El terreno de 84 manzanas, tiene un bajo potencial agrícola y su uso actual es para pastizales, el desarrollo del relleno cambiará completamente el uso de la propiedad, la cual tiene posibilidades de ampliarse con 30 manzanas más en el sector.

| Medio Afectado                                                     | Medida                                      | Carácter del efecto        | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 30% del área del terreno que será afectado con las celdas activas. | Desarrollo de zona forestal de 60 manzanas. | Mediano plazo y reversible | compensación          | Interna del proyecto      |

#### *Acción 2: Excavación de drenajes superficiales*

**Efecto 23: Alteraciones de propiedades físicas del suelo:** El corte para la conformación de la canaleta de sección trapezoidal de 1.00 m. de profundidad, pondrá en contacto con el agua todo un canal de material de arena arcillosa o toba cementada la cual no será afectada, al contrario: beneficiará el drenaje de zona.

| Medio Afectado                     | Medida                                                                             | Carácter del efecto   | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Hidrografía de la zona de terrazas | Canaletas diseñadas con caudales proporcionales a sus zonas naturales de descarga. | Temporal y reversible | compensación          | Interna del proyecto      |

**Acción 3 : Colocación y compactación de desechos sólidos**

**Efecto 41. Modificación del paisaje:** En efecto el paisaje será modificado ya que existirán dos tractores acomodando los desechos sólidos y estarán llegando un promedio de 18 descargas diarias de volúmenes de 9m<sup>3</sup>, lo que convertirá a la zona en una área de trabajo constante y la visión de la zona estará dirigida hacia ella. Afectando el paisaje natural.

| Medio Afectado              | Medida                                  | Carácter del efecto        | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|-----------------------------|-----------------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Paisaje de zona de terrazas | Barrera viva y cercado con malla ciclón | Mediano plazo y reversible | compensación          | Interna del proyecto      |

**Efecto 42. Alteraciones de propiedades del suelo:** Toda el área de suelo en donde será colocada la basura, estará en contacto directo y constituirá el vaciadero o receptor final de todos los compuestos contaminantes provenientes de la estabilización de la basura. El limo arcilloso o toba cementada que estará en contacto con la basura tiene características muy buenas para absorber metales pesados y debido a que el punto más bajo está a 12 metros del nivel freático en época lluviosa, se estima que este estrato presenta una excelente barrera que se modificara significativamente solo en la siguiente característica:

| Medio Afectado    | Medida                      | Carácter del efecto          | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Textura del suelo | Selección de sitio adecuado | Mediano plazo e irreversible | Atenuación            | Interna del proyecto      |

**Efecto 43. Introducción de vectores y roedores:** La basura descargada tendrá un contenido de huevos y pupas e incluso vectores adultos, que continuarán su ciclo de vida en el periodo



**Efecto 44. Modificación del hábitat :** La introducción de desechos transformará las condiciones del hábitat y traerá consigo nuevas o mayores especies existentes, sin embargo estos efectos estarán localizados en celdas diarias de 125 m<sup>3</sup> y en una área activa anual promedio de 7,000 m<sup>2</sup>, la cual irá aumentando con los años hasta llegar a cubrir 14 manzanas, que afectará las siguientes características.

| Medio Afectado        | Medida                                              | Carácter del efecto       | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|-----------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Movilidad de la fauna | • Desarrollo de zona forestal con mejores recursos. | Permanente e irreversible | • Compensación        | Interna del proyecto      |
|                       | • Recubrimiento diario con capa de 20 cm de tierra  |                           | • Control             |                           |

**Efecto 45. Contaminación del aire:** La descarga de desechos generará olores desagradables, producto de la descomposición inicial de la materia orgánica, que son evaporación de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), la cual estará localizada en celdas diarias de 125 m<sup>3</sup> y en una área activa anual promedio de 7,000 m<sup>2</sup>.

| Medio Afectado | Medida                                            | Carácter del efecto   | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|----------------|---------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Aire           | Recubrimiento diario con capa de 20 cm de tierra. | Reversible permanente | Control               | Interna del proyecto      |

**Efecto 46. Producción de ruido y polvo:** La descarga y colocación de los desechos en la celda diaria, significará la llegada de un promedio de 18 viajes diarios de camiones de 8 toneladas, y el trabajo de 6 horas de dos tractores acomodando los desechos. Los medios afectados serían:

| Medio | Medida | Carácter del | Carácter de la | Calificación de |
|-------|--------|--------------|----------------|-----------------|
|       |        |              |                | la medida       |

#### *Acción 4: captación de lixiviado*

**Efecto 47. Modificación de propiedades físicas del suelo:** El lixiviado será captado por una red de tuberías de PVC que tienen diámetros desde 8 a 15 pulgadas que conducirán todo el líquido hacia las lagunas que lo retendrán por un periodo de 90 días. Las lagunas serán excavadas en el suelo y quedarán al descubierto, la condición de saturación del suelo será máxima.

| Medio Afectado               | Medida                                                                       | Carácter del efecto        | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Textura del suelo de lagunas | El fondo será compactado y se garantizará que el estrato sea limo arcilloso. | Permanente e irreversible. | Mitigación            | Interna del proyecto      |

**Efecto 49. Protección de las aguas subterráneas y superficiales:** La captación y retención en las lagunas de los lixiviados evitará que éstos lleguen al río Pululuya ya que la infiltración es nula, por otra parte el tiempo de retención de 90 días disminuirá la carga orgánica, ayudando a clarificar el efluente que será utilizado para regar los accesos y recircularlos en las celdas ya cerradas de desechos sólidos, beneficiando los parámetros siguientes:

| Medio Afectado                                                                                                             | Medida                          | Carácter del efecto     | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• DBO<sub>5</sub></li> <li>• Metales pesados</li> <li>• Oxígeno disuelto</li> </ul> | Tiempo de retención de 90 días. | Permanente y reversible | Preventiva            | Interna del proyecto      |

#### *Acción 5: recubrimiento de los desechos*

**Efecto 55. Modificación del paisaje:** La cobertura de la basura dará un aspecto desértico aunque mejor respecto al de la basura al descubierto que en definitiva repercutirá en el paisaje.

| Medio | Medida | Carácter del | Carácter de | Calificación de |
|-------|--------|--------------|-------------|-----------------|
|-------|--------|--------------|-------------|-----------------|



**Efecto 56. Modificación del hábitat:** La cobertura no afectará más que la colocación de la basura, sin embargo las dos acciones modificarán las condiciones actuales afectando a los siguientes aspectos:

| Medio Afectado                                                                                      | Medida                       | Carácter del efecto       | Carácter de la medida | Calificación de la medida    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadena trófica</li> <li>• Movilidad de la fauna</li> </ul> | Desarrollo de zona forestal. | Permanente e irreversible | Mitigación            | <u>Externa del proyecto.</u> |

**Efecto 57. Eliminación de hábitat de vectores y roedores:** Si en verdad el recubrimiento de la basura por una capa de tierra puede tener efectos adversos, ésta es imprescindible para contrarrestar y controlar los efectos negativos de disponer la basura en el suelo por lo que se puede valorar positiva que beneficia al máspreciado de los recursos que es el ser humano.

