**Documento del Banco Interamericano De Desarrollo**

Documento del Banco Interamericano de Desarrollo

**Perú**

**Programa de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos en Zonas Prioritarias**

**(PE-L1153)**

**ANEXO TECNICO**

Índice

Resumen Del Proyecto 3

I. INTRODUCCION 3

II. DESCRIPCION PROYECTO. COMPONENTE 1: GENERALIDADES GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS E INCLUSIÓN SOCIAL 5

A. SITUACION ACTUAL 5

B. PLAN DE ACCION 7

C. DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS 11

|  |
| --- |
| **ANEXO TECNICO** |
| **PERU** |
| **PROGRAMA DE RECUPERACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS POR RESIDUOS SÓLIDOS EN ZONAS PRIORITARIAS**  **(PE-L1153)** |

1. INTRODUCCION
   1. El objetivo general del programa es mejorar las condiciones ambientales en las áreas degradas por residuos sólidos en zonas prioritarias de Perú. Los objetivos específicos son: (i) recuperación de áreas degradadas; (ii) fortalecer la gestión municipal en la disposición final de residuos sólidos municipales; y (iii) mejorar las condiciones laborales de los recicladores informales.
   2. Para el logro de estos objetivos, el programa está estructurado en dos componentes: Componente 1: Infraestructura por un monto total estimado US$31 millones, que financiará la recuperación de las áreas degradadas, e incluye estudios de ingeniería, paralización definitiva del ingreso de residuos, construcción de cierre perimetral, confinamiento y conformación de la masa de residuos, asegurando estabilidad estructural y favoreciendo escorrentías, colocación de cobertura final, manejo y gestión de lixiviados y biogás; y supervisión de ingeniería y obras; y Componente 2: Fortalecimiento de la gestión municipal y social, por un monto total estimado en US$2 millones, que financiará la capacitación, supervisión de manejo ambiental, preparación e implementación de Planes de Inclusión Social (PISo) de los recicladores y actividades de sensibilización comunitaria.
   3. El Ministerio del Ambiente (MINAM) es el organismo del Poder Ejecutivo rector del sector ambiente, que desarrolla, dirige, supervisa y ejecuta la política nacional del ambiente. Asimismo, cumple la función de promover la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, la diversidad biológica y las áreas naturales protegidas.
   4. El Ministerio del Ambiente promueve y coordina la adecuada gestión de residuos sólidos, la protección de la calidad del aire y el control del ruido y de las radiaciones no ionizantes. Asimismo, el Ministerio del Ambiente cuenta dentro de sus competencias, diseñar, aprobar y supervisar la aplicación de los instrumentos de prevención, de control y de rehabilitación ambiental relacionados con los residuos sólidos y peligrosos, con la finalidad de garantizar una óptima calidad ambiental, de conformidad con lo establecido en la Ley Nº 27314, Ley General de Residuos Sólidos, su reglamento aprobado mediante Decreto Supremo Nº 057-04-PCM y el Decreto Legislativo N° 1065 que modifica la Ley Nº 27314.
   5. En el mes de junio del 2008, mediante la publicación del Decreto Legislativo   
      Nº 1065 se modificó la Ley General de Residuos Sólidos, Ley N° 27314 con el objeto; entre otros aspectos, de incorporar los roles y competencias de entidades recientemente creadas como el propio Ministerio del Ambiente (MINAM), el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) (el SENACE se creó en el 2012); así como de promover y facilitar la inversión pública y privada en el sector.
   6. El 23 de diciembre de 2016, se publica el Decreto Legislativo N° 1278, el cual aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, emitido por el Ministerio del Ambiente. Esta norma entrará en vigencia a partir de la publicación de su Reglamento, derogando la actual Ley General de Residuos Sólidos aprobada por Ley Nº 27914.
   7. La Política Nacional del Ambiente, tiene como objetivo asegurar una calidad ambiental adecuada para la salud y el desarrollo integral de las personas, previniendo la afectación de ecosistemas, recuperando ambientes degradados y promoviendo una gestión integrada de los riesgos ambientales, así como una producción limpia y eco eficiente. Se estructura con base en cuatro ejes temáticos de la gestión ambiental. El eje 2 de Gestión Integral de la Calidad Ambiental, tiene como uno de sus lineamientos rehabilitar las áreas ambientalmente degradadas articulando las acciones de los sectores público y privado involucrados.
   8. Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos. El plan establece los siguientes programas: (i) Programa de fortalecimiento de capacidades;   
      (ii) Programa de desarrollo de institucionalidad; y (iii) Programa de viabilidad de inversiones, que tiene como uno de sus objetivos recuperar y restaurar ambiental, social y económicamente los espacios degradados por botaderos, teniendo como meta que en 10 años se clausure, recupere y restaure el 100% de los botaderos municipales.
   9. Plan Nacional de Acción Ambiental 2010-2021. Incorpora los lineamientos de política y criterios técnico-políticos establecidos en la Política Nacional del Ambiente, incluyendo que al año 2021 el 100% de los RSM no reutilizables sean tratados y dispuestos adecuadamente
2. DESCRIPCION PROYECTO. COMPONENTE 1: GENERALIDADES GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS E INCLUSIÓN SOCIAL
3. SITUACION ACTUAL
   1. Para este documento residuos sólidos (RS), y residuos sólidos urbanos se consideran equivalentes. Incluyen residuos sólidos o semisólidos provenientes de las actividades propias de los núcleos poblacionales en general, que incluyan los residuos de origen domiciliario, comercial, de servicios, institucional, de mercados, hospitalarios comunes o no peligrosos, los generados en las oficinas de las industrias, en el barrido y limpieza de calles y áreas públicas, en podas de plantas de calles, plazas y jardines públicos.
