

EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL RELLENO SANITARIO PARA EL SANTUARIO HISTÓRICO DE MACHU PICCHU Y PUEBLOS ALEDAÑOS

AN ENVIROMENTAL EVALUATION OF A SANITARY FILL FOR THE HISTORICAL SANCTUARY OF MACCHU-PICHU AND NEIGHBOURING TOWNS

Iris Villafuerte S.* , Dante Flores O.* , Enrique Guadalupe G.** , Manuel Zea A.**

RESUMEN

La evaluación ambiental ha sido preparada para el Proyecto de Relleno Sanitario del Santuario Histórico de Machu Picchu, el mismo que se ubica en la Quebrada Yuncacha Huayco, al frente de Yanahuara, provincia de Maras, departamento de Cusco, a 57 Km. de la ciudad de Cusco.

En primera instancia, se hace un diagnóstico ambiental del área del proyecto, identificando todos los aspectos relacionados con la flora, fauna, suelo, clima y riesgos de la zona ante desastres naturales; además, se presentan los resultados de la encuesta sobre las percepciones de la población frente al proyecto.

Luego, se describen los principales impactos que dicha actividad generará, tanto en sus etapas de habilitación, operación, clausura y posclausura. Para ello se presenta una matriz de combinación, interrelacionando las categorías ambientales con las diversas actividades del proyecto, así como los planes de manejo ambiental. Finalmente, se dan alternativas de mitigación a los impactos ambientales generados por el relleno sanitario.

Palabras clave: Impacto Ambiental, Relleno Sanitario, Machu Picchu.

ABSTRACT

The environmental evaluation of the Sanitary Fill for the historical Sanctuary of Macchu-Picchu's Project has been carried out, located in the Quebrada Yuncacha Huayco in front of Yanahuara, province of Maras, Department of Cuzco, 57 km. far from the city of Cuzco.

First of all, an environmental diagnostic of the project area is made, identifying all aspects related to the areas' flora, fauna, soil, climate and risks facing natural disasters. Moreover, the results of the survey on the population's points of view facing the project are presented.

The main impact that such an activity would have will be described as well, considering implementation, operation, closing and post-closing stages. For that aim, a combination matrix is presented, interrelating both environmental categories with the project various activities, and environmental management plans. Finally, mitigation alternatives to environmental impacts generated by the sanitary fill are provided.

Key words: Environmental impact - Sanitary fill - Macchu-Picchu.

* Miembros del equipo técnico de IPES - Promoción del Desarrollo Sostenible.
E-mail: hiris32@hotmail.com, floresore@hotmail.com

** Docentes de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
E-mail: eguadalupeg@unmsm.edu.pe, mzea1@yahoo.com

I. OBJETIVO DE ESTUDIO

Prevenir las consecuencias negativas derivadas del funcionamiento del relleno sanitario para el Santuario Histórico de Machu Picchu (SHMP) y otros, a partir de la identificación de los principales impactos ambientales y de las medidas de mitigación.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE RELLENO SANITARIO

El método de disposición final de residuos sólidos denominado Relleno Sanitario constituye la alternativa técnica y económica más favorable en nuestro país frente a otros métodos de tratamiento como la incineración, la compostificación y la recuperación, ya que los productos finales de estos últimos métodos deben también ser tratados finalmente a través de un relleno sanitario. La incineración demanda gran inversión y contamina el aire; por lo que el relleno sanitario conjuntamente con el reuso y reciclaje es la técnica adecuada ante las condiciones reales del lugar.

El proyecto de relleno sanitario se emplaza en un área compuesta de cárcavas originadas por la erosión hídrica, por la cual discurre agua en épocas lluviosas, su pendiente promedio es de 15%, se encuentran cubriendo las terrazas antiguas del río Urubamba (Foto N.º1).

De acuerdo al estudio geofísico de resistividad eléctrica realizado, el área no posee condiciones hidrogeológicas ni indicios de algún acuífero existente que corra el riesgo de ser impactado por vertimientos de lixiviados como medio de transporte de agentes patógenos para la contaminación de otras fuentes de aguas subterráneas cercanas al área del proyecto.