| Medio Afectado                                                         | Medida                                        | Carácter del efecto     | Carácter de la medida | Calificación de la medida    |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Disminuye la morvi-mortalidad de las enfermedades infecto-contagiosas. | Supervisar diariamente la acción de cubierta. | Permanente y reversible | Preventiva            | <u>Externa del proyecto.</u> |

**Efecto 58. Producción de polvo y material volante:** La acción de cubierta significa acarrear material seco y esparcirlo y luego compactarlo por lo que la generación de polvo es inevitable.

| Medio Afectado                                           | Medida                       | Carácter del efecto        | Carácter de la medida | Calificación de la medida |
|----------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire</li> </ul> | Riego de la zona de trabajo. | Mediano plazo y reversible | Mitigación            | Interna del proyecto.     |

( 59 )

**Efecto 59. Protección de la celda:** El recubrimiento evitará que la celda se erosione, así como le dará mayor estabilidad y la protegerá de la percolación del agua lluvia, ya que cuando la celda alcanza su altura máxima ésta será cubierta con una capa de tierra que tendrá como

## PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL

El relleno sanitario es una obra especial que ha sido diseñada como medida sanitaria para disponer los desechos municipales de tal forma que éstos no sean vertidos a cielo abierto, dañando principalmente los recursos hídricos y el ambiente en general, introduciendo factores de riesgo que afectan la salud de la comunidad.

El Programa de Manejo Ambiental es el resultado de todo el análisis anterior, sin embargo como pudimos observar la obra que estamos evaluando ha sido creada a base de medidas de mitigación, es decir, hoy en día el **Relleno Sanitario** reúne todos los aspectos de control ambiental, sin embargo para nuestro caso hemos detectado las siguientes medidas externas del proyecto:

- Riego de calle de acceso en época seca
- Desarrollo de zona forestal.
- Supervisión diariamente de la acción de cubierta.

Ahora sabemos que estas medidas no son suficientes dado que el relleno sanitario es una obra cuya infraestructura básica no garantiza el buen funcionamiento y que su construcción se realiza a lo largo de su vida útil (26 años), por lo tanto la supervisión de su construcción, operación, mantenimiento y cierre final, constituye en sí el Programa de Manejo Ambiental, con el cual se garantiza todos los beneficios de la obra.

En base a esta definición, se propone como medida para ejecutar el Programa de Manejo Ambiental que **se contrate una empresa que supervise todo el manejo del relleno**, para ello se podrá adjudicar dicha responsabilidad al Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales y los fondos para el contrato provendrán del operador del relleno.

Lo anterior permitiría garantizar que la supervisión responda a los intereses del ente rector y que al no cumplir con las cláusulas del contrato sea despedido por este y el operador sea sancionado por el ente rector de acuerdo a un dictamen basado en el informe de una empresa



2. **Acumulación y protección de material de cobertura:** Todo el material resultante del corte de terraza será acumulado en los extremos de las terrazas y tendrán que ser cubiertos con una lona o plástico para evitar que se erosione, así como el polvo que se desprendería al estar al descubierto.
3. **Colocación de tubería de lixiviado:** la tubería deberá ser colocada con una capa superior de 50 cm de grava # 1 y será cubierta con una tela de costal de mezcal que tendrá la función de filtro evitando que los orificios de la tubería se obstruyan, también se verificará que tengan una pendiente entre 0.5 y 1 %. ( según diseño)
4. **Drenaje perimetral :** la escorrentía superficial deberá desviarse para evitar que llegue a la zona de trabajo de la terraza, por lo que se deberá construir una canaleta forjada en el suelo de sección trapezoidal que tendrá carácter provisional, llegando a quedar permanente las construidas al final de la última terraza. La pendiente será entre 0.5 a 1%.
5. **Descarga , esparcimiento y compactación de la basura:** El orden de desarrollo de las celdas diarias y el acomodamiento de la basura debe realizarse en capas de 20 a 30 cm, de tal forma que con el tráfico de tractores sobre la celdas ( 6 a 10 pasadas) se logre compactar los desechos.
6. **Cubierta de los desechos sólidos:** La cobertura con tierra de las capas compactadas de basura se realiza al final del día y constituye una de las condiciones básicas de la buena operación de un relleno. Esta actividad se realiza en capas de 15 a 20 cm de tierra compactada, no se admite rellenos con periodos mayores de 24 hr. sin cubierta.
7. **Control de vectores y roedores:** En momentos es necesario ejecutar medidas de saneamiento más drásticas con un plan de enterramiento con capas mayores a los 20 cm o en casos extremos acudir a la fumigación para la erradicación de vectores y roedores.
8. **Construcción de chimeneas:** El primer barril de 200 litros deberá ser enterrado 30 cm y fijado con concreto, luego se llena de piedra cuarta para conservar su verticalidad y permitir el paso del biogas. Todos los barriles serán perforados con orificios de 4 a 6 cm de diámetros, distribuidos uniformemente. Es importante garantizar la verticalidad de la chimenea durante toda la operación del relleno.
9. **Control de material volante:** los plásticos y papeles suelen esparcirse por todo el área del relleno, para ello se colocarán las vallas construidas con malla ciclón y se tendrá personal

salgan a la atmósfera. Dicha acción será vigilada por los operarios la cual es muy fácil de mantener por lo inflamable del gas metano.

12. **Control de niveles de lagunas de lixiviados:** Los niveles de lagunas estarán sujetas a control de entrada y salida y se deberá evitar a toda costa que ocurra un rebalse por lo que su monitoreo será tres veces por semana.
13. **Control y tratamiento de lodos:** La acumulación de lodos en las lagunas disminuirá su capacidad de almacenamiento principalmente en la primera laguna. Estos lodos serán extraídos y se dejarán secar para luego ser enterrados y sellados con arcilla para evitar lixiviación.
14. **Monitoreo de la calidad de los lixiviados:** Los lixiviados serán muestreados a la entrada y en la última laguna para determinar la eficiencia del tratamiento y poder realizar la programación de la recirculación de los mismos.
15. **Monitoreo del agua subterránea:** La toma de muestra del pozo de monitoreo y la evaluación de los parámetros de calidad estarán basados en la medición semanal del pH del agua y un chequeo semestralmente con al menos los siguientes parámetros: pH, DBO<sub>5</sub>, OD, hierro, arsénico, plomo y zinc.
16. **Recirculación de lixiviados:** El efluente de la última laguna podrá ser utilizado para regar la calle de acceso, los lixiviados de la segunda laguna serán los utilizados para regarlos sobre las celdas de trabajo. Se deberá tener cuidado de no crear charcos o saturación de zonas que ponen en peligro la estabilidad del relleno (capacidad de carga).
17. **Mantenimiento de drenajes :** Las canaletas perimetrales que se construirán para evitar la escorrentía superficial en la zona de terraza conformada serán provisionales y servirán durante un periodo o dos de lluvias, por lo que necesitarán poco mantenimiento; sin embargo, éstas no tendrán recubrimiento y en algunas zonas podrían ser dañadas, por lo que acciones preventivas de mantenimiento contribuirán a evitar mayores problemas que podrían dejar aislado o fuera de operación la zona de trabajo, en condiciones de fenómenos de lluvias de larga duración.
18. **Mantenimiento de accesos:** El terreno está a 1.5 km de la carretera del litoral sobre la tierra y se encuentra en buenas