   2. En Perú, la generación de residuos sólidos municipales (RSM) al 2014 se estimó en 18.131 toneladas diarias. La cobertura del servicio de disposición final adecuada es aún baja; en muchos casos los residuos son descargados al aire libre sin tratamiento, situación que se agrava con el crecimiento poblacional y la expansión de áreas urbanas. Al 2014, se encontraban en funcionamiento 11 rellenos sanitarios autorizados, cuatro de ellos ubicados en Lima (bajo administración privada) y siete en otras provincias. La disposición final de RSM en rellenos sanitarios en el país es de 50% (45% en Lima y 5% en el resto del país). Considerando que en 2014 se recuperaron 17.524 toneladas/mes de residuos dentro del ámbito de gestión municipal, se concluye que el 46.78% de los RSM estarían siendo dispuestos al ambiente de forma no adecuada, en botaderos, cuerpos de agua y mediante quemas no controladas; esto puede constituir un grave problema sanitario y ambiental. El Ministerio del Ambiente (MINAM) viene ejecutando el “Programa de Inversión de Gestión de Residuos Sólidos en Zonas Prioritarias” (PE-L1092), bajo el cual se está financiando la construcción de rellenos sanitarios en ocho ciudades, de un total de 31 (las 23 restantes las financiará la Agencia de Cooperación Internacional Japonesa -JICA, por sus siglas en inglés), dejando para una segunda etapa la clausura y recuperación de los botaderos en estas ciudades.
   3. En Perú actualmente la mayoría de provincias y distritos disponen sus residuos sólidos en zonas que no son las adecuadas y que no cuentan con las autorizaciones sanitarias y ambientales requeridas. Actualmente se vienen disponiendo los residuos en botaderos (únicamente el 50% de los residuos sólidos municipales se disponen en rellenos sanitarios), generando focos infecciones de contaminantes, que se convierten en vectores generando riesgos en la calidad del ambiental y salud de las personas de las diferentes ciudades a nivel nacional.
   4. Actualmente, los 12 municipios a ser beneficiados con el Programa disponen sus residuos sólidos municipales (RSM) en botaderos sin ningún control. Entre las principales características de los botaderos se encuentra que la gran mayoría se ubica distante de la zona urbana y centro de las ciudades. Los botaderos tienen entre 5 a 20 años en promedio de antigüedad, y siempre han recibido los residuos provenientes de la ciudad, y en algunos casos de otros distritos vecinos. Adicionalmente presentan la siguiente problemática:
      1. **Quema:** Se presenta la quema de residuos sólidos en los botaderos en la costa, sierra y selva, sin embargo, en la sierra y selva son muy esporádicas ya que las bajas temperaturas y altas precipitaciones no permiten la propagación de la quema.
      2. Disposición final: los residuos se disponen y se dejan al aire libre, no se hace la cobertura de los residuos, que permitan confinarlo y reducir sus efectos negativos. Los residuos expuestos sufren alteraciones por las condiciones climáticas, principalmente temperatura, precipitación y vientos.
      3. Presencia de lixiviados: principalmente en algunas de las ciudades de selva y sierra, por la presencia de lluvias, los lixiviados pueden escurrir en los alrededores del botadero.
      4. Suelos perjudicados: Toda la superficie de suelo natural se ve afectada, por su deterioro a consecuencia de las acumulaciones de residuos y de lixiviados.
      5. Control Municipal: Hay una total ausencia de vigilancia ambiental por parte de las autoridades, desconociendo como se ve afectado la calidad del suelo, del agua y del aire.
   5. Actualmente estas ciudades[[1]](#footnote-1) disponen sus RSM en botaderos sin ningún tipo de control; los residuos no se compactan ni cubren diariamente, y la mayoría producen olores desagradables, gases y lixiviados[[2]](#footnote-2). En algunos botaderos se observa la presencia de recicladores informales que obtienen ingresos de la recuperación de materiales y criadores de cerdos que alimentan sus animales con los residuos orgánicos del botadero. Adicionalmente, la situación de los botaderos se agrava e intensifica con el crecimiento de la población y la calidad de los residuos que varía en función de los productos que se consumen. Un botadero puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas, el suelo y el aire; además genera olores y es foco de proliferación de insectos y otros vectores que pueden transmitir enfermedades. Finalmente, debe indicarse que los botaderos no están permitidos según la VI Disposición Complementaria de la Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 del 21 de julio de 2000, modificada por el Artículo 3 del Decreto legislativo 1065, publicado el 28 de junio del 2008.
   6. Los botaderos de las 30 ciudades que serán consideradas en este programa tienen características operacionales muy parecidas[[3]](#footnote-3), identificándose sólo algunas diferencias que se detallan a continuación. La gran mayoría se ubica distante de la zona urbana y centro de las ciudades. Los botaderos tienen entre 5 a 20 años en promedio funcionando, y siempre han recibido los residuos provenientes de la ciudad y en algunos casos de otros distritos vecinos. Hay botaderos que tienen un control y manejo parcial sobre la descarga de los vehículos. Estos botaderos tienen un cerco, caseta de ingreso y vigilancia, supervisión esporádica del ingreso y descarga de residuos, cubren los residuos parcialmente, y generan algunos registros por parte de los vehículos que llegan hasta el botadero. Estos representan menos del 50% del total de botaderos. El resto de los botaderos no tienen estos controles, y en estos casos sí se evidencian diferentes problemas de saneamiento ambiental. Por ejemplo, se ha verificado la descarga de residuos hospitalarios, industriales y comerciales en los botaderos de Tarapoto, Moyobamba, Puno, Paita, Juliaca, Nuevo Chimbote, Sechura, entre otros.
   7. Los botaderos de la zona de la Costa presentan quemas no controladas agravadas por las altas temperaturas y la carga orgánica que, al no ser cubierta, genera procesos de combustión permanentes. Aquí no se evidencia la generación continua de lixiviados y se encuentran ubicados en zonas eriazas y desérticas. En el caso de los botaderos de la sierra y selva, la presencia de lluvias genera drenajes que al mezclarse con los residuos incrementan la generación de lixiviados.
   8. Aunque menor, también hay presencia de recicladores informales realizando actividades de recuperación de material reciclable en precarias condiciones de trabajo, que generan dispersión de los residuos, quemas inducidas y riesgos de afectación en su salud. Se evidencia la presencia de vectores de transmisión de enfermedades, como las moscas y los roedores, también la presencia de algunos animales menores que están alimentándose de los residuos orgánicos del botadero. También se ha podido identificar grandes cantidades de aves, que también se alimentan de los residuos orgánicos que hay en lo botaderos. Los botaderos no cuentan con drenajes para gases y lixiviados, solo en los pocos casos de botaderos controlados, se manejan estos gases y líquidos. Carecen de monitoreo de calidad ambiental y supervisión por parte de la municipalidad. No existen manuales y procedimiento de cómo deben operar técnicamente.