El proyecto ha sido diseñado para disponer los residuos generados en el Santuario Histórico Machu Picchu dada la fragilidad y sensibilidad de su ecosistema, así como de las áreas de influencia, que también son impactadas por el flujo turístico; además se debe recepcionar los residuos generados en distritos relativamente cercanos a la zona del proyecto, entre los que se encuentran Machu Picchu (Aguas Calientes), Ollantaytambo, Urubamba, Yucay y Huayllabamba.

La población urbana de los distritos mencionados es de 16430 habitantes, que conjuntamente con la actividad turística está generando un total de 16,44 toneladas de residuos sólidos, los cuales incluyen a residuos domiciliarios, comerciales y los propios que genera cada turista¹. La producción per cápita (PPC) promedio de residuos domiciliarios de los 5 distritos es de 0,496 Kg/hab/día².

La composición física hallada en estudios anteriores para Aguas Calientes, determinó que un 69% es materia orgánica, seguida por plásticos y papeles. Lo cual indica que existen muchas posibilidades para su reaprovechamiento.

III. ENCUESTA A LA POBLACIÓN

La población aledaña al Proyecto de Relleno Sanitario tiene como actividad principal para su sustento la agricultura y en menor escala la ganadería (Fotos N.º 2 y N.º 3). Se entrevistó y encuestó a un grupo representativo de pobladores de la Comunidad Campesina de San Mateo de Paucarbamba, la misma que cuenta con una población de 194 habitantes que ocupan 44 viviendas.

Los resultados de la encuesta mostraron que hay expectativa por el desarrollo del proyecto y que están enterados del mismo, y por otro, ven con optimismo la posibilidad de una fuente de trabajo en el relleno sanitario.

IV. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL ÁREA DEL PROYECTO

4.1. Clima

El área del proyecto se encuentra en su parte baja en la cota a 2825 msnm y se extiende hasta los 3010 msnm de acuerdo a sus características geográficas (latitud y altitud) y considerando la temperatura y precipitación del lugar, ésta se caracteriza según la clasificación de W. Köppen como clima templado moderado (Cw), con lluvias de verano, con una temperatura media mensual de 14.5% de acuerdo a los datos proporcionados por el servicio nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, la precipitación total anual registrada en los últimos 10 años ha variado entre los 290.3 a 614.1 mm. En cuanto a la evaporación, se ha re-

¹ Proyección en base a los datos de población del Censo Nacional de Población y Vivienda de 1993 y tomando como referencia la tasa de crecimiento promedio para América Latina.

² Dato del Plan de Residuos Sólidos Machu Picchu, 1999.

gistrado un total de 665.8 mm., un valor mayor al registro de precipitación para ese mismo año que fue de 549.9 mm.

Los vientos predominantes en la zona según la escala de Beaufort son: calma en las mañanas, brisa débil a moderada por las tardes y brisa débil a calma por las noches, con una dirección predominante de Oeste (W) a Suroeste (SW) con una velocidad que varía de 1 a 3 metros por segundo.

4.2. Suelo

Se originó por la acción erosiva y sedimentación del antiguo cauce del río Urubamba y que fue cubierta en parte por flujos de barro, generando suelos con cantos, arena y limo en la parte baja y suelos arenosos, pedregosos, arcillosos, limosos con yeso, de colores rojizos a grises en la parte alta, originados por erosión de la formación Maras.

4.3. Flora y Fauna

Se ha encontrado diversas especies de flora y fauna típicas de la serranía esteparia intermedia y alta.

Flora

Las formaciones vegetales de la parte baja (2800 a 2830 msnm) es escasa, con algunas plantas xerófilas (cactáceas, arbustos de hojas caducas y suculentas) y algunas especies arbóreas.

La zona de vida a la que pertenece el área es de Estepa Espinosa Montano Bajo Subtropical (ee- MBS), extendiéndose entre 2825 a 2930 msnm.³

La flora terrestre encontrada en el área y sus alrededores fue la siguiente:

Árboles: Eucalipto «*Eucalyptus globulus*», Tara «*Caesalpinia spinosa*», Molle Serrano «*Schinus molle*», Ciprés «*Cupressus macrocarpa*», Sauce «*Salix chilensis*» y Pisonay «*Erythrina sp.*».

