Av. Santo Toribio 173. Vía central 125, Torre Real 08,
Piso 16, Oficina 1639. San Isidro, Lima 27, Perú
Tel. +51 1 710 3252 www.idp.com.pe

RECUPERACIÓN DEL ÁREA DEGRADADA POR RESIDUOS SÓLIDOS "MACÓN SUR", COMUNIDAD CAMPESINA DE TAMBO, DISTRITO DE YAUYOS, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNÍN.

Documento:	ANÁLISIS AMBIENTAL
Titular:	BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)
Emplazamiento:	Lima, Perú
Referencia:	00950
Fecha	19 de Octubre de 2016

Contenido

1. Descripción del Proyecto 11
1.1. Nombre del proyecto 11
1.2. Localización 11
1.2.1. Ubicación geográfica y política del distrito 11
1.2.2. Ubicación del área degradada 13
1.3. Definición del horizonte de evaluación del proyecto 15
1.4. Análisis técnico de Alternativas 15
1.4.1. Descripción de la Alternativa 1 15
1.4.2. Descripción de la Alternativa 2 18
1.4.3. Aspectos técnicos de las alternativas 19
1.4.4. Selección de la Alternativa 22
1.4.5. Recuperación del área degradada 23
2. Descripción del Ambiente 50
2.1. Características del medio físico 50
2.1.1. Precipitación 51
2.1.2. Temperatura 52
2.1.3. Horas de Sol 53
2.1.4. Evaporación 54
2.1.5. Evapotranspiración 55
2.1.6. Humedad relativa 56
2.1.7. Hidrografía 57
2.1.8. Geología 57
2.1.9. Geomorfología 58
2.1.10. Hidrogeología 58
2.1.11. Sismicidad 60
2.1.12. Geotecnia 60
2.1.13. Riesgos naturales y cambio climático 64
2.1.13.1. Riesgos naturales 64
2.1.13.2. Gestión del riesgo en un contexto del cambio climático 67
2.2. Características del Medio biológico 68
2.2.1. Flora 68
2.2.2. Fauna 68
3. Entorno Socio-Cultural 69
3.1. Área de Influencia 69

3.2. Demografía 70
3.3. Actividades económicas predominantes 70
3.4. Salud 71
3.5. Educación 72

4. Marco Legal y Regulatorio 73
4.1. Marco legal ámbito nacional 73
4.2. Marco Legal ámbito local 77
4.3. Marco Legal de la participación de los involucrados 78

5. Impactos del Proyecto 79
5.1. Actividades del proyecto que tienen potencial de ocasionar impactos ambientales 79
5.1.1. Etapa de Inversión (construcción de obra) 79
5.1.1.1. Obras preliminares 79
5.1.1.2. Movimiento de tierras 80
5.1.1.3. Sellado del área a recuperar 80
5.1.1.4. Construcciones complementarias, construcción de sistema evacuación y gestión de lixiviados, construcción de sistema evacuación y gestión gases 81
5.1.2. Etapa de Post Inversión (operación y mantenimiento) 81
5.1.2.1. Actividad de monitoreo de Asentamientos diferenciales y condiciones de la cubierta final. 82
5.1.2.2. Actividad de monitoreo de Estabilidad de taludes. 82
5.1.2.3. Actividad de monitoreo de los lixiviados, monitoreo de cuerpos de agua y aguas de infiltración. 82
5.1.2.4. Actividad de monitoreo de biogás. 83
5.1.3. Gestión del riesgo climático durante toda la etapa de vida del proyecto 84
5.2. Resumen de los impactos al ambiente identificados 84
5.2.1. Etapa Inversión (Construcción de obra) 86
5.2.1.1. Calidad del aire 86
5.2.1.2. Ruido 86
5.2.1.3. Estilo de vida 86
5.2.1.4. Salud e higiene 86
5.2.2. Etapa Post Inversión (Operación y mantenimiento) 86
5.2.2.1. Calidad de los suelos 87
5.2.2.2. Calidad de las aguas subterráneas 87
5.2.2.3. Calidad de las aguas superficiales 87
5.2.2.4. Calidad del aire 87
5.2.2.5. Estilo de vida 87
5.2.2.6. Paisaje 87
5.2.2.7. Salud e higiene 87

6. Plan de Mitigación de Impactos 88

7. Plan de Monitoreo 91

7.1. Estrategia de Monitoreo Ambiental 92

7.1.1. ECA suelos 92
7.1.2. ECA aire 92
7.1.3. ECA agua 93

7.2. Control post-clausura 94

7.2.1. Asentamientos diferenciales y condiciones de la cubierta final. 94
7.2.2. Estabilidad de taludes. 94
7.2.3. Monitoreo de los lixiviados. 95
7.2.4. Monitoreo de aguas de infiltración 95
7.2.5. Monitoreo del biogás 97

7.3. Frecuencia de los monitoreos 97

7.4. Costos de los monitoreos ambientales 99

7.5. Manejo de datos – informe de seguimiento y control 100

7.6. Final de los monitoreos y controles 100

8. PARTICIPACIÓN PUBLICA 100

8.1. Análisis de involucrados 100

8.2. Metodología desarrollada 101

8.3. Identificación de los involucrados 102

8.4. Identificación de beneficiarios 104

8.5. Percepción de los involucrados 105

8.6. Resumen de la entrevista involucrados clave 106

8.7. Identificación de posibles conflictos 106

8.8. Sin presencia de recicladores en el botadero 108

8.9. Mecanismos de Participación Ciudadana a desarrollar 108

8.9.1. Talleres informativos 108
8.9.2. Reuniones de información y consulta. 108
8.9.3. Encuestas de opinión. 109
8.9.4. Entrevistas de percepción y observación directa. 109
8.9.5. Acceso de la población a resúmenes ejecutivos y al contenido del análisis ambiental. 109
8.9.6. Buzón de sugerencias, quejas, reclamos o agravios 109
8.9.7. Visitas guiadas al área de instalaciones del proyecto. 110
8.9.8. Monitoreo participativo. 110

9. Manual de Seguridad y Salud 111

10. Conclusiones y recomendaciones 111

10.1. Conclusiones 111

10.2. Recomendaciones 112

11. Anexos 113

Índice de Tablas

Tabla 1. Localización del botadero Macon Sur 11

Tabla 2. Ubicación del área degradada Macón Sur 13

Tabla 3. Cuadro resumen del indicador costo-efectividad 23

Tabla 4. Coeficientes de seguridad para la estabilidad de los rellenos sanitario 30

Tabla 5. Disposición de bermas 31

Tabla 6. Estación meteorológica CO - Jauja 50

Tabla 7. Precipitación total mensual (mm) 51

Tabla 8. Temperatura media mensual, ºC 52

Tabla 9. Media mensual de horas de sol 53

Tabla 10. Evaporación total mensual (mm) 54

Tabla 11. Evapotranspiración media del Área de Estudio (mm). Periodo: 1994 – 2013 55

Tabla 12. Humedad Relativa del Área de Estudio (%) 56

Tabla 13. Tabla resumen de las propiedades de los suelos bajo el botadero 58

Tabla 14. Ubicación de Calicatas 60

Tabla 15. Límites de Consistencia 61

Tabla 16. Clasificación del material 62

Tabla 17. Resumen de ensayos de corte directo 63

Tabla 18. Valores de Coeficientes de permeabilidad según los reportes de laboratorio 63

Tabla 19. Rangos de Permeabilidad Relativos por Tipo de Suelo 63

Tabla 20. Identificación de Peligros en el ámbito de intervención del proyecto 64

Tabla 21. Caracterización específica de los peligros 65

Tabla 22. Caracterización específica de los peligros 66

Tabla 23. Resumen de peligros 66

Tabla 24. Información demográfica del distrito de Yauyos y la provincia de Jauja 70

Tabla 25. Población Económicamente Activa 71

Tabla 26. Atenciones de EDA e IRA en el distrito de Yauyos del año 2014 72

Tabla 27. Número de Instituciones Educativas y Programas del Sistema Educativo, por tipo de gestión y área geográfica, según Etapa, Modalidad y Nivel Educativo, 2014 72

Tabla 28. Clasificador Funcional Programática del Proyecto 74

Tabla 29. Resumen de posibles elementos ambientales afectados 84

Tabla 30. Identificación de posibles elementos ambientales afectados 88

Tabla 31. Medidas de prevención, mitigación y corrección 89

Tabla 32: Gastos en Gestión Integral de Residuos Sólidos (En soles) – 2014 90

Tabla 33. Monitoreo de aire 93

Tabla 34. Monitoreo de gases 97

Tabla 35. Frecuencia de monitoreos Ambientales 98

Tabla 36. Costos de los monitoreos ambientales 99

Tabla 37. Análisis de involucrados. Metodología participativa 102

Tabla 38. Cuadro resumen de la participación de los involucrados* 102

Tabla 39. Involucrados afectados por el problema 103

Tabla 40. Involucrados afectados por la solución 104

Tabla 41. Población beneficiaria de la primera fase del proyecto de gestión integral de residuos solidos 105

Tabla 42. Listado de involucrados clave 106

Tabla 43. Posibles conflictos en la etapa de inversión 107

Tabla 44. Posibles conflictos en la etapa de operación y mantenimiento 107

Índice de Figuras

Figura 1. Localización del Área del Proyecto 12

Figura 2. Ubicación del proyecto en el distrito de Yauyos, Jauja – Junín 13

Figura 3. Plano georreferenciado del botadero 14

Figura 4. Estrategia de clausura de la Alternativa 1 y la Alternativa 2 19

Figura 5. Zona de cantera 25

Figura 6. Morfología final del botadero Macón Sur 27

Figura 7. Recreación Morfología final del botadero Macón Sur (I) 27

Figura 8. Recreación Morfología final del botadero Macón Sur (II) 28

Figura 9. Recreación Morfología final del botadero Macón Sur (III) 28

Figura 10. Recreación Morfología final del botadero Macón Sur (IV) 29

Figura 11. Detalle típico de cuneta y dique en coronación 33

Figura 12. Detalle típico de cuneta triangular perimetral 33

Figura 13. Detalle típico de la cuneta de recogida de pluviales 34

Figura 14. Detalle típico de la base del talud 34

Figura 15. Distribución de canales pluviales - cunetas 35

Figura 16. Detalle de los viales 36

Figura 17. Cerco perimétrico 37

Figura 18. Tomografía 2D. Sección 1 Botadero Macón Sur 38

Figura 19. Tomografía 2D. Sección 2 Botadero Macón Sur 39

Figura 20. Distribución de la red de lixiviados 40

Figura 21. Dren perimetral de recogida de lixiviados 41

Figura 22. Localización de la poza de lixiviados 41

Figura 23. Sección típica de la poza de lixiviados 42

Figura 24. Situación de la poza de lixiviados del relleno sanitario 44

Figura 25. Chimenea de venteo pasivo de biogás 46

Figura 26. Localización de las chimeneas de venteo de biogás 47

Figura 27. Precipitación media mensual 51

Figura 28. Temperatura media mensual 52

Figura 29. Promedio Mensual Horas de Sol (hr) 53

Figura 30. Evaporación media del Área de estudio (mm) 54

Figura 31. Evapotranspiración media del Área de estudio 55

Figura 32. Humedad Relativa (%) del Área de estudio 56

Figura 33. Geología local de la zona de estudio 57

Figura 34. Localización del Río Mantaro 59

Figura 35. Ubicación de Área de Influencia Social 69

Figura 36. Localización del sondeo de control 96

Figura 37. Detalle del sondeo de control 96

Lista de Abreviaturas

ANP	AREAS NATURALES PROTEGIDAS
BID	BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
CME	CONTENIDOS MINIMOS ESPECIFICOS
D.S.	DECRETO SUPREMO
DBO	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO
DDT	DICLORODIFENILTRICLOROETANO
DIGESA	DIRECCION GENERAL DE SALUD AMBIENTAL
DIRESA	DIRECCION REGIONAL DE SALUD AMBIENTAL
DQO	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO
ECA	ESTANDAR DE CALIDAD AMBIENTAL
EPA	US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
EPP	EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL
GPS	GLOBAL POSITIONING SYSTEM
HDPE	HIGH DENSITY POLYETHYLENE
IDP	INGENIERIA MEDIO AMBIENTE ARQUITECTURA
INDECOPI	INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCION DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL
INEI	INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA
LMP	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
NTP	NORMA TECNICA PERUANA
OHSAS	OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES
OMS	ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD
OyM	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
PCM	PRESIDENCIA DE CONSEJO DE MINISTROS
PEAD	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
pH	POTENCIA DE OXIGENO
PIP	PROYECTO DE INVERSION PUBLICA
SEDESOL	SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL DE MEXICO
SENAMHI	SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU
SERNANP	SERVCIO NACIONAL DE AREAS NATURALES PROTEGIDOS POR EL ESTADO PERUANO
SNIP	SISTEMA NACIONAL DE INVERSION PUBLICA
UTM	UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
WGS	WORLD GEODETIC SYSTEM

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Nombre del proyecto

Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín.

1.2. Localización

1.2.1. Ubicación geográfica y política del distrito

El terreno es de propiedad de la comunidad campesina de Tambo pero será dado en sesión de uso a la municipalidad distrital de Yauyos, el distrito de Yauyos geopolíticamente pertenece a la provincia de Jauja, departamento y región de Junín, está situado en el centro de país. Se encuentra al Oeste de la ciudad de Jauja, divididos por el río temporal "Tajamar". Dicho emplazamiento se encuentra ubicado en la falda del cerro Huancas, la Plaza Principal del distrito es una referencia de su ubicación en las coordenadas Latitud 11º 446`19 S, Longitud 75º 29`58 W y a 3,410 msnm.

El distrito de Yauyos tiene una superficie de 20.54 km2. Tomando la carretera central como referencia, Yauyos se encuentra a 275.5 km de la ciudad de Lima, 45 km de la ciudad de Huancayo y 225 km de la ciudad de Satipo:

El distrito presenta los siguientes límites políticos:

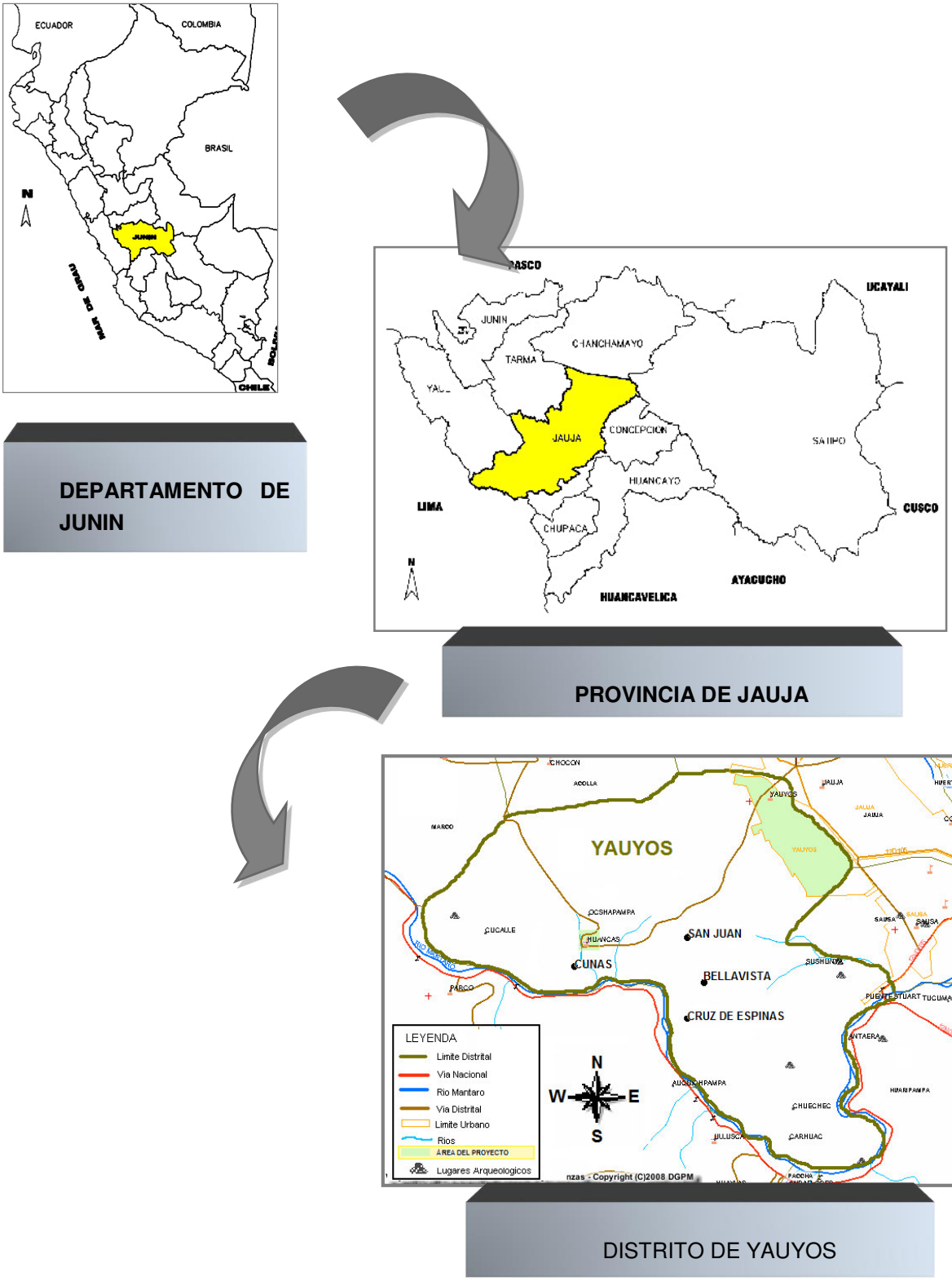
- Por el Este : con el distrito de Jauja.
- Por el Oeste : con los distritos de Paccha y Parco
- Por el Norte : con los Anexos de Chocón y Pachascucho (Acolla)
- Por el Sur : con el distrito de Sausa.

Tabla 1. Localización del botadero Macon Sur

Departamento/Región	Junín
Provincia	Jauja
Distrito	Yauyos
Localidad	Tambo
Altitud	3410 m.s.n.m.

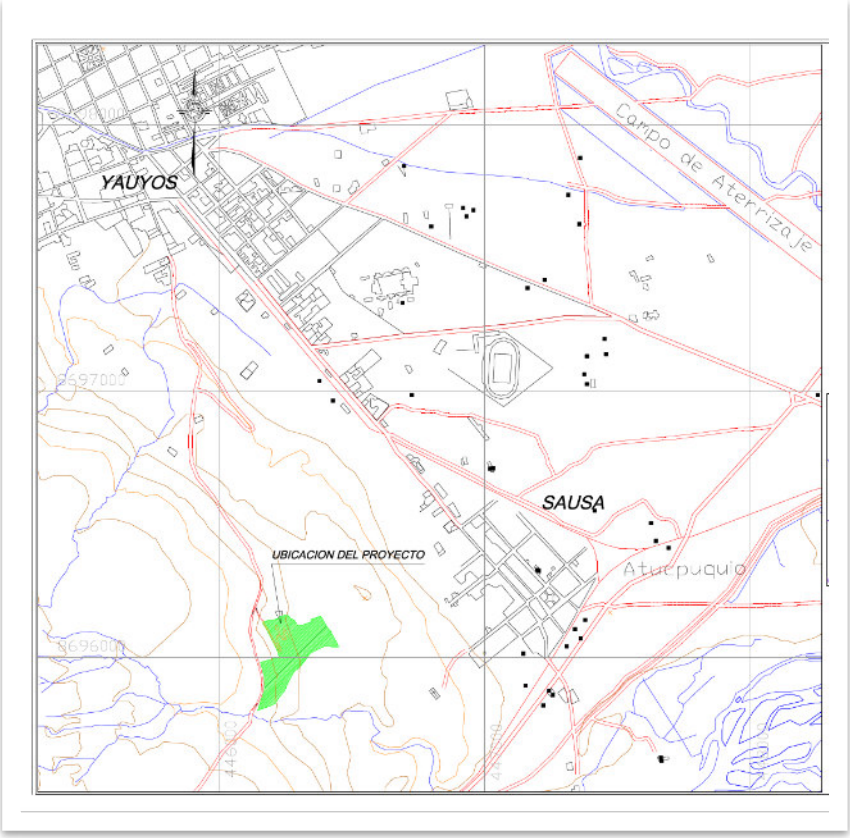
Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 1. Localización del Área del Proyecto



Fuente: PIP Mejoramiento y Ampliación de la gestión integral de los residuos sólidos municipales en el distrito de Yauyos, provincia de Jauja, departamento de Junín

Figura 2. Ubicación del proyecto en el distrito de Yauyos, Jauja – Junín



Fuente: Municipalidad Distrital de Yauyos.

1.2.2. Ubicación del área degradada

El área degradada está ubicada a 1.5 km de la plaza principal de la municipalidad distrital de Yauyos. Dicha área (área afectada por la disposición incontrolada de residuos) tiene una superficie de 5,769.3m2, conformada por las siguientes coordenadas UTM. El área afectada se ubica dentro del terreno del “Complejo denominado Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos en el paraje de Macón”.

Tabla 2. Ubicación del área degradada Macón Sur

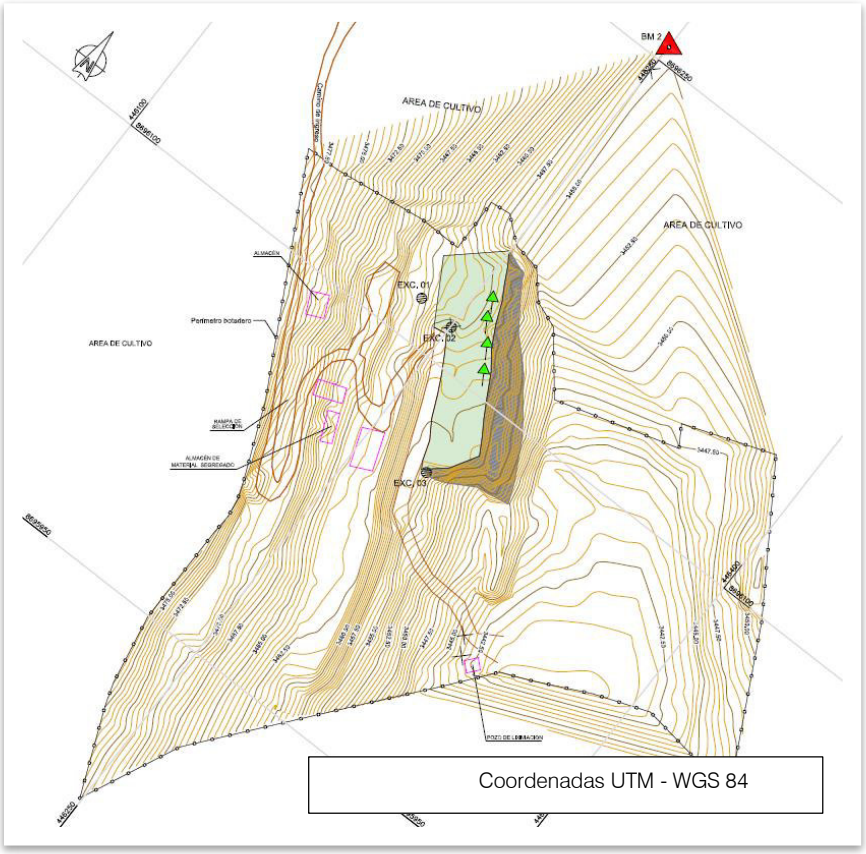
Número	X (m)	Y (m)	Número	X (m)	Y (m)
1	446229.232	8696153.164	15	446296.159	8696052.813
2	446249.310	8696156.867	16	446285.289	8696050.682
3	446255.069	8696157.004	17	446259.524	8696065.797
4	446263.416	8696154.876	18	446255.357	8696070.076

5	446272.769	8696143.439	19	446252.264	8696096.785
6	446289.177	8696126.386	20	446251.427	8696099.635
7	446301.491	8696109.345	21	446248.686	8696104.890
8	446308.032	8696096.065	22	446246.758	8696107.334
9	446312.854	8696074.196	23	446243.317	8696110.017
10	446316.938	8696049.182	24	446242.677	8696111.415
11	446313.618	8696044.376	25	446229.341	8696117.083
12	446302.959	8696042.920	26	446220.955	8696136.207
13	446300.691	8696049.669	27	446220.423	8696142.162
14	446298.708	8696051.824	28	446224.784	8696145.715

Fuente: Equipos de Formulación, 2015

A continuación se presenta el plano de ubicación del área degradada debidamente georreferenciada.

Figura 3. Plano georreferenciado del botadero



Fuente: Memoria descriptiva del levantamiento topográfico y establecimiento de 02 puntos de control geodésicos botadero Macón Sur. Yauyos. 2015

1.3. Definición del horizonte de evaluación del proyecto

El proyecto de recuperación de áreas degradadas por Residuos Sólidos comprende dos fases, cada una de las cuales presenta un horizonte evaluación específico.

Fase de inversión: (Total 20 meses)

La fase de inversión contempla el desarrollo del expediente técnico y la ejecución del proyecto de la alternativa seleccionada.

- Primera etapa, de 4 meses de duración, para la licitación y contratación de los servicios profesionales de consultoría.

- Segunda etapa, de 8 meses de duración, para la realización de los estudios y expediente técnico, con sus respectivos permisos emitidos por autoridad competente.

- Tercera etapa, de 4 meses de duración, para la licitación y contratación de la empresa encargada de la ejecución.

- Cuarta etapa, de 4 meses de duración, para la ejecución de las obras de clausura del botadero.

Fase de post inversión (10 años):

Esta fase incluye actividades vinculadas con la operación y mantenimiento del proyecto así como su evaluación ex post consiste básicamente en la entrega de los servicios del proyecto, por lo que su desembolso se encuentran vinculados con los recursos necesarios para ello: personal, insumos, monitoreo ambiental necesario para controlar los lixiviados, gases que se generaran en el área recuperada. Nota: La fase de Operación y Mantenimiento se podrá alargar más allá del periodo del horizonte (10 años) si sigue habiendo evidencia de la generación de lixiviados y biogás.

Durante la fase de Operación y Mantenimiento quedará restringido el acceso a cualquier persona no autorizada.

1.4. Análisis técnico de Alternativas

A continuación se describen los aspectos técnicos, metas y requerimientos de recursos relativos a cada una de las alternativas para la recuperación del área degradada “Macón Sur”.

1.4.1. Descripción de la Alternativa 1

El proyecto contempla para la Alternativa 1 los siguientes componentes:

COMPONENTE 1: APROPIADO MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DESTINO FINAL

Medio fundamental 1a: Apropiada Técnica de Confinamiento de los Residuos Sólidos

Acción 1a-1: Obras preliminares

Se considera realizar las actividades como limpieza de terreno manual, cinta plástica señalizadora para límite de seguridad de la obra cartel de identificación de obra, caseta para guardianía, cartel de identificación de la obra, caseta adicional p/guardianía y/o depósito, movilización y desmovilización de maquinarias herramientas para la obra, transporte de materiales y equipos menores, almacenamiento provisional p/agua, suministro y colocación de sanitarios portátiles, demolición de construcción existente.

Acción 1a-2: Movimiento de Tierras

Se considera realizar las actividades como trazo y replanteo, corte y relleno en terreno.

Acción 1a-3: Sellado del Área con Lámina de Bentonita.

Se realizará el refine y nivelación del terreno para colocar una capa de material de regularización para conformar la plataforma.

Sobre el terreno regularizado se colocara la Bentonita GCL con un coeficiente de permeabilidad inferior o igual a 10^{-9} m/s, considerando para ello actividades de anclaje del material.

Y sobre la capa de Bentonita, se colocará una capa de drenaje de aguas de lluvia de 20cm., para facilitar el escurrimiento del agua pluvial infiltrada.

Acción 1a-4: Conformación de la capa soporte.

La capa soporte estará constituida por dos capas: capa de cobertura de 30 cm de espesor y la capa de tierra vegetal de 20 cm de espesor.

Acción 1a-5: Revegetación.

Se considera revegetar el área sellada con arbustos propios de la zona.

Acción 1a-6: Construcción complementarias

Se construirá canales pluviales, vía de acceso, cerco perimétrico (incluido la puerta de acceso).

Medio fundamental 1b: Apropiado Manejo de Lixiviados.

Acción 1b-1: Construcción de sistema de evacuación y gestión de lixiviados.

Construcción de sistema de evacuación y gestión de lixiviados (desde la captacion del lixiviados en el botadero hasta su descarga en el nuevo relleno sanitario).

El componente considera la construcción perimetral de drenes en el contorno del botadero para la recogida de los lixiviados, instalación de tuberías de conducción de lixiviados, dicho sistema estará impermeabilizado con geomembrana y protegido con geotextil.

Asimismo se considera la construcción de pozo de lixiviados, pozo de monitoreo, para detectar la eventual fuga de lixiviados.

Medio fundamental 1c: Apropiado Manejo de Gases.

Acción 1c-1: Construcción de sistema de evacuación y gestión de gases.

El componente considera la construcción de tres pozos de venteo de biogás y la instalación de tres quemadores.

A continuación se brinda un extracto de la propuesta de intervención institucional y social, la cual se encuentra con mayor detalle en el Anexo 02, Estudio de Comunicación Social; esta propuesta se elaboró tomando en consideración la información recopilada, analizada y sistematizada en el diagnóstico y que comprende la estrategia de intervención social con un plan de comunicación social; en atención a la gestión de las posibles controversias que puedan suscitarse con respecto al ámbito socio ambiental del proyecto. A continuación se lista los puntos que considera la propuesta:

COMPONENTE 2: EFICIENTE GESTION MUNICIPAL EN LA DISPOSICIÓN FINAL

Dentro de la eficiente gestión municipal se ha considera dos acciones que a continuación se describen:

Medio fundamental 2a: Personal suficientemente capacitado

Estas acciones están orientadas a fortalecer las capacidades del personal municipal en ejecutar sus labores cotidianas con la precaución y empelo correcto de la normativa nacional vigente en salud y seguridad ocupacional.

Acción 2a-1: Capacitación en seguridad y salud ocupacional

Acción 2a-2: Elaboración e impresión de manual de seguridad y salud ocupacional para el personal

Acción 2a-3: Capacitación en guías técnicas, normas, sanciones y operación y mantenimiento de clausura del botadero

Acción 2a-4: Elaboración e impresión de manual de operación y mantenimiento del botadero

Acción 2a-5: Elaboración de video de instrucción

Medio fundamental 2b: Apropiadas sistema de vigilancia ambiental

Se considera de vital importancia que el personal municipal a cargo de esta labor cuente con las capacidades necesarias para ejecutar su labor, por ello se ha considerado lo siguiente:

Acción 2b-1: Capacitación en seguimiento, control y vigilancia del plan de monitoreo ambiental. (monitoreos ambientales de la calidad del agua, aire y suelo).

COMPONENTE 3: APROPIADAS PRÁCTICAS DE LA POBLACIÓN:

Dentro de apropiadas prácticas de la población se ha considerado la siguiente actividad:

Medio fundamental 3a: Suficiente difusión de los riesgos e impactos a la salud y al ambiente

Diseño e implementación de la estrategia de comunicación para la difusión de los riesgos e impactos a las salud y al ambiente, respecto a la existencia de una área degradada por residuos sólidos y sus posibles impactos a la salud de las personas y al ambiente; además de comunicar la clausura y cierre del botadero.

Para esta acción se considera desarrollar los siguiente:

Acción 3a-1: Comunicación grupal

- Evento de inicio del proyecto.
- Talleres de difusión de información.
- Redacción y difusión de notas de prensa en medios locales.
- Diseño e impresión de boletín y folletería del proyecto.

Acción 3a-2: Comunicación mediática

- Elaboración y difusión de microprogramas de radio.
- Elaboración e impresión de afiches educativos.
- Señalización con carteles cerca al botadero.
- Elaboración y difusión de video reportaje.
- Diseño e impresión de banners del proyecto.

Acción 3a-3: Asistencia técnica

Dicha asistencia técnica para la aplicación del plan de intervención social y comunicación, consiste en contratar a un profesional en comunicación social, que tendrá la responsabilidad de ejecutar lo planificado dentro del estudio definitivo o expediente técnico del PIP en el aspecto de intervención social.

1.4.2. Descripción de la Alternativa 2

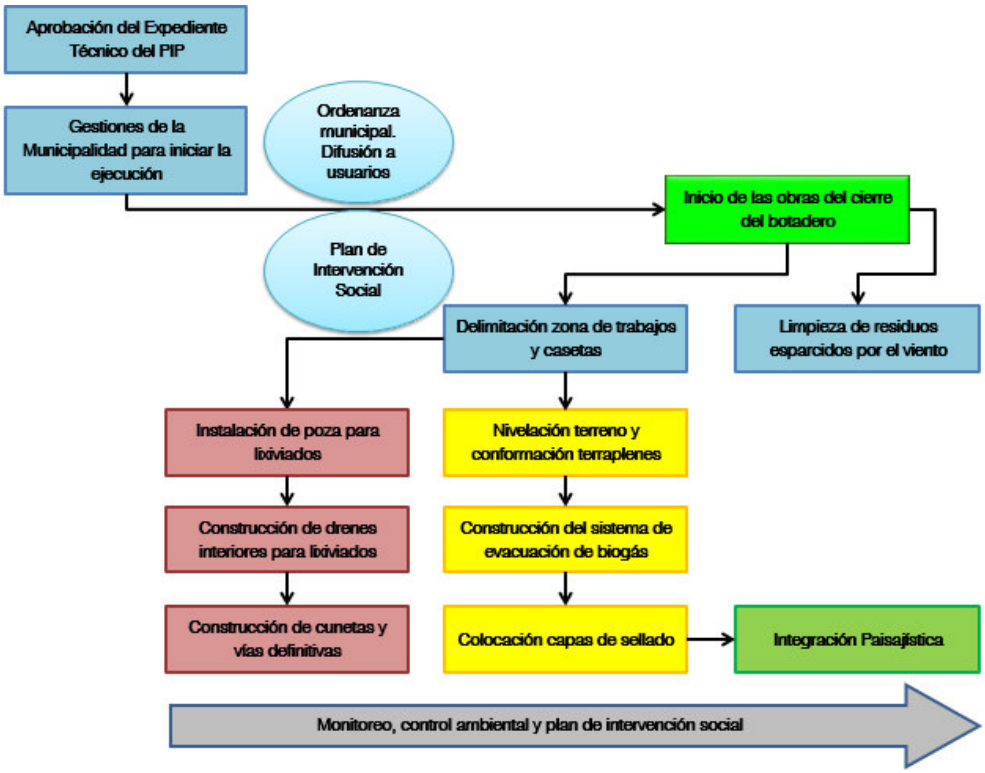
El proyecto Alternativo 2 está compuesto por la combinación de las acciones; 1a-1, 1a-2, 1a-3, 1a-4, 1a-5, 1a-6, 1b-1,1c-1, 2a, 2b y 3a. La diferencia se da en la acción 1a-3 ya que para la segunda alternativa considera la acción 1a-3-2 Impermeabilización a base capa de arcilla de 0.60 m de espesor con un coeficiente de permeabilidad inferior o igual a 10^{-9} m/s.

1.4.3. Aspectos técnicos de las alternativas

Los aspectos técnicos describen la estrategia de clausura y definición de uso final para el botadero "Macón Sur". Además se detallan las medidas de recuperación del área degradada, de control de las fuentes contaminantes, Plan de Monitoreo Ambiental, eficiente gestión municipal, prácticas de la población y estrategia post-clausura que garantice el correcto funcionamiento de las medidas adoptadas.

En la siguiente figura se observa los pasos a considerar en la clausura del área degradada.

Figura 4. Estrategia de clausura de la Alternativa 1 y la Alternativa 2



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Aprobación del Expediente Técnico del PIP: se gestionara la aprobación del expediente técnico ante la autoridad competente[1]. Cabe señalar que para la clausura del botadero es necesario que se cuente con el relleno sanitario en operación.

[1] La aprobación lo emitirá la DIGESA de acuerdo a su TUPA – Procedimiento 21: "Aprobación del Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos.

Gestiones de la Municipalidad para iniciar la ejecución: una vez aprobado el expediente, la Municipalidad elaborara y aprobara una ordenanza municipal informando la clausura del botadero. Asimismo coordinara con la empresa a cargo de la ejecución para que se implemente el Plan de Intervención Social.

Comunicación a usuarios:

Mediante ordenanza municipal, se difundirá a los usuarios del botadero la clausura del mismo. Para tal caso se empleara un ´plan de manejo de medios locales para difundir los mensajes que sean necesarios.

Intervención Social -: Se elaborará un plan intervención social, que permita a los ejecutores del proyecto solventar adecuadamente todas las demandas sociales que se deriven de la ejecución del proyecto. Asimismo durante la elaboración del perfil se realizaron talleres de información y sensibilización para dar a conocer a los involucrados, no solo las actividades a ejecutar durante la fase de inversión y su finalidad, sino también las medidas que se adoptarán durante la fase de operación y mantenimiento y los compromisos adquiridos por la comunidad. Se ha informado a los involucrados que el acceso a la zona estará limitado para personal no autorizado, con el fin de evitar cualquier tipo de infección derivada del contacto con posibles vectores o agentes contaminantes y evitar posibles accidentes derivados de la proximidad a antorchas de biogás o maquinaria. Igualmente se ha informado a la población de la imposibilidad de llevar a cabo cualquier actividad agrícola sobre el área degradada.