- 20. Mantenimiento de Equipo:** El relleno contará con dos tractores y un camión de volteo equipado de tanque cisterna desmontable, los cuales recibirán mantenimiento dentro del relleno pues éste está equipado con una zona de resguardo y taller para cambios de aceite engrases, cambio de neumáticos, limpieza de orugas y lavado de todo el equipo. El equipo contará con un contrato de mantenimiento por la empresa distribuidora de los equipos, la cual llevará un registro de las reparaciones y las revisiones periódicas según las horas de operación del equipo. Este informe deberá ser revisado trimestralmente.
- 21. Mantenimiento de instalaciones auxiliares:** El relleno contará con oficinas administrativas, cocina, comedor, duchas, letrinas y pozo con equipo de bombeo y tanque elevado, así como zona de resguardo de talleres, bodega, caseta de vigilancia, portón, cerca de malla ciclón en la zona frontal y cerca perimetral de alambre de púas, todas esta infraestructura necesitará de limpieza, pintura, reparación, etc.
- 22. Control de la salud de los trabajadores:** Todo el personal que laborará en el relleno deberá tener seguro médico hospitalario y se llevará un registro del control de enfermedades y tratamientos, así como el cumplimiento de vacunas como la hepatitis B, antitetánica y exámenes de pulmones, oídos, nariz y ojos.

Para que estas actividades de supervisión se puedan realizar en forma ordenada y profesional de acuerdo a estándares acordados entre el operador y el ente rector, el relleno debe contar con un Manual de Operación y Mantenimiento, así como de un Manual de Funciones del Personal encargado de manejar el Relleno Sanitario.

De esta forma se contara con reglas claras y se dispondrá de los recursos necesarios que garantice el buen funcionamiento, para ello se ha incluido en este Programa de Manejo Ambiental estos dos Manuales, tal y como fueron solicitados en los términos de referencia dictaminados por el Ministerio del Ambiente.

Ahora, el relleno operara por 26 años y su costo de inversión es de ₡ 32, 445, 981.00 colones, los cuales serán invertidos a lo largo de ese periodo, iniciando con una inversión de ₡4,234,843.00 colones, para luego anualmente invertir un promedio de ₡1,100,000.00 colones.

Respecto a los costos de operación y mantenimiento estos alcanzan los ₡33,329,160.00 colones, en el periodo de los 26 años, que hacen un promedio anual de ₡1,281,891.00 colones.

Estos costos tienen un factor de indirectos del 33%, lo que cubriría los costos indirectos de la



Para mayor detalle de los costos del relleno se proporciona junto con este estudio el diseño del relleno sanitario y para establecer los costos de supervisión se ha elaborado la tabla 14, en donde se presenta el programa de monitoreo de todas las operaciones realizadas en el relleno y que constituye el costo del Programa de Manejo Ambiental.

**Tabla 14. Costos del Programa de Manejo Ambiental.**

| Nº | Aspectos a ser supervisados                              | Periodo de vigilancia | Costo/año         |
|----|----------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1  | Conformación de terrazas                                 | 3 meses               | 60,000.00         |
| 2  | Acumulación y protección de material de cobertura        | 3 meses               | 2,400.00          |
| 3  | Colocación de tubería de lixiviado                       | 1 mes                 | 2,400.00          |
| 4  | Drenaje perimetral                                       | 1 mes                 | 2,400.00          |
| 5  | Descarga, esparcimiento y compactación de la basura      | Diaria                | 72,000.00         |
| 6  | Cubierta de los desechos sólidos                         | Diaria                | 72,000.00         |
| 7  | Control de vectores y roedores                           | Cada tres meses       | 4,000.00          |
| 8  | Construcción de chimeneas                                | Cada mes              | 2,400.00          |
| 9  | Control de material volante                              | Semanal               | 2,400.00          |
| 10 | Mantenimiento de zona de amortiguamiento                 | Semanal               | 2,400.00          |
| 11 | Tratamiento de biogas (quema de gases)                   | Semanal               | 2,400.00          |
| 12 | Control de niveles de lagunas de lixiviados              | Semanal               | 6,000.00          |
| 13 | Control y tratamiento de lodos                           | Cada 6 meses          | 6,000.00          |
| 14 | Monitoreo de la calidad de los lixiviados (laboratorio)  | Cada 6 meses          | 20,000.00         |
| 15 | Monitoreo del agua subterránea (laboratorio)             | Cada 6 meses          | 20,000.00         |
| 16 | Recirculación de lixiviados (programación)               | Mensual               | 2,400.00          |
| 17 | Mantenimiento de drenajes                                | Mensual               | 2,400.00          |
| 18 | Mantenimiento de accesos                                 | Mensual               | 2,400.00          |
| 19 | Mantenimiento de terrazas                                | Mensual               | 2,400.00          |
| 20 | Mantenimiento de Equipo                                  | Mensual               | 3,000.00          |
| 21 | Mantenimiento de instalaciones auxiliares                | Cada 6 meses          | 2,400.00          |
| 22 | Control de la salud de los trabajadores (chequeo medico) | Cada 3 meses          | 12,000.00         |
|    | <b>Costo Total por supervisión anual</b>                 |                       | <b>303,800.00</b> |

El costo de supervisión de todas las actividades de operación y mantenimiento es 303,800.00  
 El costo de supervisión de todas las actividades de operación y mantenimiento es 303,800.00



## ción de las actividades de supervisión y periodicidad del informe.

[illegible]

## MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### Operación

#### *Clausura del botadero municipal*

Para la exitosa operación del sistema proyectado, se debe programar y clausurar el botadero tradicional del municipio así como los demás botaderos existentes en la zona.

Para la operación de clausura del botadero, en lo posible se deben realizar las siguientes acciones:

- Hacer pública la clausura del botadero. Anunciando que ya no se permitirá la disposición de basuras en el lugar e informar además a la comunidad sobre la existencia del relleno sanitario para que se dirijan al mismo y su ubicación para obtener su cooperación.
- En especial a los comerciantes, que esporádicamente generan gran cantidad de basuras y contratan a un particular para su disposición, informarles de la existencia del relleno sanitario, e indicarles que las depositen allí.
- Colocar avisos informando a la ciudadanía las sanciones que se aplicarán a quienes infrinjan las normas dictadas al respecto
- Construir un cerco para impedir el ingreso de personas extrañas y de animales.
- Realizar un programa de exterminio de roedores y artrópodos. En esta actividad es importante la asesoría de la División de Saneamiento Ambiental de los Servicios de Salud. Si esta etapa no se realiza, es posible que esos bichos, al no disponer de guarida y alimento (por el enterramiento de las basuras), emigren a las viviendas vecinas, con los consiguientes riesgos y problemas.
- Inmediatamente después del exterminio, se procede a cubrir con tierra bien compactada todos los botaderos con una capa de 0.20 a 0.40 m de espesor, y se proveen los drenajes necesarios para evitar la erosión.