Cactáceas: Opuntia «*Cylindropuntia tunicata*».

Especies suculentas y herbáceas: Maguey «*Agave americana*», Achupalla «*Pitcairnia ferruginea*», Retama «*Spartium junceum linnaeus*», Ichu «*Stipa ichu*», Huamanripa «*Pitcairnia ferruginea*», Mutuy (leguminosas) «*Cassia spp.*», Chiri Chiri «*Gringelia glutinosa*» (Fotos N.º 4 y 5).

Fauna

Aves: Buho «*Buho virginianus*», Quilicho o Cernícalo «*Falco sparverius*», Aguilucho común «*Buteo polyosoma*», Tortolita peruana «*Eupelia cruziana*», Picaflor andino «*Oreotrochilus estella*».

Mamíferos: Zorro andino o Atoaj «*Ducisyon culpaeus*», Zorrino o añás «*Conepatus rex*».

Reptiles: Lagartija «*Liolaemus spp.*».

4.4. Riesgos de la zona ante desastres naturales

Según el Mapa de Riesgos elaborado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), la zona donde se ubica el proyecto pertenece al distrito de Maras, zona considerada como de bajo nivel de riesgos, sin embargo, las terrazas bajas de la Comunidad de Paucarbamba son consideradas como zonas de alto riesgo.

De acuerdo al Mapa de Intensidades Sísmicas (INDECI, 1999), el área del proyecto se ubica en la zona de intensidades VII y VIII en la escala de Mercalli.

4.5. Patrimonio cultural: restos arqueológicos

La Secretaría Ejecutiva Regional del Consejo Nacional del Ambiente CONAM realizó las consultas del caso al Instituto Nacional de Cultura del Cusco, emitiendo luego ésta su conformidad con el Proyecto de Implementación del relleno Sanitario, al no encontrar restos arqueológicos en el área del relleno.

4.6. Líneas de transmisión u otras instalaciones eléctricas

En las cercanías de Paucarbamba existen líneas de transmisión eléctrica, que pudieran comprometer el normal funcionamiento del relleno sanitario; sin embargo, en el trabajo de campo realizado, se comprobó que éstas se encuentran fuera de los límites del proyecto. Además, la Empresa de Generación Eléctrica Machu Picchu S.A (EGEMSA) emitió un documento en el que daba su opinión favorable respecto al proyecto, descartando el que las líneas de transmisión estuvieran dentro del área de ubicación del proyecto de relleno sanitario.

³ Guía Explicativa del Mapa Ecológico del Perú, ONERN, 1976.

V. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS

La metodología que se presenta a continuación, para identificar y evaluar los efectos y los impactos ambientales del relleno sanitario para el SHMP, se basa en la diferenciación cualitativa y cuantitativa de las causas que originan o producen; y, otros elementos denominados elementos de efecto, los cuales afectan al medio ambiente a través de lo que aquí se denominan las categorías ambientales. El impacto ambiental se conceptúa como las implicancias que sobre la sociedad y la economía poseen estas categorías ambientales. El contexto social y económico impactado se describe a través de variables sociológicas que median entre la población y el medio ambiente: relaciones comunales, actores sociales emergentes, procesos de gobernabilidad, desarrollo institucional, prácticas económicas, cultura y tecnología. Estas variables dan cuenta del tipo y complejidad de las relaciones entre el hombre con su medio ambiente de manera indirecta.

La valoración se considera siendo:

Magnitud: 1(leve)-10(fuerte)

Intensidad: 1(sin intensidad)-10(muy intensivo)

El elemento de intersección se ha dividido en dos recuadros. En el primero se asignará la calidad de la magnitud o extensión del contaminador (**m**) en una puntuación de 1 a 10, siendo los valores menores si la magnitud del contaminante es

leve y números altos si se trata de una extensión amplia.

El otro recuadro está referido a la intensidad o importancia del impacto (**i**), también con valores entre 1 a 10.