Inicio de las obras del cierre del botadero: una vez concluida la fase de comunicación a todas las partes, se darán comienzo los trabajos de clausura del botadero.

Delimitación zona de trabajos: se señalizará con cinta y se delimitará con valla el área donde se desarrollarán los trabajos especificados en el proyecto, para evitar el paso de vehículos y/o personal ajeno a la obra, evitando así accidentes. También se delimitará y señalizará la zona donde se encuentren el campamento para personal y equipos, así como la zona de acopio de materiales.

Las señalizaciones antes y durante de la ejecución tiene como objetivo reducir los riesgos en la obra. Además del cartel de obra dando a conocer el propósito de la clausura del botadero, se instalarán señales preventivas y señalizaciones de obra. Cabe indicar que estas señales preventivas y de obra se encuentran sustentadas en el presupuesto.

Las dimensiones de las señales deberán estar acordes con la NTP6 399.010-1[2] y estar en función de la distancia de observación.

- Al iniciar las obras las señales informativas comunicarán el inicio de obras y las precauciones que se deberán adoptar por parte de la población. Esta señalización se colocará por lo menos a dos semanas antes de iniciarse los trabajos de recuperación del área degradada.

[2] NTP: Norma Técnica Peruana.

- La señalización preventiva se ubicará en zonas aledañas al proyecto, así como dentro del área de la construcción, estarán referidos principalmente a la prevención que deberán tener en cuenta los transportistas, transeúntes y trabajadores del propio proyecto. Esta señalización se encuentra enmarcada dentro de los parámetros que manejan el Ministerio de Transportes para vías, así como las normas OSHAS 18001 e IRAM, para señalización de áreas de trabajo y alrededores.
- La norma G50 Seguridad durante la construcción en su ítem 1.5.7 SEÑALIZACION, afirma: Se deberán señalar los sitios indicados por el responsable de seguridad de conformidad a las características de señalización de cada caso en particular. Estos sistemas de señalización (carteles, vallas, balizas, cadenas, sirenas, etc.) se mantendrán, modificarán y adecuarán según la evolución de los trabajos y sus riesgos emergentes.

Limpieza de residuos esparcidos por el viento: se realizará una limpieza para recoger todos aquellos materiales que, con el paso del tiempo, han sido esparcidos por los alrededores, principalmente plásticos y papeles, encontrándose en los árboles y plantas.

Construcción nueva poza lixiviados: se construirá un nueva poza de lixiviados, porque la actual quedara afectada por el trazado de la vía de acceso al futuro relleno sanitario.

Construcción drenes para lixiviados: se construirá un dren de lixiviados alrededor de la zona baja del botadero, para recoger aquellos lixiviados que pudieran infiltrarse hacia el exterior. Este dren se conectará a la nueva poza. Asimismo se construirá un pozo de monitoreo

Construcción de cunetas y vías: una vez construida los drenes para lixiviados, se construirán las vías de acceso al botadero y a la poza, así como las cunetas que recogerán el agua de lluvia.

Nivelación terreno y conformación terraplenes: en la parte superior del botadero se dejará en terreno uniformado y nivelado. También se añadirá material – tierra- en aquella zona del botadero donde sea necesario para que el talud tenga la pendiente adecuada.

Construcción de chimeneas de biogás: se construirán 3 chimeneas, perforando en la masa del residuo y colocando una tubería ranurada en su interior, rellenando el espacio entre el tubo y la pared del agujero, con canto rodado o similar.

Colocación capas de sellado: sobre la capa de tierra que cubre el residuo, se extenderá la capa de piedras que servirá para el drenaje de los gases hacia los pozos. Luego se extenderá la manta de bentonita (en rollos), una nueva capa para drenar el agua de lluvia, y, finalmente, una capa de tierra vegetal sobre la que se colocaran las plantas.

Construcción del cerco perimétrico: Una vez terminados los trabajos anteriores, se instalará el cerco perimétrico en el flanco Norte del botadero y se restituirá o reparará aquella parte del cerco compartido con el relleno sanitario que se haya visto afectado por las obras de recuperación del área degradada.

Integración paisajística: se buscara que la zona a intervenir, quede integrado paisajísticamente con su entorno.

Uso Final: a nivel internacional, se tiene conocimiento que los sitios de disposición final de residuos clausurados, se han utilizado para parques y usos recreativos, jardines botánicos, entre los principales. Asimismo, existe tecnología sofisticada para la construcción de estructuras pesadas, con el propósito de ampliar los usos de dichos sitios recuperados; sin embargo, los usos más comunes y relativamente económicos son las áreas verdes y recreativas.

Lo anterior, se debe a que los residuos sólidos depositados tienden a sufrir asentamientos diferenciales por la baja compactación de aquellos. Se estima que a lo largo de su vida, un relleno sanitario puede ver reducido su volumen hasta en un 25% debido a los factores mencionados anteriormente. Adicionalmente, se tiene el problema de generación de biogás y desprendimiento de compuestos orgánicos volátiles, atribuyéndose a estos últimos efectos importantes en la salud humana.

Debido a la inestabilidad de los sitios recién clausurados, los criterios internacionales establecen que es conveniente dejar el sitio sin un uso específico por un lapso de seis años; tiempo en el cual se presentan los mayores cambios en el sitio, debido a la estabilización de los residuos sólidos confinados3.

Después de este período, es posible asignar un uso de tipo recreativo y/o deportivo, limitando la construcción de estructuras pesadas. En el caso del botadero “Macón Sur”, no se va a proyectar ningún uso posterior de la zona clausurada. Por un lado, al encontrarse junto al futuro relleno sanitario, no se recomienda un uso de tipo recreativo y/o deportivo. Además, la lejanía a los núcleos urbanos relevantes hace inviable otro diseño que no sea el que garantice una correcta integración de la solución final con el medio.

Monitoreo y Control Ambiental:

Con la finalidad de establecer una línea base ambiental, se realizaran monitoreos y controles de la calidad de aire, suelo y agua siguiendo los parámetros establecidos en el ECA correspondiente. Al final de los 10 años (horizonte del proyecto) se volverán a realizar de nuevo los análisis para poder determinar el grado de recuperación (total o parcial) del área afectada. Se realizarán otros dos análisis en el año 3 y el año 5 para determinar la evolución de la recuperación pretendida.

1.4.4. Selección de la Alternativa

Para la selección de la alternativa se ha considerado la que presenta el menor valor para el indicador costo/efectividad, medido en metros cúbicos de residuos sólidos clausurados y controlados sanitaria y ambientalmente, como podemos apreciar en el siguiente cuadro.

[3] Manual para la rehabilitación y clausura de tiraderos a cielo abierto. SEDESOL. México

Tabla 3. Cuadro resumen del indicador costo-efectividad

Descripción	Alternativa 1 (C/E)		Alternativa 2 (C/E)	
	Costos de Mercado	Costos Sociales	Costo de Mercado	Costos Sociales
Inversión	S/. 1,194,119	S/. 992,805	S/. 1,267,875	S/. 1,059,757
O&M	S/. 228,198	S/. 193,692	S/. 276,025	S/. 236,079
Total	S/. 1,422,317	S/. 1,186,497	S/. 1,543,900	S/. 1,295,836
Indicador de efectividad	19,955 m^3	19,955 m^3	19,955 m^3	19,955 m^3
C/E	71 soles/m^3	59.46 soles/m^3	77 soles/m^3	64.94 soles/m^3

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Tomando en consideración lo mencionado la Alternativa de Solución 1 es la seleccionada por tener el menor costo efectividad 59.46 soles/m3 a costos sociales.

1.4.5. Recuperación del área degradada

La recuperación de áreas degradadas por residuos sólidos tiene como objetivo principal disminuir y mitigar los impactos al ambiente y la salud originados por la disposición irregular e incontrolada de los residuos sólidos, a la vez que se mejora la imagen del sitio y se facilita la operación del sitio bajo condiciones controladas.

Para la recuperación del área degradada se realizaran las siguientes actividades:

1. Obras preliminares

Los trabajos de clausura del botadero "Macón Sur" considera la limpieza de todo el contorno del botadero, incluyendo los residuos dispersos por acción del viento, este paso incluye la deforestación de vegetación tanto arbustiva como arbórea en las áreas a trabajar, para evitar que las plantas pudieran dañar la lámina de bentonita.

También se delimitara el área a trabajar, colocación de cartel de obra, instalación de la caseta de campamento/guardianía, traslado de maquinaria pesada a usar en la construcción de la obra, aprovisionamiento del agua, manejo de aguas residuales mediante uso de baños portátiles, y demolición de infraestructura existente como: la poza de lixiviados, áreas de compostaje y reciclaje.

2. Movimiento de tierras

Se realizara cortes y relleno de tierras para establecer la configuración del área a recuperar, para ello se tomara en cuenta los taludes determinados en el estudio de estabilización de taludes.

3. Sellado del Área (con bentonita), conformación de la capa soporte y revegetación- Diseño de la capa de cobertura final

Las medidas a ejecutar para la recuperación del área degradada se centran principalmente en la construcción de una capa de cobertura final. Este diseño requiere tener en consideración criterios que (1) minimicen el período en que el botadero representará un riesgo significativo para la salud de las personas o al ambiente, (2) potencien el desarrollo de procesos físicos y / o químicos que favorezcan las condiciones de estabilidad, mineralización de la materia orgánica y (3) eviten que se produzcan situaciones no deseadas en el conjunto del depósito controlado (asentamientos no esperados, reacciones no deseadas en la masa de residuos, etc).

La "Alternativa 1" de recuperación del área degradada incluye la construcción de una capa de cobertura final- sellado, de acuerdo a la configuración descrita a continuación (en sentido ascendente)[4]:

- Residuos acumulados desde la operación del botadero.
- Capa de regularización de espesor variable. La capa de regulación de espesor variable tiene el objetivo de proporcionar a la capa de clausura una pendiente mínima del 4%, la cual garantice la correcta evacuación del agua infiltrada y almacenada sobre la capa de sellado.
- Capa drenante para la recogida o evacuación de gases. Capa drenante continua de un grosor mínimo de 20 cm constituida arenas con una permeabilidad superior o igual a 10^{-3} m/s. Solo en plataforma.
- Capa de impermeabilización a base de geocompuesto de bentonita GCL con un coeficiente de permeabilidad inferior o igual a 10^{-9} m/s.
- Capa drenante, para el drenaje de agua lluvia infiltrada. Capa drenante continua de un grosor mínimo de 20 cm constituida arenas o gravas con una permeabilidad superior o igual a 10^{-3} m/s.
- Cubierta de suelo tolerable de 30 cm de espesor.
- Cubierta de tierra vegetal de 20 cm de espesor.

El material de tierra usada en la capa de regularización y cubierta de suelo tolerable deberá ser uniforme, con granulometría continua y con ausencia de tamaños grandes (>1.25 cm) que puedan ocasionar punzonamientos al sistema de impermeabilización del botadero. El material aportado se deberá compactar al 95% de densidad relativa en toda la superficie de aplicación. El material para la construcción de estas capas se obtendrá del material sobrante de los trabajos de excavación de las celdas 1 y 2 del nuevo relleno sanitario. En caso de no disponer de material suficiente, la misma parcela propiedad de la municipalidad cuenta con zonas aptas para la excavación y obtención de material (cantera de 5,324.6 m^2). El material necesario es de aproximadamente 1,867 m^3, por lo que la zona de cantera cuenta con materia suficiente para cubrir dichas necesidades (solo sería necesario excavar 0.35 metros de profundidad en el área mencionada).

[4] http://www.interdrain.net/pdf/cases/zamardi_landfill.pdf

El material de préstamo es de la misma zona donde se han ejecutado los ensayos (calicatas), por lo que la caracterización de dichos suelos y del material de préstamo para la capa de cobertura son los mismos. En el momento de obtener el material de préstamo se tendrá que ensayar y determinar si los coeficientes son como mínimo los establecidos en el estudio geotécnico.

La imagen a continuación muestra el área destinada a cantera para el caso en el que no se disponga de material suficiente de la excavación de las trincheras del nuevo relleno sanitario.

Figura 5. Zona de cantera

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

La capa de tierra vegetal estará compuesta por el material de descapote extraído del mismo emplazamiento indicado anteriormente, y podrá combinarse con tierra negra y material de compost producido en el mismo relleno en la planta de aprovechamiento.

Sobre la capa de tierra vegetal se procederá al sembrado de pasto y vegetación de la zona; se utilizará una especie que permita el “tapizado” completo de la superficie del área a recuperar, con el fin de prevenir procesos erosivos. Esta capa recibirá mantenimiento en la post inversión.

La revegetación se llevará a cabo utilizando especies que se caractericen por:

a. Ser especies autóctonas adaptadas y resistentes.
b. Buena supervivencia de los plantones.
c. Profundidad de las raíces limitada (que no lleguen a la capa de drenaje de agua).
d. Superficie foliar importante que facilite la evapotranspiración.
e. Baja sensibilidad al biogás.

f. Bajo mantenimiento.

g. Con valor ornamental y funcional.

Para la integración paisajística de la capa de clausura se usarán prioritariamente especies nativas como gramíneas de poca profundidad radículas (Festucas*: Poaceae festuca*), entre otras especies.

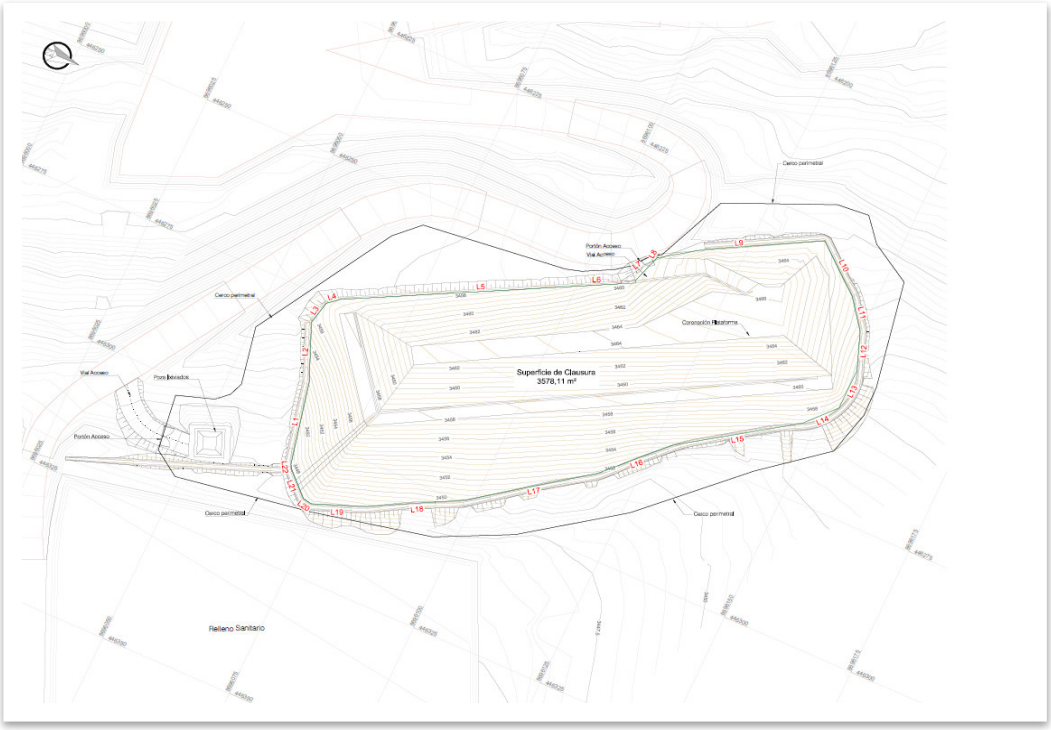
Tanto la capa drenante de agua de lluvias como la capa drenante para la recogida o evacuación de gases estará construida con arena gruesa de río.

El geocompuesto de bentonita (GCL) es un geocompuesto para impermeabilización formado por bentonita, una arcilla natural de elevada expansividad intercalada entre 2 geotextiles de polipropileno (PP). La bentonita en presencia de humedad tiende a expandirse y al estar confinada se convierte en una barrera impermeable de gran fiabilidad y homogeneidad, frente a la acción del agua, lixiviados y gases.

La capa de cobertura final propuesta cumple con los criterios de diseño, garantizando la correcta cubrición de los residuos (capa de cobertura min de 50 cm) y la correcta impermeabilización de la masa de residuos (permeabilidad inferior o igual a 10^{-6} cm/s). Igualmente, la capa de cobertura diseñada permite que el botadero quede integrado en el medio si causar impactos relevantes ni visuales ni medioambientales.

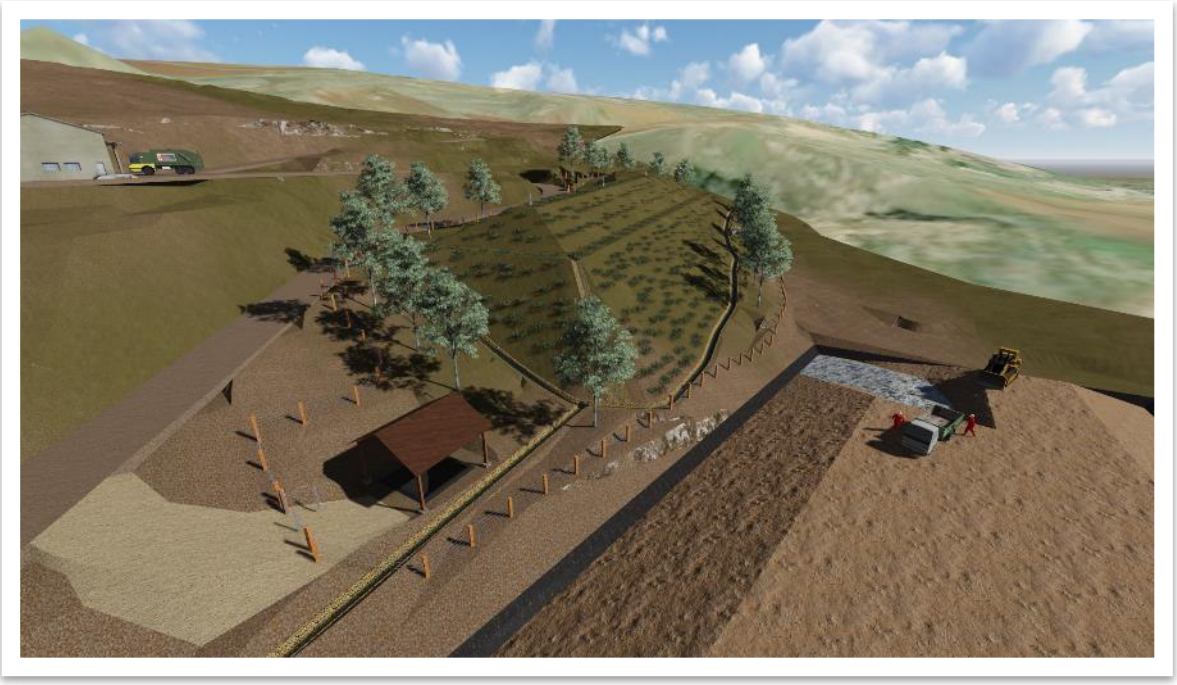
La imagen a continuación muestra la morfología final del botadero una vez realizadas las obras de recuperación del área degradada.

Figura 6. Morfología final del botadero Macón Sur



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 7. Recreación Morfología final del botadero Macón Sur (I)



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 8. Recreación Morfología final del botadero Macón Sur (II)

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 9. Recreación Morfología final del botadero Macón Sur (III)

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 10. Recreación Morfología final del botadero Macón Sur (IV)

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Estabilidad del cierre técnico

Todo proyecto de recuperación de un área degradada debe garantizar la integridad de las medidas adoptadas para el horizonte temporal para el que se hayan proyectado. En este sentido, la estabilidad del cierre del botadero es uno de los puntos críticos a tratar, puesto que un deslizamiento de la capa de clausura o de la masa de residuos derivaría en problemas de contaminación del medio.

El conjunto formado por el terreno y botadero será una estructura estable e íntegra a lo largo del tiempo, que garantizará la estabilidad de la masa de residuos.

Respecto a la estabilidad se efectuarán al menos las siguientes comprobaciones:

- Estabilidad del conjunto botadero-terreno.
- Estabilidad interna de la masa de residuos.
- Estabilidad local de la capa de sellado por deslizamiento del contacto de los distintos elementos del sellado.

Para estas comprobaciones se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Se evaluará la resistencia al corte de los residuos considerando su origen. De ser preciso se efectuarán ensayos a gran escala.

- La resistencia al deslizamiento entre geosintéticos y geosintéticos-suelo empleada en el cálculo se comprobará de modo obligatorio, con un número suficiente de ensayos, con los geosintéticos específicos que se vayan a utilizar en la obra. Del mismo modo se efectuará la comprobación de la capacidad drenante de un geocompuesto de drenaje, en función de su nivel de carga en dirección perpendicular al plano de drenaje.
- Los parámetros resistentes del resto de materiales empleados en el cálculo estarán igualmente justificados a partir de los reconocimientos y ensayos pertinentes. Dado que el comportamiento tenso-deformacional es muy diferente para los distintos materiales (residuos, geosintéticos, terreno) se justificarán los parámetros resistentes a emplear en función de los niveles de deformación estimados, por lo que se podrán emplear distintos parámetros dependiendo del cálculo efectuado.

Los coeficientes de seguridad para la estabilidad de los botaderos serán los mismos que los empleados en casos de rellenos sanitarios. A falta de una normativa específica en materia de estabilidad de rellenos sanitarios, los coeficientes de seguridad mínimos recomendados en función de las consecuencias de una potencial inestabilidad y en situación estática, serán los propuestos en la normativa vigente española y europea[5,6].

Tabla 4. Coeficientes de seguridad para la estabilidad de los rellenos sanitario

	Tipo de Vertedero		
Riesgo	Inerte	No Peligroso	Peligroso
Bajo	1.3	1.4	1.5
Medio	1.4	1.5	1.6
Alto	1.5	1.6	1.8

Las situaciones de bajo riesgo son aquéllas en las que una potencial inestabilidad provocaría exclusivamente daños materiales sin consecuencias significativas ambientales ni para la seguridad de las personas. El botadero “Macón Sur” se engloba dentro de este grupo, por lo que el coeficiente de seguridad a tomar en consideración será de **1,4.**

[5] Normativa española: Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
[6] EU Landfill Directive 1999/31/EC

El estudio de estabilidad se realiza sobre la sección crítica del botadero, es decir, aquel perfil que presenta los mayores riegos en cuanto a estabilidad, ya sea por factores de localización, pendientes, características del subsuelo etc. El coeficiente de estabilidad alcanzado en dicha sección se emplea para la caracterización del conjunto de todo el botadero, por lo tanto, el resto de taludes presentarán un coeficiente igual o mayor al reportado.

Taludes y Bermas

Los taludes se realizarán lo más tendidos posible, no recomendándose taludes de pendientes mayores de 1.5:1. En caso de que nos sea factible llegar a esta pendiente se dispondrá de bermas según la tabla siguiente:

Tabla 5. Disposición de bermas

Talud horizontal/vertical	Una berma min cada ”x” metros de altura
1:1	cada 5 m.
1.5:1	cada 9 m.
2:1	Cada 14 m.
> 2.5:1	-

Las bermas o terrazas son plataformas sub-horizontales construidas sensiblemente paralelas a las curvas de nivel de un talud para interceptar la escorrentía superficial y evacuar el exceso de agua de escorrentía durante una lluvia dada. Las bermas disponen en su parte interior de un canal en pendiente para evacuar el agua que escurre por su cuenca hacia los desagües acondicionados para ese fin.

El botadero “Macón Sur” presenta un talud frontal con una altura máxima menor a 9 metros hasta la primera berma. El ángulo máximo que presenta dicho talud es menor a 30 º (2:1.14). En el anejo 8 se muestran los resultados del estudio de estabilidad de taludes para la solución propuesta.

La estabilidad del cierre técnico está directamente condicionada por las propiedades mecánicas del conjunto de materiales, ya sea residuo, los suelos sobre los que se sustenta el botadero, o los materiales utilizados en la capa de sellado (arcillas, gravas o arenas, suelo vegetal o geosintéticos).

En función del tipo de material, las propiedades mecánicas de los materiales se han obtenido de los ensayos y estudios insitu y de laboratorio (propiedades de los suelos), bibliografía científica de referencia (propiedades de los residuos) o bibliografía de los fabricantes (geosintéticos)

4. Construcciones complementarias

4.1. Construcción de Canal Pluvial - Manejo y control de la escorrentía superficial

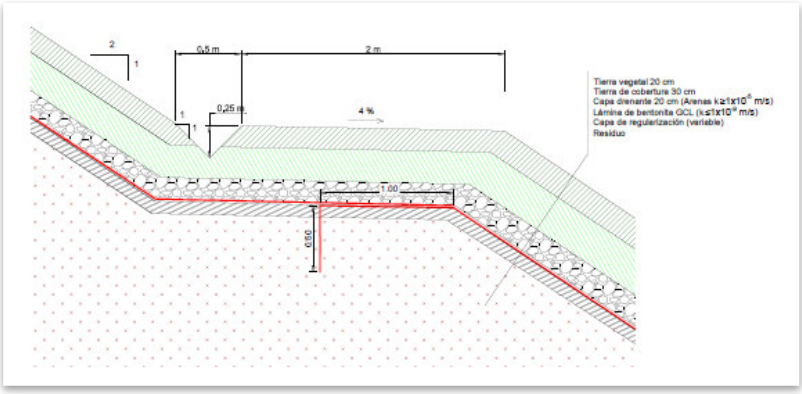
El control de la escorrentía superficial sobre la capa de cobertura del botadero tiene como objetivo prevenir la erosión de dicho recubrimiento final. Para realizar el diseño y dimensionado de las infraestructuras necesarias para garantizar el correcto manejo de la escorrentía superficial se ha realizado, se subdivide el área vertiente en función de la superficie a drenar por cada uno de los canales pluviales perimetrales que se proyectan y se comprueba la capacidad de evacuación. El cálculo de los caudales máximos a evacuar por los canales se realiza mediante un método higrometeorológico para un periodo de retorno de 25 años según las recomendaciones técnicas del “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje”, Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2011). Para el estudio hidrológico de la capa de cobertura del botadero “Macón Sur” se ha empleado el Método Racional.

Mediante este modelo de cálculo, se obtienen los caudales punta asociados a cada una de las áreas definidas en la zona del proyecto. Dichos caudales se comparan con el caudal máximo en función de la naturaleza del material de la superficie del canal en cada uno de los canales o cunetas según las indicaciones del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, el cual recomienda utilizar la fórmula de Manning-Strickler. Los canales se dimensionan para el caudal más desfavorable.

Para el manejo y control de la escorrentía superficial en la meseta superior del botadero (por encima de la cota (3,458 m.s.n.m) se construirán dos canales pluviales con configuraciones de cuneta triangular, construida en tierra y recubierta de vegetación, que recoja las aguas de escorrentía en la capa de clausura y minimice la erosión en los taludes, tal y como se recomienda en el “Manual de hidrología, hidráulica y drenaje” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Las pendientes de la capa de cobertura (pendientes suaves) hacen que no sea necesario implementar medidas especiales.

La primera de las cunetas recogerá las aguas de escorrentía generadas en la meseta superior del talud frontal (Noreste), y tendrá un ancho de 0.5 metros, y 0.25 metros de profundidad. La longitud total será de 99 metros lineales. Las aguas captadas por la cuneta de coronación son dirigidas al punto más bajo de la capa de clausura. El bajante, será revestido de piedra para minimizar la erosión, debido a las pendientes pronunciadas de los taludes. A continuación se presenta figuras de detalle de la cuneta descrita anteriormente.

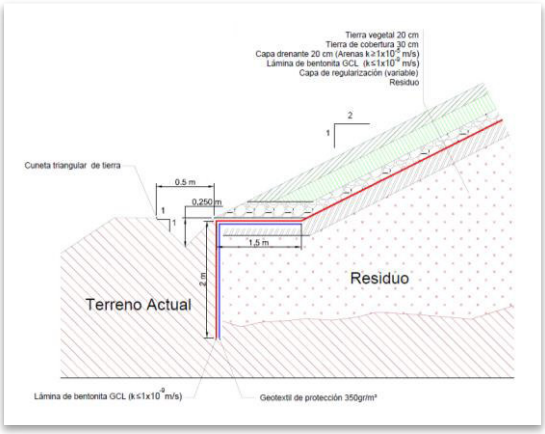
Figura 11. Detalle típico de cuneta y dique en coronación



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Tanto las aguas de escorrentía como las aguas infiltradas generadas en el talud posterior (Suroeste) son recogidas por una segunda cuneta triangular de proporciones similares a la anterior y 81.2 metros de longitud.

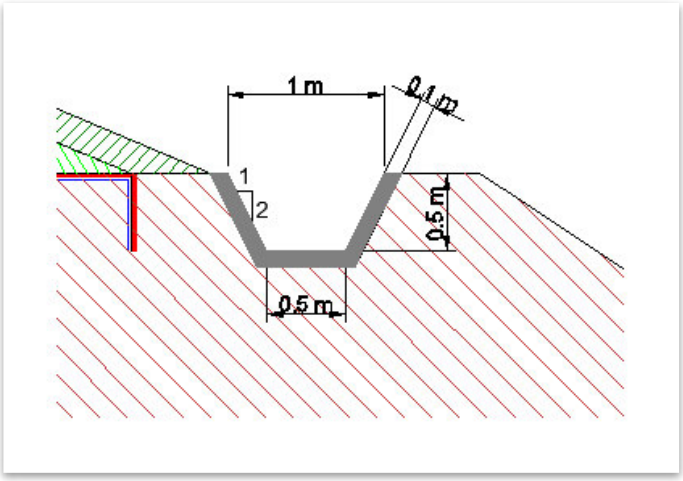
Figura 12. Detalle típico de cuneta triangular perimetral



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

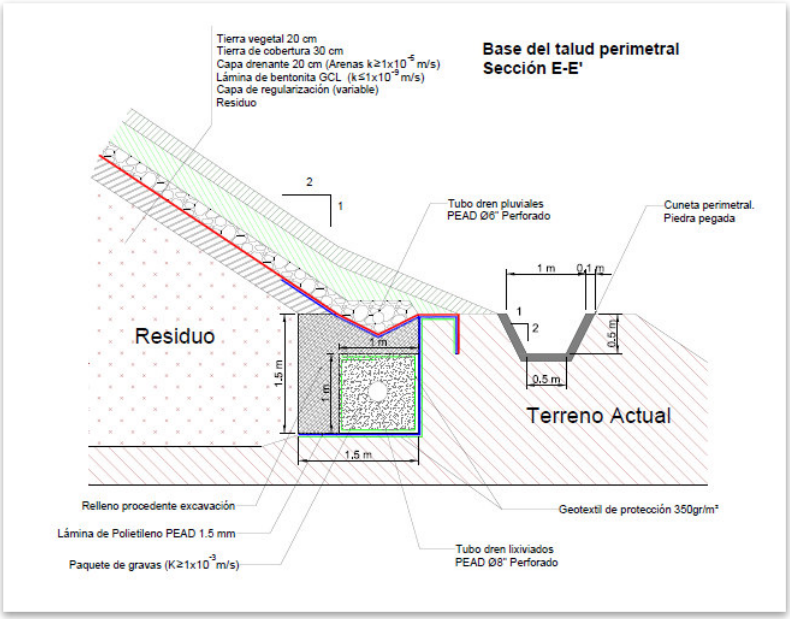
Ambas cunetas vierten sus aguas a una tercera cuneta en la parte inferior del talud. Dicha cuneta, de configuración trapezoidal y recubierta de piedra pegada, recogerá igualmente las aguas de escorrentía generadas en el resto del botadero, La longitud de la cuneta será de 193 metros. Adicionalmente, un tubo dren en la base del talud, de 150 mm de diámetro (6”) y longitud (153 metros) recogerá las aguas infiltradas en la capa de cobertura y almacenadas en la capa de drenaje sobre la lámina de bentonita.

Figura 13. Detalle típico de la cuneta de recogida de pluviales



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 14. Detalle típico de la base del talud

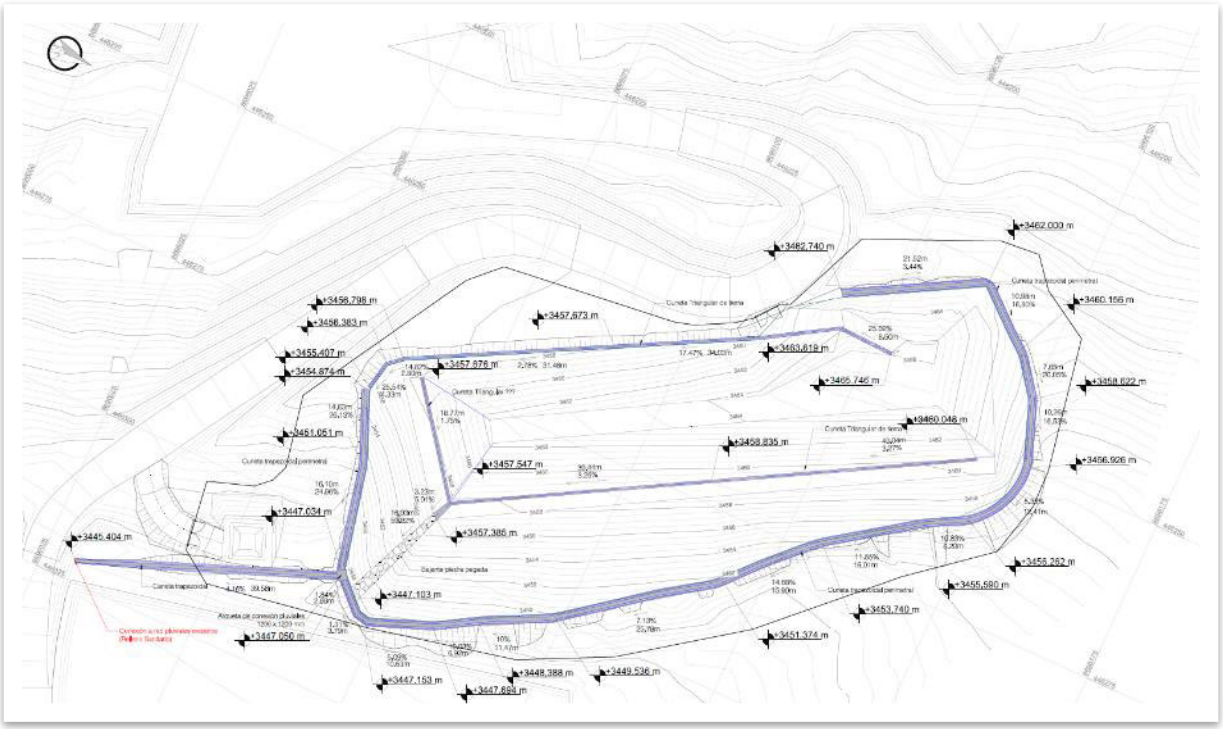


Fuente: Equipo de Formulación, 2015

El conjunto de todas las aguas de escorrentía captadas por las cunetas perimetrales y por el dren de recogida de agua infiltrada, serán evacuadas a través de un tercer canal trapezoidal revestido en piedra similar a los anteriores. Dicho canal, de 40 metros de longitud evacuara en el mismo punto propuesto en el proyecto del nuevo relleno sanitario de Yauyos, por lo tanto se compartirá la misma estructura de entrega.

A continuación se presenta la figura que indica la distribución de los canales pluviales- cunetas.

Figura 15. Distribución de canales pluviales - cunetas



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Con el objetivo de garantizar la correcta evacuación de aguas pluviales en la capa de cobertura, dicha capa se ha construido con una pendiente mínima del 4%, asegurando que el sistema no se vea afectado por problemas derivados de asentamiento diferenciales en la masa de residuo. En caso de ser necesario, se solucionarán los problemas de erosión y sedimentación que pudieran aparecer durante el periodo de mantenimiento con el fin de proteger las obras de recuperación del área del botadero.

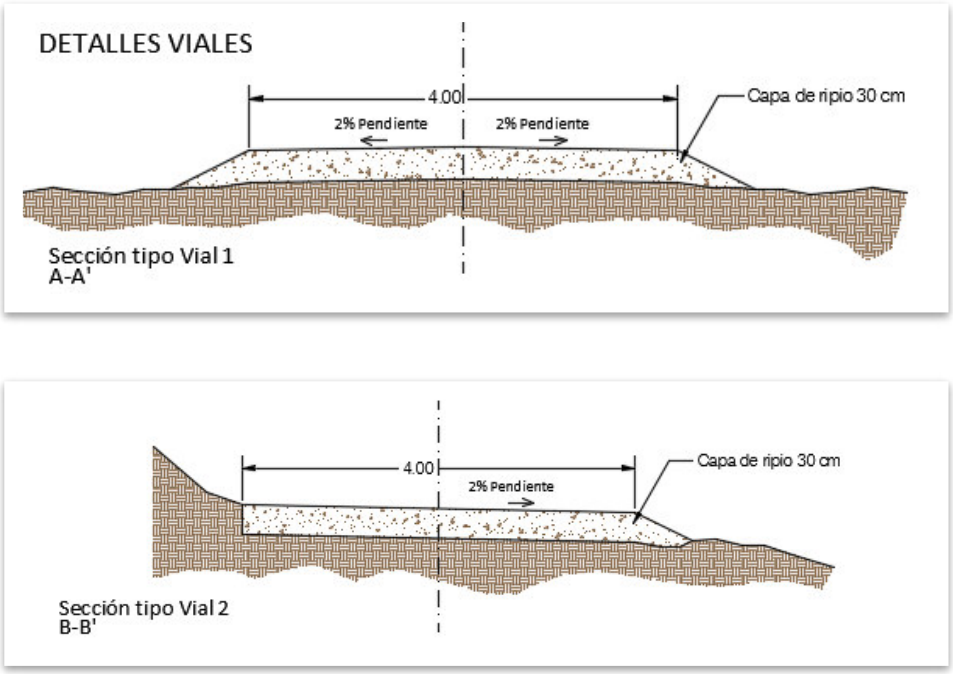
4.2. Vía de acceso

El proyecto de recuperación del área degradada por residuos sólidos en el botadero Macón Sur no requiere de la construcción de vías externas para el acceso a la zona ni del mejoramiento de las vías externas existentes. Las vías de acceso construidos para dar acceso al nuevo relleno darán servicio igualmente al botadero por encontrarse ambos en terrenos colindantes.