1. PLAN DE ACCION
2. Con estos antecedentes, el MINAM propone la realización del “Programa de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos en Zonas Prioritarias”, el cual estaría compuesto por 30 proyectos, en las mismas ciudades que interviene el programa PE-L1092, excepto en San Juan Bautista[[4]](#footnote-4). Con esta operación (PE-L1153, que vendría a ser una segunda etapa del proceso) se espera beneficiar a 12 municipios (de los 30 mencionados) con la clausura y recuperación de las áreas degradadas por residuos sólidos (botaderos). El cierre del resto de los botaderos (18) será financiado por JICA. Como se mencionó anteriormente, con la primera etapa se está financiando la construcción de los rellenos sanitarios, los cuales se espera estén finalizados entre los años 2016 y 2017. Es importante notar que los rellenos sanitarios se construirán hasta agosto de 2017, con lo cual no habría problemas de interferencia con la ejecución de la presente operación, cuyo inicio de ejecución se prevé para el último trimestre de 2017.
   1. Las poblaciones[[5]](#footnote-5) y la generación de RSM[[6]](#footnote-6) de los 12 municipios beneficiados con esta operación, son las siguientes: Chancay, 67.436 habitantes que generan 38,97 ton/día de RSM; Oxapampa, 15.707 habitantes y 12,07 ton/día de RSM; Pozuzo, 2.325 habitantes y 1,55 ton/día; Huacho, 176.338 habitantes y 148,90 ton/día, Chincha, 199.038 habitantes y 144,87 ton/día; Tarma, 45.211 habitantes y 30,05 ton/día; Abancay, 63.459 habitantes y 64,13 ton/día; Aymares, 3.788 habitantes y 2,21 ton/día; Bagua, 38.020 y 26,02 ton/día; Andahuaylas, 69.923 y 48,33 ton/día, Huamanga con 233.202 y 222,70 ton/día; y Yauyos, 10.053 habitantes y 4,78 ton/día. En los botaderos de Huacho, Chancay, Bagua, Andahuaylas, Chincha, Abancay y Huamanga se ha identificado la presencia de recicladores que trabajan en estos sitios de manera informal.
   2. Infraestructura, por un monto total estimado US$31 millones, que financiará la recuperación de las áreas degradadas, que incluye: (i) estudios de ingeniería; (ii) paralización definitiva del ingreso de residuos; (iii) construcción de cierre perimetral; (iv) confinamiento y conformación de la masa de residuos, asegurando estabilidad estructural y favoreciendo escorrentías; (v) colocación de cobertura final, minimizando la emanación de olores, el ingreso de aguas lluvias y permitiendo la integración paisajística; (vi) manejo y gestión de lixiviados y biogás; y (vii) supervisión de ingeniería y obras.
   3. Los estudios de preinversión de cada cierre de botadero han sido completados por parte de la firma consultora IDP que fue contratada para los 12 proyectos. Estos han sido presentados a la DGCA del MINAM y al momento se encuentran aprobados la totalidad de los estudios en cuanto a los aspectos técnicos, por DGCA. Han sido declarados viables por el MEF 5 proyectos: Bagua, Huacho, Oxapampa, Abancay y Tarma; se espera la viabilidad de Pozuzo, Chancay y Yauyos en febrero 2017.
   4. Para cada uno de los doce proyectos, se analizaron alternativas técnicas de solución basadas en distintos sistemas de recuperación del área, y se escogieron las más adecuadas por cada una.
   5. El proyecto no tiene alternativas de sitio ya que los botaderos a cerrar ya son existentes
   6. Se deberán considerar además:

* Analizar la propuesta de emplazamientos para nuevas unidades o el cambio de las unidades actuales de la dirección.
* Propuesta de nueva logística de transporte de residuos en grandes volúmenes de transbordo a las unidades locales establecidos para el tratamiento o disposición final.
  1. En siguiente cuadro se presenta la ubicación de los botaderos que serán clausurados, los años de uso del botadero, la presencia de recicladores, la acumulación de residuos, y el volumen de las pozas de lixiviados para cada uno de los botaderos donde se va a intervenir:

Cuadro 1. Ubicación y características de los botaderos priorizados

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Región** | **Departa-mento** | **Provincia** | **Distrito** | **Botadero** | **Años de uso** | **Reciclaje** | **Enterra-miento** | **Quema** |
| Costa | Ica | Chincha | Chincha Alta | Chincha | 56 | Sí | No | No |
| Chincha Baja | 57 | Sí | No | No |
| Pueblo Nuevo | 58 | Sí | No | No |
| Grocio Prado | 59 | Sí | No | No |
| Alto Laran | 60 | Sí | No | No |
| Sunampe | 61 | Sí | No | No |
| Tambo de Mora | 62 | Sí | No | No |
| Lima | Huaral | Chancay | Chancay | 9 | Sí | No | Si |
| Huaura | Huacho | Huacho | 38 | Sí | No | Si |
| Selva | Amazonas | Bagua | Bagua | Bagua | 9 | Sí | Si | No |
| La Peca | 10 | Sí | Si | No |
| El Parco | 11 | Sí | Si | No |
| Copallin | 12 | Sí | Si | No |
| Aramango | 13 | Sí | Si | No |
| Sierra | Apurimac | Andahuaylas | Andahuaylas | Andahuaylas | 11 | Sí | No | No |
| San Jéronimo | 12 | Sí | No | No |
| Talavera | 13 | Sí | No | No |
| Abancay | Abancay | Abancay | 16 | Sí | No | No |
| Aymaraes | Chalhuanca | Aymaraes | 9 | No | No | No |
| Ayacucho | Huamanga | Ayacucho | Huamanga | 3 | Sí | Si | No |
| San Juan Bautista | 4 | Sí | Si | No |
| Jesús Nazareno | 5 | Sí | Si | No |
| Carmen Alto | 6 | Sí | Si | No |
| Junín | Jauja | Yauyos | Yauyos | 9 | No | Si | No |
| Tarma | Tarma | Tarma | 24 | No | Si | No |
| Pasco | Oxapampa | Pozuzo | Pozuzo | 9 | No | Si | No |
| Oxapampa | Oxapampa | Oxapampa | 9 | No | Si | No |
| Chontabamba | 9 | No | Si | No |
| Huancabamba | 9 | No | Si | No |

* 1. En el siguiente mapa se observa la ubicación de estos 12 botaderos.