Como observamos, la primera magnitud está relacionada al tamaño y extensión del posible contaminante o impacto, es una unidad de cantidad; para el segundo caso nos estamos refiriendo al nivel de concentración o intensidad de la ocurrencia del impacto (Cuadro N.º 1). El producto de $(i) \cdot (m)$ da un valor que nos indica la carga o magnitud del impacto, este producto es un instrumento de valoración del impacto que las actividades del proyecto pueden generar en el ambiente. Los valores de estos productos pueden tener las siguientes implicancias:

| | |
|-----------------------|--|
| $m \cdot i < 10$ | Efecto leve o de poca importancia. |
| $m \cdot i > 10 < 25$ | Efecto importante, debe controlarse. |
| $m \cdot i > 25$ | Efecto grave, debe mitigarse. ⁴ |

En este trabajo también se han considerado cuadros resumen para la identificación de los efectos contaminantes y el respectivo plan de manejo ambiental (Cuadros N.º 2, 3, y 4) en las etapas de habilitación, operación, clausura y posclausura; finalmente, cuadros de mitigación a los impactos potenciales que se generarán a lo largo de la vida del relleno sanitario (Cuadros N.º 5, 6 y 7).⁵

⁴ Metodología adaptada del documento de Andreoytola, G; Cossu, R; Serra, R. Método para la evaluación del impacto ambiental de un relleno sanitario, 1989; y de Gómez Orea, D. Evaluación de Impacto Ambiental, 1999.

⁵ Elaborados en base a la metodología descrita en el documento de la Asociación Mexicana para el Control de Residuos Sólidos y Peligrosos, A.C. Impacto ambiental en rellenos sanitarios, febrero 1997.

Cuadro N.º I. Matriz de Combinación: Parámetros Ambientales Interrelacionados con las Diversas Actividades del Proyecto.

| ACTIVIDADES DEL PROYECTO | | | HABILITACIÓN | | | | OPERACIÓN | | | | | | | | | | CLAUSURA | | POSCLAUSURA | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|-------------|---|---|--------------------------------------|--|--------------------|------------------------|----------------------|----------------------|--|-------------------|-----------------|--------------------------------------|---|---|--------------------------|-----------------|-----------------------|--------------|--------------------------------------|---|
| | | | Habilitación de vía con maquinaria pesada | Habilitación de área de disposición final | Construcción de zanjas de coronación | Construcción de instalaciones para el personal | Ocupación del área | Transporte de residuos | Control de vehículos | Descarga de residuos | Esparcimiento y compactación de residuos | Cobertura parcial | Cobertura final | Construcción de drenes de lixiviados | Construcción y colocación de ductos de biogás | Tratamiento de lixiviados (Recirculación) | Colocación de quemadores | Cobertura final | Restauración del área | Arborización | Habilitación de nuevas instalaciones | |
| CATEGORÍAS AMBIENTALES | Magnitud o extensión del impacto (m) | | Importancia o intensidad (i) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1. Medio Ecológico | | | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| 2. Medio Físico | Agua | Superficial | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | Subterránea | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | Suelo | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Aire | gases | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | | polvos | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | ruido | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3. Medio Biológico | | | 3 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 |
| Flora | | 5 | 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | |
| | | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | |
| Fauna | | 5 | 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | |
| | | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | |
| 4. Medio Humano | | | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Socio-cultural | | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | |
| | | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Socio-económico | | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| | | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | |
| 5. De interés humano | | | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 |

m: 1 (leve) - 10 (fuerte)
i: 1 (sin intensidad) - 10 (muy intensivo)

■ IMPACTO NEGATIVO IMPORTANTE ■ IMPACTO NEGATIVO INSIGNIFICANTE
■ IMPACTO POSITIVO IMPORTANTE ■ IMPACTO POSITIVO MUY FAVORABLE

Cuadro N.º 2. Identificación de los efectos contaminantes y plan de manejo ambiental.