Sin embargo, es necesario acondicionar dos vías de acceso interior, uno a la plataforma del botadero y otro a la poza de lixiviados. Estos accesos serán dos vías de acceso interior construidas sobre el terreno

natural, a base de un firme de 30 cm de capa de rodadura. Debido a la sus reducidas dimensiones no es necesaria la construcción de cunetas ni incluir medidas de refuerzo.

Figura 16. Detalle de los viales

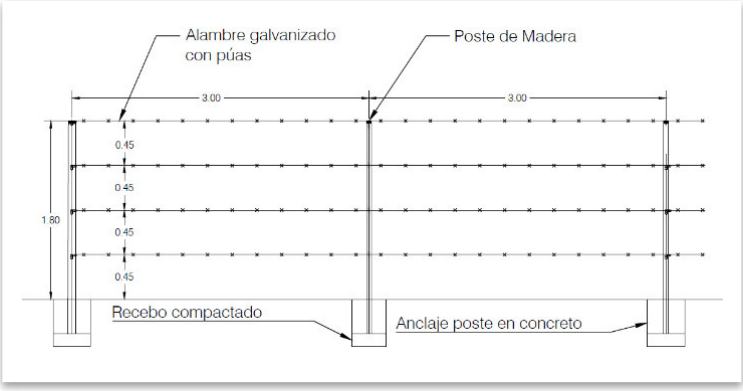


Fuente: Equipos de Formulación, 2015

4.3. Cerco perimetral y puerta de acceso

El recinto se cerrará por un cerco de altura mínima de 1,8 metros, similar a la que se instalará en el futuro relleno. El cerco perimetral aislará la superficie restaurada del resto de infraestructuras adyacentes, limitando el acceso de cualquier persona no autorizada, al igual que impedirá el acceso de animales y vehículos que puedan dañar las infraestructuras construidas. En la entrada/salida al botadero hacia los caminos de acceso actual se instalarán dos puertas de 4 metros, de dos hojas abatibles en su totalidad. La primera ha de permitir el paso de camiones, maquinaria y vehículos necesarios para las labores de recuperación, e igualmente que pueda impedir el paso a personas ajenas no autorizadas al emplazamiento, así como los intentos de arrojo de los residuos. La segunda da acceso a la poza de lixiviados.

Figura 17. Cerco perimétrico



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Puesto que parte del cerco perimetral del botadero es compartido con el nuevo relleno sanitario de Yauyos, no se necesaria la instalación de este en todo el perímetro. La longitud total del cerco será de 340 metros, de los cuales solo 64 metros son de nueva construcción. A efectos de costos, se ha supuesto que un 80% del cerco restante ha de ser reparado o sustituido. Se incluye además la instalación de dos puertas de acceso.

4.4. Control de las fuentes contaminantes

4.4.1. Manejo de lixiviados

El lixiviado (líquido que percola o infiltra a través de la masa de residuos) se origina a partir los procesos de descomposición de los residuos sólidos en un relleno sanitario y el agua de lluvia que se infiltra. Es importante que en el diseño de las acciones correctoras se implementen las medidas necesarias que garanticen un manejo eficiente de dicha fuente contaminante.

El control de los lixiviados tiene implicaciones puramente ambientales y puede realizarse principalmente de dos formas, controlando el volumen o disminuyendo la infiltración. Uno de los objetivos principales de la construcción de la capa de sellado es minimizar infiltración de agua de lluvia en la masa de residuo, principal causante de la generación de lixiviados.

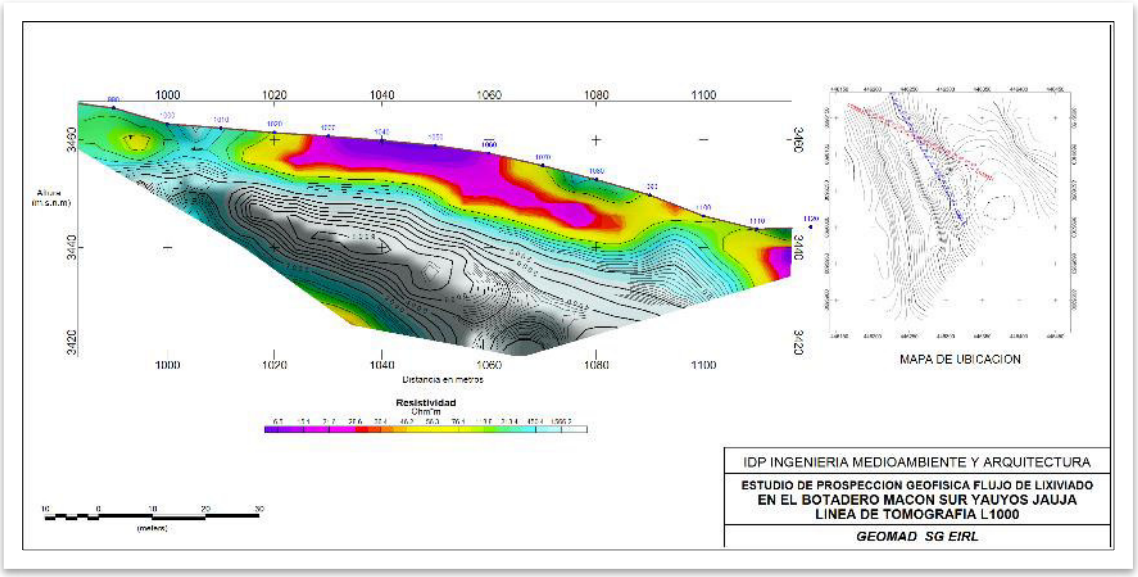
La falta de información acerca de los patrones que gobiernan el flujo de los lixiviados en el botadero unido al desconocimiento a cerca de los materiales presentes, hace difícil estimar la carga se verán sometidos los sistemas de captación y extracción de lixiviados.

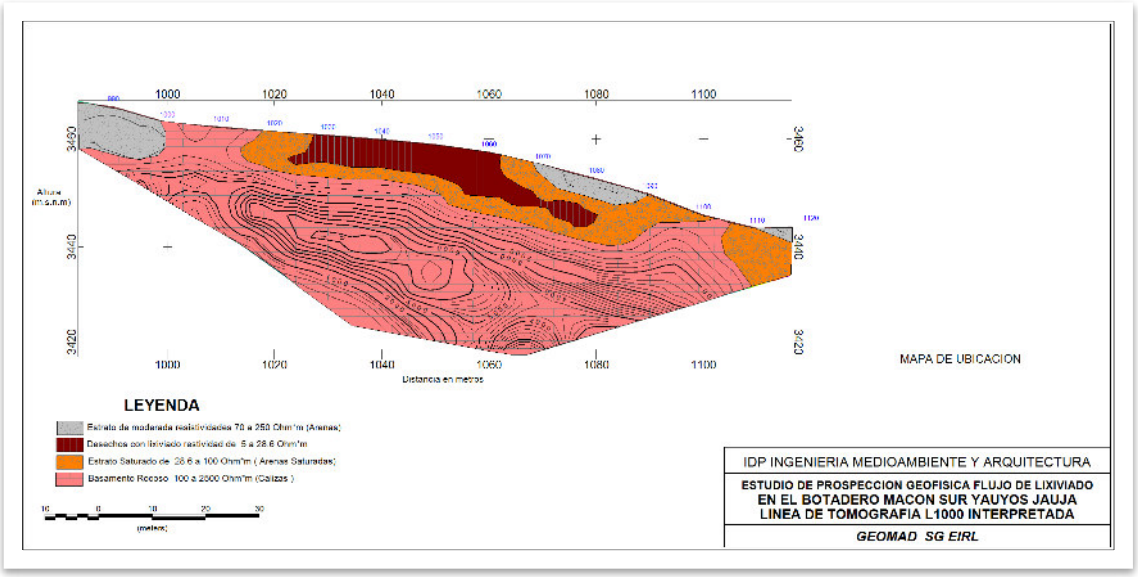
Para detectar posibles bolsas de lixiviados y biogás en el interior del botadero, se ha realizado un estudio geofísico del botadero. Tal y como se observa en las secciones de tomografía no hay presencia de bolsas de lixiviado ni de biogás en el interior de la masa de residuo.. Los valores de resistividad muestran un residuo saturado homogéneo, propio de residuos presentes en botaderos donde no se han ejecutado medidas de clausura. También se observa, especialmente en la sección L2000, como dicho residuo está

bien confinado y tampoco se observa una vía preferencial de escape de lixiviados, por lo que se corrobora el uso de suelos de baja permeabilidad para la construcción de las trincheras.

En la sección L1000 se puede observar el recrecido del talud (sección 1080) y la razón por la que esté se llevó a cabo, puesto que se observa presencia de lixiviado bajo dicho recrecido. Igualmente se observa una zona, a partir de la sección 1110, que presenta suelos de alta resistividad. Los suelos de esta zona se corresponde a superficies de cultivo aguas abajo del botadero, las cuales en épocas de lluvia acumulan una mayor cantidad de agua por infiltración.

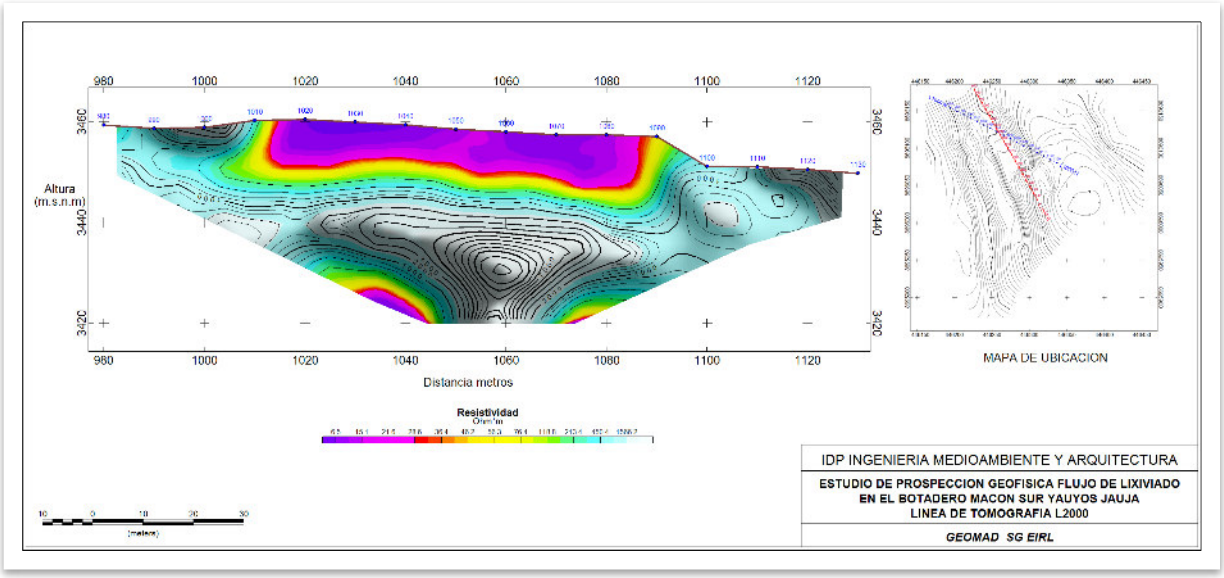
Figura 18. Tomografía 2D. Sección 1 Botadero Macón Sur

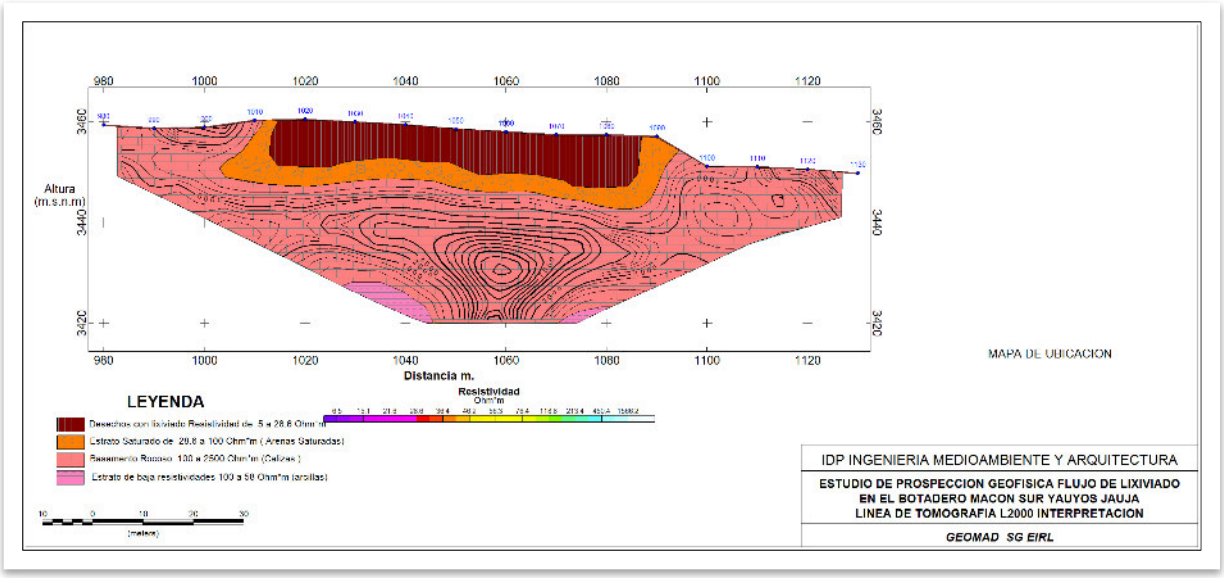




Fuente: Estudio de prospección geofísica en el botadero Macón Sur (Yauyos - Jauja). 2015.

Figura 19. Tomografía 2D. Sección 2 Botadero Macón Sur



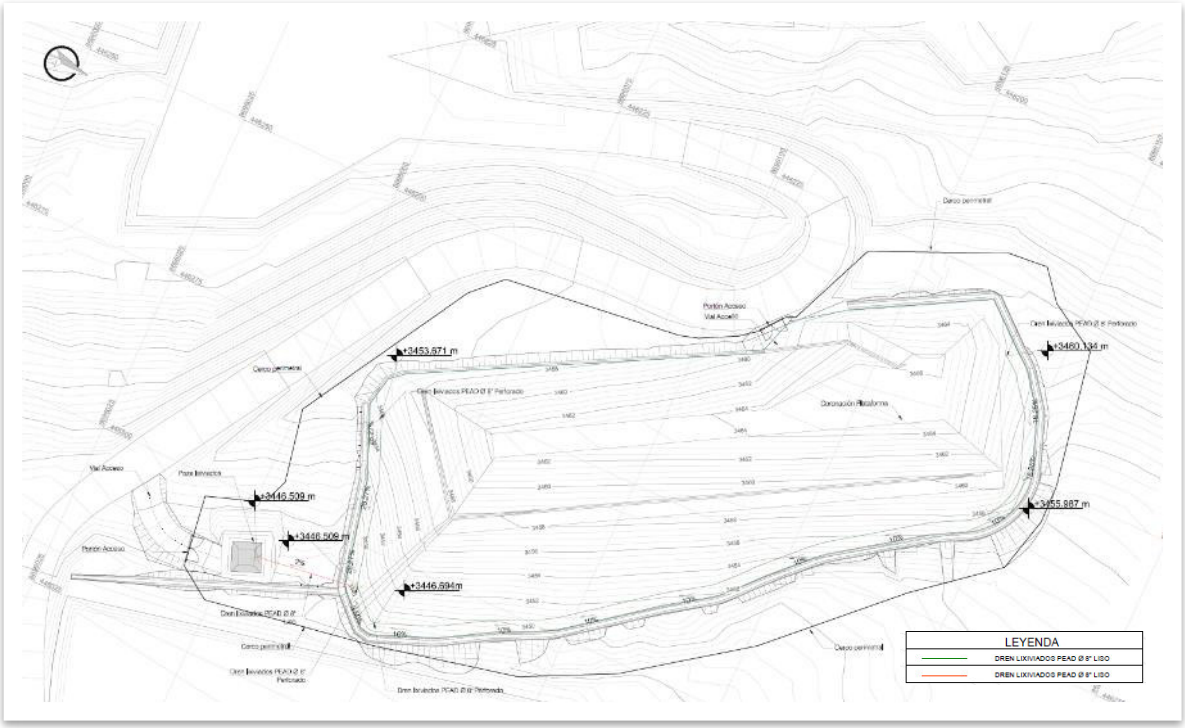


Fuente: Estudio de prospección geofísica en el botadero Macón Sur (Yauyos - Jauja). 2015.

Ante la imposibilidad de actuar en la impermeabilización del fondo de la celda, el sistema de manejo de lixiviados comprende la construcción de un canal perimetral en el contorno del botadero para la recogida de lixiviados que pudieran migrar lateralmente, medida que solucionará cualquier problema de contaminación aguas abajo del botadero.

El canal perimetral de recogida de lixiviados se construirá al pie del talud mediante excavación longitudinal. El ancho de la excavación será de 1.5 metros y la profundidad variable, no mayor de 3 metros, hasta alcanzar el nivel por debajo del residuo, siguiendo la geometría de los planos de diseño.

Figura 20. Distribución de la red de lixiviados



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

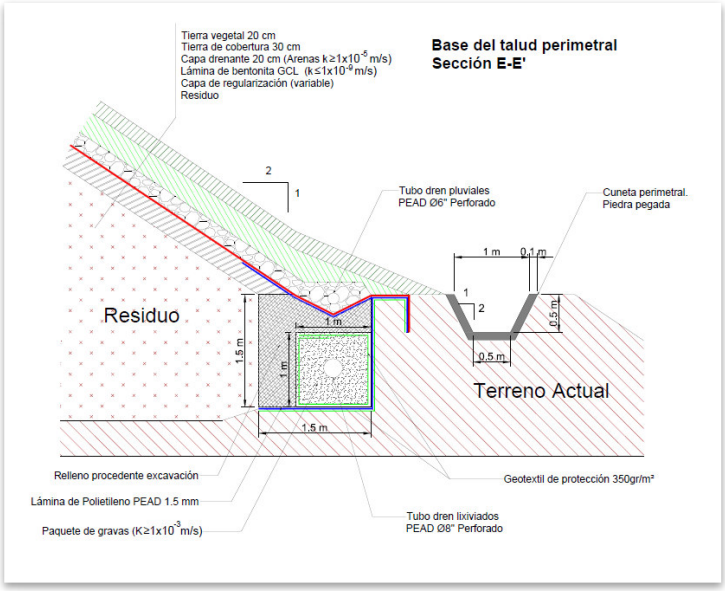
Sobre las zanjas excavadas (en la cara lateral expuesta al terreno natural y el fondo) se extenderá y anclará un geotextil de protección y una geomembrana de 1.5 mm. Posteriormente se instalará el sistema de captación de lixiviados, consistente en una tubería PEAD 8” perforada en su interior.

Cada tubería estará perforada con 20 huecos de 1 ½” por metro lineal, servirá para agilizar la entrada de los líquidos captados. Ella irá embebida en una estructura granular compuesta por grava aluvial de diámetro no mayor a 2” (de 1” a 2“) de permeabilidad mínima de 1*10-2 cm/seg, con lo que se asegura una relación de vacíos propicia para el traspaso de presiones entre el gas y el lixiviado y permitir así la circulación para ambos. El dren se protegerá con geotextil para evitar su contaminación con material fino.

Finalmente, sobre el sistema de captación de lixiviados y bajo la capa de impermeabilización se instalara otra geomembrana de 1.5 m para minimizar la infiltración de agua acumulada en el drenaje de pluviales.

La longitud total del sistema perimetral de recogida de lixiviados, incluyendo la nueva conducción hasta la poza de lixiviados, será de 152 metros. La pendiente será la propia del terreno, lo cual garantiza la correcta evacuación de lixiviados.

Figura 21. Dren perimetral de recogida de lixiviados

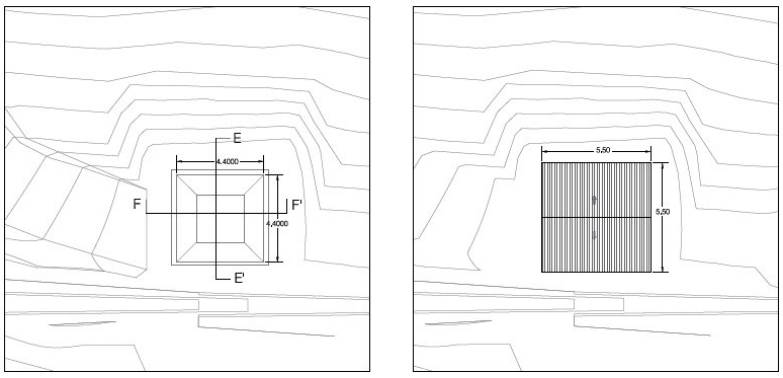


Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Los lixiviados recogidos por el dren perimetral se vierte a la nueva poza de lixiviado del botadero, de dimensiones 4.4 x 4.4 x 3m excavada sobre el terreno natural y construida en polietileno de alta densidad. La poza contará con un sistema de detección de pérdidas que garantice el correcto confinamiento del lixiviado. La poza estará protegida por una cubierta construida en estructura de madera y techo de 5.5 x 5.5 m y 2.10 metros de altura. Una conducción de PEAD de 8” y 16 m de longitud conectará la poza de lixiviados con el dren de captación mencionado anteriormente.

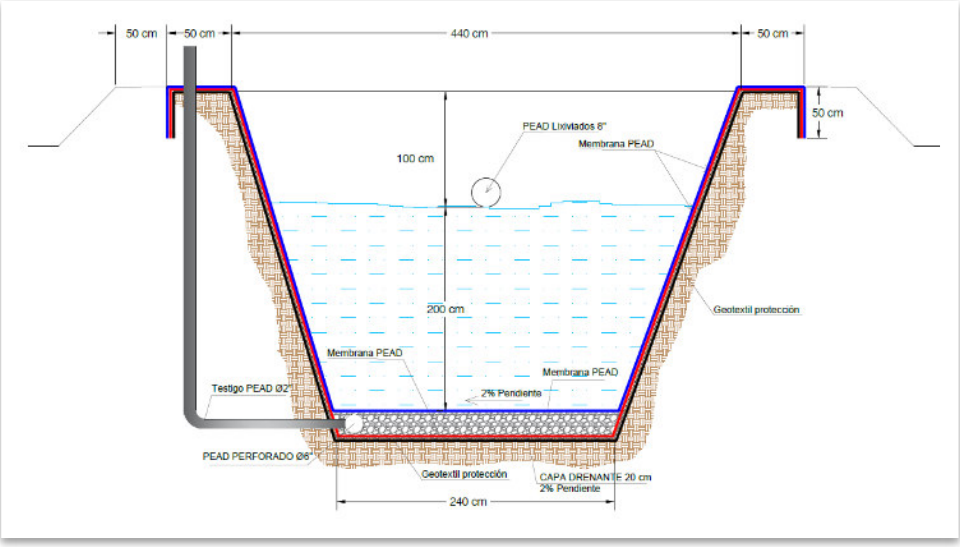
A continuación se presenta figuras que detalla la poza de lixiviados.

Figura 22. Localización de la poza de lixiviados



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 23. Sección típica de la poza de lixiviados



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Adicionalmente se prevé el uso de las chimeneas del biogás para evaluar la eventual presencia de un nivel freático de lixiviados durante la etapa de pos clausura. De acuerdo a la información obtenida de los trabajos de campo, no existe presencia de niveles de lixiviado o bolsas en el interior del botadero. En caso de detectar presencia de lixiviados a través de las chimeneas, se extraerá dicho lixiviado mediante bomba sumergible y será transportado a las instalaciones de tratamiento de lixiviados del relleno sanitario junto al botadero.

En el caso del botadero de Macón Sur, las chimeneas tendrán un uso dual (para lixiviado y biogás) y su construcción se describe en el siguiente apartado.

Según los resultados obtenidos del estudio de generación de lixiviados para la Alternativa 1, una vez clausurado el botadero, se espera una generación de máxima de lixiviados de 0.33 m^3/mes. Al igual que para el nuevo relleno sanitario, el tiempo de retención adoptado para diseño correspondió a 40 días (0.42 m^3), el cual corresponde a un periodo en el cual se puede atender una posible emergencia. Según la metodología propuesta, el depósito de lixiviados tendrá una capacidad de 11.52 m^3.

La opción de gestión de los lixiviados incluye la recirculación de estos hacia el nuevo relleno sanitario de Yauyos. El nuevo relleno sanitario cuenta con una poza de lixiviados[7] con una capacidad de almacenamiento efectiva de 143 m^3, diseñada para dar cabida a un volumen máximo de generación de

[7] “Documento II Memorias de Cálculo de Gases y Lixiviados” en “Expediente técnico de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipalidad Distrital de Yauyos”

lixiviados diario de 4.03 m^3/d (122.57 m^3/mes). Adicionalmente en el relleno se prevé un recirculación de lixiviados máxima de 6.24 m^3/d (2,277.6 m^3/año) en el año de máxima generación.

Con estas condiciones, se espera que para desocupar la poza (143 m3) será necesario emplear 22.8 días, mientras que para llenarla a una tasa de producción calculada en la modelación de lixiviados del nuevo relleno sanitario, de 4.03 m3/día, se requiere de unos 35.48 días en promedio.

De acuerdo a los resultados del estudio de generación de lixiviados del botadero una vez clausurado, la generación máxima diaria de lixiviados será de 0.33 m3/mes, volumen que representa el 0.3 % del volumen de generación máxima de lixiviados esperado en el relleno sanitario, el 0.23% de la capacidad efectiva de la poza y un incremento insignificante en la recirculación del <0.1% (Vol de recirculación anual en el relleno 747.9 m3/año. Por tanto el incremento de volumen de lixiviado derivado de la aportación del botadero se considera asumible (<5% de incremento) por el sistema de tratamiento de lixiviados planteado en el proyecto del nuevo relleno sanitario.

Para el vaciado de la poza se ha previsto el uso de una bomba sumergible con una capacidad de extracción mínima de 1.5 m3/h. Esta bomba, de cuerpo cilíndrico y diámetro inferior al del pozo dual, se introducirá en la poza hasta alcanzar el nivel donde se encuentre el lixiviado para proceder a su bombeo. Al ser de diámetro menor al pozo, podrá ser empleado para la extracción de lixiviados del interior de estos en caso de que fuese necesario. Para alimentar la bomba se requerirá de un grupo electrógeno portátil que podrá ser transportado en camioneta. El lixiviado extraído será bombeado desde la poza hacía un depósito de pequeño tamaño (1 m3) emplazado en la misma camioneta.

Una vez concluido el procedimiento de extracción del lixiviado, se trasladará el depósito y su contenido a la poza del relleno sanitario para su gestión, tal y como se ha explicado anteriormente.

Dado el emplazamiento y procedimiento constructivo de la poza de lixiviado del relleno sanitario, no es necesario disponer de estructura de entrega. La descarga se realizará a través de la válvula de vaciado situada en la parte inferior del depósito. El transporte de lixiviados se realizará una vez al mes.

Figura 24. Situación de la poza de lixiviados del relleno sanitario

Fuente: Equipo de Formulación, 2015.

4.4.2. Manejo del biogás

El biogás generado por la descomposición de los residuos podría derivar en incendios y contaminación ambiental, por lo que es necesario diseñar un sistema de recolección del biogás con la finalidad de manejar y controlar adecuadamente el movimiento del biogás que se genera en cualquier sitio de disposición final, cuando éste ha llegado a su etapa final o bien, cuando el ambiente está siendo afectado por dicho gas.

Para el manejo del biogás disponemos de Sistemas Pasivos o Sistemas Activos. El Sistema Pasivo funciona mediante el principio de presión natural y el mecanismo de la convección, para favorecer el movimiento del biogás a través de los estratos de residuos sólidos confinados. El Sistema Activo, controla el movimiento del biogás mediante una presión negativa inducida (vacío), de tal modo que el gas es extraído del sitio de disposición final. En el botadero de “Macón Sur”, el sistema implantado será un sistema pasivo. Dicha opción se justica por la baja generación de biogás que hace inviable la valorización energética de éste (el residuo ha estado expuesto al aire sin ningún tipo de cubrición, por lo que la mayor parte del residuo se ha visto expuesto a una degradación aerobia) y por encontrarse el botadero en un área en donde el riesgo es mínimo, y por lo tanto no se justifica hacer una fuerte inversión para el control del biogás.

Dentro de los sistemas de venteo pasivo, se tienen principalmente cuatro tipos: (1) zanjas de grava, (2) chimeneas de venteo pasivo, (3) barreras y (4) sistemas de colección a nivel superficial.

En el botadero “Macón Sur”, la opción de diseño es la chimenea de venteo pasivo. Las chimeneas de venteo pasivo son los sistemas más empleados para este tipo de proyectos, en los que el manejo del biogás es necesario, pero el uso de sistemas activos no está justificados. Entre otras ventajas, este sistema presenta bajos costes de operación y mantenimiento a largo plazo, es adecuado para sitios

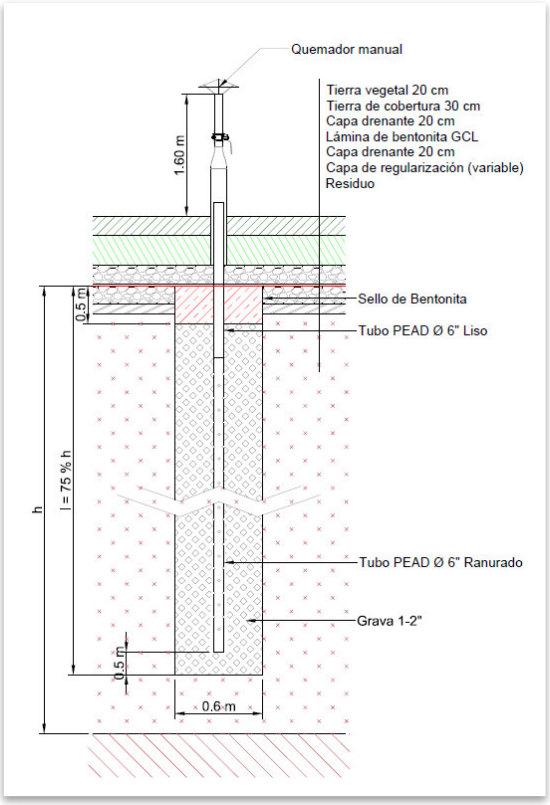
pequeños, en los no hay riesgos por migración de gases y además podría adaptarse fácilmente a sistemas activos de extracción. Además, tal y como ocurre en el botadero “Macón Sur”, en la mayoría de los botaderos a cielo abierto, no existen dispositivos para el control de los gases, por lo cual es relativamente sencillo perforar los chimeneas de venteo una vez que se ha logrado conformar el sellado final del sitio.

Las chimeneas de venteo funcionan debido a los gradientes de presión que se establecen cuando son construidos. Asimismo, para el uso de este sistema, es recomendable la utilización de quemadores de biogás para la minimización de gases de efecto invernadero, para el control de olores y minimizar el daño a la salud del personal encargado del control y mantenimiento del sitio, una vez que éste haya sido clausurado.

Las chimeneas de venteo pasivo consisten en una perforación vertical de entre 0,6 metros de diámetro en el cuerpo del residuo, donde se instala una tubería perforada de 6” tipo Polietileno de alta densidad (PEAD) en posición central, ranurada con un área libre del 5 – 7 % y grosor de las ranuras de 3 a 20 mm. La tubería estará envuelta en material granular de protección, grava de machaqueo, de bajo contenido en carbonatos, diámetro 1-2” y conductividad hidráulica > 1x10-3 m/s. La profundidad máxima del pozo será del 75% del espesor de residuos sólidos. En la parte superior del pozo se colocará un sello de bentonita (50 cm) que evite la salida descontrolada del biogás y/o la entrada de agua hacia el interior del mismo, siendo este último aspecto desfavorable para el adecuado venteo del gas, además de que se favorece la generación de lixiviados. La construcción de las chimeneas se terminará con tubería de polietileno de 6” sin perforar y la construcción de un quemador metálico que permita la oxidación del biogás y reducir de esta forma la emisión de gases de invernadero.

En la figura a continuación se muestran las características mínimas requeridas para la construcción de chimeneas de venteo de biogás.

Figura 25. Chimenea de venteo pasivo de biogás



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

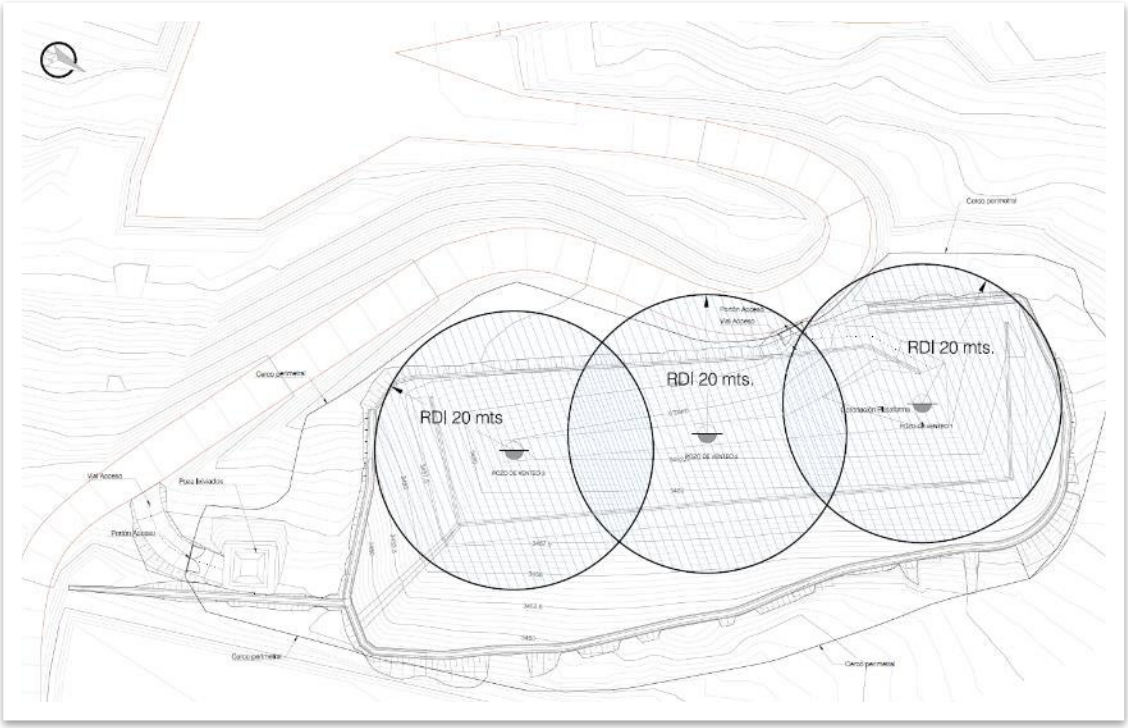
El número de chimeneas a instalar depende del radio de influencia de estos. Dicho radio de influencia está directamente relacionado con el grado de compactación y la tipología del residuo. Sin embargo, tal y como se ha reseñado en el apartado de caracterización de los residuos en el botadero, hay que considerar que dentro de los estratos de residuos sólidos no existe una uniformidad en cuanto a las características de los mismos, así como su localización.

Todo lo anterior hace complicado el cálculo para determinar la ubicación de las chimeneas de venteo. De acuerdo a la bibliografía de referencia utilizada para la clausura de botaderos. El número de chimeneas de venteo para un sistema pasivo, será de 2 a 6 piezas por hectárea; sin embargo, se tienen otros criterios para determinar el número de los mismos. El primero consiste en ubicar una chimenea de venteo por cada 7,500 m3 de residuos sólidos, y el segundo, en emplear un radio máximo de influencia de 20 metros en chimeneas verticales de venteo pasivo.

Los resultado de los estudios de Chen et al. (2003) en el vertedero de Fresh Kills, junto con la modelación numérica del movimiento del biogás en venteos pasivos, muestra que cuando la distancia desde la chimenea es mayor que 20 m, las pendientes de las curvas de presión constante son generalmente pequeñas. Lo cual sugiere que el radio de influencia de las chimeneas de venteo pasivo son generalmente inferiores a 20 m.

Dada la configuración del botadero “Macón Sur”, se instalarán 3 chimeneas de venteo pasivo, con una profundidad aproximada de 7.5 metros (75% de la profundidad del botadero, 10 metros).