Figura 1. Mapa de ubicación de los botaderos



* 1. Las características físicas y biológicas de los botaderos ubicados en la Costa, son áreas en su mayoría desérticas. Poseen clima cálido y húmedo, la flora es escasa, en la zona norte la poca vegetación está representada por bosques secos, y en la zona centro y sur la vegetación es nula; la presencia de fauna es mínima, normalmente se encuentran: gallinazos, perros, etc. La actividad pluvial es mínima, y normalmente no causa consecuencias negativas, salvo en los episodios del fenómeno del niño. El suelo normalmente está formado por arenas de gran extensión.
  2. En la sierra, los botaderos se caracterizan por sus zonas alto andinas con montañas de diferentes tamaños, con presencia de pastos de altura y algunas zonas con presencia de cultivos. Poseen climas fríos o templados y secos, respecto a la fauna del lugar, normalmente se encuentran: gallinazos, perros, etc. La presencia de lluvias genera láminas de agua pluvial, que escurren por sus pendientes generando pequeños escurrimientos. El suelo normalmente está formado por materiales arcillosos y limosos, dependiendo del lugar varían las proporciones.
  3. En la selva, se caracterizan por sus extensas áreas con cobertura vegetal. Poseen clima cálido y húmedo. Se observa flora variada especies arbustivas y gramíneas, sin embargo, la presencia de fauna en la zona de los botaderos ya ha sido afectada por prácticas anteriores de deforestación. También en el caso de los botaderos de la selva, la presencia de lluvias genera drenajes que al mezclarse con los residuos favorece la generación de lixiviados. El suelo contiene mayormente material arcilloso.
  4. La gestión del servicio del manejo de los residuos sólidos en las ciudades integrantes del programa, se ejecuta en su mayoría por administración directa, siendo las municipalidades las responsables del servicio. El 100% de municipios dispone sus residuos sólidos en botaderos sin control técnico ni administrativo, lo que ha generado un alto grado de contaminación ambiental en las áreas que ocupan los botaderos municipales incluidos en el programa, así como en las zonas aledañas a este, causando el deterioro del ambiente, producto del inadecuado manejo de los residuos sólidos, deficiente gestión municipal para la disposición final de residuos sólidos e inapropiadas prácticas de la población.

1. DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS
   1. En cada uno de los 12 proyectos priorizados se clausurará el botadero con el fin de recuperar las áreas degradas por la disposición inadecuada de residuos sólidos. Para determinar la mejor alternativa en cada uno de los proyectos se determinó el área degradada, el volumen de lixiviados, la cantidad de residuos actualmente dispuestos, y los residuos sólidos acumulados en cada botadero.

Cuadro 2. Descripción de cada botadero

| **Proyecto** | **Área degradada (ha)** | **Residuos sólidos (m3) acumulados** | **Volumen de las pozas de lixiviados (m3)** | **Generación de Residuos Sólidos (ton/año)** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Yauyos | 0.58 | 19,955 | 143 |  |
| Pozuzo | 0.60 | 8,439 | 10 |  |
| Oxapampa | 2.48 | 61,069 | 16.36 |  |
| Chancay | 4.98 | 203,182 |  |  |
| Tarma | 4.89 | 284,742 | 974 | 10,727 |
| Bagua - la peca | 3.82 | 138,317 | 347 |  |
| Huacho | 38.44 | 896,697 |  |  |
| Andahuaylas | 3.25 | 221,019 | 1,581.80 |  |
| Huamanga | 7.40 | 447,071 | 32 |  |
| Abancay | 2.18 | 322,350 |  |  |
| Aymaraes | 0.93 | 7,497 | 10 |  |
| Chincha | 108.88 | 3,000,000 |  |  |