| ETAPA DE HABILITACIÓN | |
|--|--|
| IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS CONTAMINANTES | PLAN DE MANEJO AMBIENTAL |
| <p>Al construir vías de acceso para el ingreso y salida de vehículos de carga, habrá riesgos de accidentes y generación de polvo y ruido; asimismo, por la actividad de distintas maquinarias pesadas, se generan impactos negativos al aire, flora y fauna, e impactos negativos insignificantes al medio ecológico y suelo. Pero también hay un impacto positivo favorable para la población, pues facilitaría el transporte de productos agrícolas a ciudades del Cusco. En cuanto a la habilitación del área de disposición final, se generará impactos negativos importantes al medio ecológico, a la calidad del aire, flora y fauna e insignificantes al suelo y paisaje; pero, el impacto positivo es el confinamiento de los residuos sanitarios, evitando la contaminación ambiental por quema y exposición a cielo abierto, como ocurre en la mayoría de los botaderos de la provincia de Urubamba.</p> | <p>Se debe optimizar el tiempo de habilitación de la vía y el humedecimiento del suelo, con riego controlado; además, se debe brindar información adecuada a la población.</p> |

Cuadro N.º 3

| ETAPA DE OPERACIÓN | |
|---|---|
| IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS CONTAMINANTES | PLAN DE MANEJO AMBIENTAL |
| <p>Involucra actividades orientadas a disponer adecuadamente de los residuos sólidos; es decir, transporte, descarga, esparcido, compactación y cobertura; además de la construcción de drenes de biogás y lixivios. El transporte no adecuado puede causar molestias, por los olores de los desechos semi-decompuestos, la proliferación de insectos y vectores, producción de biogás por descomposición aeróbica y anaeróbica de la materia orgánica, producción de lixivios tóxicos, de acuerdo a la materia orgánica. De acuerdo a la composición de los residuos sólidos impactarán negativamente al medio ambiente. Los gases y lixivios afectarán al suelo y subsuelo y la calidad del aire, así como a la salud humana; por lo que, las categorías ambientales afectadas son el medio humano (salud y seguridad) y el aire atmosférico.</p> | <p>En esta fase se vislumbran los más importantes riesgos de efectos de impactos ambientales, por lo que se hace necesario priorizar acciones fundamentalmente orientadas a prevenir efectos adversos relacionados con la producción de biogás y lixivios. Realizando las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso adecuado, en número, capacidad y calidad de vehículos de transporte de los residuos, para evitar malos olores y disgregación de los mismos durante el trayecto de recojo y traslado al área de relleno. • Optimización del procesamiento de los residuos durante el esparcimiento, compactación y cobertura, a través del diseño adecuado de la vía de acceso interna en el área del proyecto, estratos manejables y capacitación del personal, aumentando, con esto, la eficiencia y rendimiento. • De detectarse escapes de biogás, olores y alguna fuente de proliferación de vectores, inmediatamente después de la clausura del proyecto, su minimización se conseguirá aumentando la capa de cobertura final hasta en 20 cm adicionales a la altura técnicamente aceptada. • La utilización adecuada de implementos de protección del personal que opera el relleno sanitario garantizará la seguridad y minimización de riesgos a la salud de este personal. • De acuerdo a la dirección de los vientos, es posible que el biogás que se produzca a partir de la descomposición de la materia orgánica en esta etapa sea conducido hacia el suroeste, no afectando a ningún poblado cercano por encontrarse en un área cerrada entre dos laderas; sin embargo, el medio ecológico sería el directamente afectado. Esto podría recomponerse una vez concluida cada plataforma del proyecto, con la ventaja, además, de emplear especies arbustivas de la zona y algunas otras especies como la «tara» y el «molle». En la vía de acceso, el efecto será mayor por el paso de los vehículos recolectores de residuos; por lo tanto, se tendrá que crear una barrera viva con árboles de mayor follaje, constituyéndose además en un sistema de protección ecológica de la comunidad de Paucarbamba. |