Figura 26. Localización de las chimeneas de venteo de biogás



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Asimismo a continuación se describe las actividades consideradas en la Eficiente Gestión Municipal en la Disposición Final y Apropiadas Prácticas de la Población.

4.5. Estrategia de post- clausura

Se da a través de la implementación de planes:

4.5.1. Plan de Mantenimiento

El Mantenimiento es un programa continuo que tiene como objeto atender los problemas que se pudiesen presentar en la superficie del botadero cerrado, provocados por la acción de las lluvias y del viento principalmente. Estos problemas suelen ser depresiones, grietas o erosiones y deben ser reparados lo antes posibles para evitar que deriven en problemas ambientales de mayor envergadura.

Se incluyen en este programa de mantenimiento las operaciones relacionadas con la gestión del lixiviado y del biogás que se siga generando en el botadero tras su sellado.

Los responsables de llevar a la práctica dicho plan es el personal técnico capacito, y que deberá estar integrado en la Unidad Gestión de Residuos creada por la Unidad Ejecutora 003 Gestiona de la Calidad Ambiental, para la operación y mantenimiento del relleno. Asimismo, los trabajos deberán estar integrados en las actividades de operación y mantenimiento del relleno sanitario.

Se tomara en cuenta los siguientes aspectos propios de un área degradada recuperada.

1) Depresiones.

La masa de residuos sobre la cual se ha construido la capa de sellado puede presentar variaciones de volumen a lo largo del tiempo debido a los asientos diferenciales derivados de la compactación y la degradación de los residuo en su interior. Estos asientos no se producen de forma uniforme sobre la superficie del botadero, lo cual genera depresiones. Estas depresiones son uno de los problemas más comunes en este tipo de obras, y debe resolverse con el objetivo de evitar la acumulación de agua de lluvia.

Para llevar a cabo las reparaciones, se escarifica el terreno con medios manuales o mecánicos hasta una profundidad de 10 cm, y a continuación se coloca material de cubierta en capas de 40 cm como máximo, las cuales se compactan hasta alcanzar la superficie original.

2) Grietas.

Las grietas son problemas originados por efecto de los cambios de temperatura unido a una mala calidad del material de cobertura. Para atender estos problemas, el operario descubrirá a cada lado de la grieta unos 20 cm, a una profundidad igual a la de la grieta. Una vez humedecida la zona, se hará lo mismo con el material de relleno, se cubrirá y compactará la zona descubierta hasta alcanzar la superficie original.

3) Erosiones.

La erosión es un problema también originado por la acción tanto de la lluvia como del viento. Provoca que los taludes y terraplenes pierdan parte de su material de cobertura, reduciendo su eficiencia en cuanto al aislamiento de los residuos.

Para atender dicho problema, se escarificará la zona erosionada siguiendo el mismo procedimiento que en el caso de las depresiones, y se reparará la zona con material de cubierta (en condiciones óptimas de humedad) hasta alcanzar el nivel original.

4) Instalaciones complementarias

Entre las actividades de mantenimiento también se incluye el mantenimiento de aquellas instalaciones construidas y asociadas al botadero, tales como viales interiores y de acceso, cerco perimetral, canales pluviales-cunetas, entre otros.

Los posibles problemas a resolver son el rellenado de baches, reparación de cerco perimetral etc.

- La reparación del cercado que limita con predios privados se realizará de tal forma que se ajuste a las especificaciones técnicas de diseño. Ello significa cambiar los postes de madera que se vean deteriorados y reponer el alambre de púas en caso de ser necesario.
- Las vías internas de acceso son las arterias vitales para lograr un eficiente acceso a las zonas que necesiten mantenimiento, por lo que siempre se mantendrán en buenas condiciones de tránsito. Para lograr una buena vialidad se realizará un mantenimiento constante empleando las siguientes acciones: (1) Se rellenarán los baches, huecos o hundimientos que presenten las vías, para lo cual se empleará material de recebo y se aplicará la compactación apropiada, dejando las superficies lisas y con la pendiente transversal prevista en los planos de diseño; (2) Las cunetas de las vías se mantendrán siempre libres de rocas, arena o residuos para evitar su bloqueo.

5) Gestión de lixiviados.

La gestión los lixiviados comprende el traslado de estos hacia la poza de lixiviados del nuevo rellenos sanitario. Dada la capacidad operativa del sistema de gestión de lixiviados del nuevo relleno sanitario (recirculación) y a la capacidad efectiva de dicha poza, esta opción de gestión no presenta ningún problema a nivel ambiental en lo que se refiere a la afectación del medio ni a la operación del nuevo relleno sanitario. El incremento de volumen de lixiviado derivado de la aportación del botadero se considera asumible (<5% de incremento) por el sistema de tratamiento de lixiviados planteado en el proyecto del nuevo relleno sanitario.

El traslado del lixiviado se realizará mediante un depósito de pequeño tamaño (1 m^3) que deberá ir cargado en la parte posterior de la camioneta. Se dispondrá de una bomba sumergible, con una capacidad de extracción mínima de 1.5 m^3/h, para el trasiego del lixiviado del depósito de almacenamiento de lixiviados al depósito de la camioneta, y el posterior vaciado a la poza del relleno.

6) Gestión del biogás

El biogás está formado, principalmente por gas metano (CH_4), por lo que es altamente combustible. Por ello, en el punto superior de los drenajes realizados para su evacuación está previsto colocar un quemador para poder prender el biogás para su combustión.

2. DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE

2.1. Características del medio físico

En este apartado se presentan las características climáticas del área de estudio ya que influyen en las tasas de generación de gases y lixiviados y por lo tanto constituye uno de los parámetros más importantes a la hora de proponer las medidas para la recuperación del área degradada.

Para la evaluación del clima en el área de estudio se empleó datos de la estación meteorológica más cercana denominada CO – Jauja.

Tabla 6. Estación meteorológica CO - Jauja

Altitud sobre el nivel del mar:	3,378 m.s.n.m
Precipitación media anual:	660.9 mm/año
Temperatura promedio:	11.6° c
Humedad relativa promedio:	55.5 %
Evaporación mensual:	1,507.1 mm/año
Horas de sol promedio mensual:	2,158.9 horas de sol/año

Precipitación, Temperatura promedio, Evaporación mensual: Periodo 1994 – 2013. Humedad relativa promedio y Horas de sol promedio. Periodo 2009-2013

2.1.1. Precipitación

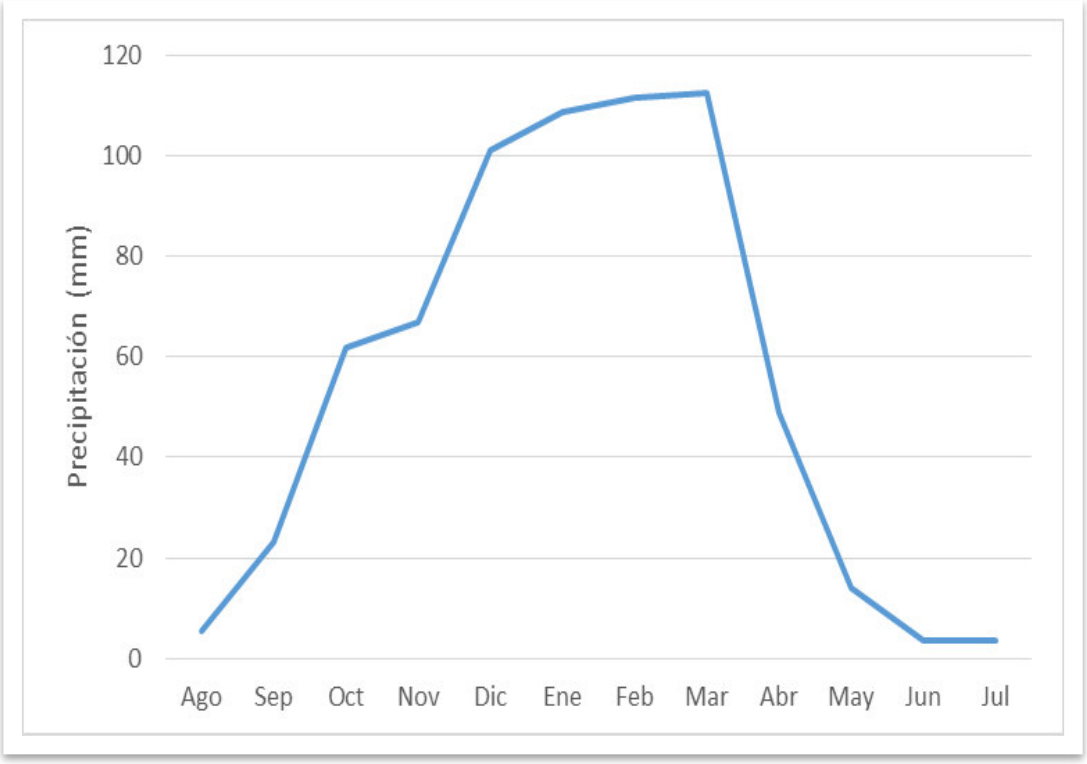
En la siguiente tabla se presenta la precipitación pluvial promedio mensual del área de estudio, en la cual se observan valores medios entre 3.4 a 112.5 mm/mes, siendo el valor medio anual acumulado de 660.9 mm/año. La precipitación presenta los periodos de mayor precipitación de diciembre a marzo.

Tabla 7. Precipitación total mensual (mm)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Prom	108.7	111.5	112.5	48.8	13.9	3.6	3.4	5.5	23.2	61.9	67	101	660.9

Periodo: 1994 – 2013. Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI

Figura 27. Precipitación media mensual



Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI

2.1.2. Temperatura

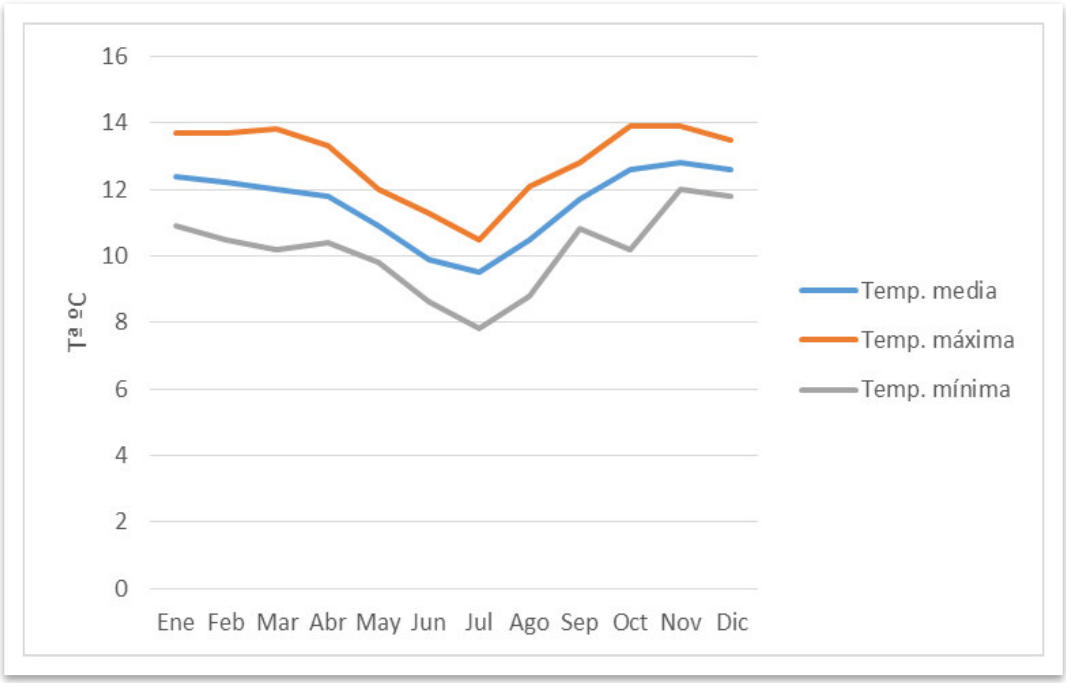
La estación CO-Jauja, durante los periodos 1967 – 1978 y 2007 – 2013, registró una temperatura media anual de 11.6 ºC. La temperatura media mensual varió entre 9.5ºC y 12.8ºC.

Tabla 8. Temperatura media mensual, ºC

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Prom	12.4	12.2	12	11.8	10.9	9.9	9.5	10.5	11.7	12.6	12.8	12.6	11.6

Periodo: 1994 – 2013. Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI

Figura 28. Temperatura media mensual



Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI

2.1.3. Horas de Sol

Las horas de sol promedio mensuales varían entre las 113.4 y 263.9 horas, presentando un valor anual de 2,158.9 h/año, como se observa en la gráfica de la

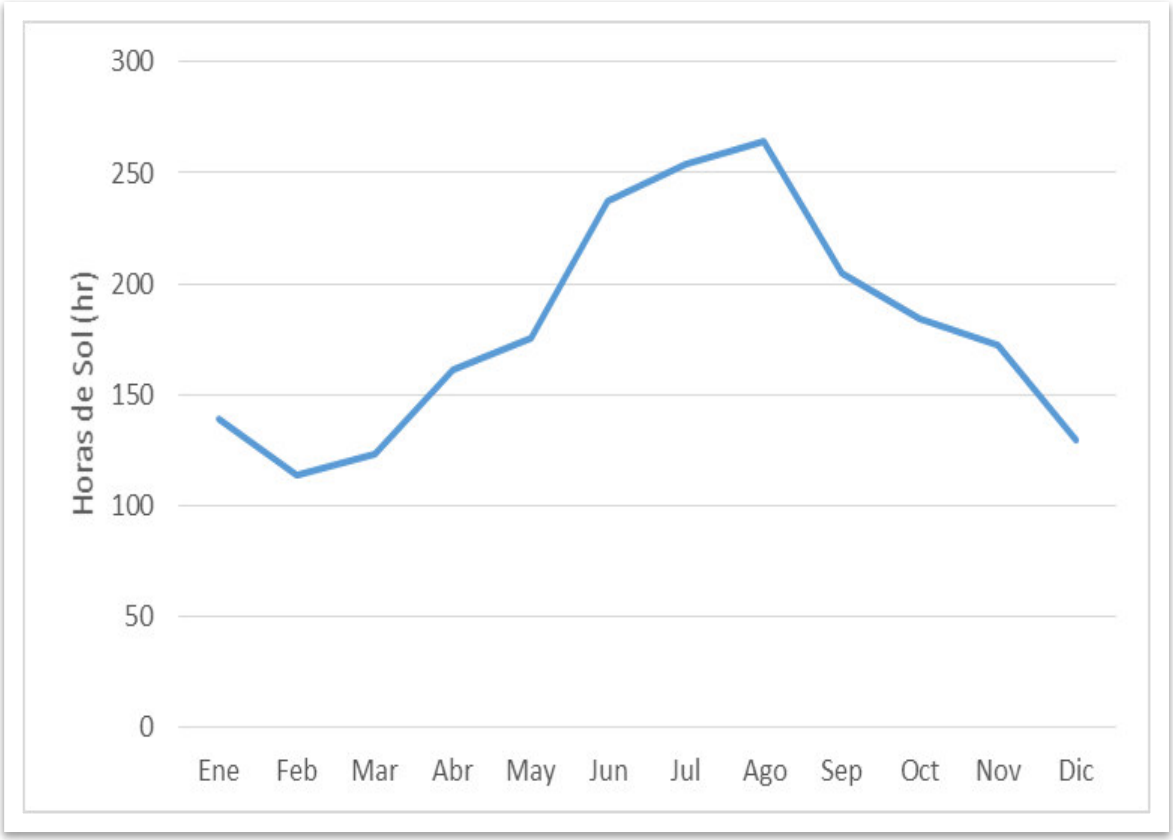
Figura 29.

Tabla 9. Media mensual de horas de sol

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Prom	139	113.4	123.6	161.1	175.3	237	254.1	263.9	205.1	184	172.5	129.7	2158.9

Periodo: 2009 – 2013. Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI.

Figura 29. Promedio Mensual Horas de Sol (hr)



Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI

2.1.4. Evaporación

Durante el periodo 1994-2013 la estación meteorológica CO-Jauja registró una evaporación total anual de 1,507.1 mm/año. La evaporación total mínima media anual registrada fue de 107.8 mm (Marzo) y la máxima media anual alcanzó un valor de 151 mm (Agosto).

Tabla 10. Evaporación total mensual (mm)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Prom	112.8	103.6	107.8	107.9	123.4	122.8	129.9	150.6	143.6	142	137.9	124.9	1,507.1

Periodo: 1994 – 2013. Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI

Figura 30. Evaporación media del Área de estudio (mm)

Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI

2.1.5. Evapotranspiración

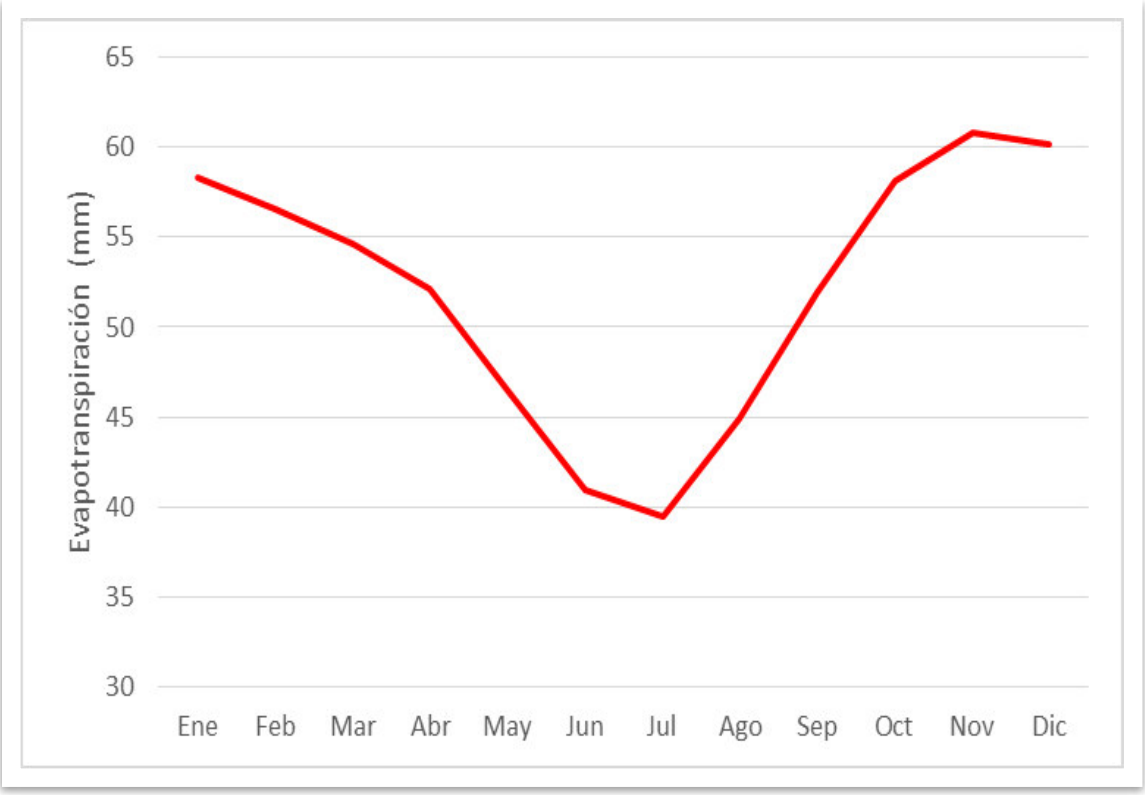
Como se observa en la tabla a continuación, la evapotranspiración potencial presenta un valor de 624.2 mm/año.

Tabla 11. Evapotranspiración media del Área de Estudio (mm). Periodo: 1994 – 2013

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Prom	58.3	56.6	54.6	52.1	46.5	40.9	39.5	44.9	51.9	58.1	60.8	60.2	624.2

Periodo: 1994 – 2013. Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI

Figura 31. Evapotranspiración media del Área de estudio



Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI

2.1.6. Humedad relativa

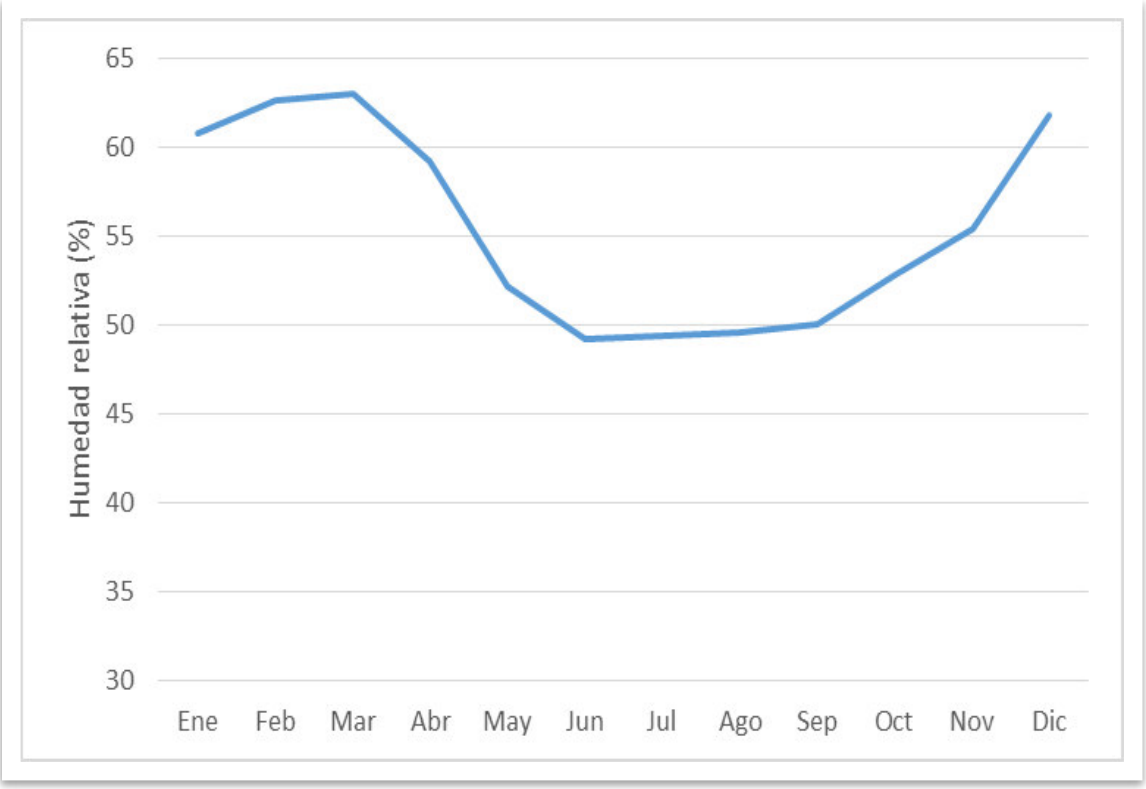
En la tabla siguiente se presentan los datos de humedad relativa, con un valor medio anual del 55.5%.

Tabla 12. Humedad Relativa del Área de Estudio (%)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Prom	60.8	62.6	63	59.2	52.2	49.2	49.4	49.6	50	52.8	55.4	61.8	55.5

Periodo: 2009 - 2013, Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI

Figura 32. Humedad Relativa (%) del Área de estudio



Fuente: Estación CO-Jauja. SENAMHI. 2014

2.1.7. Hidrografía

El área de estudio, está dentro del ámbito de la cuenca hidrográfica del río Mantaro, a cerca de un kilómetro sobre su margen izquierda, por lo que su drenaje natural es hacia una quebrada seca que se orienta al mismo rio. El aporte de los escurrimientos superficiales de la parte superior no es relevante y proviene del origen de las precipitaciones pluviales estacionales.

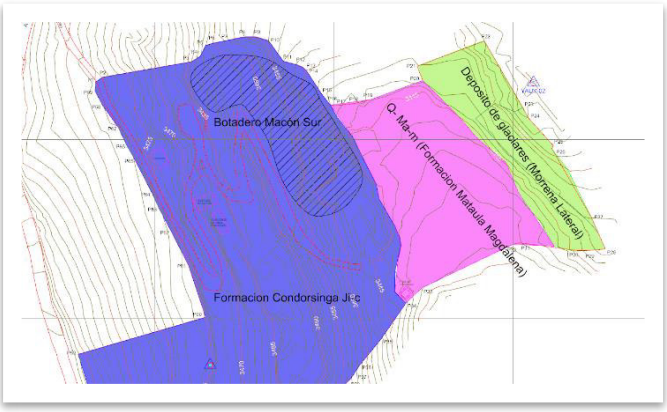
El distrito de Yauyos se encuentra circunscrito por el cauce del Río Mantaro y del Río temporal Tajamar, generando posibilidades de desarrollo agropecuario en su recorrido. El río Mantaro constituye el límite sur del distrito y el río Tajamar divide al poblado de Yauyos de la ciudad de Jauja.

2.1.8. Geología

En base a la información disponible sobre la geología local en la zona de estudio, el botadero Macón Sur está emplazado entre dos superficies geológicas, formación Condorsinga Ji-c y Formación Mataula Magdalena. La mayor parte del botadero se emplaza sobre la Formación Condorsinga Ji-c, caracterizada por rocas calizas del Jurásico Inferior, presentando estratos de rocas calizas en bancos regulares cuyo grosor varía entre 0,2 y 1 m, pudiendo llegar excepcionalmente a 3 m. Los afloramientos que subyacen en la zona representan en el campo una morfología suave y una coloración característica clara a blanca .

La base del talud del botadero se encuentra entre las dos formaciones mencionadas. La terraza central (Formación Mataula Magdalena, suelos del cuaternario Neógeno) presenta hasta tres facies, una de lacustre de blancas a amarillentas, otra de arenas y areniscas poco consolidadas de color rosado y la última de conglomerados fluviátiles.

Figura 33. Geología local de la zona de estudio



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

2.1.9. Geomorfología

La geomorfología local de la zona de estudio y sus características vienen definidas por los procesos de erosión derivados del retroceso de los glaciares, lo cual se pone de manifiesto con los depósitos de morrentas laterales dentro de terrazas fluviales que se encuentran en los alrededores de la zona de estudio.

En la zona del botadero Macón Sur se presentan algunos rellenos aluviales para la zona de la última terraza del valle y se aprecia un material más alterado, esto se ha podido considerar como parte de la Formación Mataula.

2.1.10. Hidrogeología

Considerando la geomorfología de la zona del botadero, la terraza donde se asienta el botadero, con pendientes superiores al 25% y estratos paralelos al terreno, impide la acumulación de aguas subterráneas en forma de acuíferos, por lo que el agua acumulada fluye aguas abajo.

Entre los posibles cuerpos de agua afectados, solo se ha localizado un cuerpo en un radio de 1 km, el Rio Mantaro. Teniendo en cuenta las propiedades de permeabilidad reportadas en el estudio geotécnico (suelo arcilloso de baja permeabilidad K=1.34 E-5 cm/seg), la configuración de los estratos de los suelos bajo el botadero (descrita en el numeral b.13), la baja pluviometría de la zona (660.9 mm/año), la baja generación de lixiviados esperada una vez acometidas las obras de recuperación del área (1.17 m3/año) y las medidas de captación de lixiviado proyectadas (drenes perimetrales y pozos de extracción), se considera que el lixiviado que no pueda ser captado y tratado quedará confinado por la propia estratigrafía del entorno del botadero, por lo que el impacto al rio Mantaro por parte de los lixiviados no es significativo (corroborado por los resultados del estudio geofísico).

Tabla 13. Tabla resumen de las propiedades de los suelos bajo el botadero

Ensayo	Calicata C1	Calicata C2	Calicata C3	Calicata C4	Calicata C5
Profundidad	3,00 m	3,00 m	3,00 m	5	5.1
Límite Líquido promedio %	24.83	30.39	35.44	36.6	39.34
Límite Plástico	20	28.35	30.74	32.31	34.95
Índice Plástico	4.83	2.15	6.32	4.28	4.38
Clasificación SUCS	CL-ML	GM-GC-SM	SC-SM-GP-GM	SC-SM-ML	ML-CL
Cohesión C(Kg/cm2)	1.74	0.195	0.103	0.474	0.419

Angulo de Fricción Interna Ø(º)	28	34.32	35.34	22.57	25.77
Permeabilidad K (cm/s)					1.34 E-05

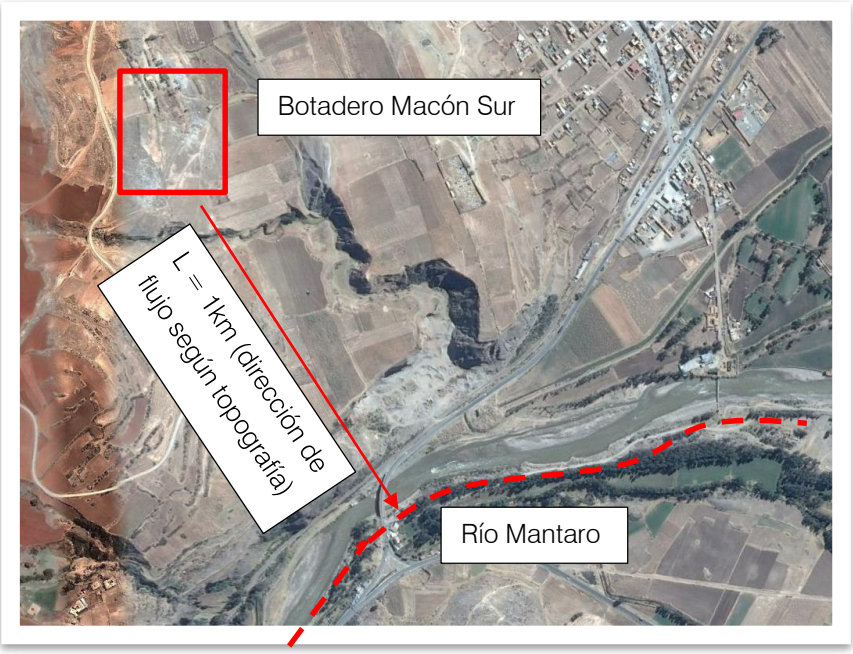
Fuente: Equipo de Formulación, 2015. (adaptado Estudio de mecánica de suelos “relleno sanitario Yauyos”. 2014)

Igualmente se concluye que el conjunto de las actividades antrópicas desarrolladas entre ambos emplazamientos pueden tener un impacto negativo adicional (por fertilizantes etc) que hacen inviable evaluar la trazabilidad de contaminantes entre el botadero y el rio Mantaro.

En cuanto a un posible riesgo de inundación, éste queda descartado al estar emplazado el botadero a una cota 100 m por encima del nivel normal del Río Mantaro.

Según se recoge en el estudio geotécnico, los resultados del estudio geofísico (perfiles 2D) confirma la presencia de las capas y suelos expuestos anteriormente, así como la no presencia de un acuífero en horizontes hasta 30 metros de profundidad.

Figura 34. Localización del Río Mantaro



Fuente: Google Earth - Equipo de Formulación, 2015.

2.1.11. Sismicidad

Para los aspectos referentes a la sismicidad se ha tomado como base el estudio de peligro sísmico elaborado para la construcción del nuevo relleno sanitario de Yauyos. El área donde se construirá el nuevo relleno sanitario se encuentra colindante al botadero Macón Sur.

“La Selección del movimiento sísmico depende del tipo de obra. Para el estudio del Sistema de Rellenos Sanitarios no se ha considerado aun un periodo de retorno, por lo tanto, se asumirá el que se utiliza para los estudios de las carreteras en cual se considera un período de retorno de 475 años para el sismo de diseño que corresponde a estructuras con vida útil de 50 años y un nivel de excedencia del valor de aceleración propuesto de 10%. Lo anterior significa que en la zona de Jauja, en estudio la aceleración máxima del sismo de diseño será de 0.30g.

Es usual considerar una aceleración efectiva en vez del instrumental pico, del orden de 25 al 30% más baja. Por lo tanto, la aceleración efectiva será de 0.20g. El coeficiente sísmico para el diseño estará expresado en términos del período de la estructura y del período predominante del suelo.

La respuesta estructural de las obras de ingeniería derivada por métodos espectrales deberá considerar, a partir del valor de aceleración propuesto la amplificación estructural y las reducciones por ductilidad, amortiguamiento y los coeficientes de seguridad de diseño. Los Valores presentados corresponden a suelo firme y no reflejan la ampliación del suelo, en caso de existir.

En el caso de utilizarse en el diseño de taludes y obras de retención el método pseudo estático, se recomienda el valor de 0.15 Para el coeficiente lateral sísmico.”.

2.1.12. Geotecnia

Para determinar la características geotécnicas de los suelos donde se encuentra el botadero (suelos de fundación) y de su entorno, se han adoptado previa validación los resultados de los ensayos del estudio “Estudio de mecánica de suelos “Relleno Sanitario Yauyos”. 2014”. En base a dicha documentación, se han ejecutado 05 calicatas alcanzando profundidades de entre 3 y 5 metros de profundidad. En ellas se evaluó el perfil estratigráfico que presentan. En la Tabla 20 se indica la ubicación de las calicatas.

Tabla 14. Ubicación de Calicatas

Coordenadas UTM WGS 84		
Calicatas	Este	Norte
C-1	446273	8695973
C-2	446269	8696021
C-3	446416	8696050

S-1	446388	8696104
S-2	446327	8696073

Fuente: Estudio de mecánica de suelos “relleno sanitario Yauyos”. 2014

Los resultados de los estudios realizados se detallan en las tablas a continuación.

Tabla 15. Límites de Consistencia

Calicata	Estrato	Profundidad	% límite líquido	% Límite Plástico	% Índice Plástico
C1	1	0.00 – 1.00 m	-	-	-
	2	1.00 – 2.20 m	24.83	20.00	4.83
	3	2.20 – 3.00 m	-	-	-
C2	1	0.00 – 0.40 m	38.65	37.95	0.70
	2	0.40 – 0.90 m	32.35	31.88	0.46
	3	0.90 – 2.40 m	-	-	-
	4	2.40 – 2.60 m	24.27	19.39	4.89
	5	2.60 – 3.00 m	26.30	23.72	2.58
C3	1	0.00 – 0.60 m	31.17	25.05	6.12
	2	0.60 – 1.30 m	42.96	36.43	6.52
	3	1.30 – 2.60 m	36.79	N.P.	N.P.
	4	2.60 – 3.00 m	30.85	N.P.	N.P.
C4	1	0.00 – 1.50 m	33.10	27.66	5.44
	2	1.50 – 2.50 m	38.79	34.85	3.94
	3	2.50 – 5.00 m	37.93	34.44	3.48
C5	1	0.00 – 0.30 m	37.93	34.44	3.48
	2	0.30 – 1.10 m	42.06	39.53	2.52
	3	1.10 – 3.60 m	43.60	39.53	4.06
	4	3.60 – 5.10 m	33.79	26.33	7.46

Fuente: Estudio de mecánica de suelos “relleno sanitario Yauyos”. 2014

Tabla 16. Clasificación del material

Calicata	Estrato n°	Profundidad	SUCS	nombre del grupo
C1	1	0.00 – 1.00 m	-	roca caliza intemperizado
	2	1.00 – 2.20 m	CL-ML	arcilla limosa con arena
	3	2.20 – 3.00 m	-	roca caliza
C2	1	0.00 – 0.40 m	GM	grava limosa con arena
	2	0.40 – 0.90 m	GM	grava limosa con arena
	3	0.90 – 2.40 m	-	roca caliza desfragmentada
	4	2.40 – 2.60 m	GC-GM	grava limosa arcillosa
	5	2.60 – 3.00 m	SM	arena limosa con grava
C3	1	0.00 – 0.60 m	SC-SM	arena limosa arcillosa con grava
	2	0.60 – 1.30 m	SC-SM	arena limosa arcillosa con grava
	3	1.30 – 2.60 m	GM	grava limosa con arena
	4	2.60 – 3.00 m	GP-GM	grava mal graduada con limo y arena
C4	1	0.00 – 1.50 m	SC-SM	arena limosa arcillosa con grava
	2	1.50 – 2.50 m	ML	limo arenoso
	3	2.50 – 5.00 m	ML	limo con arena
C5	1	0.00 – 0.30 m	ML	limo con mucha grava y con arena
	2	0.30 – 1.10 m	ML	limo con grava
	3	1.10 – 3.60 m	CL-ML	arcilla limosa con arena
	4	3.60 – 5.10 m	CL	arcilla ligera con grava

Fuente: Estudio de mecánica de suelos “relleno sanitario Yauyos”. 2014

A partir de los ensayos de laboratorio, se han obtenido las propiedades mecánicas de los suelos. Los resultados de los ensayos se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 17. Resumen de ensayos de corte directo

Calicata	Clasificación de la muestra	Profund.(m)	Corte Directo	
			C(Kg/cm2)	Ø(°)
C1	Roca Caliza	3.0	1.74	28
C2	Arena limosa con grava	3.0	0.195	34.32
C3	Grava mal graduada con limo y arena	3.0	0.103	35.34
C4	Limo con arena	5.0	0.474	22.57
C5	Arcilla ligera con grava	5.1	0.419	25.77

Fuente: Estudio de mecánica de suelos "relleno sanitario Yauyos". 2014

El grado de permeabilidad de un suelo se mide por su coeficiente de permeabilidad, el cual se basa en la ley propuesta por Darcy. Se ha realizado 1 ensayo de permeabilidad en la calicata número 5 mediante ensayo Lefranc. Siendo el emplazamiento de esta calicata el más representativo para el estudio de permeabilidad a criterio del geólogo responsable. El coeficiente de permeabilidad (K) demuestra la baja permeabilidad del suelo en la zona del botadero.