* 1. Cada ciudad tiene soluciones particulares a cada realidad, cada propuesta de intervención es de carácter integral y sus beneficios directos consisten en recuperar un pasivo ambiental a través de la clausura de los botaderos. Las acciones a realizar en los 12 botaderos comprenden el apropiado uso de coberturas y técnicas de confinamiento para la clausura del botadero, apropiadas técnicas para el almacenamiento y manejo de lixiviados y apropiadas técnicas de captura y evacuación de gases. Para la eficiente gestión municipal en la disposición final se cuenta con tener personal suficientemente capacitado y apropiados sistemas de vigilancia ambiental en el botadero. Para las apropiadas prácticas de la población se realizan campañas de difusión a la población sobre los riesgos e impactos a la salud y al ambiente de ciertas prácticas de acumulación y desecho de residuos, además de campañas de capacitación sobre apropiadas prácticas de los actores sociales.
  2. Para el manejo de residuos sólidos, se plantea el confinamiento de los residuos en el mismo lugar donde se encuentran acumulados, en donde la municipalidad correspondiente se hará cargo de que los residuos se encuentren dentro de los límites de propiedad. Comprenden además trabajos preliminares de obra como campamento y almacén, movilización y desmovilización de equipos y herramientas, cartel de identificación de obra e implementos de seguridad de obra.
  3. La cobertura final del cada uno de los botaderos, tiene como objetivo evitar que las aguas de precipitación pluvial ingresen a la masa de residuos confinados, dicha cobertura final estará conformada como mínimo por: i) residuos conformados y compactados; ii) suelo local compactada, que deberá conformarse sobre la capa de residuos; iii) capa de impermeabilización (solo en zonas donde hay lluvias), se empleara arcilla, geomembrana o bentónita, apoyada sobre la superficie de la primera capa de suelo local; iv) capa drenante (solo en zonas donde hay lluvias), que cumplirá la función de drenar hasta los bordes exteriores del botadero el agua de precipitaciones pluviales que atravesará la capa superior de suelo local (ésta va sobre la capa de impermeabilización); v) suelo local, que incluya vegetación herbácea de crecimiento natural en sierra y selva. Para los casos de costa por déficit de agua, no habrá vegetación, esta será conformada y compactada sobre la superficie final de la capa drenante, o directamente sobre la primera capa de suelo local compactada.
  4. Adicionalmente se prevé la construcción de una vía de circulación, con la finalidad de poder acceder a toda la superficie del botadero cerrado y posibilitar trabajos posteriores de seguimiento y mantenimiento.
  5. Para la construcción de infraestructura para control de aguas de precipitación pluvial, la superficie final del botadero considerará pendientes para favorecer el rápido escurrimiento de agua de precipitaciones pluviales, hacia canales trapezoidales, que llevaran las aguas pluviales fuera del botadero.
  6. La habilitación de infraestructura para manejo de lixiviados sólo considerará la habilitación de drenes longitudinales que irán por los bordes exteriores y contornos del botadero, haciendo que los lixiviados migren lateralmente de forma natural. Se ha previsto considerar una poza impermeabilizada con geomembrana para el almacenamiento temporal de lixiviados (en los casos donde hay precipitaciones intensas).
  7. Para la habilitación de infraestructura para control de gases producidos por la descomposición de los residuos sólidos confinados y sellados se habilitarán estructuras conformadas por drenes verticales rellenadas con piedras de tamaño mediano protegido con geotextil no tejido, una tubería de fierro galvanizado de 2” para la conducción del gas y en el extremo superior un quemador de gases.
  8. También se considera la construcción parcial o total de un cerco perimétrico, dependiendo de las condiciones de cada botadero, utilizando postes de madera y alambre de púas. Como medida de prevención, la construcción de una caseta de vigilancia, dependiendo de las condiciones que se presenten en cada uno de los botaderos.
  9. A continuación se presenta un resumen de los principales componentes y las acciones respectivas que se financiarán con el Programa en cada uno de los botaderos.

Cuadro 3. Acciones específicas para cada uno de los componentes

|  |  |
| --- | --- |
| **Componentes** | **Acciones** |
| (1a) Apropiada técnicas de confinamiento | (1a-1) Obras preliminares  (1a-2) Movimiento de tierras  (1a-3) Sellado del área  (1a-4) Conformación de capa soporte (capa de cobertura - capa vegetal)  (1a-5) Integración paisajística  (1a-6) Construcciones complementarias: canal pluvial, vía de acceso, cerco perimétrico |
| (1b) Apropiado manejo de lixiviados | (1b-1) Construcción de sistema de evacuación y gestión de lixiviados |
| (1c) Apropiado manejo de gases | (1c-1) Construcción de sistema de evacuación y gestión de gases |
| (2a) Personal suficientemente capacitado. | (2a-1) Capacitación en seguridad y salud ocupacional  (2a-2) Elaboración e impresión de manual de seguridad y salud ocupacional para el personal  (2a-3)Capacitación en guías, normas, sanciones y en operación y mantenimiento del botadero  (2a-4) Elaboración e impresión del manual de operación y mantenimiento del botadero  (2a-5) Elaboración de video de instrucción |
| (2b) Apropiado sistema de vigilancia municipal. | (2b-1) Capacitación en seguimiento, control y vigilancia del plan de monitoreo ambiental (monitoreo ambientales de la calidad del aire y suelo) |
| (3a) Suficiente difusión sobre los riesgos e impactos a la salud y al ambiente. | (3a-1)Comunicación grupal  (3a-2)Comunicación mediática  (3a-3)Asistencia Técnica |

* 1. El diseño de clausura y recuperación ambiental de botaderos son proyectados de tal forma que dicho diseño respete una serie de criterios mínimos tales como minimizar el período en que el depósito controlado representará un riesgo significativo para la salud de las personas o el medio ambiente, potenciar el desarrollo de procesos físicos y / o químicos que favorezcan las condiciones de estabilidad, mineralización de la materia orgánica, etc., evitar que se produzcan situaciones no deseadas en el conjunto del depósito controlado (asentamientos no esperados, reacciones no deseadas en la masa de residuos, etc.). En este sentido, las tendencias actuales están orientadas al empleo de revestimientos geosintéticos como capas de impermeabilización frente a arcillas compactadas, solución más empleada hasta la aparición de geosintéticos de última generación.
  2. Sin embargo, existen proyectos en los que, dadas las condiciones de pluviometría, extensión, grado de degradación de la materia orgánica o altura de la columna de residuos, se plantean otras soluciones como es el caso de cubrir con tierras del entorno, con un grosor de capa suficiente que garantice los criterios mínimos de diseño descritos previamente.
  3. Para el diseño de las obras de clausura se ha tenido en consideración la posible evolución del clima en años venideros, de tal manera que las infraestructuras proyectadas puedan hacer frente a eventos extremos asociados al cambio climático. El dimensionado de la red de drenaje externa de aguas pluviales se calcula para un periodo de retorno de 50 años el caudal máximo de avenida de los canales y cunetas. Para la masa de residuos, se ha considerado una vida útil de 10 años para todas las infraestructuras y para el diseño de las cunetas del botadero se ha empleado un periodo de retorno de las lluvias de 25 años, siendo este periodo similar o incluso superior al característico para zonas urbanas con una población de más de 1 millón de habitantes y también de obras de drenaje superficial en los márgenes y plataforma de carreteras, quedándonos de esta forma del lado de la seguridad en el dimensionamiento del drenaje pluvial del botadero.
  4. Basado en lo anterior, se definen diferentes alternativas para el material a utilizar en el sellado del área (Acción 1a-3) que tengan un coeficiente de permeabilidad inferior o igual a 10-9 m/s. Estas son: i) sellado del área con lámina de bentonita (GLC); ii) sellado del área con arcilla compactada (CCL) capa de 60 cm de grosor; iii) sellado del área con tierra de la zona capa de 90 cm.
  5. Los factores críticos que afectan a la selección de una barrera de impermeabilización son el clima, la cantidad de asentamientos diferenciales a los que la capa de cobertura está expuesta, la vulnerabilidad de la capa de cobertura a erosión y punzonamiento, la cantidad de agua percolada a través de la capa de cobertura que puede ser tolerada, la necesidad de recogida del gas generado en el relleno y la inclinación de las pendientes.
  6. En el Cuadro No. 4 se hace una comparación de las alternativas analizadas.