Cuadro N.º 4

| ETAPA DE CLAUSURA Y POSCLAUSURA | |
|--|---|
| IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS CONTAMINANTES | PLAN DE MANEJO AMBIENTAL |
| <p>Esta etapa comprende las acciones orientadas a conservar el relleno clausurado al final de su vida útil, en condiciones estables o similares a la que presentaba el área antes de su operación; esto implica conservación de la cobertura final, funcionamiento adecuado de los sistemas de drenaje de gases y lixivios y funcionamiento adecuado de los sistemas de tratamiento. Las causas que pueden alterar el medio ambiente son los posibles afloramientos y escurrimientos de lixivios, emanaciones de biogás por averías en el sistema de tratamiento de biogás; también, podría haber explosiones por presión de los bolsones de biogás. Estos problemas podrían causar malos olores, emanación de biogás y presencia de lixivios. En esta fase los lixivios ofrecen los mayores riesgos y peligros al medio ambiente y salud, seguido de olores como consecuencia del biogás emanado. Las categorías que se verán más afectadas por elementos potenciales son salud pública, seguridad y la calidad del aire atmosférico, subsuelo y paisaje.</p> | <p>Para mantener la seguridad y estabilidad de la superficie del relleno clausurado, se recomienda aprovechar la cobertura final y evitar riesgos de accidentes. En esta etapa se deberá de considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El mantenimiento permanente de los sistemas de drenaje del biogás y lixivios. • Muestreo de gases y lixivios cada 6 meses de forma cualitativa y cada cinco años determinar las variaciones cuantitativas. • La municipalidad o entidad que se encargue de velar por la seguridad en esta etapa deberá dotar de equipos para mitigar incendios y para protección de la salud del personal encargado de las labores de mantenimiento y monitoreo. • El personal encargado de las labores de mantenimiento y seguridad del relleno en esta etapa deberá vigilar que el material de cobertura final no sea erosionado, recomendando la reposición del mismo en caso que sea necesario. • Declarar la intangibilidad del área hasta que las condiciones de estabilidad y bajo riesgo estén garantizadas, previa evaluación técnica del relleno. • Para atenuar riesgos de erosión de dicha superficie es importante evaluar la posibilidad de cultivar especies bajas y resistentes adaptadas a la zona, tales como gramíneas y cactáceas. • De no tenerse un buen sistema de drenaje de biogás, éste puede concentrarse en los espacios porosos del material de cobertura y progresivamente formar bolsones de presión que logren quebrar y agrietar las capas superiores. Para evitar esto se recomienda la construcción de una red de tuberías con escapes al exterior, comunicadas entre sí interiormente, con perforaciones laterales y ubicadas principalmente en los puntos de confluencia de los brazos que constituye el sistema de drenaje de lixivios. Las tuberías deben ser de 12" de diámetro, instalándose de 30 a 40 m una de otra. Las partes esternas se pueden reducir hasta en un 50% de su diámetro. |

Cuadro N.º 5. Resumen de medidas de mitigación etapa: Habilitación.

| ACTIVIDAD/OBRA | IMPACTOS POTENCIALES | MEDIDAS DE MITIGACIÓN | GRADO DE MITIGACIÓN | REPERCUSIÓN GENERADA |
|--|---|--|---------------------|--|
| 1. Caseta de control vehicular | Calidad del aire | <ul style="list-style-type: none"> Control de acceso Ubicación apropiada de la caseta | Alto | <ul style="list-style-type: none"> Si no se lleva un buen control se podrá ingresar residuos no aptos. Si se ubica la caseta en la entrada podrían darse problemas de flujo vehicular. |
| 2. Habilitación de vía y área de trabajo | Calidad del aire, ruido | <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de la maquinaria Riesgo de vía y área de trabajo | Medio | |
| 3. Construcción de instalaciones y servicios al personal | Salud ocupacional | <ul style="list-style-type: none"> Capacitación, educación sanitaria y ambiental Acatar las normas de sanidad | Alto | |
| 4. Construcción de zanja de coronación | <ul style="list-style-type: none"> Flora y fauna Suelo Paisaje natural | <ul style="list-style-type: none"> Construcción adecuada para tipo de suelo y clima Arborización bajo la zanja | Alto | <ul style="list-style-type: none"> Si no se hace una de acuerdo al tipo de suelo podrían colapsar las estructuras y producir derrumbes. |

Cuadro N.º 6. Etapa: Operación.