Tabla 18. Valores de Coeficientes de permeabilidad según los reportes de laboratorio

Calicatas	Coeficiente de Permeabilidad K (cm/s)
C-5	1.34 E-05

Fuente: Estudio de mecánica de suelos "relleno sanitario Yauyos". 2014

Considerando estos resultados en función a los rangos de la tabla de permeabilidad por tipo de suelo, la permeabilidad del terreno en el área del botadero se considera muy Poco permeable para CL (arcilla).

Tabla 19. Rangos de Permeabilidad Relativos por Tipo de Suelo

Permeabilidad relativa	Valores de K (cm/seg)	Suelo típico
Muy permeable	> 1 * 10-1	Grava gruesa
Moderadamente permeable	1 * 10-1 a 1 * 10-3	Arena, arena fina

Poco permeable	1 * 10-3 a 1 * 10-5	Arena limosa, arena sucia
Muy poco permeable	1 * 10-5 a 1 * 10-7	Limo y arenisca fina
Impermeable	< 1 * 10-7	Arcilla

Fuente: Terzaghi K. y Peck R.; 1980

2.1.13. Riesgos naturales y cambio climático

2.1.13.1. Riesgos naturales

A continuación presentamos la tabla de Identificación de Peligros en el ámbito de intervención del proyecto.

Tabla 20. Identificación de Peligros en el ámbito de intervención del proyecto

1. ¿Existen antecedentes de peligros en la zona en la cual se pretende ejecutar el Proyecto?				2. ¿Existen estudios que pronostiquen la probable ocurrencia de peligros en la zona bajo análisis? ¿Qué tipo de peligros?			
	SI	NO	Comentarios		SI	NO	Comentarios
Inundaciones		x		Inundaciones		x	
Lluvias Intensas		x		Lluvias Intensas		x	
Heladas		x		Heladas		x	
Friaje/Nevada		x		Friaje/nevada		x	
Sismos	x		Existe 01 (un) antecedente de poca relevancia: El sismo del 5 de Enero de 1974.	Sismos	x		Existe un Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres elaborado el año 2006 por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), donde indica la baja frecuencia de ocurrencia de este peligro para la zona.
Sequias		x		Sequias		x	
Huaycos		x		Huaycos		x	
Derrumbes/Deslizamientos		x		Derrumbes/deslizamientos		x	
Tsunamis		x		Tsunamis		x	
Incendios Urbanos		x		Incendios Urbanos		x	
Derrames Tóxicos		x		Derrames Tóxicos		x	

Vientos Fuertes	x	Vientos Fuertes	x		
3.¿Existe la probabilidad de ocurrencia de alguno de los peligros señalados en las preguntas anteriores durante la vida útil del proyecto				si	Dado que es un área que se encuentra en una zona donde ha ocurrido sismos anteriormente.
4. La Información existente sobre la ocurrencia de peligros naturales en la zona ¿es suficiente para tomar decisiones y evaluación de proyectos?				si	La información de ocurrencia del peligro en la zona se ha elaborado por institutos especializados en el tema

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Tabla 21. Caracterización específica de los peligros

Peligros	S	N	Frecuencia (a)				Severidad (b)				Resultado
			B	M	A	Sl	B	M	A	Sl	(C) = (a)*(b)
Inundación		x									
¿Existen zonas con problemas de inundación?		x									
¿Existe sedimentación en el río o quebrada?		x									
¿Cambia el flujo del río o acequia principal que estará involucrado con el proyecto?		x									
Lluvias intensas		x									
Derrumbes/Deslizamientos		x									
¿Existen procesos de erosión?		x									
¿Existe mal drenaje de suelos?		x									
¿Existen antecedentes de inestabilidad o fallas Geológicas en las laderas?		x									
¿Existen antecedentes de deslizamientos?		x									
¿Existen antecedentes de derrumbes?		x									
Heladas		x									
Friajes/Nevadas		x									
Sismos	x			1				2			2
Sequias		x									

Huaycos	x	
¿Existen antecedentes de huaycos?	x	
Incendios Urbanos	x	
Derrames tóxicos	x	
Otros	x	

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Frecuencia: Se define de acuerdo con el período de recurrencia de cada uno de los peligros identificados, lo cual se puede realizar sobre la base de información histórica o en estudios de prospectiva.

Severidad: se define como el grado de impacto de un peligro específico (intensidad, área de impacto).

Tabla 22. Caracterización específica de los peligros

Peligros	S	N	Frecuencia (a)				Severidad (b)				Resultado
			B	M	A	SI	B	M	A	SI	(C) = (a)*(b)
Inundación		x									0
Lluvias intensas		x									0
Derrumbes/Deslizamientos		x									0
Heladas		x									0
Friajes/Nevadas		x									0
Sismos	x		1					2			2
Sequias		x									0
Huaycos		x									0

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

B: Baja M: Mediana A: Alta S.I: Sin información

Tabla 23. Resumen de peligros

		Severidad		
		Bajo	Medio	Alto
Frecuencia		1	2	3
Bajo	1	1	2	3
Medio	2	2	4	6
Alto	3	3	6	9

Dónde:

Bajo: 1 y 2	Medio: 3 y 4	Alto: 6 y 9

Fuente: Equipo de Formulación, 2015.

Resultado = 1 Peligro Bajo, Resultado = 2 Peligro Medio, Resultado >= 3 Peligro Alto

Como conclusión podemos indicar: De acuerdo a los peligros naturales identificados y la información evaluada, la zona en donde se desarrollara el proyecto presenta una vulnerabilidad baja en caso de producirse un acontecimiento sísmico. Vale precisar que la zona en donde se ubicará el proyecto al localizarse en una zona de clima seco y templado, reduce la frecuencia de precipitaciones intensas, disminuyendo la posibilidad de que se generen inundaciones, derrumbes y aluviones con arrastre de lodo, causando algún impacto en la zona del proyecto.

Dado que no se han identificado peligros naturales asociados a las diversas variables climáticas, los efectos del cambio climático son mínimos en el área de estudio, lo anterior se concluye a partir de la información recolectada, donde se puede verificar que los peligros y desastres naturales se reducen a los peligros asociados a la actividad sísmica.

Para reducir el riesgo sísmico se ha elaborado el estudio de estabilidad de la capa de sellado, donde se concluye que el diseño de la capa de clausura propuesto, bajo los condicionantes de propiedades del suelo y residuos especificados, cumple con las condiciones de seguridad exigible para el tipo de obra del presente proyecto (FS > 1.4), y garantiza dicha estabilidad ante cualquier ocurrencia de sismo. (ver anexo adjunto N° 4. Memoria de cálculo).

2.1.13.2. Gestión del riesgo en un contexto del cambio climático

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.

- Infraestructuras hidráulicas

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. Todas las cunetas han sido sobredimensionadas, de manera que el caudal efectivo es sensiblemente mayor al caudal de diseño. Estas medidas permitirán además reducir las necesidades de mantenimiento de las cunetas, evitando que el rendimiento de estas pueda verse mermado en caso de eventos extremos.

2.2. Características del Medio biológico

El área de estudio se caracteriza por la presencia de vegetación praderas altoandinas o pajonales, donde se puede distinguir las especies Polylepis, los herbazales acuáticos andinos, herbáceas de tipo gramíneas y otros.

Con respecto a la fauna solo se presenció algunas aves propias de los botaderos.

En la zona del proyecto no existe ninguna Área Natural Protegida (ANP) por el Estado, conforme al Sistema Nacional de Áreas Protegidas por el Estado (SINANPE).

2.2.1. Flora

Es el conjunto de especies Plantas (vegetales) que se pueden encontrar en la Provincia de Jauja (región geográfica), que son propias de un periodo geológico o que habitan en un ecosistema determinado. La flora atiende al número de especies mientras que la vegetación hace referencia a la distribución de las especies y a la importancia relativa, por número de individuos y tamaño, de cada una de ellas.

Por tanto, la flora, según el clima y otros factores ambientales, determina la vegetación. La geobotánica o fitogeografía que se ocupa del estudio de la distribución geográfica de las especies vegetales; especies como Algas, Berro, Llantén, Amargón, Helecho, Jarhuancho, Hierbabuena, Yahuarshujo o chupa sangre, Cuturrumaza, Musgo, Hongo de sombrerillo, Cicuta, otras especies de consumo son la papa, el maíz, alverja, haba, trigo, cebada, avena o gamarra, centeno o alcacer, cebolla, alfalfa entre otros.

2.2.2. Fauna

Se denomina fauna al conjunto de los animales de una región geográfica. Las especies propias de un periodo geológico o de un ecosistema determinado forman este grupo, cuya supervivencia y desarrollo depende de factores bióticos y abióticos.

Los cambios en el hábitat pueden afectar la vida de la fauna. En los casos más drásticos, incluso, estos cambios pueden llevar a la extinción de una especie. Se conoce como especie nativa o autóctona a aquella que aparece en una región como resultado de un fenómeno natural, sin la intervención del ser humano.

Una especie foránea o exótica es la especie no nativa que fue introducida en un ecosistema por el hombre, ya sea de manera accidental o deliberada. Por último, las especies invasoras son aquellas que lograron establecerse en una nueva región, donde generan cambios en la composición del ambiente.

Se tiene especies como: Challhua, Rana, Sapo, Caracol, Ciempiés, Cuyuco o lombrís de tierra, Libélula o cartagipe, Zancudo, Escarabajo, Gorgojo, Mariquita, Cuculí o cucuy, Tortolita o cullcush, Zorzal o

chihuaco, Gorrión o pichiusa, Jalhuash y pishu, Jilguero, Malaco, Picaflor, Ardilla, Lagartija, Grillo doméstico, Polillas, Tábano, Saltamonte, Gorgojo de los andes, Pulgones.

3. ENTORNO SOCIO-CULTURAL

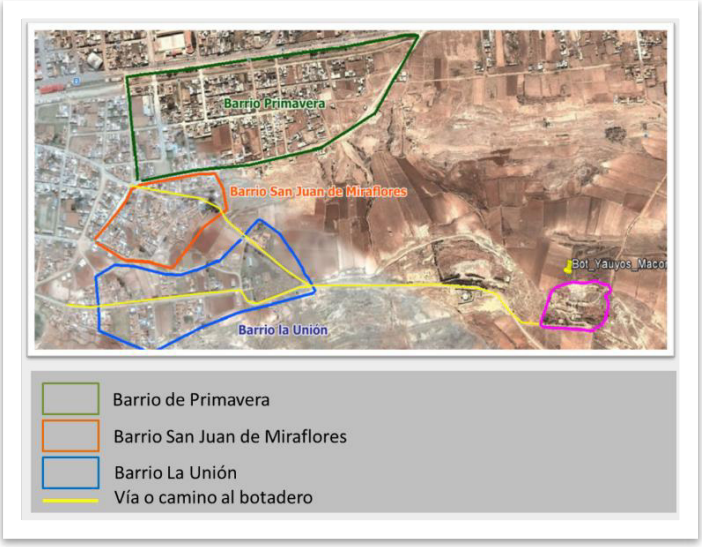
3.1. Área de Influencia

El área de influencia para el proyecto de recuperación de áreas degradas por residuos sólidos está compuesta por todos los impactos directos e indirectos que pudiese ocasionar el proyecto en la población durante la etapa de inversión (Clausura) y post inversión (operación y mantenimiento).

Para este caso se ha considerado delimitar el área de influencia, tomado en consideración a las viviendas o actividades económicas colindantes con la vía de acceso y el propio botadero, áreas que pueden configurarse como población directamente afectada y luego beneficiada, en el entendido que son los que han referenciado experimentar los efectos propios de colindar con un botadero.

Se recomienda que como parte del Programa de Inversión Pública, del cual forma parte el presente PIP, el área de influencia debe ser redimensionada en la fase de inversión, al momento de elaborar el expediente técnico, debido a que los actores involucrados pueden variar en el tiempo, en función de la percepción y de los intereses de la misma población.

Figura 35. Ubicación de Área de Influencia Social



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

3.2. Demografía

De acuerdo al Censo Nacional de XI Población y VI Vivienda, la población del distrito de Yauyos en el año 2007 era de 9,377 habitantes, de esta población el 93,5% se concentra en la zona urbana y solo un 6,5 en la zona rural.

Para realizar la proyección de la población urbana se ha calculado una tasa de crecimiento igual al 1.47%, con lo que se estima que la población del distrito al 2015 es de 9,795 habitantes.

Tabla 24. Información demográfica del distrito de Yauyos y la provincia de Jauja

Variable / Indicador	Provincia Jauja. Cifras Absolutas	Provincia Jauja. %	Distrito Yauyos. Cifras Absolutas	Distrito Yauyos. %
Población				
Población Censada	92053	100	9377	100
Hombres	44311	48.1	4407	47
Mujeres	47742	51.9	4970	53
Población por área de residencia	92053	100	9377	100
Urbana	63941	69.5	8764	93.5
Rural	28112	30.5	613	6.5

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda

3.3. Actividades económicas predominantes

El mayor número de personas se dedica a las actividades ligadas al comercio la agricultura, seguido por los comerciantes, empresarios y empleados en el sector público. En menor proporción se registran los profesionales y técnicos, empleados privados y obreros. Esto corrobora que los sectores agrícola y comercial son la principal fuente de recursos, en particular los comercios mayoristas y minoristas.

También existen pequeños comerciantes que desarrollan sus actividades en el mercado municipal, pequeños restaurantes, hoteles, tiendas, empresas de transporte en autos y microbuses.

Tabla 25. Población Económicamente Activa

Departamento, Provincia, Área Urbana y Rural, Sexo y Ocupación Principal	Total	Grandes Grupos De Edad				
		6 A 14 Años	15 A 29 Años	30 A 44 Años	45 A 64 Años	65 Y Más Años
Distrito Yauyos (000)	3349	51	1031	1192	912	163
Miembros P.Ejec.Y Leg.Direct., Admin. Pub. Y Emp. (001)	7			2	4	1
Profes., Científicos E Intelectuales (002)	450		93	222	129	6
Técnicos De Nivel Medio Y Trabajadores. Asimilados (003)	170	2	74	48	43	3
Jefes Y Empleados De Oficina (004)	108		36	42	29	1
Trab.De Servicios.Pers Y Vended. Del Comerc .Y Mcdo. (005)	558	8	180	181	157	32
Agricult .Trabaj. Calificados Agrop. Y Pesqueros (006)	82		5	18	39	20
Obreros Y Operarios Minas, Cant.,Ind. Manuf. Y Otros (007)	276	3	100	90	65	18
Obreros Construc., Conf., Papel, Fabric., Instr. (008)	425	1	154	161	93	16
Trabaj. No Calif. Serv., Peon, Vend, Ambulante Y Afines (009)	1041	33	270	355	320	63
Otra (010)	12		1	6	5	
Ocupación No Especificada (011)	17		5	9	3	
Desocupado (012)	203	4	113	58	25	3

Fuente: INEI - Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

3.4. Salud

El distrito de Yauyos cuenta con un Puesto de Salud gestionado por la Red de Salud Jauja y una Posta Médica de Salud en el Anexo de Huancas y otros Centros de salud privados, que cubren las demandas sociales ante las causas de morbilidad general que se registran. En el siguiente cuadro se presenta el total de atenciones de los casos de Enfermedades Diarreicas Agudas(EDA) y de Infecciones Respiratorias Agudas(IRA) del año 2014.

Tabla 26. Atenciones de EDA e IRA en el distrito de Yauyos del año 2014

Programa	P.S. Yauyos	P.S. Huancas	Total Yauyos
IRA	642	48	690
EDA	129	16	145
ATENCIONES	771	64	**835**

Fuente: Red de Salud Jauja

3.5. Educación

En el distrito de Yauyos, en el nivel inicial existen 17 instituciones educativas; en el nivel primario, se cuenta con 03 instituciones educativas y en el nivel Secundario se tiene una institución educativa mixta; también se ubica un CEPRO.

Tabla 27. Número de Instituciones Educativas y Programas del Sistema Educativo, por tipo de gestión y área geográfica, según Etapa, Modalidad y Nivel Educativo, 2014

Etapa, modalidad y nivel educativo	Total	Gestión		Área		Pública		Privada	
		Pública	Privada	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
Total	22	22	0	20	2	20	2	0	0
Básica Regular	21	21	0	19	2	19	2	0	0
Inicial	17	17	0	16	1	16	1	0	0
Primaria	3	3	0	2	1	2	1	0	0
Secundaria	1	1	0	1	0	1	0	0	0
Básica Alternativa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Básica Especial	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Técnico-Productiva	1	1	0	1	0	1	0	0	0
Superior No Universitaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pedagógica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tecnológica	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Artística	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: MINISTERIO DE EDUCACIÓN - Padrón de Instituciones Educativas.

4. MARCO LEGAL Y REGULATORIO

4.1. Marco legal ámbito nacional

El marco legal existente en el Perú relacionado con el proyecto es el siguiente:

- **Constitución Política del Perú**

La Constitución Política del Perú, promulgada en el año 1993: Fija normas que garantizan el derecho que tiene toda persona a la protección de su salud y gozar de un ambiente equilibrado.

Establece asimismo que es el Estado quien determina las políticas nacionales de salud y ambiente. Bajo su seno, se desprenden una serie de documentos legales que especifican los criterios y acciones a considerar para el proyecto.

- **Sistema Nacional de Inversión Pública**

El estudio de pre inversión a nivel de Perfil tiene en cuenta los contenidos mínimos dispuestos por el Sistema Nacional de Inversión Pública a través de:

- **Ley N° 27293[8].** Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública y su modificatorias Leyes N ° 28522, 28802, 1005 y 1091.
- **Decreto Supremo N° 102-2007-EF[9]**. Reglamento de la Ley del SNIP.
- **Directiva N° 001-2011-EF/68.01[10].** Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública.
- **Resolución Directoral N° 005-2005-EF/68.01**. Incorporación de los Gobiernos Locales al Sistema Nacional de Inversión Pública.
- **Decreto Supremo N° 102-2007-EF.** Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública.
- **Resolución Directoral Nº 007-2013-EF/63.01 Anexo CME 22**, Contenidos Mínimos Específicos de Estudios de Pre inversión a Nivel de Perfil de Proyectos de Inversión Pública de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos, en donde también se menciona el calificador funcional.

[8]Ley Nº 27293, publicada en el Diario Oficial "El Peruano" el 28 de Junio de 2000; modificada por las Leyes N° 28522, 28802, 1005 y 1091.
[9]Aprobado por Decreto Supremo N° 102-2007-EF, publicado en el Diario Oficial "El Peruano" el 19 de Julio de 2007.
[10]Publicada en el Diario Oficial "El Peruano" el 09 de abril de 2011.

Tabla 28. Clasificador Funcional Programática del Proyecto

Función	17 Ambiente
Programa	055 Gestión Integral de la Calidad Ambiental
Subprograma	0126 Vigilancia y Control Integral de la Contaminación y Remediación Ambiental
Responsable funcional (Según Anexo SNIP 04)	Ambiente

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

- Ley Nº 28611 - Ley General del Ambiente[11]

Dicha Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental.

En el Título I Política Nacional de Ambiente y Gestión Ambiental, capítulo 1 Aspectos Generales, se señala en:

Artículo 3.- Función específica del Estado en materia ambiental

El Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarios para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la presente Ley.

- Ley Nº 27314 - Ley General de Residuos Sólidos[12] (incluye Decreto Legislativo 1065 que modifica la Ley)

Los artículos establecidos en esta normativa relacionados con la recuperación de áreas degradadas son los siguientes:

Artículo 4.- Lineamientos de política

La presente Ley se enmarca dentro de la Política Nacional del Ambiente y los principios establecidos en la Ley Nº 28611, Ley General del Ambiente. La gestión y manejo de los residuos sólidos se rige especialmente por los siguientes lineamientos de política, que podrán ser exigibles programáticamente, en función de las posibilidades técnicas y económicas para alcanzar su cumplimiento:

[11] Publicado en el diario Oficial El Peruano, 13 de octubre de 2005.
[12] Publicado en el diario Oficial El Peruano, 21 de julio de 2000 – Modificada en el 2008 DL 1065.

Inciso 8: Establecer acciones orientadas a recuperar las áreas degradadas por la descarga inapropiada e incontrolada de los residuos sólidos.

Artículo 10.- Función específica de la Municipalidades en materia ambiental

Las municipalidades provinciales son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a estos, en todo el ámbito de su jurisdicción, efectuando las coordinaciones con el gobierno regional al que corresponden, para promover la ejecución, revalorización o adecuación, de infraestructura para el manejo de los residuos sólidos, así como para la erradicación de botaderos que pongan en riesgo de salud de las personas y del ambiente.

Artículo 44.- Promoción de la inversión

El Estado prioriza la inversión pública y promueve la participación del sector privado en la investigación, desarrollo tecnológico, adquisición de equipos, así como en la construcción y operación de infraestructuras de residuos sólidos. Sin perjuicio del rol subsidiario del Estado, es obligación de las autoridades competentes adoptar medidas y disposiciones que incentiven la inversión en estas actividades.

Disposiciones Complementarias, Transitorias y Finales

Sexta.- Planes provinciales de gestión integral de residuos sólidos

Las municipalidades provinciales incorporarán en su presupuesto, partidas específicas para la elaboración y ejecución de sus respectivos Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos, en los cuales deben incluirse la erradicación de los botaderos existentes o su adecuación de acuerdo a los mandatos establecidos en la presente Ley. Los períodos de vigencia y la consecuente revisión de estos planes serán determinados por cada autoridad municipal, según corresponda.

- Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos (D.S. 057-2004-PCM)

Los artículos establecidos en esta normativa relacionados con la recuperación de áreas degradadas son los siguientes:

Artículo 8.- Autoridades Municipales.

La municipalidad, tanto provincial como distrital, es responsable por la gestión y manejo de los residuos de origen domiciliario, comercial y de aquellos similares a éstos originados por otras actividades. Corresponde a estas municipalidades, lo siguiente:

- Provincial:
  - Asegurar la erradicación de los lugares de disposición final inapropiada de residuos sólidos, así como la recuperación de las áreas degradadas por dicha causa; bajo los criterios que para cada caso establezca la Autoridad de Salud;

Artículo 18.- Prohibición para la disposición final en lugares no autorizados.

Está prohibido el abandono, vertido o disposición de residuos en lugares no autorizados por la autoridad competente o aquellos establecidos por ley.

Los lugares de disposición final inapropiada de residuos sólidos, identificados como botaderos, deberán ser clausurados por la Municipalidad Provincial, en coordinación con la Autoridad de Salud de la jurisdicción y la municipalidad distrital respectiva.

La Municipalidad Provincial elaborará en coordinación con las Municipalidades Distritales, un Plan de Cierre y Recuperación de Botaderos, el mismo que deberá ser aprobado por parte de la Autoridad de Salud. La Municipalidad Provincial es responsable de su ejecución progresiva; sin perjuicio de la responsabilidad que corresponda a quienes utilizaron o manejaron el lugar de disposición inapropiada de residuos.

Artículo 19.- Recuperación de áreas de disposición final.

Todo proyecto de recuperación para el uso de aquellos terrenos públicos o privados, que son o han sido rellenos sanitarios o botaderos de residuos, deben contar con la respectiva autorización de la DIGESA de acuerdo a lo establecido en los artículos 89 y 90 del Reglamento.

Artículo 92.- Recuperación y uso de áreas degradadas

Las áreas que han sido utilizadas como botaderos de residuos, deberán ser sanitaria y ambientalmente recuperadas en concordancia con el desarrollo y bienestar de la población, y con la prohibición dispuesta en el artículo 89 mediante un plan de recuperación. La formulación y ejecución de dicho plan es de responsabilidad de la municipalidad provincial correspondiente para lo cual contará con el apoyo de las municipalidades distritales y la Autoridad de Salud, sin perjuicio de que ésta repita posteriormente contra quien o quienes hayan hecho aprovechamiento del botadero. El citado plan será aprobado por la DIGESA.

- Decreto Supremo Nº 105/67-DGS.

Dispone que las áreas de terreno destinadas a relleno sanitario o de basuras solamente podrán ser habilitadas para parques o bosques.

- D.S. Nº 003-2008 – MINAM: "Aprueban Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para el Aire"

Que los ECA se refieren a valores que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente, siendo que el concepto de valor guía de la calidad del aire, desarrollado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se refiere al valor de la concentración de los contaminantes en el aire por debajo del cual la exposición no representa un riesgo significativo para la salud.

- D.S. Nº 085-2003 PCM: "Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido"

Establece los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido y los lineamientos para no excederlos, con el objetivo de proteger la salud, mejorar la calidad de vida de la población y promover el desarrollo sostenible.

El ECA de ruido ha establecido niveles máximos de ruido en el ambiente que no deben excederse a fin de proteger la salud humana, para zonas residenciales, comerciales e industriales. Dichos niveles corresponden a los valores de presión sonora continua equivalente con ponderación A.

En los lugares donde existen zonas mixtas, por ejemplo zonas Residencial-Comercial, se aplicará el estándar de zona Residencial.

- D.S. Nº 002-2008-MINAM: "Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua"

Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

- Ley N° 27972: Ley Orgánica de Municipalidades

- En el artículo 80.- Saneamiento, Salubridad y Salud

Las municipalidades, en materia de saneamiento, salubridad y salud, ejercen las siguientes funciones:

• Funciones específicas exclusivas de las municipalidades provinciales:
o Regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial.
o Reglar y controlar la emisión de humos, gases, ruidos y demás elementos contaminantes de la atmósfera y el ambiental.

• Funciones específicas exclusivas de las municipalidades distritales:
o Proveer el servicio de limpieza pública determinando las áreas de acumulación de desechos, relleno sanitario y el aprovechamiento industrial de desperdicios.

4.2. Marco Legal ámbito local

Con respecto al marco legal local se tiene los documentos normativos:

- Ordenanza N° 013-2009/MDY, ordenanza que otorga amnistía tributaria de condonación del 100% de los intereses moratorios, reajustes, recargos y multas por la declaración jurada del impuesto predial, limpieza pública y emisión mecanizada, del 04 de Mayo del 2009.

- Plan de desarrollo concertado del distrito de Yauyos 2004-2014, donde se contempló realizar las mejoras de la gestión ambiental local del distrito.
- Ordenanza Municipal N° 027 – 2007/MDY. Aprueba el Sistema Local de Gestión Ambiental de la Municipalidad Distrital de Yauyos, con la finalidad de establecer los mecanismos de coordinación necesarios.
- Ordenanza Municipal N° 022 – 2007-A/MDY. Aprueba la Política Ambiental Local, en el Plan de Acción Ambiental Local y la Agenda Ambiental local de Yauyos.
- Ordenanza Municipal N° 016 – 2007-A/MDY, del 08 de agosto del 2007 se prohíbe el arrojo de residuos sólidos en la vía pública y canales pluviales dentro de la jurisdicción del distrito.
- Ordenanza Municipal N° 016a – 2007-A/MDY. Creación de la Comisión Ambiental Municipal del distrito de Yauyos.

4.3. Marco Legal de la participación de los involucrados

Respecto al marco legal de la participación del involucrado cabe resaltar que se considera necesario enmarcar desde el punto de vista legal el involucramiento y participación de los actores locales en la formulación de un proyecto, los cuales consideramos se hacen referencia en los siguientes ítems:

- La Ley General del Ambiente

En su Título Preliminar señala que: "Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva".

- Artículo 12° de la Ley General de Residuos Sólidos

Establece que la gestión de los residuos sólidos de responsabilidad municipal debe ser coordinada y concertada, especialmente en las zonas conurbadas, en armonía con las acciones de las autoridades sectoriales y las políticas de desarrollo regional.

- La Ley Orgánica de Municipalidades

Establece que los gobiernos locales promueven en forma participativa y concertada una adecuada prestación de los servicios públicos locales y el desarrollo integral sostenible y armónico de su circunscripción para mejorar la calidad de vida de las personas.

Por lo tanto el proyecto está considerado en los lineamientos de políticas vigentes, asimismo toma en consideración la normatividad técnica - ambiental emitida por las autoridades competentes

5. IMPACTOS DEL PROYECTO

Dado que el proyecto trata de la recuperación de un botadero que en la actualidad viene causando impactos severos negativos al medio ambiente, todos los trabajos de obra (Etapa de inversión) causarán impactos negativos mínimos y mitigables. Estos serán a causa principalmente del movimiento de tierras y la conformación de la capa de soporte, entre otros trabajos; impactos que pueden ser mitigables aplicando las medidas correctivas y de prevención. Los trabajos de operación y mantenimiento (post inversión) que se lleven a cabo en el área causaran en su mayoría impactos positivos para el medio ambiente, y los únicos impactos negativos serían referidos a la salud e higiene ocupacional, los cuales aplicando correctamente las medidas de seguridad y salud son reducidos al mínimo. La identificación de impactos permitirá determinar qué actividades del proyecto de Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín tienen potencial de producir alteraciones en los elementos ambientales de su área de influencia.

La metodología más apropiada se basa en la información ambiental recopilada y en la interrelación causa-efecto en un enfoque de sistemas mediante matrices de impacto ambiental.

5.1. Actividades del proyecto que tienen potencial de ocasionar impactos ambientales

A continuación se hace una descripción de las actividades del proyecto que tienen potencial de ocasionar impactos ambientales negativos, si es que no se toman las medidas del caso recomendadas más adelante.

5.1.1. Etapa de Inversión (construcción de obra)

En este acápite analizaremos cada uno de las actividades de construcción para detectar cuáles podrían ser los posibles impactos en el área.

5.1.1.1. Obras preliminares

Los trabajos iniciales de instalación de campamentos, cartel de información, movilización de equipos y todo aquello previo a la construcción de la obra implica un cierto riesgo en el aspecto de seguridad para los trabajadores si es que no se observan las medidas de seguridad pertinentes. Los posibles accidentes de trabajo durante las actividades a realizar pueden ser:

- Atropellos, golpes, vuelcos de máquinas.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Vuelcos en las maniobras de carga y descarga.
- Suspensión de Partículas.
- Ruido.

- Caída de árboles y arbustos por desenraizamiento.

Para minimizar estos impactos es necesario realizar asignaciones bajo la supervisión de obra de un técnico especialista, además de usar los EPP’s adecuados.

5.1.1.2. Movimiento de tierras

Durante las actividades de movimiento de tierras las principales afectaciones pueden ser debido al material particulado en suspensión y al ruido que generan las maquinarias a utilizar, que pone en riesgo la seguridad y salud de los trabajadores y personas que transiten por este lugar. Estos impactos pueden ser:

- Deslizamiento y desprendimiento de tierras.
- Desprendimientos de tierras dentro del radio de acción de las máquinas.
- Atropellos, golpes, vuelcos por incorrectas maniobras.
- Caídas del personal desde los frentes de excavación.
- Suspensión de Partículas.
- Ruido.
- Emanación de gases nocivos o tóxicos.

Para minimizar este riesgo se debe de utilizar correctamente los equipos de protección personal y además se debe de aplicar el manual de seguridad y salud.

5.1.1.3. Sellado del área a recuperar

Durante esta actividad se podría exponer a los trabajadores a polvo, golpes o caídas debido al extendido de las láminas de bentonita para ello los trabajadores deben de estar correctamente uniformados con los equipos de protección personal. Estos riesgos serian:

- Generación excesiva de polvo.
- Caídas al mismo y/o distinto nivel (escaleras, plataformas, etc.).
- Golpes de extremidades.
- Lesiones lumbares.
- Accidentes, atropellos por falta de visibilidad debido al polvo.
- Vibraciones sobre las personas.
- Suspensión de Partículas.
- Ruido puntual y ambiental.
- Golpes por las compactadoras (pisones, rulos).

5.1.1.4. Construcciones complementarias, construcción de sistema evacuación y gestión de lixiviados, construcción de sistema evacuación y gestión gases

Las obras constructivas, al igual que la actividad anterior, implican un cierto riesgo en el aspecto de seguridad para los trabajadores si es que no observan las medidas de seguridad pertinentes. Los posibles accidentes de trabajo durante las actividades relacionadas con la construcción y montaje de equipos y estructuras metálicas, excavaciones, preparación del concreto, cimentaciones, trabajo en altura, etc., son:

- Exposición a gases (oxicorte, soldadura)
- Exposición a polvos (movimiento de tierras, preparación de concreto, etc.)
- Cortes, golpes y contusiones por diversas causas
- Accidentes fatales

La probabilidad de accidentes es baja si durante los trabajos de obra se observa las medidas de seguridad que se propongan. En todo caso el posible impacto está circunscrito a los trabajadores de la obra solamente, siendo reversible o irreversible el daño a ocasionar en función del grado de afectación por el accidente. Si los accidentes ocurriesen, se considera un impacto negativo directo de moderado nivel.

Los vehículos pesados a ser usados en las obras producirán emisiones de gases (NOx, CO, SO2) y partículas; así mismo dichas maquinarias y el uso de herramientas (martillo y comba, cortadora, esmeriles, etc.) producirán emisiones de ruido al ambiente que podrían ser percibidas por las zonas aledañas afectando la fauna local.

Además estos vehículos podrían generar molestias a los peatones y transeúntes que pasen por el lugar para ello se tendrá que tener en cuenta la señalización con carteles y avisos preventivos de seguridad.

Dichas emisiones serán locales de corto alcance, directas, pudiendo causar molestias en los propios trabajadores; aunque temporales y reversibles. Por ello se considera que el impacto negativo será insignificante.

Todo ello generará empleo directo (área de influencia indirecta) durante el tiempo de ejecución que dure la etapa obra, produciéndose un impacto positivo en el aspecto socio-económico de la población, que podría incrementarse en la medida que el personal contratado pueda ser de la zona.

5.1.2. Etapa de Post Inversión (operación y mantenimiento)

En esta etapa la mayoría de impactos serán positivos para el medio ambiente dado Las medidas que se implementarán para el cierre del botadero estarán enfocadas a limitar lo máximo posible la generación de nuevos agentes contaminantes que pudieran seguir afectando al área del botadero y a conseguir, de esta manera, recuperar dicha área con el paso de los años.

Para la operación y mantenimiento del área serán necesarios la contratación de personal capacitado en disposición final de residuos. Todo ello permitirá la generación de empleo local, lo que implica impactos positivos socioculturales al distrito de Yauyos. Se desarrollarán las charlas de sensibilización y de capacitación al personal, enfatizando la importancia e interrelación de la protección del ambiente y del estado de la salud. Esta es una parte fundamental ya que se debe concientizar al personal que labore en el relleno sanitario dado que ellos serán los pilares principales para evitar la afectación en el ambiente

En este acápite analizaremos cada uno de las actividades de operación para detectar cuáles podrían ser los posibles impactos.

5.1.2.1. Actividad de monitoreo de Asentamientos diferenciales y condiciones de la cubierta final.

En esta etapa los impactos principales serian a la seguridad y salud de los trabajadores y estos son:

- Caídas de Personas a diferente nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Suspensión de Particulas.
- Ruido.
- Caída de árboles y arbustos por desenraizamiento.
- Atropellos por vehículos de supervisión.

5.1.2.2. Actividad de monitoreo de Estabilidad de taludes.

En esta etapa los impactos principales serian a la seguridad y salud de los trabajadores y estos son:

- Deslizamiento y desprendimiento de tierras.
- Caídas del personal a diferente nivel.
- Caídas del personal al mismo nivel.
- Desprendimiento de los taludes por vibraciones al transitar vehículos.
- Suspensión de Particulas.
- Ruido.
- Caída de árboles y arbustos por desenraizamiento.

5.1.2.3. Actividad de monitoreo de los lixiviados, monitoreo de cuerpos de agua y aguas de infiltración.

Los efluentes (líquidos lixiviados) generados provienen de residuos confinados, las mismas que serán canalizadas para su adecuado tratamiento (para este caso el lixiviado captado será bombeado a un contenedor y trasladado al nuevo relleno sanitario. El grado del impacto será medio dado que es inevitable la generación de líquidos lixiviados, sin embargo serán correctamente conducidos para el

tratamiento y con el tiempo se provee que se deje de producir lixiviado ya que no ingresara más materia ni agua que motive la producción de este.

Al haber canalizado el lixiviado se evitara que este contamine más el suelo y subsuelo del área recuperada, esto generara un impacto positivo para el ambiente.

Lo que si se debe asegurar es que al momento de llevar a cabo monitoreo de lixiviados el personal se encuentre con todos los equipos de protección personal para salvaguardar su seguridad y salud, estos riesgos pueden ser:

- Contactos con liquidos agresivos.
- Sobreesfuerzos por posturas incorrectas.
- Contactos eléctricos.
- Inalacion de gases tóxicos.
- Atrapamiento de extremidades.
- Explosión y quemaduras por el mas uso del generador electrico y de la electrobomba.

5.1.2.4. Actividad de monitoreo de biogás.

Todas las emisiones producidas por los residuos como los gases (SO2, CO2, CH4) serán captados y tratados mediantes de las chimeneas de venteo. Durante esta etapa se ha considerado como impacto positivo de ponderación media para el medio ambiente, pues la combustión de los gases producidos por los residuos que ya no sean liberados directamente al ambiente mejoraran la calidad de la columna de aire que se desplaza sobre el botadero.