Cuadro 4. Comparación de las alternativas de solución

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Alternativas** | **Lamina de Bentonita** | **Arcilla Compactada** | **Tierra del entorno** |
| **Descripción de la acción** | * Sobre la capa de drenaje de gases se colocará la Bentonita GCL, considerando para ello actividades de anclaje del material. | * Impermeabilización de la base, con una capa de arcilla de 0.60 m de espesor | Sellado del área con tierra de la zona capa de 90 cm |
| **Integridad de la capa por fenómenos meteorológicos** | Problemas de mal funcionamiento en ciclos húmedo-seco. Para un correcto funcionamiento de esta capa, es necesario que este convenientemente hidratada | Problemas de agrietamiento. Poca resistencia a los ciclos húmedo-seco y ciclos de congelación-descongelación. Vulnerable a grietas por desecación | Nula resistencia a los ciclos húmedo-seco y ciclos de congelación-descongelación. Nula capacidad de impermeabilización |
| **Integridad de la capa – factores humanos** | Vulnerable a punzamientos accidentales. Presentan una propiedad denominada Auto sellado. Para que esta propiedad esté asegurada, sobre la GLC es necesario tener una presión superior a 15-20 KN/m2. En estas condiciones, cuando la bentonita se vuelve a humedecer, las grietas que se han podido formar durante la fase de desecación quedan completamente selladas. | Problemas en la integridad de la capa por presencia de elementos no arcillosos que no afecten a las propiedades de la capa (piedras etc) | Problemas en la integridad de la capa por presencia de elementos afecten a las propiedades de la capa (piedras etc) |
| **Resistencia a esfuerzo cortante** | No afecta a una lámina maciza y homogénea  Bajo en la bentonita en condiciones de hidratación | Rotura por esfuerzos cortantes en pendientes pronunciadas | Nula Cohesión |
| **Resistencia a tracción[[7]](#footnote-7)** | La resistencia a la tracción de las GCLs es muy superior a la de la arcilla compactada ε max =10-15 % | Rotura por elongación debido a asentamientos diferenciales εmax =0,1-3% | Acepta asentamientos diferenciales del terreno |
| **Estabilidad** | Posibles problemas de estabilidad en la lámina en sí. | Estabilidad de las capas | Nula cohesión, alto coeficiente de fricción |
| **Resistencia a otros elementos** | Penetración de raíces | Penetración de raíces | Penetración de raíces |
| No lograrían traspasar el geodren de agua | Galerías por animales (topos) | Galerías por animales (topos) |
| **Instalación** | Colocación más fácil y juntas por superposición y bentonita en polvo. Puede haber deslizamientos | Compactación dificultosa, especialmente en los taludes. | Compactación dificultosa, especialmente en los taludes. |
| **Permeabilidad** | <1\*10-11 m/s | < 10-9 m/s | < 10-5 m/s |

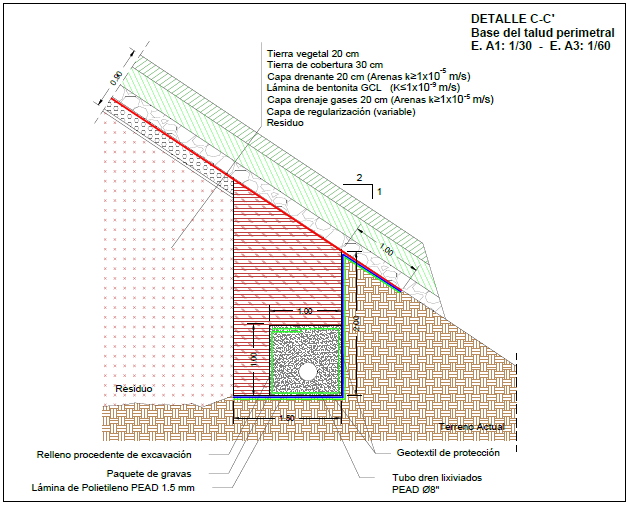
* 1. Dependiendo de las características particulares de cada botadero se analizan dos de estas tres alternativas y se dimensionan técnicamente para poder determinar sus costos. En el siguiente cuadro se presenta en detalle cuáles fueron las alternativas analizadas para cada uno. Como se observa, sólo en aquellos botaderos ubicados en la Costa fue posible considerar la opción de utilizar el material del entorno debido a que son zonas muy áridas (Costa), y se caracterizan por presentar una evapotranspiración media anual hasta 10 veces superior a la precipitación media anual, la misma que limita la migración descendente del agua. Por lo anterior, las capas de material que se proponen no tienen alguna función impermeabilizante. Adicionalmente, estos botaderos cumplen con las condiciones para poder aplicar tierra de la zona: i) botaderos en los que la evapotranspiración media anual hasta un 50% superior a la precipitación media anual; ii) botaderos operados en condiciones donde se haya favorecido la degradación aerobia de los residuos (generación de CO2 en sustitución de metano CH4); iii) botaderos en los que la operación no contemple cubrir periódica de los residuos; iv) botaderos que no presentan a priori problemas de estabilidad de taludes, al presentar columnas de residuo medias inferiores a los 5 metros.