- El descargue en el frente de trabajo (supervisor)
- El control del tamaño y conformación de las celdas, con su respectivo material de cobertura (supervisor)
- La distribución adecuada del programa de trabajo (supervisor)
- El buen mantenimiento de las herramientas y dotación de implementos de protección de los trabajadores (supervisor)
- La vigilancia para impedir el ingreso de animales y personas extrañas, y la excavación de materiales de los residuos sólidos en las celdas ya conformadas.

### *Recepción*

El horario de operación el relleno sanitario se establecerá de acuerdo con el horario del sistema de recolección de los residuos sólidos, usualmente un relleno está en servicio de cinco a seis días a la semana y de ocho a diez horas por día.

El horario deberá colocarse a la entrada del relleno y se indicará el tipo de residuos permisibles de entrada. El relleno sólo aceptará residuos sólidos municipales y no aceptará residuos sólidos industriales, incompatibles, peligrosos, y potencialmente peligrosos. Mientras no exista un sistema seguro de eliminación de residuos sólidos hospitalarios como son: desechos biológicos infecciosos que se clasifica como todo material que ha tenido contacto con pacientes, órganos, tejidos y otras partes que provengan de operaciones.

|                                                               |
|---------------------------------------------------------------|
| Se prohibirá el acceso a personas ajenas al relleno sanitario |
|---------------------------------------------------------------|

Una vez autorizada la entrada al vehículo o camión y después de haber sido pesado, se le asignará el frente de operación a que deba ir a descargar y la ruta a seguir siguiendo los señalamiento del camino.

Los señalamientos de los caminos incluirán dirección, velocidad máxima permisible, entronques con los caminos programados y las celdas en operación.

Un buen señalamiento en los caminos agilizará la disposición de los residuos, evitará accidentes y congestionamientos, elevando la eficiencia de la disposición.

Se recomienda que tanto los caminos permanentes como los temporales (es decir caminos que se abrirán, de acuerdo a la planeación del terreno) lleven algún nombre o algún color para facilitarle al chofer la localización del frente de trabajo en donde se descargará ese día.

### *Construcción del relleno sanitario*

#### Operaciones Básicas

Las operaciones básicas en un relleno sanitario son las siguientes:

##### DEPOSITAR:

Consiste en colocar los residuos sólidos de una manera planeada y controlada, en el frente de trabajo designado.

##### ACOMODAR:

Es el trabajo de adecuar los residuos sólidos sobre el apoyo inclinado de la celda correspondiente, en capas no mayores de 60 cm, de espesor.

##### COMPACTAR:

Los residuos sólidos son comprimidos por medio de equipo mecánico pasando sobre ellos de 2 a 4 veces. Esta operación se hará siempre de abajo hacia arriba.

##### CUBRIR:

La cubierta será a base de una capa de tierra compactada de espesor, entre 15 y 30 cm. Cubrirá a los residuos sólidos depositados en un día, tanto en el terraplén como en los taludes de la celda. Este material se compactará de la misma forma que los residuos sólidos hasta obtener la compactación deseada.

### *Operación del relleno sanitario*

Residuos por disponer

#### **Cantidad:**

El relleno sanitario recibirá los residuos sólidos generados por la comunidad y recolectados por el municipio, la cantidad de los residuos sólidos, dependerá de cada comunidad y población, y será pesado directamente de las unidades recolectoras de las cuales se obtendrá la cantidad, o a través de volúmenes de caja, mientras el



En épocas de lluvia y/o invierno, dentro del diseño se tendrá una zona asignada a emergencia para facilitar la operación del relleno, además en estas épocas se contarán con lonas, plásticos, residuos provenientes de demoliciones, grava o residuos sólidos provenientes del barrido de calles para cubrir los residuos sólidos orgánicos y evitar la dispersión y arrastre de los mismos y que ocasionen daños a la ecología y a la salud pública.

### *Preparación del Terreno*

#### Operaciones de desmonte

Las operaciones de desmonte incluyen los trabajos por realizar para eliminar una vegetación natural, y abrir terrenos vírgenes para ser usados en rellenos sanitarios.

Según las condiciones, estas operaciones incluyen la eliminación de monte bajo con arbustos y pequeños árboles, la eliminación de monte mediano y alto, con árboles más grandes, la extracción de tocones y raíces, y el amontonamiento de la masa vegetativa para su quema, o enterramiento, es recomendable hacer el desmonte por etapas, según el diseño del relleno a fin de evitar que la ausencia de masa vegetal provoque tolvaneras.

### *Construcción de caminos de acceso*

La construcción de caminos de acceso de tierra, sigue el siguiente esquema básico:

- Plan de la obra. Se marca con estacas el trazo de las zanjas. La motoniveladora hace un primer corte, primero en la zanja izquierda, luego en la otra.
- La motoniveladora hace un segundo corte hasta llegar a la profundidad deseada de la zanja. Hace un mismo corte en la otra zanja.
- La motoniveladora esparce la tierra
- Terminación del primer esparcimiento
- La motoniveladora corta el talud exterior de la zanja. Lo hace también en la otra zanja.

- La tierra está esparcida, dando una pendiente de bombeo del 2% al camino hacia los dos lados.
- El camino y las zanjales de drenaje quedan como lo indicado en el plan de la obra

#### *Construcción de terraza*

La construcción de terrazas o bancales en contorno, según las curvas de nivel, sigue el siguiente plan de trabajo básico:

1. Plan de la obra en el declive original
2. La motoniveladora hace un primer corte
3. La motoniveladora hace un segundo corte
4. La tierra se mueve hacia abajo
5. La motoniveladora corta el fondo de la terraza
6. La motoniveladora hace un primer corte en la pendiente superior de la terraza en el caso de Sonsonate la pendiente de corte será de 90°
7. La tierra se mueve hacia la parte del llenado
8. La tierra se mueve hacia la pendiente inferior de la terraza
9. Se hace un segundo corte en la pendiente superior
10. La tierra se mueve hacia la parte de llenado
11. Se hace el último corte, dejando la pendiente superior en su forma final
12. La tierra se mueve hacia la parte de llenado



### *Métodos de relleno sanitario utilizados*

La operación del método de trinchera se utilizara en este relleno para depositar los desechos de origen hospitalarios los cuales no podrán ser compactados ver hoja de detalles constructivos.

La operación del método de área se ilustra en la hoja de detalles, en este caso se trata de un relleno desarrollado en ladera.