| ACTIVIDAD/OBRA | IMPACTOS POTENCIALES | MEDIDAS DE MITIGACIÓN | GRADO DE MITIGACIÓN | REPERCUSIÓN GENERADA |
|---|---|---|---------------------|---|
| 1. Movimiento vehicular con residuos sólidos y con material recuperable | Calidad del Aire, ruido e infraestructura | <ul style="list-style-type: none"> Afinamiento de los vehículos Cubrimiento de tolva de camiones Tener vía de acceso en buen estado | Alto | Disminución de capacidad de recolección Altos costos de mantenimiento de unidades y vías de acceso. |
| 2. Volteo de desechos y emanación de olores fétidos | Calidad del aire y salud ocupacional | <ul style="list-style-type: none"> En sentido del viento predominante No se debe permitir el volteo fuera de las celdas de trabajo Equipo de seguridad | Alto | |
| 3. Recuperación y reciclaje de residuos orgánicos | Ruido, calidad del aire y salud públicas Actividades terciarias | <ul style="list-style-type: none"> Las técnicas y/o tecnologías utilizadas deberán contar con el equipo necesario para la reducción de los contaminantes Realizar un costo-beneficio del equipo El personal contará con capacitación y equipo de seguridad | Alto | Si no se cuenta con el estudio de costo-beneficio se podrían tener repercusiones económicas negativas. |
| 4. Construcción de zanja de coronación | Calidad del aire Área-volumen de infiltración | <ul style="list-style-type: none"> Cobertura diaria de material arcilloso Protección con lonas plásticas y/o geosintéticas | Alto | Si no se hace una de acuerdo al tipo de suelo podrían colapsar las estructuras y producir derrumbes. |
| • Sistema preventivo de incendios | Calidad del aire | Capacitación de personal en caso de emergencias | | |
| • Capacitación y control de lixivios | Volumen de infiltración y calidad del acuífero | <ul style="list-style-type: none"> Diseñar pozos de ventilación Captación de lixivios Diseño de un sistema de tratamiento de lixivios para un volumen mínimo de 10% de la precipitación anual El diseño de los pozos se hará en dirección del flujo subterráneo Instalación de cubiertas aislantes (geomembranas) a lo largo y ancho de las celdas | Alto | <p>Puede que el agua de escorrentía se mueva dentro de la celda</p> <p>Puede disminuir la capacidad de circulación del agua superficial</p> |
| • Emisión y control de biogás | Calidad del aire, salud pública, calidad de vida y riesgo potencial | Implementación de sistemas de extracción de biogás con válvulas de seguridad y quemadores | Alto | Se deberá llevar buen control de los gases, ya que podría correrse riesgos y llevar malos olores a las zonas adyacentes |

Cuadro N.º 7. Etapa: Clausura y posclausura

| ACTIVIDAD/OBRA | IMPACTOS POTENCIALES | MEDIDAS DE MITIGACIÓN | GRADO DE MITIGACIÓN | REPERCUSIÓN GENERADA |
|---|--|---|---------------------|---|
| 1. Clausurada | Calidad del suelo, aire y agua | <ul style="list-style-type: none"> La capa de cobertura final deberá tener un grosor de 60 cm de espesor Sobre la capa de arcilla se vertirá tierra vegetal o de chacra con espesor de 30 a 50 cm Se procederá a realizar una reforestación con especies de raíz superficial, de preferencia vegetación natural de la zona | Alto | <ul style="list-style-type: none"> La reforestación por medio de especies con raíz profunda podría ocasionar problemas reduciendo la permeabilidad del suelo implantado La introducción de especies exóticas ocasionará impactos a la flora y fauna local, además de requerir éstas mayor demanda de agua |
| 2. Volteo de desechos y emanación de olores fétidos | Calidad del aire, salud ocupacional | <ul style="list-style-type: none"> En sentido del viento predominante No se debe permitir el volteo fuera de las celdas de trabajo Equipo de seguridad | Alto | |
| 3. Recuperación y reciclaje de residuos orgánicos | Ruido, calidad del aire y salud públicas Actividades terciarias | <ul style="list-style-type: none"> Las técnicas y/o tecnologías utilizadas deberán contar con el equipo necesario para la reducción de los contaminantes Realizar un costo- beneficio del equipo El personal contará con capacitación y equipo de seguridad | Alto | Si no se cuenta con el estudio de costo-beneficio se podrían tener repercusiones socioeconómicas negativas |

VI. ACTIVIDADES FINALES

A manera de resumen se presentan los siguientes puntos:

6.1. Plan de contingencias

Se confeccionará para situaciones reales de emergencia y desastres que puedan suceder en el relleno sanitario, ya sea por accidentes de personal, incendios, desastres naturales y otros, para lo cual se tienen desarrolladas las medidas de prevención, así como las cartillas en caso de emergencias.