Cuadro 5. Alternativas analizadas por botadero

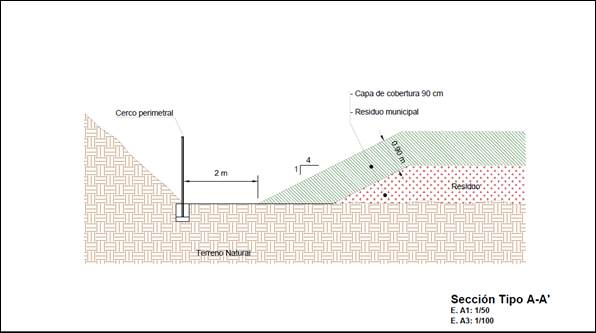
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Botadero** | **Bentonita** | **Arcilla** | **Tierra de la zona** |
| Tarma | X | X |  |
| Chancay | X |  | X |
| Yauyos | X | X |  |
| Oxapampa | X | X |  |
| Pozuzo | X | X |  |
| Huacho | X |  | X |
| Bagua | X | X |  |
| Aymaraes | X | X |  |
| Abancay | X | X |  |
| Andahuaylas | X | X |  |
| Huamanga | X | X |  |
| Chincha | X |  | X |

Los criterios técnicos de las propuestas por proyecto incluyen:

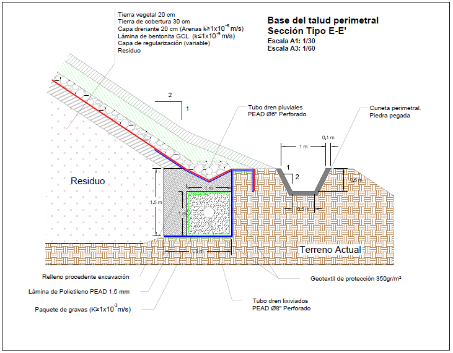
* 1. Tarma: Sellado del área con lámina de Bentonita. Conformación de la capa soporte y integración paisajística.



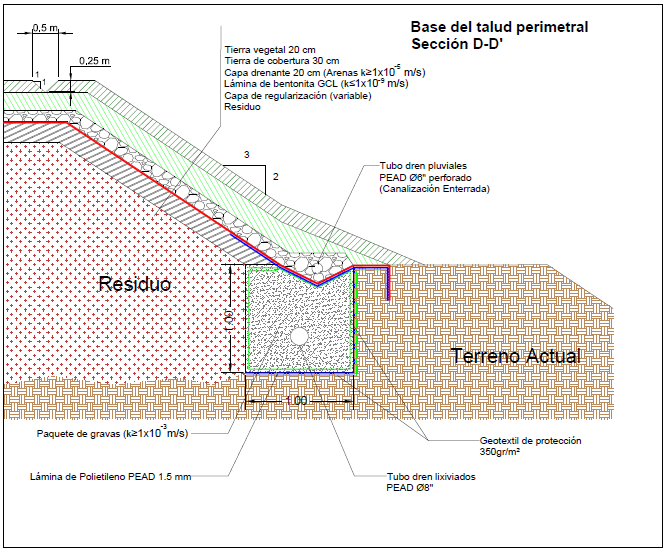
* 1. Chancay: Sellado con suelo local e integración paisajística.



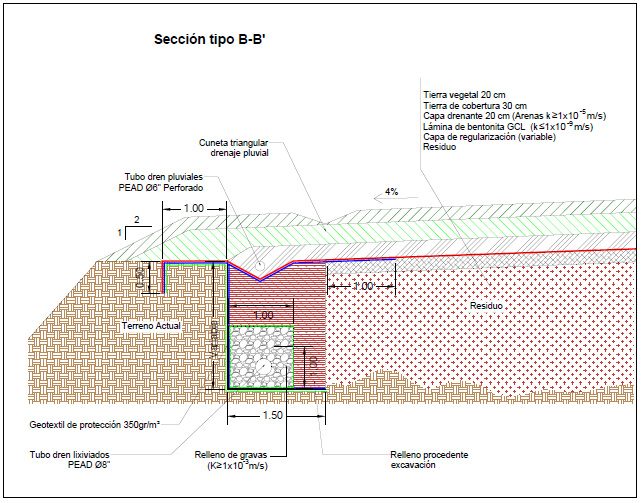
* 1. Yauyos: Sellado del área con lámina de Bentonita. conformación de la capa soporte e integración paisajística. Sellado del área con lámina de Bentonita. conformación de la capa soporte e integración paisajística.



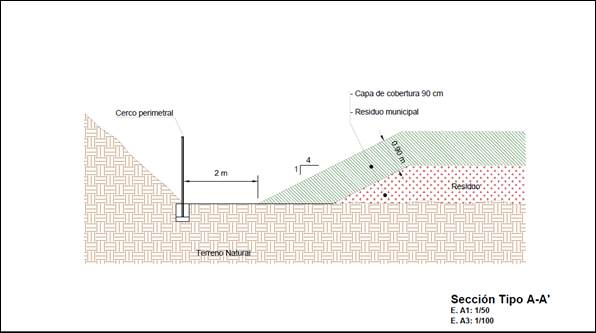
* 1. Oxapampa: Sellado del área con lámina de Bentonita. Conformación de la capa soporte e integración paisajística.



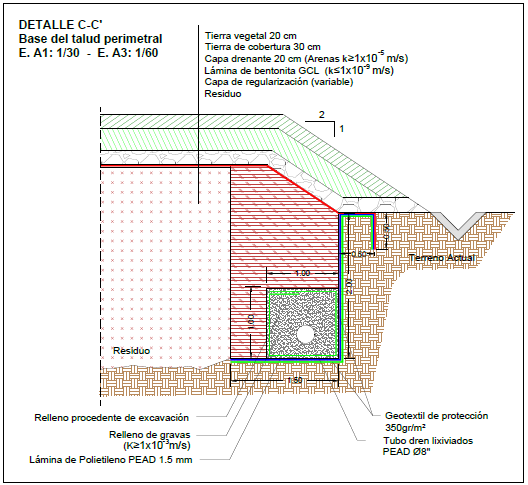
* 1. Pozuzo: Sellado del área con lámina de Bentonita. conformación de la capa soporte e integración paisajística.



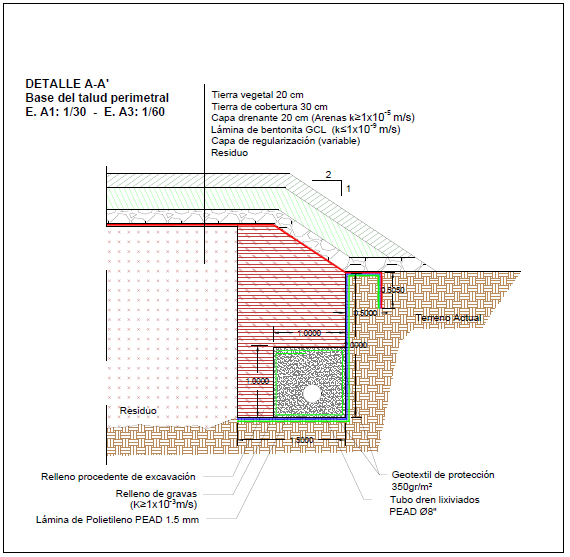
* 1. Huacho: Sellado con suelo local e integración paisajística.