### *Pasos para la construcción de las celdas:*

- Para la construcción de la primera celda se recomienda delimitar el área que ocupará de acuerdo con las dimensiones estimadas basadas en la cantidad de desechos y grado de compactación fundamentales, esto dará una visión rápida y aclarará las dudas de los trabajadores.
- Descargar la basura en el frente de trabajo a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y evitar el acarreo de larga distancia.
- Esparcir la basura en capas delgadas de 0.30 a 0.60 m y compactar hasta obtener la altura recomendada para la celda en el frente de trabajo.
- Cubrir las basuras compactadas con la tierra una vez al día al final de la jornada con el espesor suficiente para taparlas completamente y rellenar las irregularidades de la superficie.
- Compactar toda la celda hasta obtener una superficie uniforme

### *Frente de Trabajo*

Según el equipo de relleno sanitario

El ancho del frente de trabajo deberá ser de 2 a 2.5 veces el ancho de la cuchilla del compactador de residuos sólidos, o bien, dependiendo del número de vehículos recolectores que llegan al relleno sanitario a la hora pico, para este caso se considera que de los 11 a 12

Si se realiza la recuperación de residuos sólidos manualmente las personas involucradas deberán portar: uniformes, lentes, tapabocas, guantes, gorros o cascos para evitar al máximo la posibilidad de contraer enfermedades o sufrir daños de cualquier tipo. Además como una medida para controlar y evaluar el estado de salud de los pepenadores se les deberá realizar exámenes médicos por lo menos cada 6 meses.

### *Material de cubierta*

#### Funciones

Evitar diseminación de residuos sólidos por efectos del viento

Controlar malos olores

Evitar la invasión al relleno de fauna nociva

Controlar la proliferación de vectores y roedores

Disminuir riesgos de incendio

Estabilizar el relleno para que sea más transitable

Evitar la infiltración de agua de lluvia

#### Tipo de Material

Tipo: granular inerte

Ideal: Areno-Arcilloso (30-70%)

Bueno: Tierra limpia libre de:

Materia orgánica

Raíces de árboles

Ramas

Rocas de más de 15 cm de diámetro

Materiales voluminosos de construcción

El material de cubierta se protegerá, si es posible, mediante una lona o plástico.

Malos: Arena, barro y aluviones puros

Si se combinan con material de otro tipo (arcilla, talpetate, etc.) podrán servir como material de cubierta.

### *Espesor de capas*



### *Acabado final y asentamiento*

La colocación de la cobertura final de 60 cm como mínimo y el engramado que contiene 20 cm de tierra negra para poder desarrollarse, requieren de gran atención, pues no sólo incide en el funcionamiento, sino también en la imagen final del relleno terminado.

Con el transcurso del tiempo, los desechos sólidos se descomponen (parte se transforma en gas y parte en líquido), y la tierra de cobertura y la humedad penetran en sus vacíos, asentándolo. Después de dos años, el asentamiento se reduce mucho y prácticamente desaparece a los cinco años. Como el asentamiento no es uniforme, se producen depresiones en la superficie del relleno, donde se acumula el agua de lluvia; por lo tanto, se deben hacer nivelaciones al terreno y procurar su drenaje.

La administración local debe velar para que una vez concluya la vida útil del relleno sanitario, se le dé el acabado final y el mantenimiento necesarios, para que el terreno sea disfrutado por la comunidad, tal como fue previsto al inicio del proyecto. De no ser así, la población no obtendrá uno de los beneficios de esta obra de saneamiento básico. Esto podría ser una causa del rechazo de nuevos sitios, lo que implicaría ubicaciones más lejanas de las áreas urbanas, aumentando los costos de transporte de los desechos y del servicio de aseo.

Se recomienda colocar un nuevo letrero o cartel con el nombre de la obra, parque forestal o campo deportivo, indicando que está construido sobre un relleno sanitario.

En el cierre del relleno es importante determinar la **prohibición de construcción de cualquier obra habitable**, su uso será restringido por un periodo de 20 años y después de este periodo deberá contar con un dictamen técnico que indique el uso y el tipo de obra así como las especificaciones técnicas de las cimentaciones y diseño estructural e hidráulico de la infraestructura proyectada.

### *Operación en época de lluvias*

En los períodos de lluvias se presentan los mayores problemas de operación en un relleno sanitario, a saber:

- Dificil ingreso de los vehículos recolectores por encima de las celdas ya conformadas y posibles atascamientos debido a la baja densidad alcanzada con la compactación.

- Mayor producción de lixiviado debido a la lluvia que cae directamente sobre las áreas rellenas.

Por lo anterior, es necesario tomar las siguientes previsiones:

- Reservar algunas áreas en los lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para operar en las peores condiciones, esta zona se denomina zona de emergencia.
- Aprovechar los escombros, producto de la demolición de viejas construcciones para conformar y mantener algunas vías internas.
- Durante uno o varios días en la semana reforzar la mano de obra, con una cuadrilla de dos o tres trabajadores más, para mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos y mantener la moral de los trabajadores altas.
- Programar el movimiento de tierra para los períodos secos, ya sea para la extracción del material de cobertura como para la apertura de terrazas o las trincheras, dejando para la época de lluvias sólo el enterramiento de la basura.
- Introducir como práctica de rutina en la operación del relleno, el cubrir las celdas con material plástico en épocas extremas para impedir que las aguas de lluvia se infiltren a través de las basuras.
- Mantener áreas estrechas de trabajo, apoyando las celdas sobre el talud del terreno, y superponer tres o más celdas cerca de la vía interna para que el avance sea más en altura que en extensión.

### *Seguridad de trabajo*

Debido al tipo de labores del servicio de aseo urbano (recolección, transporte y disposición final de basura), los trabajadores están constantemente expuestos a accidentes en la vía pública como a enfermedades infecto-contagiosas por tener que trabajar con desechos potencialmente contaminados. Estos accidentes pueden tener dos orígenes: uno por condiciones inseguras de trabajo y otro por negligencia por parte del propio trabajador.



- Trabajar en jornadas excesivamente largas, con la consiguiente fatiga de los trabajadores.
- Carecer de uniformes adecuados y equipos individuales de protección

Entre los actos de negligencia más comunes del propio trabajador se encuentran:

- No usar el equipo individual de protección
- Ingerir bebidas alcohólicas durante la jornada de trabajo
- Levantar en forma indebida recipientes u objetos pesados
- No prestar atención al tráfico vehicular

Por lo tanto, se deben identificar cuidadosamente todas las condiciones inseguras así como las causas más comunes de accidentes de trabajo y riesgos a que esté expuesto el trabajador, con el objeto de darles la solución adecuada.

Seguidamente se indican algunas recomendaciones para tratar de minimizar los problemas anteriores:

- Tratar de evaluar las causas de accidentes más comunes y adoptar las medidas preventivas del caso.
- Elaborar normas de seguridad de trabajo, con las respectivas indicaciones para el uso del equipo.
- Proveer al personal de un local para vestuario y duchas donde asearse y cambiarse de ropas después de la jornada de trabajo, a fin de no llevar a sus hogares cualquier clase de contaminación.
- Establecer un programa de exámenes médicos para que puedan ser identificados los riesgos potenciales de contaminación, relacionados con su actividad.
- Mejorar la calidad del equipo y herramientas, buscando la uniformidad de los recipientes en cuanto a forma, tamaño, y peso, y obligando, por lo menos al sector comercial, el empleo de recipientes plásticos de unos 60 a 100 litros de capacidad. Para el sector residencial, llevar a cabo una buena campaña de promoción y conscientización.