6.2. Plan de Participación Ciudadana y educación

La Participación Ciudadana es un componente vital e importante en las diversas fases del relleno sanitario, ya que la optimización de los recursos, la protección del ambiente y la vigilancia ciudadana es la mejor manera para actuar en forma oportuna ante alguna deficiencia en el funcionamiento del relleno sanitario.

Para una mejor organización se plantean los planes y estrategias que se cumplirán a través de un Comité Ciudadano, promovido por la Municipalidad provincial de Urubamba, las municipalidades distritales, la Dirección Regional de Salud Ambiental, Consejo Nacional del Ambiente Cusco, Programa Machu Picchu, Comunidad de Paucarbamba, las organización de Base y la entidad que operará en el relleno sanitario.

La educación Ambiental es otro elemento fundamental para la construcción de una cultura participativa, el cual debe inculcar los principios de reducción, reutilización y reciclaje desde la misma fuente, sensibilizando a la población a tener hábitos de consumo y disposición de residuos, de manera racional y limpia.

6.3. Plan de seguimiento y control (Monitoreo)

Los elementos impactantes a monitorear serían el biogás, lixiviados, partículas aerotransportables, aire atmosférico, ruido; para lo cual tendrá que ser cuidadoso en la obtención de las muestras a ser analizadas, ya sean resi-

duos sólidos, líquidos o gaseosos. Los puntos de muestreo serán estratégicamente ubicados dentro y fuera de las instalaciones.

6.4. Plan de cierre (clausura y posclausura)

La finalidad del plan de cierre de relleno sanitario es prever los aspectos técnicos, que aseguren que el terreno utilizado para la disposición final de residuos sólidos se integre al paisaje natu-

ral de la zona sin atentar contra la salud y el medio ambiente; para lo cual deben realizarse diseños durables de la cobertura final con un sellado correcto y una revegetación con especies nativas, evitando la erosión y sedimentación a largo plazo, las obras civiles se demolerán y enterrarán, nivelando el suelo para la posterior revegetación. El uso final del área ocupada será única y exclusivamente para áreas verdes y de recreación.



Foto N.º 1. Vista panorámica de la ubicación del área de relleno sanitario y configuración topográfica de las zonas de influencia.



Foto N.º 2. Desarrollo de la agricultura como actividad económica principal en la comunidad de Paucarbamba (al fondo se puede apreciar el área del proyecto).



Foto N.º 3. La cría de ganado es también otro de los medios de sustento de la población.



Foto N.º 4. «Achupalla» (*Pitcairnia ferruginea*), una de las especies que predomina dentro del área del proyecto.



Foto N.º 5. Presencia de gramíneas como el «ichu» (*Stipa ichu*) identificadas en el área del proyecto y también encontradas en áreas muy próximas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación mexicana para el control de residuos sólidos y peligrosos, A.C. Impacto ambiental en rellenos sanitarios, Serie Cuadernos Técnicos N.º 1, 1997.
2. Canter, L. W. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, McGraw-Hill Colombia, 2da. edición, 1998.
3. Cepis/Ops/Oms. Residuos sólidos municipales. Método para la evaluación del impacto ambiental de un relleno sanitario, Red Panamericana de Información de Salud Ambiental-REPIDISCA, Repindex N.º 49/50, Lima 1994.
4. Gómez Orea, D. Evaluación de impacto ambiental, Mundi-Prensa, España 1999.
5. IPES. Expediente técnico relleno sanitario manual del santuario histórico de Machu Picchu, Lima-Perú 2002.
6. Jaramillo, Jorge. Cepis/Ops/Oms. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, Serie Técnica N.º 28, Washington 1997.
7. ONERN. Guía explicativa del mapa ecológico del Perú, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima 1976.
8. PROFONAMPE/Programa Machu Picchu. Plan de residuos sólidos Machu Picchu, Cusco 1999.