También hay que tener en cuenta el uso adecuado de equipos de protección personal dado que puede existir los siguientes riesgos a la seguridad y salud durante la actividad de monitoreo de biogás:

- Caídas al mismo y/o distinto nivel.
- Contactos con liquidos agresivos.
- Sobreesfuerzos por posturas incorrectas.
- Incendio del pozo de venteo o del quemador por acumulacion de gases.
- Contactos eléctricos.
- Inalación de gases tóxicos.
- Atrapamiento de extremidades.
- Explosión y quemaduras por el mas uso del quemador de gases o chimenea.
- Explosión y quemaduras por el mas uso del generador electrico y de la electrobomba.

5.1.3. Gestión del riesgo climático durante toda la etapa de vida del proyecto

Como mencionamos en el apartado 2.1.13. Riesgos naturales y cambio climatico la principal afectación será las posibles inundaciones por las temporadas de lluvias, por ello y como forma de prevencion todas las cunetas han sido sobredimensionadas, de manera que el caudal efectivo es sensiblemente mayor al caudal de diseño. Estas medidas permitirán además reducir las necesidades de mantenimiento de las cunetas, evitando que el rendimiento de estas pueda verse mermado en caso de eventos extremos.

5.2. Resumen de los impactos al ambiente identificados

A continuación se describe los principales impactos ambientales del proyecto en cada una de sus etapas:

Tabla 29. Resumen de posibles elementos ambientales afectados

Etapas	Aspecto ambiental	Descripción del impacto
Etapa de inversión (construcción de obra)	Aire / calidad	En cuanto a la calidad del aire por un lado que se ha considerado el material particulado y la producción de gases resultado del ingreso de vehículos que de forma esporádica ingresarán materiales y herramientas.
	Aire / ruido	El impacto es producido por las obras de movimiento de tierras. El movimiento de maquinaria para realizar los desplazamientos de material causa inevitablemente ruido.
	Cultural / estilo de vida	Debido a la necesidad de contratar mano de obra esto generara un impacto positivo en el lugar por la creación de puestos de trabajo. Se prevé un impacto negativo bajo debido al tráfico o molestias en el transito normal de los peatones.
	Humano / salud e higiene	Los trabajadores de la obra podrían estar expuestos a riegos propios de la construcción como es el caso de caídas, golpes, tropiezos, cortes, etc. Que podrían poner en riesgo su salud y calidad de vida.
Etapa de post inversión (operación y mantenimiento)	Suelos / calidad de los suelos	Las actividades de recuperación causaran un impacto positivo por la colocación y mantenimiento de la cobertura vegetal, también los residuos al estar adecuadamente confinados dejaran de afectar las capas de suelo.

Etapas	Aspecto ambiental	Descripción del impacto
	Agua / calidad de las aguas subterráneas	Con la construcción de un sistema de recolección de lixiviados se reduce la posibilidad de contaminar aguas subterráneas preservando su calidad.
	Agua / calidad de las aguas superficiales	Con la construcción de un sistema de recolección de aguas pluviales e impermeabilización de la masa de residuos se evita que el agua de lluvia se mezcle con el residuo y sea arrastrado hacia aguas superficiales lo que reduce la posibilidad de contaminarlas y preservando su calidad.
	Aire / calidad	Con la obra totalmente construida y operando se prevé que los gases que antes eran liberados directamente a la atmosfera serán captados y tratados de manera adecuada mejorando la calidad del aire de la zona
	Cultural / estilo de vida	Al recuperar el área del botadero se impacta de manera positiva sobre el estilo de vida de las personas dado que cambia el mal aspecto que tenían del lugar, además la operación y mantenimiento del lugar generara la creación de un puesto de trabajo.
	Cultural / paisaje	Concluida la obra, se recuperara la belleza del entorno, reintegrando la antigua zona del botadero al paisaje preexistente.

Etapas	Aspecto ambiental	Descripción del impacto
	Humanos / salud e higiene	Cuando la obra de recuperación se encuentre operando, los residuos confinados adecuadamente y tratados los lixiviados y gases, se mejora la calidad de vida y salud de las poblaciones del área de influencia. Los trabajadores del área podrían sufrir accidentes propios de sus labores, tropiezos, cortes, caídas son algunos de los impactos a la salud que podrían tener de no contar con las medidas adecuadas de seguridad.

Fuente: Equipo de Formulación, 2016

5.2.1. Etapa Inversión (Construcción de obra)

Los variables ambientales identificadas son:

5.2.1.1. Calidad del aire

Se prevé un impacto negativo bajo debido al material particulado y la generación de gases.

5.2.1.2. Ruido

Se prevé un impacto negativo bajo debido al ruido generado por los vehículos y las maquinarias.

5.2.1.3. Estilo de vida

Se prevé un impacto negativo bajo debido al tráfico o molestias en el transito normal de los peatones. Por otro lado la obra generara un impacto positivo medio debido a la creación de puestos de trabajo local.

5.2.1.4. Salud e higiene

Se prevé un impacto negativo medio a la seguridad e higiene de los trabajadores de la obra por riesgos propios de las actividades de construcción.

5.2.2. Etapa Post Inversión (Operación y mantenimiento)

Los variables ambientales identificadas son:

5.2.2.1. Calidad de los suelos

Se prevé un impacto positivo medio debido a que los residuos al estar confinados y adecuadamente tratados los lixiviados dejaran de afectar el suelo.

5.2.2.2. Calidad de las aguas subterráneas

Se prevé un impacto positivo medio debido a que los residuos al estar confinados y adecuadamente tratados los lixiviados se prevendría una posible contaminación las aguas subterráneas.

5.2.2.3. Calidad de las aguas superficiales

Se prevé un impacto positivo medio debido a que los residuos al estar confinados y con una capa de impermeabilización se prevendría que estos se combinen las aguas superficiales.

5.2.2.4. Calidad del aire

Se prevé un impacto positivo medio debido a que los gases generados por los residuos confinados serán tratados antes de ser expulsados al ambiente.

5.2.2.5. Estilo de vida

La obra generará un impacto positivo alto en la calidad de vida de las personas ya que se dejará de utilizar el botadero para dar pase a la recuperación del entorno.

5.2.2.6. Paisaje

La obra recuperara la belleza paisajística del lugar.

5.2.2.7. Salud e higiene

Al encontrarse los residuos confinados, los lixiviados y gases tratados adecuadamente estos dejaran de afectar a la salud de las personas que viven en el área de influencia del botadero.

Se prevé un impacto negativo bajo a la seguridad e higiene de los trabajadores del área por riesgos propios de las actividades de monitoreo, los cuales son prevenibles si se aplica de manera adecuada el manual de seguridad y salud.

Tabla 30. Identificación de posibles elementos ambientales afectados

Variable ambiental	Aspecto ambiental	Atributo	Impactos Etapa de inversión		Impactos Etapa de post inversión	
			Positivos	Negativos	Positivos	Negativos
Variables físicas	Suelo	Calidad de los suelos	-	-	M	-
		Disponibilidad del recurso suelo	-	-	-	-
		Geomorfología del suelo	-	-	-	-
	Agua	Calidad de la aguas subterráneas	-	-	M	-
		Calidad de las aguas superficiales	-	-	M	-
	Aire	Calidad del aire	-	B	M	-
		Ruido	-	B	-	-
Variables bióticas	Flora	Cobertura vegetal	-	-	-	-
		Diversidad	-	-	-	-
	Fauna	Diversidad	-	-	-	-
Variable social	Cultural	Estilo de vida	M	B	A	-
		Paisaje	-	-	A	-
	Humanos	Salud e higiene	-	M	A	B

B: Impacto bajo, M: Impacto medio, A: Impacto Alto. El guion (-) significa que no hay afectación del medio.

Fuente: Equipo de Formulación, 2016

6. PLAN DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS

En el presente capítulo se proponen las medidas que se deberán implementar para evitar, reducir y/o mitigar los impactos ambientales negativos identificados en la Tabla 30, del proyecto de Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín, como objetivos fundamentales de las estrategias propuestas.

En base a la identificación anticipada de los impactos ambientales originados por las actividades del proyecto, se ha establecido un conjunto de recomendaciones que se deben implementar. como por ejemplo el plan de manejo de lixiviados que se ha elaborado para prevenir, reducir y mitigar cualquier peligro causado por el lixiviado.

La Estrategia de Manejo Ambiental resulta en gran medida de la combinación acertada de esta serie de acciones (operacionales y complementarias) a fin de garantizar un adecuado desarrollo del proyecto,

sin perjuicio del ambiente y la salud de la población. Los instrumentos de la estrategia que permitan el cumplimiento de los objetivos ambientales del estudio son:

Tabla 31. Medidas de prevención, mitigación y corrección

Etapas	Aspecto ambiental	Descripción de la medida	Plan de prevención, mitigación y corrección
Etapa de inversión (Construcción de obra)	Aire / calidad	Para evitar las partículas en suspensión se recomienda humedecer el terreno previamente a los trabajos de obras preliminares, corte, excavaciones, movimiento de tierras, conformación de capa entre otros.	Manual de seguridad y salud de obra
	Aire / ruido	Los trabajadores deberán contar tapones antiruido, los vehículos pesados deberán contar con silenciadores para reducir la emisión de ruido al entorno. Realizar las actividades en horarios diurnos preferentemente.	Manual de seguridad y salud de obra
	Cultural / estilo de vida	La obra constructiva requerirá mano de obra y servicios de diferente nivel de especialización, para lo cual se dará preferencia al capital humano local distrital y provincial en la medida de lo posible, a través de los medios de comunicación con que se cuente u otros mecanismos de convocatoria disponibles en la zona. La circulación dentro y fuera de la obra se realizará por rutas debidamente señalizadas. Se le deberá de explicar mediante talleres informativos a la población sobre el plan de cierre y recuperación de la zona del botadero. Se deberá de implementar un buzón de quejas y sugerencias para que cualquier inquietud, queja o agravio causado por el operador a la población sea resuelta a la brevedad posible por la municipalidad.	Lineamientos de intervención social / Manual de seguridad y salud de obra / Plan de manejo de Lixiviados
	Humano / salud e higiene	Todo personal que realice trabajos en esta etapa dentro de las instalaciones del proyecto deberá poseer sus implementos de seguridad tales como casco, anteojos protectores,	Manual de seguridad y salud de obra

		protectores auditivos, botas de seguridad y otros de acuerdo al caso.	
Etapa de post inversión (operación y mantenimiento)	Humanos / salud e higiene	En general, el caso de las labores de operación los trabajadores podrían estar expuestos a situaciones de riesgo o sufrir accidentes por: cortes, golpes, contusiones, gases, etc. Para lo cual deben contar con todos sus equipos de protección personal y debidamente capacitados para operar el área recuperada (ver manual de seguridad y salud de operación y mantenimiento).	Manual de seguridad y salud para operación y mantenimiento / Plan de manejo de lixiviados

Fuente: Equipo de Formulación, 2016

Es preciso indicar que el reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos (D.S. 057-2004-PCM) en el Artículo 8.- Autoridades Municipales menciona "La municipalidad, tanto provincial como distrital, es responsable por la gestión y manejo de los residuos de origen domiciliario, comercial y de aquellos similares a éstos originados por otras actividades. Además el articulo 80 indica en el punto 5. Funciones específicas compartidas de las municipalidades distritales: 5.1. Administrar y reglamentar, directamente o por concesión el servicio de agua potable, alcantarillado y desagüe, limpieza pública y tratamiento de residuos sólidos, cuando esté en capacidad de hacerlo.

Por lo tanto la responsable de aplicar los planes de mitigación planteados será la municipalidad distrital de Yauyos. Además:

A partir del año 2014 en el registro del Sistema Integrado de Administración Financiera (SIAF) se ha implementado la ejecución de gasto de la Categoría Presupuestal 0036: Gestión de Integral de Residuos Sólidos que han usado las fuentes de FONCOMUN, Impuestos Municipales, Recursos Directamente Recaudados y Canon, según se aprecia a continuación:

Tabla 32: Gastos en Gestión Integral de Residuos Sólidos (En soles) – 2014

Concepto	Ingresos	Ejecución en Gestión Integral de Residuos Sólidos	%
Fondo de Compensación Municipal	1,094,812	1,470	0.13%
Canon y Sobrecanon, Regalías, Renta de Aduanas y Participaciones	595,635	10,884	1.83%

Fuente: Consulta amigable MEF

La tabla anterior, evidencia la posibilidad del uso de estas fuentes para actividades relacionadas a la Gestión Integral de Residuos, por lo tanto en los próximos años se tendrá que programar en el presupuesto anual el monto estimado de operación y mantenimiento con cargo a FONCOMUN, Impuestos Municipales, o Canon.

Además se debe de suscribir el convenio donde la municipalidad se compromete en la retención de los recursos para tal fin.

Por tanto la Municipalidad Distrital de Yauyos cuenta con los recursos suficientes para hacerse cargo del costo de Operación y Mantenimiento del presente proyecto donde se incluye los planes de mitigación.

Además el Plan de intervención social (Anexo 2 del presente documento) reforzará la capacidad municipio para realizar el seguimiento a los planes de mitigación con las capacitaciones que recibirán el personal municipal en temas ambientales.

7. PLAN DE MONITOREO

El propósito principal del Programa de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos, donde se encuentra incluido el botadero Macón Sur es conseguir, en la medida de lo posible, restaurar las áreas que se han visto afectadas por el inadecuado manejo de dichos residuos, ante la inexistencia de una infraestructura adecuada para su disposición.

Una vez resuelto el problema inicial de la falta de la mencionada infraestructura, con la construcción del nuevo relleno sanitario, los residuos se dejarán de depositar en el botadero.

Las medidas que se implementarán para el cierre del botadero estarán enfocadas a limitar lo máximo posible la generación de nuevos agentes contaminantes que pudieran seguir afectando al área del botadero y a conseguir, de esta manera, recuperar dicha área con el paso de los años.

En este documento se establecen las operaciones de control y monitoreo que serán necesarios para garantizar que las medidas correctoras ejecutadas mantienen su eficiencia durante el periodo especificado de post-clausura, estableciendo los parámetros de control para su evaluación.

Estos controles permitirán también evaluar la evolución de la estabilización de la materia orgánica del residuo (principal fuente de generación de agentes contaminantes) así como la potencial afectación de dichos contaminantes al medio. Todos los indicadores que se recojan servirán para mejorar la Norma.

Todas las analíticas descritas en este documento y sus correspondientes muestreos deberán ser realizados por laboratorios acreditados por INDECOPI.

7.1. Estrategia de Monitoreo Ambiental

El horizonte del proyecto se ha establecido en 10 años, por lo que al final del mismo se debería poder establecer si se ha cumplido con el propósito de recuperar el área del botadero. Para ello se debería comparar el grado de contaminación del área del botadero en el momento de la clausura con la situación al final del periodo de 10 años.

Para establecer una línea base en el momento de la fase de Inversión, se realizará un control del aire, suelo y cuerpos de agua durante el expediente siguiendo la metodología establecida en la ECA, para determinar la situación inicial. Al final de los 10 años (horizonte del proyecto) se volverán a realizar de nuevo los análisis para poder determinar el grado de recuperación (total o parcial) del área afectada. Se recomienda hacer otras dos analíticas en el año 3 y el año 5 para determinar la evolución de la recuperación pretendida.

Para todos los casos deben realizarse correlaciones de los resultados obtenidos en las diferentes analíticas, por si hubiera irregularidades, determinar las causas y plantearse modificar la frecuencia o los parámetros a analizar.

Los monitoreos ambientales serán llevados a cabo por una empresa consultora que será contratada por la Municipalidad Distrital de Yauyos.

7.1.1. ECA suelos

Para el estudio de calidad del suelo se deberían analizarán todos los parámetros establecidos en la Norma.

Debido a los bajos recursos económicos de los que dispone la Municipalidad de Yauyos, se hace necesario descartar este ensayo para garantizar la sostenibilidad del proyecto, dado que es uno de los ensayos de costo más elevado.

Aun así, la tomografía eléctrica 2D confirma que no ha habido migración del lixiviado fuera de las trincheras, por lo que se puede decir que la afectación del suelo habrá sido muy baja o nula.

7.1.2. ECA aire

Para el estudio de calidad del aire se analizarán todos los parámetros sin excepción, puesto que dichos compuestos pueden encontrarse en el aire, ya sea provenientes de los procesos de descomposición de la materia orgánica, como de la combustión del biogás del botadero.

Así, los parámetros a analizar serán los siguientes:

Tabla 33. Monitoreo de aire

Parámetros	Metodología	Periodo	Valor ug/m³
Dióxido de azufre (SO2) (µg/m3)	Fluorescencia UV (método automático)	24 horas	80
Benceno (µg/m3)	Cromatografía de gases	Anual	4
Hidrocarburos Tot. (HT) expres. como Hexano (mg/m3)	Ionización de la llama de hidrógeno	24 horas	100
Material Partic. menor a 10 micras (µg/m3)	Separac. inercial /filtración (gravimetría)	Anual	50
		24 horas	150
Material Partic menor a 2,5 micras (µg/m3)	Separac. inercial /filtración (gravimetría)	24 horas	50
Hidrógeno Sulfurado (H2S) (µg/m3)	Fluorescencia UV (método automático)	24 horas	1150
Monóxido de carbono	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)	8 horas	10000
		1 hora	30000
Dióxido de Nitrógeno	Quimioluminiscencia	Anual	100
		1 hora	200
Ozono	Fotometría UV	8 horas	120
Plomo	Espectrofotometría de absorción atómica	Anual	0,5
		Mensual	1,5

Fuente: Estándares de calidad Ambiental (ECA) para aire - Decreto Supremo N° 003 - 2008 – MINAM.

Tal como se ha explicado, este análisis se debería realizar en el años 0, el año 3, el año 5 y el año 10. Se tomarán dos puntos de muestreo.

7.1.3. ECA agua

Para el estudio de calidad del agua se deberían analizarán todos los parámetros sin excepción, puesto que dichos compuestos pueden encontrarse en los cuerpos de agua si el lixiviado llegase a afectarles.

Dado que en durante la fase de ensayos no se han detectado cuerpos de agua que puedan estar afectados por los residuos depositados en el botadero, no se han considerado su monitoreo.

7.2. Control post-clausura

Independientemente del monitoreo ambiental, que es necesario realizar para evidenciar los beneficios de la clausura del botadero, se hace imprescindible realizar periódicamente diferentes controles que permitirán ir supervisando que la alternativa de cierre está funcionando, garantizando que el residuo se va estabilizando y que los contaminantes han dejado de afectar al área del botadero.

7.2.1. Asentamientos diferenciales y condiciones de la cubierta final.

La causa principal de la rotura o fallos en el sistema de sellado viene provocada por la aparición de asientos diferenciales producidos en la masa de residuos. Por ello es importante realizar el control de los asentamientos producidos, para establecer si son asumibles o no por el sistema de sellado y tomar las medidas correctoras que se estimen oportunas.

Como en el botadero de Macón Sur existen columnas de residuo y taludes superiores a 5 metros, no será suficiente con una inspección visual. Personal capacitado controlará periódicamente (semanalmente en invierno y mensualmente en verano) el estado de la cobertura final con el propósito de identificar grietas y áreas descubiertas debido a los asentamientos diferenciales y por la erosión respectivamente. La presencia del deterioro de la cubierta también representa un problema de infiltración de agua y generación de lixiviados, además de propiciar la migración vertical del biogás a través de caminos preferenciales.

Además, se verificarán los asentamientos diferenciales mediante placas de control:

- Se construirán testigos con cemento (100x100 cm) a cada 50 m.

- Se efectuará la nivelación inicial mediante un punto de referencia fijo, registrando esta información con la fecha y niveles.

-Se realizará un control semestral de posibles asentamientos de la red placas mediante uso de GPS en modo RTK (Real Time Kinematic).

7.2.2. Estabilidad de taludes.

Las condiciones de un botadero recuperado son muy variables y heterogéneas. Durante la etapa de post clausura, la morfología del botadero puede evolucionar por ejemplo en base a los cambios de peso de los residuos sólidos y la cubierta, la humedad, los cambios en la cohesión de los residuos sólidos por la biodegradación o el cambio del ángulo de reposo de los taludes por los asentamientos diferenciales.

Aunque durante la fase de proyecto se lleva a cabo un estudio detallado de la estabilidad de los taludes, los problemas de estabilidad derivados de las condiciones anteriores son imprevisibles. Estos fallos pueden derivar en problemas de afloramiento de los residuos, accidentes a los operarios etc.

Los taludes construidos en el botadero “Macón Sur” presentan un coeficiente de seguridad alto. A pesar de ello, dado la altura considerable de los taludes que lo forman, es necesario adoptar medidas especiales de identificación de potenciales inestabilidades, tales como sistemas de monitoreo a base de los testigos. Para ello, se georreferenciarán también los testigos construidos para el control de los asentamientos diferenciales, incluyéndose la medición de los desplazamientos en los ejes X y Z, al igual que el Y (medido para el control de los asentamientos)

Además, serán necesarias inspecciones visuales realizadas por personal capacitado, con el objetivo de identificar los posibles problemas de inestabilidad. La periodicidad de las inspecciones será semanalmente en invierno y mensualmente en verano con el objetivo de descubrir grietas o posibles indicadores de deslizamientos.

7.2.3. Monitoreo de los lixiviados.

El control de los lixiviados está orientado a hacer el seguimiento, tanto de los parámetros contaminantes, como de aquellos que pueden dan información acerca del proceso de estabilización del residuo.

Los puntos de muestreo de los lixiviados serán la poza de acumulación de lixiviado y uno de los pozos (chimeneas), construidos en el interior del botadero. Se elegirá aquel que esté más alejado de la trinchera perimetral de recogida de lixiviados.

Se realizará una analítica completa incluyendo todos los parámetros cada año. La frecuencia de estas analíticas debería ser semestral, debido a las importantes diferencias climatológicas entre las estaciones de verano e invierno, pero los limitados recursos de la Municipalidad de Yauyos hace necesaria disminuir la frecuencia a una al año, para garantizar la sostenibilidad del proyecto. Las muestras se deberán tomaren verano, que es la estación donde las lluvias no afectarán a las muestras.

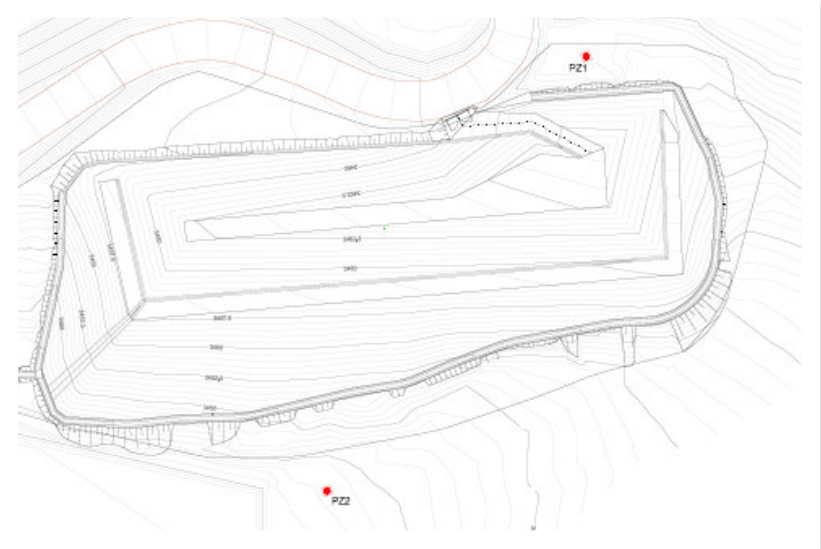
Además, se instalará también un testigo de control de posibles fugas junto a la poza de lixiviados, de manera que se pueda detectar alguna filtración de lixiviado que tuviese como origen dicha poza. El pozo de control deberá ser controlado semanalmente para determinar si se observa lixiviado en su interior, que pudiera venir de alguna fuga de la poza de almacenamiento.

7.2.4. Monitoreo de aguas de infiltración

La supervisión de las aguas es necesaria para detectar cambios en la calidad del agua que pudieran producirse a causa del escape de los lixiviados y de los gases del botadero.

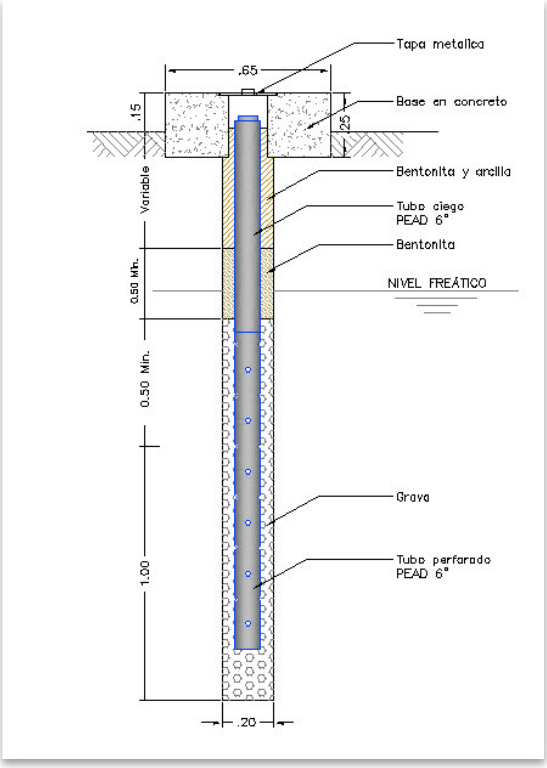
Dado que en durante la fase de ensayos no se han detectado cuerpos de agua que puedan estar afectadas por los residuos depositados en el botadero, no se han considerado su monitoreo. Aun así, se aconseja la construcción de un sondeo de control, en la parte superior del botadero. Ese sondeo tiene como misión detectar la posible contaminación por lixiviados que se pudieran detectar en aguas de infiltración. La imagen a continuación muestra la localización del sondeo.

Figura 36. Localización del sondeo de control



Fuente: Equipo de Formulación, 2015.

Figura 37. Detalle del sondeo de control



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

En el plan de seguimiento y control se tomarán muestras en el sondeo.

Tal y como se ha explicado anteriormente, se realizará una analítica reducida, con los siguientes parámetros: DBO, DQO, pH, conductividad, cloruros, amonio.

Siguiendo el mismo criterio que para el resto de analíticas de control, la frecuencia será anual.

7.2.5. Monitoreo del biogás

El monitoreo del biogás está principalmente orientado observar cómo va disminuyendo la concentración de metano (CH4) en éste, consecuencia de la estabilización de la materia orgánica contenida en el residuo depositado en el botadero de la estabilización de la materia orgánica.

Se contempla la toma de muestras anual en una de las chimenea de evacuación del biogás, que dispondrá de un punto habilitado para la tomo de muestras. Sobre la muestra se analizarán los parámetros descritos a continuación.

Tabla 34. Monitoreo de gases

Parámetro	Metodología
CH_4 (% en volumen)	Cromatografía de gases
CO_2 (% en volumen)	Cromatografía de gases
O_2 (% en volumen)	Cromatografía de gases

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

7.3. Frecuencia de los monitoreos

En la siguiente tabla, podemos observar la frecuencia con la cual se deberán de hacer los monitoreos en el área recuperada, estos monitoreos fueron acordados con la Dirección general de calidad ambiental del Ministerio del Ambiente:

Tabla 35. Frecuencia de monitoreos Ambientales

	Años de Operación y Mantenimiento									
Ensayo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ECA Aire			X		X					X
Analítica Biogás	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Analítica Lixiviados	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Analítica aguas de infiltración	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

7.4. Costos de los monitoreos ambientales

A continuación se presenta una tabla con los costos de monitoreo ambiental para la etapa de operación y mantenimiento:

Tabla 36. Costos de los monitoreos ambientales

Monitoreo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
ECA Aire			S/.9,400.00		S/.9,400.00					S/.9,400.00
Analítica Biogás	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00
Analítica Lixiviados	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00	S/.3,000.00
Analítica aguas de infiltración	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00	S/. 800.00
Viáticos	S/.4,500.00	S/.4,500.00	S/.4,500.00	S/.4,500.00	S/.4,500.00	S/.4,500.00	S/.4,500.00	S/.4,500.00	S/.4,500.00	S/.4,500.00
Total	**S/. 10,300.00**	**S/.10,300.00**	**S/.19,700.00**	**S/.10,300.00**	**S/.19,700.00**	**S/.10,300.00**	**S/.10,300.00**	**S/.10,300.00**	**S/.10,300.00**	**S/.19,700.00**

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

7.5. Manejo de datos – informe de seguimiento y control

Todos los datos que se obtengan de las analíticas deberán ser adecuadamente confirmados y controlados para asegurar que pueden ser utilizados con confianza. Para ellos se archivará el tipo, instalación y localización de los sondeos, piezómetros, se identificarán los equipos utilizados, las muestras y los resultados de los análisis.

Las muestras recogidas pueden verse afectadas por contaminación debido a las suciedad de los equipos, perdidas de constituyentes volátiles por cambios de presión y/o agitación y conservación inadecuada de las muestras. Es necesario que el diseño del muestreo y análisis incluya los procedimientos y técnicas para la recogida de muestras, la conservación de éstas y los procedimientos de análisis. Dado el nivel de capacitación de este tipo de muestreo, se recomiendo que sea realizado directamente por técnicos de las empresas o laboratorios que realizarán las analíticas, pues es personal ya acostumbrado y capacitado para la toma y manejo de muestras con garantía.

Se deberá realizar un informe con cada una de las campañas de muestreos, incluyendo resultados, metodología, equipos, informe del laboratorio y el histórico de los muestreos anteriores, para poder visualizar la evolución de todos los parámetros.

Este informe se deberá remitir a la Dirección General de Calidad Ambiental para su control.

7.6. Final de los monitoreos y controles

Tal y como se ha explicado, el final del monitoreo ambiental del se establece a los 10 años, pues ese ha sido el horizonte que se ha establecido para el Proyecto; ese será el momento en el que se deberá de evaluar los beneficios del proyecto, valorando la disminución de la contaminación del área afectada durante este periodo.

A pesar de que el horizonte del Proyecto esté establecido a 10 años, se debe recordar que hay la obligación de mantener el programa de operación, mantenimiento y los controles, tanto para verificar la no existencia de contaminantes que puedan afectar al medio así como para obtener indicadores que permitan mejorar la Norma.

Así, mientras haya una evidencia fehaciente de la presencia de lixiviados y de biogás, se deben mantener los controles, así como los trabajos de operación y mantenimiento, debido al riesgo potencial de que pueda persistir la contaminación.

8. PARTICIPACIÓN PUBLICA

8.1. Análisis de involucrados

En la localidad de Yauyos, existen niveles importantes de organización y participación social en los actuales procesos de desarrollo. El gobierno local municipal es un actor importante en este escenario,

así como las diversas instituciones educativas, centro de salud, las organizaciones sociales de base y la propia población organizada.

Dada la naturaleza del proyecto de recuperación de áreas degradas por residuos sólidos en el distrito de Yauyos; la participación de las entidades involucradas gira en función de los agentes relacionados con el problema que se pretende solucionar.

Es por ello que en esta parte del estudio se trata de identificar a todos los actores involucrados en el proceso de desarrollo del proyecto vinculados con el problema o la solución que se plantee, identificando los diversos intereses y expectativas, además de consensuar alianzas en torno a los intereses comunes, poniendo especial atención a los aspectos sociales que podrían presentarse al momento de establecer la alternativa de solución al problema.

Para mayor detalle se puede revisar el *anexo 2 (Lineamientos de intervención social)* del presente documento.

8.2. Metodología desarrollada

En la metodología de desarrollo de proyectos en el marco del sistema nacional de proyectos de inversión pública del país, no se pudo ubicar como referencia una metodología específica para proyectos de recuperación de áreas degradas por residuos sólidos; en tal sentido se ha utilizado como referencia la guía para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de servicios de limpieza pública, a nivel de perfil. La citada guía establece la metodología en el módulo 3 y la complementa con el anexo 06, donde también hace una referencia al tipo de informe y su estructura que debe ser presentado como sustento del trabajo realizado.

Explicado ello, el diagnóstico o análisis de los involucrados, tiene por propósito analizar las formas de cómo cada sector de la población, sector de usuarios o zona geográfica del o los centros poblados, se ven afectados por la situación negativa existente y lo manifiesten de una manera participativa y democrática; además, este diagnóstico permite conocer qué sectores de la población son los más afectados con la situación actual, cuáles son sus intereses y niveles de influencia para la solución del problema. Igualmente, analizar a las entidades públicas y/o privadas que podrían apoyar en la ejecución del proyecto y en la posterior operación y mantenimiento.

Para el presente diagnóstico o análisis de involucrados se planifico ejecutar una metodología participativa que consta de los siguientes instrumentos explicados en el siguiente cuadro:

Tabla 37. Análisis de involucrados. Metodología participativa

Instrumento	Propósito
Entrevistas no estructurada a funcionarios municipales	En la primera visita de campo se visitó el área del botadero a clausurar y en las oficinas de la municipalidad se realizó una reunión con los funcionarios a cargo de la disposición final de los residuos sólidos, para recoger información relacionada al proyecto.
Taller de involucrados	Taller convocado por la municipalidad, donde invita a todos los actores involucrados pre identificados; o que podrían tener algún interés con el proyecto, ya sea con el problema o su solución. El taller consta de dos partes una expositiva y otra de trabajo grupal. Su objetivo es entregar información sobre el proyecto y retroalimentar la información con los aportes de los asistentes. Se desarrolló dos trabajos grupales: Identificación de problemas e identificación de involucrados clave.
Encuesta de percepción dirigida a los asistentes al taller	Encuesta estructurada, que recoge la opinión o percepción de las personas asistentes al taller sobre el problema o solución que pretende abordar el proyecto.
Entrevista estructurada a involucrados clave	Dentro de la metodologia empleada para realizar un adecaudo diagnóstico o análisis de involucrado se considero la aplicacion de entrevistas estructuradas a los involucrados clave identificados en el taller, cuyo propósito principal es la de informarles y conocer la opinión y compromiso que asumirá su institución que se vincula de alguna forma con el proyecto.
Trabajo de gabinete	Luego de la visita en campo se sistematizó la información recopilada y se reviso la documentación existente sobre e proyecto de la fase uno que considera la ejecución de un sistema integral de residuos sólidos.

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

8.3. Identificación de los involucrados

En el trabajo desarrollado se ha podido identificar a los siguientes involucrados, el cual detallamos en el siguiente cuadro según su tipo de involucramiento con el proyecto.

Tabla 38. Cuadro resumen de la participación de los involucrados*

Involucrado	¿Cómo se involucra con el proyecto?
Ministerio del Ambiente	Es el ente rector en materia ambiental del país.
Gobierno Regional de Junín	Entidad estatal que tiene jurisdicción territorial con autonomía y competencias en materia ambiental y de quien depende la Dirección Regional de Salud (DIRESA).
Sector Salud - DIRESA	Vigila el manejo de los residuos de acuerdo a las medidas previstas en la Ley y el Reglamento de residuos sólidos dentro de su jurisdicción.
Puesto de Salud Yauyos	Brinda información de salud de la población más cercana al área de estudio y vela por la salud de las personas que pudiesen verse afectados por el botadero.

Municipalidad Provincial de Jauja	Son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos, en todo el ámbito de su jurisdicción, efectuando las coordinaciones con el gobierno regional correspondiente para promover la ejecución, revalorización o adecuación de la infraestructura para el manejo de los residuos sólidos así como la erradicación de los botaderos.
Municipalidades Distrital de Yauyos	Supervisar los aspectos técnicos del manejo de Residuos Sólidos y otros deberes señalados y otros señalados en el Artículo 10° del Decreto Legislativo N° 1065 que modifica la Ley General de Residuos Sólidos. Corresponde ser la unidad formuladora del proyecto, responsable de registrarlo en el banco de proyectos del SNIP.
Gobernación Distrital de Yauyos	Actúa en representación directa del Presidente de la República. Está obligado a cumplir y hacer cumplir la Constitución y las leyes; participa activamente en los procesos de desarrollo de la localidad.
Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL - Jauja) Instituciones Educativas del distrito de Yauyos	Contribuir en las tareas de educación ambiental de la localidad introduciéndolo en la currículo de aprendizaje local
Población	Participa como afectado y beneficiario del proyecto
Medios de comunicación y periodistas locales	Contribuyen a mejorar la comunicación y difusión de las actividades del proyecto

Fuente: Diagnóstico de impacto social del proyecto.