## **Mantenimiento**

### ***Recursos***

A diferencia de otras obras, la construcción de un relleno sanitario requiere de una constante supervisión y mantenimiento, lo cual implica algunos gastos que, aunque son mínimos, deben ser atendidos oportunamente, debiendo preverse los recursos correspondientes en el presupuesto anual del municipio.

### ***Supervisión***

Uno de los elementos más importantes en el relleno sanitario es el jefe de operación del relleno o supervisor de aseo, quien debe organizar, dirigir y controlar las operaciones; además, debe contar con el pleno respaldo de la Administración Municipal.

Si el relleno sanitario manual no cuenta con una buena supervisión ni con un adecuado mantenimiento técnico y económico, fácilmente podrá convertirse en un botadero a cielo abierto, con todos sus perjuicios.

Un relleno sanitario exige una constante supervisión para poder evitar fallas futuras.

### ***Vías de acceso***

Las vías de acceso, frente de trabajo, redes de drenaje pluvial y superficie terminada del relleno, deben mantenerse en buenas condiciones operativas.

El costo de manutención de los accesos es inferior al de reparación por daño y paralización de un vehículo recolector. Por tal motivo, deben almacenarse pedruscos, restos de demolición y tierra adecuada. El frente de trabajo debe ser organizado y limpio.

### ***Abastecimiento de materiales y herramientas***

Una vez concluidas las labores diarias, las herramientas deben dejarse limpias y, en caso de daños o quiebras, deben ser renaradas o sustituidas a la mayor brevedad.



### *Control de moscas*

El control de moscas en el relleno no debe ni puede hacerse con insecticidas. Su excesivo empleo no sólo origina la contaminación del ambiente, sino que también desarrolla en las moscas la resistencia a los insecticidas, lo cual a largo plazo no permite su control. Por lo tanto, debe disminuirse su uso al máximo. En cambio, el cubrimiento con la tierra debe ser el método principal. No obstante, como las moscas llegan con las basuras en los vehículos recolectores y en ocasiones resulta notoria su presencia, se recomienda fumigar el área del relleno, con la periodicidad que se requiera en cada caso.

### *Material disperso*

El control de la dispersión de los papeles y plásticos por la acción del viento se evitará colocando vallas o mallas móviles próximas al frente de trabajo y a sotavento, es decir, en la dirección del viento. Estas cercas deberán limpiarse periódicamente de los residuos acumulados (ver hoja de detalles constructivos).

La malla será de tipo ciclónico. Conforme cambien las operaciones, la cerca podrá transportarse hacia nuevos sitios.

Es importante mantener limpias las áreas adyacentes al frente de trabajo diario, puesto que en algunas ocasiones, cuando se dejan acumular los papeles volantes arrastrados por el viento, se brinda un mal aspecto a la apariencia estética del relleno. Se aconseja que uno de los trabajadores, utilizando un saco o costal, recoja todos estos materiales dispersos al término de la jornada diaria, y los deposite en el sitio donde se construye la celda.

### *Control de incendios*

En el área del relleno se deben evitar las quemaduras de papel, cartón, plásticos, etc. Para no correr el riesgo de propiciar un incendio, dado que la descomposición de la basura produce metano que es un gas combustible; además deteriora su aspecto asemejándolo a un botadero abierto.

### *Control de aguas*

Se debe conservar en buen estado el drenaje pluvial periférico (canal en tierra, cunetas) y la

han previstos 4 pozos de venteo para realizar muestreo de los lixiviados, pues de lo contrario, con el tiempo se obstruirán y el líquido escurrirá por la superficie o lo que es peor hacer fallar las terrazas.

### ***Drenaje de gases***

Debido a los asentamientos del relleno y al tránsito vehicular por encima de las celdas y demás, las chimeneas de gases se van deformando e inclinando, por lo que es necesario mantenerlas verticales a medidas que se eleva el nivel del relleno, para evitar su obstrucción y pérdida.

### ***Pendiente de terrazas***

Sentido transversal de la celda 1 a 2%

Sentido longitudinal de la celda 2 a 3%

### ***Drenajes***

#### ***Captador de líquidos percolados***

El sistema de captación de líquidos percolados se diseño con dos juegos de tres lagunas de estabilización las cuales trataran la misma cantidad de lixiviado captado, por lo que se deberá mantener los perímetros limpios y se le colocaran tuberías de descarga que dado la topografía del terreno podrán ser vaciadas por gravedad.

Debido a que el sistema de captación se localizará en la base del relleno sanitario, deberá protegerse para evitar rupturas y hundimientos.

Se recomienda que en la parte superior colocar un espesor de 0.3 m a 0.5 m de piedra rocosa o de río (no arenas), que permita el paso del fluido a través de las mismas.

### ***Zona de emergencia***

El relleno sanitario contará con una zona de emergencia para la disposición de los residuos por algún motivo no se pueda entrar en el área del



### *Desviación de aguas pluviales*

Se tratará que las operaciones del relleno sanitario se realicen la mayoría del tiempo bajo condiciones secas. En épocas de lluvias las aguas pluviales se dirigirán a canales o tuberías de media caña que las desviarán fuera de la zona de operación.

Para la construcción de los anteriores se tomarán en cuenta las pendientes del terreno. Los canales se podrán construir de concreto.

El agua de lluvias recolectadas podrá infiltrarse en los terrenos adyacentes al relleno, o bien mandarse a un colector.

### *Captación y conducción de las aguas superficiales*

Los canales de conducción de las aguas pluviales deberán estar siempre libres de rocas, arena o residuos, para evitar su asolvamiento. Además se diseñarán para que el agua que se fluya a través de ellos tenga una velocidad mínima de 1.0 m/s, y se pueda introducir una pala para sacar las arenas azolvadas.

Se tendrán canales fijos y provisionales dependiendo del programa de construcción del relleno.

### *Vigilancia*

Se vigilará al máximo la entrada exclusiva de residuos sólidos municipales al relleno sanitario.

Se vigilará la entrada a todas las personas que estén involucradas en las actividades del relleno sanitario. Desde los choferes hasta el personal que labore en el mismo.

Se vigilará el sistema de pesaje de los vehículos recolectores, puesto que de ello dependerá el alcanzar la vida útil del relleno.

Se vigilará que las celdas por construirse ese día sean identificadas por medio de estacas en donde se localicen los límites de las mismas y se mostrarán a los operadores de los tractores.

La elevación del nivel de los residuos y del piso de cubierta diaria o final deberá darse también sobre el estacado.

Se vigilará el buen estado de los caminos interiores del relleno sanitario mediante inspecciones constantes a los mismos. Se taparán los baches y se rociarán los caminos con aceite quemando cuando sea necesario para evitar polvos.

### **Cercas**

Para controlar los materiales susceptibles a ser arrastrados por el viento, deberán colocarse en dirección transversal al viento cercas móviles construidas de malla de gallinero de 3 m de altura por 6 metros de largo. Los materiales susceptibles a ser arrastrados por el viento serán retenidos en estas mallas.

Asimismo se deberá colocar una cerca perimetral en todo el terreno para proteger al relleno contra la invasión de animales y a la vez como control.