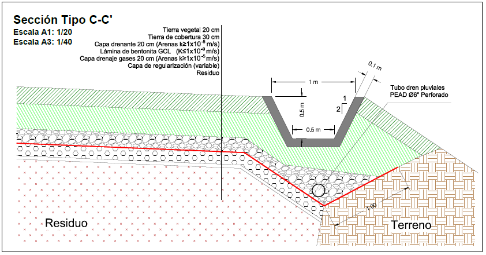
* 1. Bagua: Sellado del área con lámina de Bentonita. conformación de la capa soporte e integración paisajística.



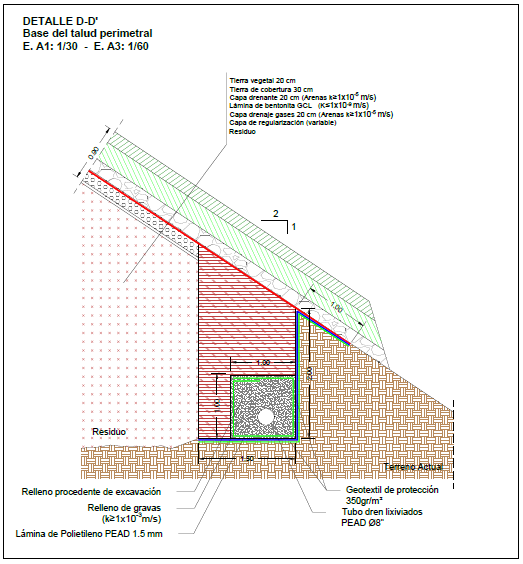
* 1. Aymaraes: Sellado del área con lámina de Bentonita. conformación de la capa soporte e integración paisajística.



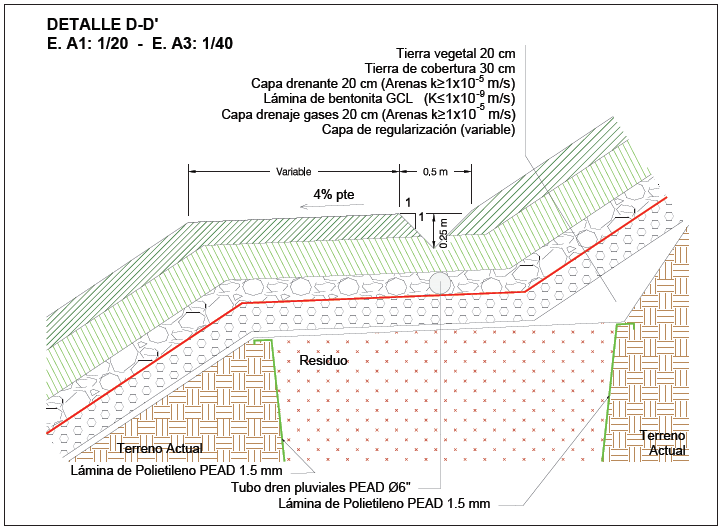
* 1. Abancay: Sellado del área con lámina de Bentonita. conformación de la capa soporte e integración paisajística. D



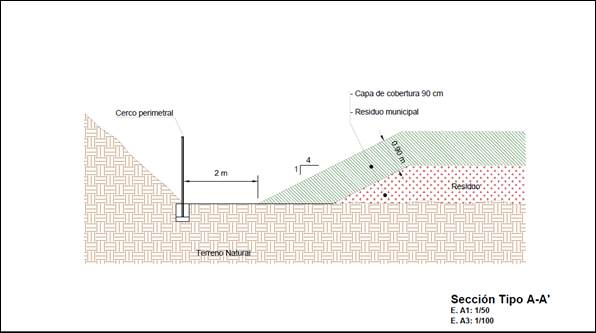
* 1. Andahuaylas: Sellado del área con lámina de Bentonita. conformación de la capa soporte e integración paisajística.



* 1. Huamanga: Sellado del área con lámina de Bentonita. Conformación de la capa soporte e integración paisajística.



* 1. Chincha: Sellado con suelo local e integración paisajística.



1. Municipios de Bagua, Andahuaylas, Huamanga, Chancay, Oxapampa, Pozuzo, San Juan Bautista, Yauyos, Abancay, Moyobamba, Talara, Aymaraes, Azangaro, Chachapoyas, Huaura, Ilave, Sechura, Tarma, Tumbes, San Martin, Ferreñafe, Paita, Puno, Huanuco, Sullana, Chincha, Santiago, Puerto Maldonado, Piura, Nuevo Chimbote, Juliaca. [↑](#footnote-ref-1)
2. Lixiviado: líquido proveniente de los residuos, formado por reacción, arrastre o percolación y que contiene disuelto o en suspensión, elementos o sustancias que se encuentren en los mismos residuos. [↑](#footnote-ref-2)
3. Carencia de cobertura, manejo inadecuado de lixiviados, escasa vigilancia ambiental. Perfil SNIP 2015 del Programa. [↑](#footnote-ref-3)
4. En el botadero del km 1,5 de la carretera Iquitos-Nauta se encuentran asentadas viviendas desde hace más de 10 años, las cuales cuentan con servicios de luz y saneamiento básico, por lo que el Gobierno de Perú decidió no incluirlo en la operación. [↑](#footnote-ref-4)
5. Según datos proyectados al 2017, en base al censo 2007 [↑](#footnote-ref-5)
6. De acuerdo a expedientes técnicos del PE-L1092. [↑](#footnote-ref-6)
7. Simon and Muller. Standard and alternative landfill capping design in Germany. Environmental Science & Policy. Volume 7, Issue 4, August 2004, Pages 277–290 [↑](#footnote-ref-7)