El análisis desarrollado ha permitido identificar a los involucrados afectados por el problema y su solución, el cual se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 39. Involucrados afectados por el problema

Involucrado	Problemas	¿Cómo se identificó el problema?
Ministerio del Ambiente	Contaminación ambiental por áreas degradadas por residuos sólidos	Se identificó en el taller de involucrados
Gobierno Regional de Junín	Deterioro de la calidad ambiental de su jurisdicción	Se identificó en la revisión de información secundaria
Sector Salud DIRESA Puesto de Salud Yauyos	Incremento de enfermedades derivadas de la contaminación del ambiente en el distrito	Se identificó en la aplicación de las entrevistas estructuradas a involucrados clave
Municipalidad Provincial de Jauja	Inadecuado manejo y operación del área de disposición final de los residuos sólidos municipales en su jurisdicción	Se identificó en la aplicación de las entrevistas estructuradas a involucrados clave

Municipalidad distrital de Yauyos	Percepción negativa de la población debido a que los residuos sólidos recolectados por el Municipio son acumulados en un botadero	Se identificó en el taller de involucrados
Gobernación Distrital de Yauyos	Inexistencia de una adecuada infraestructura de disposición final de residuos sólidos	Se identificó en la aplicación de las entrevistas estructuradas a involucrados clave
Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL - Jauja) Instituciones Educativas del distrito de Yauyos	Desconocimiento de los riesgos ambientales asociados a la inadecuada disposición final de los residuos	Se identificó en la aplicación de las entrevistas estructuradas a involucrados clave
Población Barrios aledaños o colindantes con el área del botadero y con la vía de acceso	Disconformidad por el servicio de limpieza pública que brinda la municipalidad distrital y en especial con la existencia del botadero	Se identificó en el taller de involucrados
Medios de comunicación y periodistas locales	Escasa información de temas ambientales relacionado a la gestión de residuos sólidos	Se identificó en el taller de involucrados

Fuente: Diagnóstico de impacto social del proyecto

Tabla 40. Involucrados afectados por la solución

Involucrado	Problema	¿Cómo se identificó el problema?
Población: Barrios aledaños o colindantes con el área del botadero y con la vía de acceso	Exposición temporal a tráfico de vehículos de maquinaria pesada durante la etapa de clausura del botadero	Se identificó en el taller de involucrados
	Exposición temporal a material particulado (polvo), durante la etapa de clausura del botadero, movimiento de tierras	

Fuente: Diagnóstico de impacto social del proyecto

8.4. Identificación de beneficiarios

Los beneficiarios del presente proyecto, es la misma población proyectada al 2017 por el PIP de mejoramiento y ampliación de la gestión integral de los residuos sólidos del distrito de Yuyos, (Fase 1) y que se convierte en el año cero del presente proyecto.

A continuación se detalla en la siguiente tabla una comparación de beneficiarios del presente proyecto en relación al proyecto de la primera fase.

Tabla 41. Población beneficiaria de la primera fase del proyecto de gestión integral de residuos solidos

Alcance	Tipo de proyecto	Beneficiarios proyectados al año 2017
Habitantes pertenecientes a la población del distrito de Yauyos proyectada al año 2017	PIP gestión integral de residuos sólidos (fase 1)	10053 (*)
	PIP recuperación de área degradada por residuos sólidos (fase 2)	10053

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

8.5. Percepción de los involucrados

Dado que durante el proceso del desarrollo del proyecto es de gran importancia la participación plena de la población y sus autoridades, se ha realizado un estudio social y un proceso de participación ciudadana en la localidad de Yauyos, confirmando el interés y prioridad que tienen los actores locales respecto a la problemática de los residuos sólidos. Esto se documenta en el informe del taller de involucrados desarrollado el 28 de enero del 2015.

Tomando en consideración de que se trata de un botadero, las condiciones de manejo son aceptables, debido a que no se aprecia una disposición incontrolada de residuos ni afecciones reseñables al medio ambiente.

Luego de desarrollar los talleres y encuestas se obtuvo los siguientes resultados:

a) Según la encuesta aplicada a los asistentes al taller de involucrados, el 96% no está de acuerdo que los residuos se arrojen en un botadero, evidenciando con ello su disconformidad con la actual situación

b) El 52% asocia como problemas derivados del botadero, situaciones que afectan a la salud de las personas y al ambiente; pero un 39% de los asistentes solo lo asocia como un problema ambiental.

c) El 48% de los encuestados en el taller, asocia como causa principal de la existencia de un botadero, el desinterés de la municipalidad, autoridades locales y población. Solo un 26% lo asocia como responsable directo a la municipalidad.

d) Un sectorrepresentativo de la población del distrito de Yauyos tiene un conocimiento limitado sobre la mejor forma de manejar los residuos en la etapa de disposición final y de los impactos realies que puede ocacioanra la salud de las personas y al ambiente; ello es una dificultad que debe ser superada a través de campañas de información y sensibilización.

e) En resumen el 70% de los encuestados en el taller, manifiesta estar a favor del cierre del botadero; dicha situación nos da una idea de la percepción que tiene la población y pone de manifiesto su nivel de conciencia y conocimiento de la real magnitud del problema, con respecto a los niveles de afectación de los impactos generados por la presencia del botadero, ello amerita brindar una información veraz y oportuna a la población para evitar posibles conflictos u

No disponible en versión pública para mantener la privacidad de los participantes

asistentes al taller de involucrados durante el desarrollo de los grupos de trabajo y de las entrevistas estructuradas a los involucrados clave. A continuación se muestra en el siguiente cuadro un listado de los posibles conflictos que pueden presentarse en ambas etapas del desarrollo del proyecto:

Tabla 43. Posibles conflictos en la etapa de inversión

Posible conflicto	Actores	Mitigación
Expectativa de empleo	Entre pobladores, la municipalidad y la empresa contratista	Promocionar la Contrata de mano de obra local sobre todo al personal de mano de obra no calificada
Percepción sobre cambios en la calidad de la tierra	Entre agricultores colindantes con el botadero, el municipio y la empresa contratista	La Recuperación del Área Degradada mejorara la calidad de las tierras agrícolas del lugar
Malestar por la exposición temporal a tráfico de vehículos de maquinaria pesada que generara material particulado (polvo), sobre todo en el movimiento de tierras durante la etapa de clausura del botadero.	Entre la población cercana o colindante con la vía de acceso al botadero, con el municipio y la empresa contratista	Se contempla el almacenamiento provisional de agua para riego durante el movimiento de tierras para evitar material particulado en el aire durante la etapa de clausura del botadero

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Con respecto a los conflictos en la etapa de inversión, podemos decir que estos seran atendidos por el componente de apropiadas prácticas de la población, que considera activiades como spot de difusión, talleres, boletines impreson, afices, baners, etc.

Tabla 44. Posibles conflictos en la etapa de operación y mantenimiento

Posible conflicto	Actores	Mitigación
Percepción de la población que el estado no cumple lo que promete	Entre pobladores y la municipalidad	Actividades de supervisión por parte de las entidades involucradas y Beneficiarios
Percepción que no se está realizando un buen trabajo y se sigue contaminando		

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

8.8. Sin presencia de recicladores en el botadero

El acceso al botadero está restringido por una tranquera y solo se permite el acceso al personal autorizado por parte de la municipalidad. Se logró identificar a 3 obreros, uno de ellos está en planilla y los otros dos son contratos por locación de servicio, que se renueva cada mes. Uno de los tres es el guardián y los otros dos realizan las labores propias de confinamiento de los residuos del botadero. Como consecuencias de estas medidas de control que realiza el municipio no se evidencia la presencia de recicladores en el botadero.

8.9. Mecanismos de Participación Ciudadana a desarrollar

8.9.1. Talleres informativos

Se realizara talleres participativos para población con la finalidad de exponer que se viene realizando los estudios técnicos y ambientales en el marco del proyecto Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín – Análisis Ambiental. En este taller informativo asistirán los especialistas sociales del equipo técnico para socializar de forma sucinta que actividades se desarrollarán, además se tendrá que levantar una serie de información primara a través de encuestas, entrevistas y fichas de observación, formatos que se aplicarían a líderes y dirigentes locales, además de algunos pobladores, por tratarse de una zona que se ubica en el área de influencia indirecta del proyecto.

Los comuneros y sus representantes deberán expresar a los especialistas todas las opiniones y comentarios de preocupación e inquietudes por la propuesta de Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín – Análisis Ambiental. En esta reunión se brindará de correcta y adecuadamente la información en referencia a las características y condiciones del relleno sanitario para evitar generar un escenario de conflicto social además de las percepciones de las diversas comunidades y/o sectores.

8.9.2. Reuniones de información y consulta.

Es necesario organizar reuniones garantizando la participación de las comunidades, con el objetivo de escuchar sus opiniones, expectativas y concertar acciones conjuntas en beneficio del proyecto.

8.9.3. Encuestas de opinión.

Se deberán de realizar encuestas de percepción a la población para poder obtener una serie de datos estadísticos los cuales nos servirán como indicadores de resultados obtenidos a causa de los talleres y reuniones realizadas.

8.9.4. Entrevistas de percepción y observación directa.

Esto proporcionara una serie de datos (insumos) cualitativos que nos permite una aproximación al contexto social y reconocer algunas particularidades la información que se facilite debe ser interpretada en su contexto y requiere ser validada para ser representativa.

8.9.5. Acceso de la población a resúmenes ejecutivos y al contenido del análisis ambiental.

Las Autoridades locales, líderes, dirigentes y personas interesadas en el proyecto deben poder acceder a resúmenes ejecutivos, estudios y contenidos; es cierto que puede haber información sólo de uso y conocimiento interno, pero cuando se trata de datos de contexto socio-ambiental los contenidos deben ser públicos y de fácil acceso. Poner trabas o volver engorroso este proceso resta credibilidad a toda gestión, liderazgo y posicionamiento institucional, condiciones que son indispensables para llevar adelante un proyecto para el manejo integral de residuos sólidos, que de por sí genera desconfianza en la población por el temor de contaminación ambiental.

8.9.6. Buzón de sugerencias, quejas, reclamos o agravios

Se deberá de implementar un Sistema de Atención de Solicitudes, Quejas, Reclamos, y Sugerencias del proyecto, cuya finalidad es dar atención y respuesta oportuna a las demandas de información o reclamos de los actores sociales para una gestión transparente, incorporación de cambios o modificaciones para una mejor implementación de la propuesta, y sobre todo la prevención de conflictos.

Este procedimiento de quejas y reclamos es una gran oportunidad para la prevención de conflictos sociales, anticipar posibles escenarios de confrontación entre los gestores de un proyecto y actores locales, llámese comunidades; pues siempre habrá un choque de ideas e intereses particulares, lo que no quiere decir que una de las partes es intransigente o busca un resultado de “ganar-ganar” como parte de toda negociación.

Lo que ocurre es que cada grupo social tiene una opinión que emitir y muchas veces no encuentra los espacios de participación ciudadana donde argumentar un cuestionamiento o simplemente solicitar una aclaración respecto a una iniciativa de desarrollo, que ciertamente presenta un mayor nivel de resistencia cuando se trata de una obra de estructura, básicamente por el tema medio ambiental.

Es importante asegurar que toda solicitud presentada emita una respuesta al ciudadano en el plazo más breve, tal vez el reclamo o queja no proceda para cambiar un ítem de la propuesta, pero lo mínimo que se debe hacer son explicar las razones que argumentan un punto o criterio del proyecto, citar algunos ejemplos y experiencias exitosas, y mostrar escenarios con y sin un manejo integral de residuos sólidos.

Por otra parte, un buzón de Información y Recepción de Consulta permanente es un medio útil para conocer la percepción de los actores sociales involucrados; no obstante, este mecanismo de atención al ciudadano debe posicionarse como un espacio al servicio de aquellos que normalmente no pueden ejercer su derecho a la libre opinión. Tal vez esta opinión no se base en criterios técnicos o ambientales, pero tal vez se trate de un cuestionamiento fundado en experiencias pasadas y acuerdos no cumplidos, que nos pueden dar indicios de un contexto social algo reticente por una gestión anterior poco comunicativa, dialogante y concertadora.

8.9.7. Visitas guiadas al área de instalaciones del proyecto.

Esta iniciativa es muy importante, organizar visitas guiadas a las instalaciones del proyecto permitirá demostrar, como se dice, en vivo y en directo, que se vienen cumpliendo todos los criterios técnicos y ambientales que se anunciaron durante la fase previa a la implementación del proyecto.

Será necesario que se programen estas visitas una vez que ya se este operando el area recuperada, primero para demostrar que lo dicho durante las fases previas era cierto, no se está incumpliendo algún criterio de seguridad, y la protección del medio ambiente es de interés primordial; y segundo, que se pueden organizar pasantías para que representantes de otras regiones interesados en esta tecnología conozcan una experiencia exitosa, la comenten y sobre todo se convenzan que la recuperación de areas degradadas, es primordial en nuestro pais por la cantidad de botaderos que se tienen en el pais.

8.9.8. Monitoreo participativo.

Ya se tuvo una primera experiencia de monitoreo participativo durante los estudios de campo en Yauyos, allí se dijo que era importante continuar con estas iniciativas y convocar a un mayor número de representantes comunales, para que puedan dar testimonio que las acciones realizadas cumplen una serie de medias técnicas para los muestreos de aire, ruido y agua.

En este sentido, como resulta poco didáctico que estos monitoreos basales se hagan frente a un grupo demasiado numeroso, porque se pierde la explicación y hace difícil que todos puedan ver de cerca la metodología para la toma de muestras; la opción es que se formen Comités de Vigilancia Ciudadana, que cada cierto tiempo soliciten a los operadores del proyecto que cuando se realicen monitoreos y demás estudios que determinen que se han reducido los niveles de contaminación ambiental, con el objetivo de demostrar el estado previo y posterior al funcionamiento del area recuperada.

Estos comités de vigilancia serán los ojos y oídos de las comunidades que viven adyacentes al terreno, siempre que lo soliciten y previa coordinación, se les debe convocar para que participen de toda actividad orientada a garantizar el cumplimiento de estándares ambientales, facilitándoles de manera

oportuna los resultados de cualquier muestreo que se haga, a través de los medios más adecuados para que la información proporcionada sea de fácil entendimiento para aquellos que no son profesionales o conocedores del tema.

9. MANUAL DE SEGURIDAD Y SALUD

Para la etapa de inversión y la etapa de operación y mantenimiento del proyecto de “Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín”, hemos definido un manual de seguridad y salud (Anexo 1, del presente documento), donde se ha identificado la existencia de riesgos y consecuentemente se han establecido las medidas adecuadas para mitigarlos, reducirlos o eliminarlos, evaluando en cada caso la eficacia de las soluciones adoptadas. Se han hecho las previsiones e indicaciones oportunas para que los trabajos se desarrollen con seguridad.

Se ha definido la prevención asistencial y las pautas de actuación en caso de accidente laboral desarrolle correctamente. Así mismo, se ha determinado información y divulgación de los métodos de trabajo adecuados para evitar los accidentes laborales.

Se han dictado las condiciones técnicas que deben cumplir los equipos de protección colectiva e individual a utilizar durante la obra, y los procedimientos de trabajo de obligado cumplimiento en las distintas unidades de obra descritas.

En cualquier caso, concluimos que todo lo anteriormente descrito en los manuales de seguridad y salud, no es efectivo sin la implicación de todos los participantes en el proceso de ejecución de la obra. Para ello se destaca la importancia de concienciar adecuadamente a los trabajadores de la necesidad de trabajar con seguridad y evitar así los riesgos laborales.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Conclusiones

- Se ha ubicado y localizado de manera adecuada el espacio geográfico donde se desarrollara el proyecto esto nos sirvió para determinar las características físicas y biológicas del medio y del área de influencia, se ha identificado a la población del área de influencia del proyecto, sus características económicas sociales y culturales toda esta información nos sirvió para evaluar cuáles serán los posibles impactos negativos y positivos del proyecto a ejecutar.

- Se ha identificado el marco legal y regulatorio del proyecto a ejecutarse esto nos sirve para determinar cuáles son las responsabilidades, obligaciones deberes y derechos de los entes involucrados (autoridades nacionales, locales y población).

- Se han reconocido los impactos positivos y negativas del proyecto en todas sus etapas podemos llegar a concluir que los impactos negativas más importantes al ambiente durante toda la etapa de vida del proyecto solo afectaran a la calidad del aire (partículas en suspensión, gases y ruidos), un cambio en el estilo de vida por el tráfico o molestias en el transito normal de los peatones, por otro lado la obra generara un impacto positivo medio debido a la creación de puestos de trabajo local, y a la seguridad e higiene de los trabajadores de obra y operación por riesgos propios de las actividades de construcción y monitoreo del área recuperada.

- Se puede concluir que los impactos positivos de esta obra a largo plazo sobresalen sobre cualquier impacto negativo de corto plazo (obra u operación) que pudiera generar esta misma, sobre todo, porque tenemos que recordar que la obra trata de la recuperación de un área degradada por residuos sólidos la cual su objetivo final es generar un estado de resiliencia del medio afectado por residuos sólidos. Impactos positivos como: Mejora de la calidad de los suelos, prevención de contaminación de aguas subterráneas y superficiales, mejora de la calidad del aire, recuperación de la belleza paisajística del lugar, los residuos confinados dejaran de afectar a la salud de las personas que viven en el área de influencia del botadero además mejorara la calidad de vida de los pobladores circundantes al área.

- Se han definidos los medidas de mitigación de las posibles impactos negativos generados por la obra resulta en gran medida abarca de la combinación acertada de una serie de acciones (operacionales y complementarias) a fin de garantizar un adecuado desarrollo del proyecto, sin perjuicio del ambiente y la salud de la población.

10.2. Recomendaciones

- Las medidas de mitigación de impactos propuestas deben ser cumplidas de carácter obligatorio para poder reducir, o eliminar cualquier impacto negativo posible de la obra a ejecutar, además En cualquier caso, todo lo anteriormente descrito, no es efectivo sin la implicación de todos los participantes en el proceso de ejecución de la obra. Para ello se destaca la importancia de concienciar adecuadamente a involucrados en el proyecto.
- Se recomienda la realización de talleres con todos los entes involucrados para difundir el presente informe de análisis ambiental y que se haga de conocimiento público para que la gente sepa de los beneficios para la población y el medio ambiente que el presente proyecto de Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín.

11. ANEXOS

Av. Santo Toribio 173. Vía central 125, Torre Real 08,
Piso 16, Oficina 1639. San Isidro, Lima 27, Perú
Tel. +51 1 710 3252 www.idp.com.pe

RECUPERACIÓN DEL ÁREA DEGRADADA POR RESIDUOS SÓLIDOS "MACÓN SUR", COMUNIDAD CAMPESINA DE TAMBO, DISTRITO DE YAUYOS, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNÍN

Documento: MANUAL DE SEGURIDAD Y SALUD – ETAPA DE INVERSION

Titular: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)

Emplazamiento: Lima, Perú

Referencia: 00950

Fecha 01 de Marzo del 2016

Tabla de Contenido

1. Objetivo del Manual de Seguridad y Salud 6

2. Marco legal y normativo 6

3. Descripción de la obra 7

3.1. Unidades constructivas 8

3.1.1. Obras preliminares 8

3.1.2. Movimiento de tierras. 8

3.1.3. Sellado del área a recuperar. 8

3.1.4. Construcciones complementarias: canal pluvial, vía de acceso, cerco perimétrico. 8

3.1.5. Construcción de sistema de evacuación y gestión de lixiviados. 9

3.1.6. Construcción de sistema de evacuación y gestión de gases. 9

3.2. Plazo de ejecución de la obra. 9

4. Estudio de riesgo y medidas preventivas 9

4.1. Riesgo y medidas preventivas en Obras preliminares. 10

4.2. Riesgo y medidas preventivas en Movimiento de tierras. 10

4.3. Riesgo y medidas preventivas en el Sellado del área a recuperar 11

4.4. Riesgo y medidas preventivas en Construcciones complementarias: canal pluvial, vía de acceso, cerco perimétrico. 13

4.5. Riesgo y medidas preventivas en Construcción de sistema de evacuación y gestión de lixiviados. 14

4.6. Riesgo y medidas preventivas en Construcción de sistema de evacuación y gestión de gases. . 14

4.7. Riesgo y medidas preventivas en Maquinarias 15

4.8. Riesgos de daños a terceros y medidas preventivas 18

5. Equipos de protección personal (EPP) 18

6. Protecciones colectivas 21

6.1. Señales de seguridad: 21

6.2. Señales normalizadas de tráfico, paneles direccionales, , conos, balizas luminosas: 21
6.3. Cinta de seguridad: 21
6.4. Brigada de Seguridad: 21
6.5. Plataformas de trabajo: 21
6.6. Extintores: 21
7. Formación y medicina preventiva. 22
7.1. Formación e Información. 22
7.2. Medicina Preventiva 22
7.2.1. Botiquines 22
7.2.2. Asistencia a accidentados y primeros auxilios 22
7.2.3. Evaluación primaria del accidentado 23
7.2.4. Valoración secundaria del accidentado 24
8. Disposiciones mínimas generales para disminuir los riesgos en el predio. 26
8.1. Estabilidad y solidez 27
8.2. Instalaciones de suministro y reparto de energía 27
8.3. Vías y salidas de emergencia 27
8.4. Detección y lucha contra incendios 28
8.5. Ventilación 28
8.6. Exposición a riesgos particulares 28
8.7. Temperatura 29
8.8. Iluminación 29
8.9. Puertas y portones 29
8.10. Vías de circulación y zonas peligrosas 30
8.11. Muelles y rampas de carga 30
8.12. Espacio de trabajo 30

8.13. Primeros auxilios 30

8.14. Servicios higiénicos 31

8.15. Locales de descanso o de alojamiento 31

8.16. Disposiciones varias 32

9. Conclusiones 32

10. anexos 33

1. OBJETIVO DEL MANUAL DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente manual de “Seguridad y salud" tiene por objetivo establecer, durante la estapa de inversión (construcción de obra) las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como las instalaciones y equipos preceptivos de higiene y bienestar de los trabajadores.

2. MARCO LEGAL Y NORMATIVO

A nivel nacional contamos con la “LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO” ley N° 29783, dada en la Casa de Gobierno, en Lima, a los diecinueve días del mes de agosto del año dos mil once por el Presidente Constitucional de la República Ollanta Humala Tasso dicha ley se encuentra reglamentada por el decreto supremo Nº 005-2012-TR.

Ley cuyos principios son:

I. PRINCIPIO DE PREVENCIÓN

El empleador garantiza, en el centro de trabajo, el establecimiento de los medios y condiciones que protejan la vida, la salud y el bienestar de los trabajadores, y de aquellos que, no teniendo vínculo laboral, prestan servicios o se encuentran dentro del ámbito del centro de labores. Debe considerar factores sociales, laborales y biológicos, diferenciados en función del sexo, incorporando la dimensión de género en la evaluación y prevención de los riesgos en la salud laboral.

II. PRINCIPIO DE RESPONSABILIDAD

El empleador asume las implicancias económicas, legales y de cualquier otra índole a consecuencia de un accidente o enfermedad que sufra el trabajador en el desempeño de sus funciones o a consecuencia de el, conforme a las normas vigentes.

III. PRINCIPIO DE COOPERACIÓN

El Estado, los empleadores y los trabajadores, y sus organizaciones sindicales establecen mecanismos que garanticen una permanente colaboración y coordinación en materia de seguridad y salud en el trabajo.

IV. PRINCIPIO DE INFORMACIÓN Y CAPACITACIÓN

Las organizaciones sindicales y los trabajadores reciben del empleador una oportuna y adecuada información y capacitación preventiva en la tarea a desarrollar, con énfasis en lo potencialmente riesgoso para la vida y salud de los trabajadores y su familia.

V. PRINCIPIO DE GESTIÓN INTEGRAL

Todo empleador promueve e integra la gestión de la seguridad y salud en el trabajo a la gestión general de la empresa.

VI. PRINCIPIO DE ATENCIÓN INTEGRAL DE LA SALUD

Los trabajadores que sufran algún accidente de trabajo o enfermedad ocupacional tienen derecho a las prestaciones de salud necesarias y suficientes hasta su recuperación y rehabilitación, procurando su reinserción laboral.

VII. PRINCIPIO DE CONSULTA Y PARTICIPACIÓN

El Estado promueve mecanismos de consulta y participación de las organizaciones de empleadores y trabajadores más representativos y de los actores sociales para la adopción de mejoras en materia de seguridad y salud en el trabajo.

VIII. PRINCIPIO DE PRIMACÍA DE LA REALIDAD

Los empleadores, los trabajadores y los representantes de ambos, y demás entidades públicas y privadas responsables del cumplimiento de la legislación en seguridad y salud en el trabajo brindan información completa y veraz sobre la materia. De existir discrepancia entre el soporte documental y la realidad, las autoridades optan por lo constatado en la realidad.

IX. PRINCIPIO DE PROTECCIÓN

Los trabajadores tienen derecho a que el Estado y los empleadores aseguren condiciones de trabajo dignas que les garanticen un estado de vida saludable, física, mental y socialmente, en forma continua. Dichas condiciones deben propender a: a) Que el trabajo se desarrolle en un ambiente seguro y saludable. b) Que las condiciones de trabajo sean compatibles con el bienestar y la dignidad de los trabajadores y ofrezcan posibilidades reales para el logro de los objetivos personales de los trabajadores.

A nivel internacional se tiene por la norma OHSAS 18001 es una herramienta que ayuda a las empresas a identificar, evaluar, administrar y gestionar la salud ocupacional y los riesgos laborales como parte de sus prácticas normales de negocio. El manejo de riesgos antes que un gasto es una inversión.la OHSAS 18001 requiere que las empresas se comprometan a eliminar o minimizar riesgos para los empleados y a otras partes interesadas que pudieran estar expuestas a peligros asociados con sus actividades, así como a mejorar de forma continuada como parte del ciclo de gestión normal. La norma se basa en el conocido ciclo de sistemas de gestión de planear-hacer-verificar-actuar (PHVA) y utiliza un lenguaje y una terminología familiar propia de los sistemas de gestión.

3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Las obras objeto del presente Estudio de Seguridad y Salud, consisten en la ejecución de la Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín.

3.1. Unidades constructivas

3.1.1. Obras preliminares

Los trabajos de clausura del botadero “Macón Sur” considera la limpieza de todo el contorno del botadero, incluyendo los residuos dispersos por acción del viento, este paso incluye la deforestación de vegetación tanto arbustiva como arbórea en las áreas a trabajar, para evitar que las plantas pudieran dañar la lámina de bentonita.

También se delimitara el área a trabajar, colocación de cartel de obra, instalación de la caseta de campamento/guardianía, traslado de maquinaria pesada a usar en la construcción de la obra, aprovisionamiento del agua y manejo de aguas residuales mediante uso de baños portátiles.

3.1.2. Movimiento de tierras.

Se realizara cortes y relleno de tierras para establecer la configuración del área a recuperar, para ello se tomara en cuenta los taludes determinados en el estudio de estabilización de taludes.

3.1.3. Sellado del área a recuperar.

Para sellar el área se construirá:

Se realizará el refine y nivelación del terreno para colocar una capa de material de regularización para conformar la plataforma.

Sobre el terreno regularizado se colocara la Bentonita GCL con un coeficiente de permeabilidad inferior o igual a 10^{-9} m/s, considerando para ello actividades de anclaje del material.

Y sobre la capa de Bentonita, se colocará una capa de drenaje de aguas de lluvia de 20cm., para facilitar el escurrimiento del agua pluvial infiltrada.

La capa soporte estará constituida por dos capas: capa de cobertura de 30 cm de espesor y la capa de tierra vegetal de 20 cm de espesor.

Se considera revegetar el área sellada con arbustos propios de la zona.

3.1.4. Construcciones complementarias: canal pluvial, vía de acceso, cerco perimétrico.

Construcción de Canal Pluvial - Manejo y control de la escorrentía superficial para captar e impedir el reingreso o la afectación del área recuperada.

Vía de acceso al área recuperada. La adecuación del acceso requiere los siguientes movimientos de tierras.

- Conformación de la capa de rodadura: 30.56 m^3

Cerco perimetral y puerta de acceso: El recinto se cerrará por un cerco de altura mínima de 1,8. El cerco perimetral aislará la superficie restaurada del resto de infraestructuras adyacentes, limitando el acceso de cualquier persona no autorizada, al igual que impedirá el acceso de animales y vehículos que puedan dañar las infraestructuras construidas.

3.1.5. Construcción de sistema de evacuación y gestión de lixiviados.

Ante la imposibilidad de actuar en la impermeabilización del, el sistema de manejo de lixiviados comprende la construcción de un canal perimetral de recogida de lixiviados, construido en la parte del contorno del botadero donde dicho lixiviado migrará lateralmente de forma natural (base del talud). Adicionalmente, los pozos de biogás proyectados podrán emplearse para la extracción de lixiviado en aquellas zonas donde se aprecie acumulación.

3.1.6. Construcción de sistema de evacuación y gestión de gases.

Se construirá un sistema de venteo pasivo por chimeneas consisten en una perforación vertical de entre 0,6 metros de diámetro en el cuerpo del residuo, donde se instala una tubería perforada de 6” tipo Polietileno de alta densidad (PEAD) en posición central, ranurada con un área libre del 5 – 7 % y grosor de las ranuras de 3 a 20 mm. La tubería estará envuelta en material granular de protección, grava de machaqueo, de bajo contenido en carbonatos, diámetro 1-2” y conductividad hidráulica $> 1x10^{-3}$ m/s. La profundidad máxima del pozo será del 75% del espesor de residuos sólidos. En la parte superior del pozo se colocará un sello de bentonita (50 cm) que evite la salida descontrolada del biogás y/o la entrada de agua hacia el interior del mismo, siendo este último aspecto desfavorable para el adecuado venteo del gas, además de que se favorece la generación de lixiviados. La construcción de las chimeneas se terminará con tubería de polietileno de 6” sin perforar y la construcción de un quemador metálico que permita la oxidación del biogás y reducir de esta forma la emisión de gases de invernadero.

3.2. Plazo de ejecución de la obra.

El plazo de ejecución de la obra es de 4 meses.

4. ESTUDIO DE RIESGO Y MEDIDAS PREVENTIVAS

Reconoceremos los riesgos que pueden existir en cada una de las actividades de la obra y también determinaremos qué medidas se pueden tomar para prevenir cualquier accidente.

4.1. Riesgo y medidas preventivas en Obras preliminares.

a. Riesgos detectables más comunes:

- Atropellos, golpes, vuelcos de máquinas.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Vuelcos en las maniobras de carga y descarga.
- Suspension de Particulas.
- Ruido.
- Caída de árboles y arbustos por desenraizamiento.

b. Normas y medidas preventivas:

- Se inspeccionará detenidamente la zona de trabajo, antes del inicio de la explanación con el fin de describir accidentes importantes del suelo, objetos, etc. que pudieran poner en riesgo la estabilidad de las máquinas.
- Los árboles, de existir e interferir los trabajos, deben ser talados mediante moto-sierras. Una vez talados, mediante anclajes al escarificador, se puede proceder sin riesgo al arranque de la raiz, que deberá realizarse a marcha lenta para evitar el "tirón" y la proyección de objetos al cesar la resistencia.
- La maleza debe eliminarse mediante una hoz o siega y se evitará la quema de maleza.
- Para evitar la suspension de material particulado a causa del viento se recominda regar antes durante y despues de la excavación.
- Queda prohibida la circulación o estancia del personal dentro del radio de acción de la maquinaria.
- Todas las maniobras de los vehículos, serán guiadas por una persona, y su tránsito dentro de la zona de trabajo, se procurará que sea por sentidos constantes y previamente estudiados, impidiendo toda circulación junto a los bordes de excavación.
- Es imprescindible cuidar los caminos de circulación interna, cubriendo y compactando mediante escorias, o ripios todos los charcos de lodo, baches o huecos a causas de la circulación interna de vehículos.
- Todos los conductores de máquinas para movimiento de tierras serán poseedores del permiso de conducir y estarán capacitados para operar la maquinaria.

4.2. Riesgo y medidas preventivas en Movimiento de tierras.

a. Riesgos detectables más comunes:

- Deslizamiento y desprendimiento de tierras.
- Desprendimientos de tierras dentro del radio de acción de las máquinas.
- Atropellos, golpes, vuelcos por incorrectas maniobras.

- Caídas del personal desde los frentes de excavación.
- Inundaciones.
- Emanación de gases nocivos, ó tóxicos.
- Vuelco de la coronación de los taludes por sobrecarga.
- Vuelco de la coronación de los taludes por vibraciones al transitar próximos vehículos o máquinas.

b. Normas y medidas preventivas:

- Se protegerá con cinta de seguridad los bordes de la excavación, ubicándolas a un mínimo de 1 m. del corte superior.
- No se producirán cargas ni sobrecargas en el espacio de 2 m. medido desde el borde de corte superior hacia el terreno para evitar deslizamientos o vuelcos de los taludes.
- El frente y paramentos laterales de cada excavación serán inspeccionados como mínimo dos veces durante la jornada por el responsable de Obra o Encargado General, quienes al notar deficiencias en el terreno deberan de comunicarlo. En caso de urgencia adoptarán los medios de protección (apuntalamiento o entibación) necesarios.
- Las entibaciones urgentes se ejecutarán siguiendo la directriz expresa de la Dirección de Obra; el Jefe de Obra, en caso de evidente necesidad o ausencia de ésta; pondrán en práctica la solución adoptada, una vez conocidos los hechos que la originaron.
- Se utilizarán testigos que indiquen cualquier movimiento del terreno que suponga la existencia de un riesgo, pese a la realización de apuntalamientos y entibaciones. Redes tensas sobres los taludes actuarán perfectamente con este fin, al retener embolsando los desprendimientos de primera fase; actuarán como avisadores.
- Se prohíbe que circule personal dentro del radio de acción de las maquinas de excavación siempre que estén en funcionamiento.
- El acceso de los vehículos y personas al fondo de la excavación no será el mismo. Si por necesidad de operatividad no se pudiese hacer independiente, el de personal se protegerá con una valla y señalización de peligro, atendiéndose con mayor cuidado el estado de taludes y suelo.
- Todos los conductores de máquinas para movimiento de tierras serán poseedores del permiso de conducir y estarán capacitados para operar la maquinaria.

4.3. Riesgo y medidas preventivas en el Sellado del área a recuperar

a. Riesgos detectables más comunes:

- Caídas al mismo y/o distinto nivel (escaleras, plataformas, etc.).
- Generación excesiva de polvo.

- Proyección de partículas durante el trabajo.
- Sobreesfuerzos por posturas incorrectas.
- Accidentes de vehículos por exceso de carga o por mala conservación de sus mandos, elementos resistentes o ruedas.
- Caídas de material desde los vehículos
- Caída del personal desde los vehículos en marcha.
- Caídas al subir o bajar de los camiones.
- Accidentes del personal, por falta de responsable que mande cada maniobra de carga y descarga.
- Atropellos del personal en maniobras de vehículos.
- Accidentes en el vertido del material, al circular los camiones marcha atrás, (contactos de tendidos eléctricos).
- Peligro de atropellos por falta de visibilidad debido al polvo.
- Vibraciones sobre las personas.
- Suspension de Particulas
- Ruido puntual y ambiental.
- Golpes por las compactadoras (pisones, rulos).

b. Normas o medidas preventivas:

- Para evitar el riesgo de caídas se mantendrá la zona de trabajo limpia y ordenada
- En la manipulación de materiales, se deberán de considerar posiciones ergonómicas para evitar golpes, heridas y erosiones
- Para evitar lumbalgias, se procurará, en el transporte de materiales, que éste no supere los 30 kg.
- Durante los trabajos en altura no deben encontrarse otros operarios a niveles inferiores.
- La maquinaria y vehículos alquilados o subcontratados serán revisados antes de comenzar a trabajar en la obra, endebiendo contar con todos los elementos de seguridad de ley, y exigiéndose al día el libro de mantenimiento y el certificado que acredite, su revisión por un taller cualificado.
- Se prohíbe la marcha hacia atrás de los camiones con la caja levantada o durante la maniobra de descenso de la caja, tras el vertido de tierras, en especial, en presencia de tendidos eléctricos aéreos.
- Se prohíbe sobrepasar el tope de carga máxima especificado para cada vehículo
- Se prohíbe que los vehículos transporten personal fuera de la cabina de conducción y en número superior a los asientos existentes.
- Se regarán con frecuencia los tajos y cajas de los camiones para evitar polvaredas.
- Se señalizaran los accesos y recorridos de los vehículos

- Las maniobras de marcha atrás de los vehículos al borde de terraplenes, se dirigirán por personal especializado, en evitación de desplomes y caídas,
- Se señalizarán los accesos a la vía pública mediante señalización vial normalizada de peligro indefinido y "stop".
- Los vehículos subcontratados tendrán vigente el SOAT, el Carnet de Empresa y otros seguros a convenir, antes de comenzar los trabajos en la obra.
- Se advertirá al personal de obra mediante letreros divulgativos y señalización normalizada, de los riesgos de vuelco, atropello y colisión.
- La zona en fase de compactación quedará cerradas al acceso de las personas o vehículos ajenos a la compactación, en prevención de accidentes.
- Para evitar la suspension de material particulado a causa del viento se recominda regar antes durante y despues de la excavación.

4.4. Riesgo y medidas preventivas en Construcciones complementarias: canal pluvial, vía de acceso, cerco perimétrico.

a. Riesgos detectables más comunes:

- Caídas al mismo y/o distinto nivel.
- Heridas en extremidades por los tubos o vigueta de madera.
- Desplome de cortes, taludes o paramentos de las zanjas.
- Golpes por objetos desprendidos.
- Pisadas sobre materiales.
- Los derivados de trabajos realizados en ambientes húmedos o encharcados.
- Sobreesfuerzos por manejo de materiales y herramientas.
- Atrapamiento entre objetos.

b. Normas y medidas preventivas:

- Los acopios de tuberías se harán en el terreno sobre durmientes de reparto de cargas. Apilados y contenidos entre pies derechos hincados en el terreno lo suficiente como para obtener una buena resistencia. No se mezclaran los diámetros en los acopios..
- La presentación de tramos de tuberías en la coronación de las zanjas se efectuará a no menos de 2 m. de borde superior. En todo momento, permanecerán calzadas para evitar que puedan rodar
- Concluida la conexión de los tramos se procederá al cierre de la zanja por motivos de seguridad, enrasando tierras. Se dejarán las cotas necesarias para comprobar la estanqueidad de las conexiones que en todo momento, permanecerán rodeadas por cinta de seguridad.
- En la manipulación de materiales, se deberán de considerar posiciones ergonómicas para evitar golpes, heridas y erosiones

- Para evitar lumbalgias, se procurará, en el transporte de materiales, que éste no supere los 30 kg.