### **Mantenimiento y Conservación de la cubierta final**

En la cubierta final del relleno sanitario se pueden llegar a presentar ciertos problemas ocasionados por la acción de las lluvias y vientos, como pueden ser depresiones, grietas o erosión. Es menester hacer las reparaciones necesarias a fin de que la cubierta final esté siempre cubriendo el residuo sólido y evitar posibles contaminaciones del medio ambiente. A continuación se analiza cada uno de estos problemas y su solución.

### **Depresiones**

Este caso es muy común, debido a que con el tiempo el residuo sólidos se va compactando, pierde humedad y tiende a formar en la cubierta alguna depresión que será necesario reparar.

Para poder reparar la depresión se deberán seguir los siguientes pasos:

Se deberá escarificar con pala, rastrillo o con un zapapico el área afectada a una profundidad de 10 cm (en caso de que sea un área extensa usar la escarificadora de la motoniveladora).

Se deberá colocar material de cubierta en capas de 40 cm como máximo y compactar cada capa con el material húmedo hasta lograr la superficie original.



### *Reparación de zonas erosionadas de taludes y terraplenes*

La lluvia y el aire pueden erosionar los taludes y terraplenes del relleno sanitario, para tal efecto se deberá proceder a reparar de la siguiente manera la erosión:

Se deberá escarificar 10 cm la zona erosionada, ya sea con máquina o a mano (dependiendo del tamaño de la erosión)

Se deberá humedecer el área erosionada y con material de cubierta se hará la reparación hasta llegar a la superficie original.

### *Diseño del Area Regenerada*

Una vez concluida la operación del relleno sanitario y que se haya construido de acuerdo al proyecto y a los métodos de operación señalados, se aconseja continuar con la restricción de acceso y uso controlado.

El uso inicial será destinado como área verde, en el cual de ninguna manera se permitirá ningún tipo de construcción y se sembrarán diferentes variedades de pasto, árboles, plantas y arbustos para conocer su comportamiento.

También se observará en cuanto a los asentamiento diferenciales, la estabilidad de los taludes y terraplenes, uso y liberación del biogas, aforos y análisis del lixiviado, nuevas características del suelo, etc.

Pasado de dos a tres años se podrá sembrar cultivos de uso restringido y mas para investigar el comportamiento.

### *Elección de la Cobertura Vegetal*

Los factores que condicionan la elección de especies capaces de cubrir continuamente el suelo con pasto o césped son muy diversos: Climatología, latitud, suelo, etc. Por tanto, es muy difícil determinar con acierto la especie o especies adecuadas en cada ocasión por lo que a continuación se citan varias especies de pastos con sus características más importantes:

***Popotillo azul***

Andropogon scoparius y A. Virginicus.

Comúnmente llamada anaróspura. Especies perennes que pueden alcanzar tallo alto, si se abandona la siega. De consistencia basta, es apropiada para fijar taludes. Soporta bien los suelos máridos y secos. Debe cortarse siempre por encima de 10 cm y se puede multiplicar por plantación vegetativa.

***Pasto bromo-suave***

Bromus inermis. Especie perenne de gran desarrollo aéreo y radicular. Es estolonífera, con hojas planas algo toscas y gran cantidad de renuevos; puede formar praderas aceptables en suelos de cualquier tipo, con tal que sean fértiles y estén bien drenados. Soporta los climas extremos y la salinidad. Se multiplica por semilla,

***Pasto Rodas***

Chloris gayana. Especie perenne de talla elevada, que se desarrolla por tallos rastreros. Es muy fuerte y se adapta esencialmente a climas templados y cálidos, soportando bien todo tipo de suelos. Constituye una excelente colonizadora de taludes. Se siembra al comienzo de la estación cálida.

***Pasto Bermuda***

Cynodon dactylon. Es el pasto o grama de la Bermudas, especie perenne de talla pequeña y muy agresiva.

Tiene gran capacidad estolonífera y se desarrolla bien en todo tipo de suelos, aunque sean semiáridos o se encuentren al borde del mar. Se multiplica fácilmente por semillas, por estolones y por esqueje, durante la estación calida. Existen infinidad de variedades: "Bayshore", "Oimond", "Sunturf", "Fifgreen", "Uganda", etc.

***Pata de Gallo ó Gramínea de huerto***

Dactylis glomerata. Especie perenne de talla alta, con hojas anchas y plegadas. Es una planta muy rústica que soporta cualquier suelo aunque resulte seco y poco fértil. Se utiliza para céspedes fuertes y poco cuidados, multiplicándose fácilmente por semilla.

***Cañuela de oveja***

Festuca ovina. Especie perenne de talla baja y con numerosas hojas basales. Es muy rústica en cuanto al frío y para cualquier tipo de suelo, incluso salino y árido. Se propaga fácilmente  
... de montaña. Son notables sus variedades "Tenvifolia" y



Tabla 6. Cantidades y características germinativas de las semillas más corrientes

| Nombre Común       | Nombre botánico      | Germinación | Número aprox. | Semilla         |
|--------------------|----------------------|-------------|---------------|-----------------|
|                    |                      | Mínima %    | por Kg.       | Necesaria g/m2. |
| Agostide           | Agrostis stolonifera | 90          | 12 000        | 2.5 - 3         |
| Popotillo Azul     | Andropogon scoparius | 60          | 600           | 40 - 50         |
| Pasto bromo suave  | Bromus inermis       | 90          | 400           | 40              |
| Pasto Rodas        | Chloris gayana       | 75          | 4500          | 7 - 10          |
| Pasto Bermudas     | Cynodon dactylon     | 90          | 4000          | 7 - 10          |
| Pata de Gallo o    | Dactylis glomerata   | 85          | 1500          | 15 - 20         |
| Graminea de Huerto |                      |             |               |                 |
| Cañuela de Oveja   | Festuca ovina        | 80          | 1400          | 15 - 20         |
| Festuca roja       | Festuca rubra        | 85          | 1300          | 15 - 20         |

## MANUAL DE FUNCIONES DE PERSONAL PARA OPERAR EL RELLENO

A continuación se presenta la nomina de las plazas necesarias para operar el relleno sanitario, así como también las actividades y funciones que tiene que tiene cada plaza con el fin de seleccionar el personal idóneo y poder conformar un equipo de personas que opere y de mantenimiento a una de las mas complejas obras de la ingeniería sanitaria ya que depende a diario de la calidad de atención de todo el personal.

**Tabla 7. Cargos y numero de plazas**

| Personal                                  | Numero de plazas |
|-------------------------------------------|------------------|
| Jefe de Operación del Relleno Sanitario   | 1                |
| Auxiliar de jefe de operaciones           | 1                |
| Vigilante de portería                     | 1                |
| Operador de tractor y camión              | 2                |
| Ayudante del operador de tractor y camión | 2                |
| Auxiliares del relleno                    | 2                |
| Vigilante de seguridad nocturno           | 1                |
|                                           | 10               |

### Actividades y funciones del personal

#### *Jefe de Operación del Relleno Sanitario*

##### ACTIVIDAD

Es el Ingeniero o Técnico especializado que en mayor o menor grado tiene la misión de dirigir, mandar las diversas operaciones para el funcionamiento, conservación, mantenimiento y conclusión del relleno sanitario, que asume las funciones técnico -administrativas de recibir ordenes, ordenar, ejecutar, controlar, concentrar información, y elaborar informes.

##### FUNCION



Ordenará los suministros de combustibles, aceites, grasas, reparaciones y refracciones para reparaciones menores de la maquinaria cuando sean solicitadas por el operador del equipo mecánico.

También proporcionará todo el equipo de protección y materiales, para el personal que labore dentro del mismo.

### *Auxiliar de jefe de operaciones*

#### ACTIVIDAD

Es el trabajador que registra los volúmenes de manejo y le da asistencia mecanográfica en la elaboración de informes al jefe de operaciones y otro tipo de documentos. Maneja su archivo, lleva registros y puede realizar otras labores simples de oficina.

Es el trabajador que controla las entradas y salidas de materiales, productos, mercancías u otros artículos que se manejan en la bodega o almacén del que es responsable. Vigila el orden dentro del establecimiento, supervisa o hace, las entregas de los mismos mediante la documentación establecida; lleva registros, listas y archivo de los movimientos ejecutados diariamente; hace reportes y relaciones de materiales faltantes. Puede formular pedidos de materiales, etc.

#### FUNCION

Este trabajador (a) permanecerá en la oficina del Jefe de Operación del relleno sanitario, esta persona actuará como apoyo administrativo del Jefe de Operación y será la encargada de archivar todo lo relativo al costo, funcionamiento, información técnica y administrativa del relleno, así como contestar toda la correspondencia relativa al relleno sanitario.

También tendrá a su cargo todos los trámites administrativos del personal que trabaja en la operación del relleno tales como (tarjetas de control, establecer las jornadas y horarios de personal, roles de trabajo, etc.)

A través de este trabajador se hará la petición de los suministros de combustibles, o materiales necesarios para el correcto funcionamiento del relleno sanitario.

### *Vigilante de portería*

## FUNCION

Para poder desarrollar este trabajo efectivamente es necesario contar con dos personas para cubrir el turno matutino y vespertino tratando de cubrir el horario asignado de operación del relleno sanitario.

Deberá permanecer en la caseta asignada a esta función su actividad es de abrir y cerrar las puertas de acceso a los camiones recolectores tanto del municipio como de particulares o concesionarios que lo soliciten permitiendo el paso aquellos que contengan únicamente residuos sólidos municipales.

Informará diariamente sobre la cantidad de residuos sólidos (control volumétrico) llevando un control sobre cada viaje y camión recolector.

Para personas extrañas a la operación del relleno sanitario únicamente se permitirá su paso mediante la autorización correspondiente del Jefe de Operación del relleno sanitario.

No deberá permitir la descarga de residuos sólidos de una manera indiscriminada dentro del establecimiento ni en sus alrededores, por los choferes de los camiones.

### *Operador de tractor y camión*

## ACTIVIDAD

Es el trabajador que opera una máquina provista de una cuchilla para mover tierra, rocas y otros materiales a distancias cortas, además puede operar camiones de volteo para acarreo de material de cubierta. Revisa el funcionamiento de dichos equipos y operando controles procede a mover tierra, desmontar, excavar canales, nivelar terrenos y otras obras semejantes en la construcción de aeropuertos, caminos, sistemas de riego, urbanizaciones, construcción de bordos, demoliciones de edificios y trabajos similares. Puede realizar pequeñas reparaciones a la máquina o reportarla para mantenimiento y reparación.

## FUNCION



Posteriormente realizará la compactación de los residuos con el equipo pasando de 3 a 4 veces sobre el talud inclinado, luego podrá encargarse de acarrear material de cubierta.

Finalmente deberá extender y compactar la celda formada en un día con el equipo mecánico (tanto en terraplén como en los taludes) con el material producto de la excavación dará la cubierta de la celda, esta operación se debe realizar diariamente. El operador no podrá retirarse hasta dejar perfectamente cubierta la celda del día.

#### *Ayudante del operador de tractor y camión*

#### ACTIVIDAD

Es el trabajador que ejecuta labores de lubricación, limpieza y mantenimiento de las partes móviles del tractor y el camión, lava motor, revisa los niveles de combustible, aceite del cárter, caja de velocidad y transmisión reponiendo el faltante o cambiándolo, según las indicaciones del operador, lubrica las partes provistas de graseras. Se auxilia de herramientas propias del oficio.

#### FUNCION

Dentro de la operación del relleno sanitario, este trabajador ayuda al operador a llenar el tanque del combustible, a levantar, inclinar o nivelar la hoja topadora, acomodar mediante un rastrillo ciertos materiales voluminosos para su compactación, limpia las orugas o carriles del tractor, también ayuda a colocar las cadenas para el remolque de camiones atascados.

Recibe las instrucciones del operador para indicarle a los choferes de los camiones recolectores el sitio exacto en donde deberá descargar los residuos sólidos o el material de cubierta cuando el método lo requiera.

#### *Vigilante de seguridad*

#### ACTIVIDAD

Es el trabajador que realiza las labores de vigilancia durante la noche. Recorrer las diferentes áreas del establecimiento anotando su paso en el reloj chequeador cuando lo hay, vigila al personal que entra y sale del establecimiento después de las horas de trabajo normal, cierra

### *Auxiliar del relleno*

#### ACTIVIDAD

Es el trabajador que ejecuta labores de llenado del camión de volteo, limpieza de las oficinas y hace recolección de papeles y plásticos regados y atiende las diligencias según las indicaciones del jefe de operación del relleno. Se auxilia de herramientas propias del oficio.

#### FUNCION

Dentro de la operación del relleno sanitario, este trabajador ayuda al operador de camiones a cargar el material de cobertura, acomodar mediante un rastrillo ciertos materiales voluminosos para su compactación, también ayuda a colocar las cadenas para el remolque de camiones atascados.

Recibe las instrucciones del operador para indicarle a los choferes de los camiones recolectores el sitio exacto en donde deberá descargar los residuos sólidos o el material de cubierta cuando el método lo requiera.



**BIBLIOGRAFÍA**

- Banco Mundial, "LIBRO DE CONSULTA PARA EVALUACIÓN AMBIENTAL". Volumen II. Lineamientos Sectoriales. Washington D.C. (1991)
- Canter, L. "MANUAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL". McGraw Hill/Interamericana de España (1998)
- Conesa, V. "GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL". Ediciones Mundi-Prensa, España (1993).
- Cortés, A.; Malagón, D. "LOS LEVANTAMIENTOS DE SUELOS Y SUS APLICACIONES MULTIDISCIPLINARIAS". Ediciones CIDIAT, Mérida, Venezuela (1992).
- Delgado, F. "TERRAZAS PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS EN TERRENOS INCLINADOS". Ediciones CIDIAT, Mérida, Venezuela (1995)
- Secretaría de Ecología de México. "MANUAL DE RELLENO SANITARIO". México (1980).
- Jaramillo "MANUAL DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO". OPS/OMS Washington (1991).
- Tchobanoglous, G. "GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS". McGraw Hill/Interamericana de España (1994)

Ojo  
falta marco legal  
Estudio de Suelos