4.5. Riesgo y medidas preventivas en Construcción de sistema de evacuación y gestión de lixiviados.

a. Riesgos detectables más comunes:

- Caídas al mismo y/o distinto nivel.
- Heridas en extremidades por los tubos.
- Desplome de cortes, taludes de las zanjas.
- Golpes por objetos desprendidos.
- Pisadas sobre materiales.
- Los derivados de trabajos realizados en ambientes húmedos o encharcados.
- Sobreesfuerzos por manejo de materiales y herramientas.
- Atrapamiento entre objetos.

b. Normas y medidas preventivas:

- Los acopios de tuberías se harán en el terreno sobre durmientes de reparto de cargas. Apilados y contenidos entre pies derechos hincados en el terreno lo suficiente como para obtener una buena resistencia. No se mezclaran los diámetros en los acopios..
- La presentación de tramos de tuberías en la coronación de las zanjas se efectuará a no menos de 2 m. de borde superior. En todo momento, permanecerán calzadas para evitar que puedan rodar.
- Concluida la conexión de los tramos se procederá al cierre de la zanja por motivos de seguridad, enrasando tierras. Se dejarán las cotas necesarias para comprobar la estanqueidad de las conexiones que en todo momento, permanecerán rodeadas por cinta de seguridad.
- En la manipulación de materiales, se deberán de considerar posiciones ergonómicas para evitar golpes, heridas y erosiones
- Para evitar lumbalgias, se procurará, en el transporte de materiales, que éste no supere los 30 kg.

4.6. Riesgo y medidas preventivas en Construcción de sistema de evacuación y gestión de gases.

a. Riesgos detectables más comunes:

- Caídas al mismo y/o distinto nivel.
- Heridas en extremidades por los tubos.
- Desplome de cortes, taludes de las zanjas.
- Golpes por objetos desprendidos.
- Pisadas sobre materiales.

- Quemaduras durante los trabajos de soldadura.
- Los derivados de trabajos realizados en ambientes húmedos o encharcados.
- Sobreesfuerzos por manejo de materiales y herramientas.
- Atrapamiento entre objetos.

b. Normas y medidas preventivas:

- Los acopios de tuberías se harán en el terreno sobre durmientes de reparto de cargas. Apilados y contenidos entre pies derechos hincados en el terreno lo suficiente como para obtener una buena resistencia. No se mezclaran los diámetros en los acopios.
- La presentación de tramos de tuberías en la coronación de las zanjas se efectuará a no menos de 2 m. de borde superior. En todo momento, permanecerán calzadas para evitar que puedan rodar.
- Concluida la conexión de los tramos se procederá al cierre de la zanja por motivos de seguridad, enrasando tierras. Se dejarán las cotas necesarias para comprobar la estanqueidad de las conexiones que en todo momento, permanecerán rodeadas por cinta de seguridad.
- En la manipulación de materiales, se deberán de considerar posiciones ergonómicas para evitar golpes, heridas y erosiones
- Para evitar lumbalgias, se procurará, en el transporte de materiales, que éste no supere los 30 kg.
- Se vigilará en todo momento el buen estado de los equipos de soldadura
- Durante los trabajos en altura no deben encontrarse otros operarios a niveles inferiores.
- Durante la utilizacion de generadores electricos se debera garantizar que este se encuentre en perfectas condiciones para operar.
- Cuando se efectúe una interrupción en los trabajos se desconectará totalmente el grupo de soldadura.
- Los cables de conduccion eléctrica serán antihumedad y se empalmarán mediante conexiones estancas de intemperie y la protección externa debe estar en perfecto estado.
- Si los trabajos se realizan a la intemperie se suspenderán a causa de lluviasias.

4.7. Riesgo y medidas preventivas en Maquinarias

a. Riesgos detectables más comunes:

- Contactos con la energía eléctrica.
- Golpes por objetos o elementos de las máquinas.
- Atrapamiento entre objetos o por elemento de las máquinas.
- Formación de atmósferas tóxicas.
- Colisión entre vehículos.

- Atropello de personal por vehículos.
- Caída de vehículos por:
  - Cortes del terreno.
  - Rampas
  - Terraplenes.
- Explosión por trasiego de combustible.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Interferencias con conducciones subterráneas.
- Sobreesfuerzos, (mantenimiento)
- Ruido.
- Vibraciones.

b. Normas o medidas preventivas:

Camión Volquete, camión plataforma, camion semi trailer:

- La caja será bajada inmediatamente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha.
- Al realizar las entradas o salidas del predio lo hará con precaución, auxiliado por las señales de un miembro de la obra.
- Respetará todas las normas del Código de Circulación.
- Si por cualquier circunstancia tuviera que parar en la rampa de acceso el vehículo quedará frenado y calzado con topes.
- Respetará en todo momento la señalización de la obra.
- La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.
- Durante la carga se permanecerá fuera del radio de acción de las máquinas y debajo del camión.
- Antes de comenzar la descarga, tendrá echado el freno de mano.
- No permanecerá nadie en las proximidades del camión en el momento de realizar estas maniobras.
- Si se descarga material en las proximidades de la zanja se aproximará a una distancia máxima de 1 metro, garantizado ésta mediante topes.

Retroexcavadora, excavadora, tractor oruga:

- El personal de obra estará fuera del radio de acción de la máquina para evitar atropellos y golpes durante los movimientos de ésta o por algún giro imprevisto al bloquearse una oruga.
- Al circular lo hará con la cuchara plegada.
- Al finalizar el trabajo de la máquina, la cuchara quedará apoyada en el suelo o plegada sobre la máquina; si la parada se prolonga, se desconectará la batería y se retirará la llave de contacto.

- Durante la excavación del terreno en la zona de entrada al predio, la máquina estará calzada al terreno mediante sus zapatas hidráulicas.
- No permanecerá nadie en el radio de acción de la máquina.
- Al descender por la rampa, el brazo de la cuchara estará situado en la parte trasera de la máquina.

Rodillo liso vibratorio autopropulsado

- Deben utilizarse prioritariamente dispongan de marcado CE, declaración de conformidad y manual de instrucciones o que se hayan sometido a puesta en conformidad y certificación.
- Se recomienda que el rodillo esté dotado de avisador luminoso de tipo rotatorio o cirena.
- Ha de estar dotado de señal acústica de marcha atrás.
- Cuando esta máquina circule únicamente por la obra, es necesario comprobar que la persona que la conduce tiene la autorización, dispone de la formación y de la información específica y el manual instrucciones correspondiente.
- Garantizar en cualquier momento la comunicación entre el conductor y el encargado.
- Antes de iniciar los trabajos, comprobar que todos los dispositivos del compactador responden
- correctamente y están en perfecto estado: frenos, faros, intermitentes, etc.
- Para utilizar el teléfono móvil durante la conducción hay que disponer de un sistema de manos libres.
- Ajustar el asiento y los mandos a la posición adecuada.
- Girar el asiento en función del sentido de la marcha cuando el compactador lo permita.
- Asegurar la máxima visibilidad del compactador limpiando los retrovisores, parabrisas y espejos.
- Verificar que la cabina esté limpia, sin restos de aceite, grasa o barro y sin objetos descontrolados en la zona de los mandos.
- El conductor tiene que limpiarse el calzado antes de utilizar la escalera de acceso a la cabina.
- Subir y bajar del compactador únicamente por la escalera prevista por el fabricante.
- Para subir y bajar por la escalera, hay que utilizar las dos manos y hacerlo siempre de cara al compactador.
- Comprobar que todos los rótulos de información de los riesgos estén en buen estado y situados en lugaresvisibles.
- Verificar la existencia de un extintor en el compactador.
- Verificar que la altura máxima del compactador es la adecuada para evitar interferencias con elementos viarios o similares.
- Mantener limpios los accesos, asideros y escaleras.

Equipo de soldadura

- Revisar las conexiones de los cables a la maquina, positivo (pinza) y negativo (masa), tienen que estar bien ajustados en sus tomas.

- La toma de corriente para la máquina de soldar debe de estar en buenas condiciones (no tener los cables pelados).
- La zona de trabajo debe estar limpia y ordenada de esta manera evitaremos incendios por las chispas y accidentes por objetos que puedan hacernos tropezar, torceduras, etc.
- Buena ventilación para que no se acumulen los gases producidos por la soldadura.
- Tener un extintor y/o un cubo de agua o/y arena cerca por si surge un pequeño incendio, piensa que cuando estas con la careta de soldar no ves tú entorno, y es muy fácil que algo salga ardiendo. Más vale prevenir.

4.8. Riesgos de daños a terceros y medidas preventivas

a. Riesgos:

Derivan tanto por la circulación de los vehículos de transporte por carreteras públicas y en las intersecciones con éstas, como por la circulación de personal ajenas a la obra por su zona de influencia.

b. Medidas preventivas:

Se señalizará, de acuerdo con la normativa vigente, los puntos de salida y entrada de vehículos de obra a las carreteras y caminos, "tomándose las adecuadas medidas de seguridad que cada caso requiera.

Se señalizarán los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma, colocándose en su caso los cerramientos necesarios.

Se señalizará la existencia de zanjas abiertas, para evitar daños al tráfico y a las personas que hayan de atravesar la zona de las obras.

Se extremará la señalización global de obra mediante carteles que definan claramente los mensajes y órdenes, así como las prohibiciones expresas.

Se dispondrán cintas de seguridad y protección, carteles indicativos en los puntos de acceso a las zonas de trabajo, acopio, maquinaria, instalaciones, etc., cuando estuvieran situadas en pasos de peatones o vehículos.

5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

Estos se pueden definir como un conjunto de elementos y dispositivos diseñados para proteger las partes del cuerpo que se encuentran expuestos a riesgos durante el ejercicio de una labor. Los equipos basicos de proteccion para cualquier trabajador de la obra se mencionan a continuación.

- Casco de seguridad:

Cuando exista posibilidad de golpe en la cabeza, o caída de objetos.

- Pantalla de seguridad para soldadura:

Se empleará en los trabajos de soldadura.

- Gafas anti-impactos:

Para trabajos con posible proyección de partícula.

- Gafas anti-polvo:

Para utilizar en ambientes pulvígenos.

- Mascarilla de papel autofiltrante:

Se utilizará usando la formación de polvo durante el trabajo, no se pueda evitar por absorción o humidificación. Será desechable de un solo uso.

- Tapón antirruido:

En aquellos trabajos en que la formación del ruido sea excesiva. Será desechable de un solo uso por razones higiénicas.

- Cinturón de seguridad, clase A (sujeción):

Para todos los trabajos con riesgos de caída de altura será de uso obligatorio.

- Cinturón antivibratorio:

Para conductores de rodillo vibrador y toda máquina que se mueve por terrenos accidentados. Lo utilizarán también los que manejen Martillos Rompedores.

- Mameluco de trabajo:

Para todo tipo de trabajo a realizar en la obra. Se tendrán en cuenta las reposiciones a lo largo de la obra, según Convenio Colectivo aplicable.

- Traje impermeable:

Para días de lluvia o en zonas en que existan filtraciones o salpicaduras.

- Guantes de goma:

Cuando se manejen hormigones, morteros, yesos u otras sustancias tóxicas formadas por aglomerantes hidráulicos.

- Guantes de cuero:

Para manejar los materiales que normalmente se utilizan en la obra.

- Guantes aislantes de la electricidad:

Se utilizarán cuando se manejen circuitos eléctricos o máquinas que estén o tengan posibilidad de estar con tensión.

- Guantes para soldador en cuero:

Para trabajos de soldaduras.

- Manguitos para soldador en cuero:

Para trabajos de soldaduras.

- Polainas para soldador en cuero:

Para trabajos de soldaduras.

- Mandil de cuero:

Para los trabajos de martillos neumáticos y de soldadura.

- Botas impermeables al agua y a la humedad:

Se utilizarán en días de lluvia, en trabajos en zonas húmedas o con barro. También en trabajos de hormigonado cuando se manejen objetos pesados que puedan provocar aplastamientos en dedos de los pies.

- Botas de seguridad:

En todo trabajo en que exista movimiento de materiales y la zona de trabajo esté seca. También en trabajos de encofrado y desencofrado.

- Botas aislantes de la electricidad:

Para uso de los electricistas.

- Chaleco reflectante:

Se empleará por todo el personal que trabaje en carretera abierta al tráfico rodado, o en sus proximidades.

6. PROTECCIONES COLECTIVAS

Descritos los riesgos detectados a surgir en el transcurso de la obra, se prevé su eliminación mediante protecciones colectivas en aquellos casos en los que es factible, según la siguiente descripción:

6.1. Señales de seguridad:

Se dispondrán en los puntos más significativos en base al mandato o información que se quiera transmitir.

6.2. Señales normalizadas de tráfico, paneles direccionales, , conos, balizas luminosas:

Para organización del tráfico como consecuencia de la afectación de las obras a vías de circulación abiertas al tráfico y para la organización interna de obra.

6.3. Cinta de seguridad:

Para señalizar y balizar puntos o zonas de riesgo, por obstáculos o desniveles y como complemento a la correspondiente protección colectiva.

6.4. Brigada de Seguridad:

Para montaje, mantenimiento, reposición y desmontaje de las protecciones necesarias, así como de los medios de señalización y balizamiento.

6.5. Plataformas de trabajo:

Se dispondrá en elementos auxiliares para trabajos a nivel respecto al suelo o punto de apoyo.

6.6. Extintores:

Se dispondrán como sistema de protección contra incendios.

7. FORMACIÓN Y MEDICINA PREVENTIVA.

7.1. Formación e Información.

Todo el personal debe recibir al ingresar en la obra una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá emplear.

7.2. Medicina Preventiva

7.2.1. Botiquines

Se dispondrá de botiquines conteniendo el material especificado en el reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Se revisará periódicamente, reponiendo inmediatamente el material consumido.

El contenido botiquín será como mínimo:

- Algodón hidrófilo.
- Esparadrapo de diferentes tamaños.
- Apósitos adhesivos.
- Vendas de diferentes tamaños.
- Tiras de sutura por aproximación.
- Gasas estériles.
- Agua oxigenada.
- Alcohol.
- Desinfectante.
- Pomada antihistamínica para picaduras.
- Pomada antiinflamatoria.
- Paracetamol.
- Ácido acetilsalicílico.
- Guantes desechables .
- Tijeras.
- Pinzas.
- Banda elástica para torniquetes.
- Manta.

7.2.2. Asistencia a accidentados y primeros auxilios

Se informará en obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Se dispondrá en la obra, y en sitio bien visible" de una lista con los teléfonos y direcciones de los Centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de asistencia.

Consideramos como primeros auxilios aquellas actuaciones y técnicas que permiten la atención inmediata del accidentado de forma rápida y adecuada hasta la llegada de equipo asistencial sanitario, con objeto de no agravar las lesiones producidas.

Ante una situación de emergencia y la necesidad de socorrer a un accidentado establecemos las siguientes consideraciones:

- Conservar la calma.
- Evitar aglomeraciones.
- Dominar la situación.
- No mover al accidentado hasta que no se haya hecho una valoración primaria de su situación.
- Examinar al accidentado (signos vitales: conciencia, respiración, pulso, hemorragias, fracturas, heridas) para determinar aquellas situaciones que pongan en peligro su vida, de igual forma se indicará telefónicamente una descripción de la situación del herido con objeto de que las dotaciones sanitarias sean las necesarias (ambulancia de transporte, móvil).
- Si está consciente tranquilizar al accidentado.
- Mantener al accidentado caliente
- No dar nunca medicación.

7.2.3. Evaluación primaria del accidentado

Una vez activado el sistema de emergencia y a la hora de socorrer establecemos un método único que permita identificar las situaciones vitales o de emergencia médica, para ello siempre seguiremos este orden:

- Verificación de signos vitales: conciencia, respiración, pulso, con objeto de atenderlas lo más rápidamente posible, pues son las que pueden esperar la llegada del equipo médico y ponen en peligro la vida del accidentado.
- Ante una emergencia médica como es una parada cardio-respiratoria, es decir, cuando el accidentado sufre una interrupción brusca e inesperada y potencialmente reversible de su respiración y circulación espontánea, utilizaremos técnicas de reanimación: respiración artificial (boca-boca) si no respira y masaje cardiaco si no tiene latido.
- Ante un herido inconsciente con respiración y pulso se le colocará en posición lateral de seguridad.

7.2.4. Valoración secundaria del accidentado

Una vez que hayamos hecho la valoración primaria de la víctima y se haya comprobado que mantiene las constantes vitales (conciencia, respiración, pulso) examinaremos buscando lesiones que pudieran agravar, posteriormente, el estado general del accidentado.

Tendremos en cuenta por tanto las siguientes situaciones:

a. Existencia de hemorragias:

Ante la existencia de hemorragia nuestro objetivo, generalmente, es evitar la pérdida de sangre del accidentado, para lo cual actuaremos por:

Compresión directa (efectuaremos una presión en el punto de sangrado utilizando una cobertura lo más limpia posible).

Compresión arterial (de aplicación cuando falla la compresión directa y se suele utilizar en hemorragias en extremidades).

Si la hemorragia se produce en un oído nunca se debe detener la hemorragia.

b. Existencia de heridas:

Consideraremos que existe una herida cuando se produzca una rotura de la piel. Haremos una valoración inicial del accidentado, controlaremos los signos vitales, controlaremos la hemorragia si la hubiera y evitaremos posible shock. Después de haber considerado todo lo anterior actuaremos de la siguiente forma:

El socorrista deberá lavarse las manos y desinfectarlas con alcohol (de botiquín), se utilizará material estéril para prevenir infecciones, procederá a limpiar la herida con agua y jabón y con ayuda de una gasa (nunca algodón) empezando desde el centro a los extremos de la herida.

Se quitarán los restos de cuerpos extraños de la herida con ayuda de pinzas estériles (botiquín).

Finalmente se pincelará con mercromina y se colocará una gasa y un apósito o se dejará al aire si la herida no sangra.

c. Existencia de fractura en columna vertebral:

Ante la posibilidad de que el accidentado presente una fractura o un daño en la columna vertebral, evitaremos siempre cualquier movimiento para así evitar lesiones irreversibles.

d. Existencia de quemaduras:

Consideramos que existe una quemadura en un accidentado cuando existe una herida o destrucción del tejido producida por el calor (temperaturas superiores a 45 ^{o}C).

Tendremos en cuenta que causas producen quemaduras de diversa consideración: fuego, calor radiante, líquidos (hirviendo , inflamado), sólidos incandescentes, gases , electricidad, rozaduras, productos químicos.

Ante un accidentado que presenta una quemadura el socorrista actuará de la siguiente forma:

Eliminará la causa (apagar llamas, eliminar ácidos), mantener los signos vitales (consciencia, respiración, pulso) recordamos que en posible caso de incendio las personas quemadas pueden presentar asfixia por inhalación de humos.

Se procederá a realizar una valoración primaria y posteriormente a comprobar si se han producido hemorragias, fracturas y se tratará primero la lesión más grave.

e. Forma de actuar ante una quemadura:

Refrescar la zona quemada aplicando agua en abundancia durante un tiempo, quitando ropa, joyas y todo aquello que mantenga el calor.

Se cubrirá la lesión con vendaje flojo y húmedo, y se evacuará al herido en posición lateral, para evitar las consecuencias de un vómito (ahogo) al centro hospitalario con unidad de quemados.

Nunca se debe aplicar ningún tratamiento medicamentoso sobre una quemadura.

No despegar nada que esté pegado a la piel.

No reventar ampollas, si se presentan.

No dejar solo al herido, en caso de tener que ir a pedir ayuda le llevaremos con

nosotros, siempre que sus lesiones lo permitan.

f. Normas generales de actuación ante quemaduras causadas por fuego:

Sofocar el fuego con una manta que no sea acrílica.

Hacer rodar por el suelo al accidentado para apagar el fuego si no se dispone de otro medio.

Aplicar agua fría en la zona quemada una vez se han apagado las llamas, para refrigerar la zona.

g. Normas generales de actuación ante quemaduras causadas por productos químicos:

Aplicar agua abundante en la quemadura durante un tiempo, teniendo especial cuidado con las salpicaduras.

Mientras se evacua al herido, se puede continuar aplicando agua en la quemadura mediante una pera de agua (botiquín).

Mientras se aplica el agua quitar la ropa impregnada por ácido.

h. Normas generales de actuación ante quemaduras causadas por electricidad:

Ante una electrocución, siempre desconectar lo primero la corriente, salvo que la persona electrocutada ya no toque el conductor eléctrico. Si no es posible realizar la desconexión, hay que separar el conductor eléctrico del accidentado mediante un material aislante (madera).

Comprobar las constantes vitales del accidentado (practicando si es necesario el soporte vital básico).

Trasladar al accidentado a un centro hospitalario.

i. Normas generales de actuación ante quemaduras causadas por sólidos incandescentes:

Separar el objeto causante de la quemadura.

Mojar con agua la zona afectada.

j. Normas generales de actuación ante quemaduras causadas por líquidos hirviendo o inflamados:

Apagar el fuego producido con una manta que no sea sintética.

Hacer rodar por el suelo al accidentado para apagar el fuego si no se dispones de otro medio.

Vigilar que el líquido inflamable no es extienda y afecte a otras personas.

En último caso utilizar el extintor.

Ante quemaduras causadas por líquidos calientes hay que echar agua abundante sobre la zona afectada y quitar rápidamente toda la ropa mojada por el líquido y como último recurso secarse la piel sin frotar.

Las lesiones muy leves se curarán con el botiquín de obra. Si fuera preciso se avisará al Servicio Médico. En el caso de accidentes leves o menos graves se atenderá preferentemente a los accidentados en el Servicio Médico. En caso contrario se le atenderá en cualquiera de los centros asistenciales de la zona.En caso de accidente grave se avisará a alguna de las ambulancias y teléfonos de emergencia cuyos números deben aparecer en el tablón de anuncios de la obra, y se le trasladará a alguno de los Centros Asistenciales concertados con las Mutuas.

8. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES PARA DISMINUIR LOS RIESGOS EN EL PREDIO.

Las obligaciones previstas en este apartado se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo, y serán de aplicación a la totalidad de la obra, incluidos los puestos de trabajo en las obras en el interior y en el exterior del predio.

8.1. Estabilidad y solidez

a) Deberá procurarse, de modo apropiado y seguro, la estabilidad de los materiales y equipos y, en general, de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores.

b) El acceso a cualquier superficie que conste de materiales que no ofrezcan una resistencia suficiente sólo se autorizará en caso de que se proporcionen equipos o medios apropiados para que el trabajo se realice de manera segura.

8.2. Instalaciones de suministro y reparto de energía

a) La instalación eléctrica provisional de las obras deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dicha instalación deberá satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

b) Las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

c) El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada,las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

8.3. Vías y salidas de emergencia

a) Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad. A este efecto se mantendrán libre de obstáculos las salidas naturales hacia la fachada principal de las parcelas.

b) En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores, por lo que deberá observarse, escrupulosamente, lo indicado en el punto anterior.

c) El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales en cada momento, así como del número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos

d) Las vías y salidas específicas de emergencia deberán señalizarse, dicha señalización deberá fijarse

en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

e) Las vías y salidas de emergencia, así como las vías de circulación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto, de modo que puedan utilizarse sin trabas en cualquier momento.

f) En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

8.4. Detección y lucha contra incendios

a) Según las características de la obra y según las dimensiones y el uso de los locales, los equipos presentes, las características físicas y químicas de las sustancias o materiales que se hallen presentes así como el número máximo de personas que puedan hallarse en ellos en cada momento, se deberá prever un número suficiente de dispositivos apropiados de lucha contra incendios y, si fuere necesario de detectores de incendios y de sistemas de alarma.

b) Dichos dispositivos de lucha contra incendios y sistemas de alarma deberán verificarse y mantenerse con regularidad. Deberán realizarse, a intervalos regulares, pruebas y ejercicios adecuados.

c) Los dispositivos no automáticos de lucha contra incendios deberán ser de fácil acceso y manipulación. Deberán estar señalizados conforme al Real Decreto sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

8.5. Ventilación

a) Teniendo en cuenta los métodos de trabajo y las cargas físicas impuestas a los trabajadores, éstos deberán disponer de aire limpio en cantidad suficiente.

b) En caso de que se utilice una instalación de ventilación, deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento y los trabajadores no deberán estar expuestos a corrientes de aire que perjudiquen su salud. Siempre que sea necesario para la salud de los trabajadores, deberá haber un sistema de control que indique cualquier avería.

8.6. Exposición a riesgos particulares

a) Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni a factores externos nocivos (por ejemplo, gases, vapores, polvo).

b) En caso de que algunos trabajadores deban penetrar en una zona cuya atmósfera pudiera contener sustancias tóxicas o nocivas, o no tener oxigeno en cantidad suficiente o ser inflamable, la atmósfera confinada deberá ser controlada y se deberán adoptar medidas adecuadas para prevenir cualquier peligro.

c) En ningún caso podrá exponerse a un trabajador a una atmósfera confinada de alto riesgo. Deberá, al menos, quedar bajo vigilancia permanente desde el exterior y deberán tomarse todas las debidas precauciones para que se le pueda prestar auxilio eficaz e inmediato.

8.7. Temperatura

a) La temperatura debe ser la adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, cuando las circunstancias lo permitan, teniendo en cuenta los métodos de trabajo que se apliquen y las cargas físicas impuestas a los trabajadores.

8.8. Iluminación

a) Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación en la obra deberán disponer, en la medida de lo posible, de suficiente luz natural y tener una iluminación artificial adecuada y suficiente durante la noche y cuando no sea suficiente la luz natural. En su caso, se utilizarán puntos de iluminación portátiles con protección antichoques. El color utilizado para la iluminación, artificial no podrá alterar o influir en la percepción de las señales o paneles de señalización.

b) Las instalaciones de iluminación de los locales, de los puestos de trabajo y de las vías de circulación deberán estar colocadas de tal manera que el tipo de iluminación previsto no suponga riesgo de accidente para los trabajadores.

c) Los locales, los lugares de trabajo y las vías de circulación en los que los trabajadores estén particularmente expuestos a riesgos en caso de avería de la iluminación artificial deberán poseer una iluminación de seguridad de intensidad suficiente.

8.9. Puertas y portones

a) Las puertas y portones situados en el recorrido de las vías de emergencia deberán estar señalizados de manera adecuada.

b) En las proximidades inmediatas de los portones destinados sobre todo a la circulación de vehículos deberán existir puertas para la circulación de los peatones, salvo en caso de que el paso sea seguro para éstos. Dichas puertas deberán estar señalizadas de manera claramente visible y permanecer expeditas en todo momento.

c) Las puertas y portones mecánicos deberán funcionar sin riesgo de accidente para los trabajadores. Deberán poseer dispositivos de parada de emergencia fácilmente identificables y de fácil acceso y también deberán poder abrirse manualmente excepto si en caso de producirse una avería en el sistema de energía se abren automáticamente.

8.10. Vías de circulación y zonas peligrosas

a) Las vías de circulación, incluidas las escaleras, las escalas fijas y los muelles y rampas de carga deberán estar calculados, situados, acondicionados y preparados para su uso de manera que se puedan utilizar fácilmente, con toda seguridad y conforme al uso al que se les haya destinado y de forma que los trabajadores empleados en las proximidades de estas vías de circulación no corran riesgo alguno.

b) Las dimensiones de las vías destinadas a la circulación de personas o de mercancías, incluidas aquellas en las que se realicen operaciones de carga y descarga, se calcularán de acuerdo con el número de personas que puedan utilizarlas y con el tipo de actividad. Cuando se utilicen medios de transporte en las vías de circulación, se deberá prever una distancia de seguridad suficiente o medios de protección adecuados para las demás personas que puedan estar presentes en el recinto. Se señalizarán claramente las vías y se procederá regularmente a su control y mantenimiento.

c) Las vías de circulación destinadas a los vehículos deberán estar situadas a una distancia suficiente de las puertas, portones, pasos de peatones, corredores y escaleras.

d) Si en la obra hubiera zonas de acceso limitado, dichas zonas deberán estar equipadas con dispositivos que eviten que los trabajadores no autorizados puedan penetrar en ellas. Se deberán tomar todas las medidas adecuadas para proteger a los trabajadores que estén autorizados a penetrar en las zonas de peligro. Estas zonas deberán estar señalizadas de modo claramente visible.

8.11. Muelles y rampas de carga

a) Los muelles y rampas de carga deberán ser adecuados a las dimensiones de las cargas transportadas.

b) Los muelles de carga deberán tener al menos una salida y las rampas de carga deberán ofrecer la seguridad de que los trabajadores no puedan caerse.

8.12. Espacio de trabajo

a) Las dimensiones del puesto de trabajo deberán calcularse de tal manera que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario.

8.13. Primeros auxilios

a) Será responsabilidad del contratista o subcontratista garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello. Asimismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina. Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.

8.14. Servicios higiénicos

a) Cuando los trabajadores tengan que llevar ropa especial de trabajo deberán tener a su disposición vestuarios adecuados. En este sentido se dispondrá de vestuarios de fácil acceso, con las dimensiones suficientes y con asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador poner a secar, si fuera necesario, su ropa de trabajo.

Cuando las circunstancias lo exijan (por ejemplo, sustancias peligrosas,humedad, suciedad), la ropa de trabajo deberá poder guardarse separada de la ropa de calle y de los efectos personales.

Cuando los vestuarios no sean necesarios, en el sentido del párrafo primero de este apartado, cada trabajador deberá poder disponer de un espacio para colocar su ropa y sus objetos personales bajo llave.

b) Cuando el tipo de actividad o la salubridad lo requieran, se deberán poner a disposición de los trabajadores duchas apropiadas y en número suficiente. Las duchas deberán tener dimensiones suficientes para permitir que cualquier trabajador se asee sin obstáculos y en adecuadas condiciones de higiene. Las duchas deberán disponer de agua corriente, caliente y fría.

Cuando, con arreglo al párrafo primero de este apartado, no sean necesarias duchas, deberá haber lavabos suficientes y apropiados con agua corriente, cerca de los puestos de trabajo y de los vestuarios.

Si las duchas o los lavabos y los vestuarios estuvieren separados, la comunicación entre unos y otros deberá ser fácil.

c) Los trabajadores deberán disponer en las proximidades de sus puestos de trabajo lugares de descanso, de los vestuarios y de las duchas o lavabos, de locales especiales equipados con un número suficiente de retretes y de lavabos.

d) Los vestuarios, duchas, lavabos y retretes estarán separados para hombres y mujeres, o deberá preverse una utilización por separado de los mismos.

8.15. Locales de descanso o de alojamiento

a) Cuando lo exijan la seguridad o la salud de los trabajadores, en particular debido al tipo de actividad o el número de trabajadores, y por motivos de alejamiento de la obra, los trabajadores deberán poder disponer de locales de descanso y, en su caso, de locales de alojamiento de fácil acceso.

8.16. Disposiciones varias

a) Los accesos y el perímetro de la obra deberán señalizarse y destacarse de manera que sean claramente visibles e identificables. Específicamente se vallará el perímetro de la parcela objeto de ejecución, en cada fase.

b) En la obra, los trabajadores deberán disponer de agua potable y, en su caso, de otra bebida apropiada no alcohólica en cantidad suficiente, tanto en los locales que ocupen como cerca de los puestos de trabajo.

c) Los trabajadores deberán disponer de instalaciones para poder comer en condiciones de seguridad y salud.

9. CONCLUSIONES

Para la ejecución material del proyecto de “Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín”, hemos definido un manual de seguridad y salud. La duracion de la obra será de 4 meses.

Se ha identificado la existencia de riesgos y consecuentemente se han establecido las medidas adecuadas para evitarlos, evaluando en cada caso la eficacia de las soluciones adoptadas. Se han hecho las previsiones e indicaciones oportunas para que los trabajos se desarrollen con seguridad.

Se ha definido la prevención asistencial y las pautas de actuación en caso de accidente laboral desarrolle correctamente. Así mismo, se ha determinado información y divulgación de los métodos de trabajo adecuados para evitar los accidentes laborales.

Se han dictado las condiciones técnicas que deben cumplir los equipos de protección colectiva e individual a utilizar durante la obra, y los procedimientos de trabajo de obligado cumplimiento en las distintas unidades de obra descritas.

En cualquier caso, concluimos que todo lo anteriormente descrito, no es efectivo sin la implicación de todos los participantes en el proceso de ejecución de la obra. Para ello se destaca la importancia de concienciar adecuadamente a los trabajadores de la necesidad de trabajar con seguridad y evitar así los riesgos laborales.

10. ANEXOS

Av. Santo Toribio 173. Vía central 125, Torre Real 08,
Piso 16, Oficina 1639. San Isidro, Lima 27, Perú
Tel. +51 1 710 3252 www.idp.com.pe

RECUPERACIÓN DEL ÁREA DEGRADADA POR RESIDUOS SÓLIDOS "MACÓN SUR", COMUNIDAD CAMPESINA DE TAMBO, DISTRITO DE YAUYOS, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNÍN.

Documento: MANUAL DE SEGURIDAD Y SALUD – ETAPA DE POST INVERSION

Titular: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)

Emplazamiento: Lima, Perú

Referencia: 00950

Fecha 30 de Marzo del 2016

Contenido

1. Objetivo del Manual de Seguridad y Salud 5

2. Marco legal y normativo 5

3. Descripción de las actividades a de operación y mantenimiento a realizar en el area 6

3.1. Actividades de Post inversión (operación y mantenimiento) 7

3.1.1. Asentamientos diferenciales y condiciones de la cubierta. 7

3.1.2. Estabilidad de taludes. 7

3.1.3. Monitoreo de los lixiviados 8

3.1.4. Monitoreo de Aguas de infiltración. 8

3.1.5. Monitoreo del biogás. 10

3.2. Plazo de duración de la operación y mantenimiento del área. 10

4. Estudio de riesgo y medidas preventivas 10

4.1. Riesgo y medidas preventivas en la actividad Asentamientos diferenciales y condiciones de la cubierta. 11

4.2. Riesgo y medidas preventivas en Estabilidad de taludes. 11

4.3. Riesgo y medidas preventivas en el Monitoreo de los lixiviados. 12

4.4. Riesgo y medidas preventivas en el Monitoreo de Aguas de infiltración. 13

4.5. Riesgo y medidas preventivas en el Monitoreo del biogás. 14

4.6. Riesgo y medidas preventivas para el traslado de lixiviados al relleno sanitario. 15

4.7. Riesgos de daños a terceros y medidas preventivas 16

5. Equipos de protección personal (EPP) 17

6. Protecciones colectivas 19

6.1. Señales de seguridad: 19

6.2. Cinta de seguridad: 19

6.3. Brigada de Seguridad: 19

6.4. Plataformas de trabajo: 19

6.5. Extintores: 19

7. Formación y medicina preventiva. 20

7.1. Formación e Información. 20

7.2. Medicina Preventiva 20

7.2.1. Botiquines 20

7.2.2. Asistencia a accidentados y primeros auxilios 20

7.2.3. Evaluación primaria del accidentado 21

7.2.4. Valoración secundaria del accidentado 21

8. Disposiciones mínimas generales para disminuir los riesgos en el predio. 24

8.1. Estabilidad y solidez 24

8.2. Vías y salidas de emergencia 25

8.3. Detección y lucha contra incendios 25

8.4. Ventilación 25

8.5. Exposición a riesgos particulares 26

8.6. Temperatura 26

8.7. Iluminación 26

8.8. Puertas y portones 27

8.9. Vías de circulación y zonas peligrosas 27

8.10. Muelles y rampas de carga 27

8.11. Primeros auxilios 28

8.12. Disposiciones varias 28

9. Conclusiones 28

10. anexos 29

1. OBJETIVO DEL MANUAL DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente manual de “Seguridad y salud" tiene por objetivo establecer, durante la etapa de post inversión (operación y mantenimiento) las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como las instalaciones y equipos preceptivos de higiene y bienestar de los trabajadores.

2. MARCO LEGAL Y NORMATIVO

A nivel nacional contamos con la “LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO” ley N° 29783, dada en la Casa de Gobierno, en Lima, a los diecinueve días del mes de agosto del año dos mil once por el Presidente Constitucional de la República Ollanta Humala Tasso dicha ley se encuentra reglamentada por el decreto supremo Nº 005-2012-TR.

Ley cuyos principios son:

I. PRINCIPIO DE PREVENCIÓN

El empleador garantiza, en el centro de trabajo, el establecimiento de los medios y condiciones que protejan la vida, la salud y el bienestar de los trabajadores, y de aquellos que, no teniendo vínculo laboral, prestan servicios o se encuentran dentro del ámbito del centro de labores. Debe considerar factores sociales, laborales y biológicos, diferenciados en función del sexo, incorporando la dimensión de género en la evaluación y prevención de los riesgos en la salud laboral.

II. PRINCIPIO DE RESPONSABILIDAD

El empleador asume las implicancias económicas, legales y de cualquier otra índole a consecuencia de un accidente o enfermedad que sufra el trabajador en el desempeño de sus funciones o a consecuencia de el, conforme a las normas vigentes.

III. PRINCIPIO DE COOPERACIÓN

El Estado, los empleadores y los trabajadores, y sus organizaciones sindicales establecen mecanismos que garanticen una permanente colaboración y coordinación en materia de seguridad y salud en el trabajo.

IV. PRINCIPIO DE INFORMACIÓN Y CAPACITACIÓN

Las organizaciones sindicales y los trabajadores reciben del empleador una oportuna y adecuada información y capacitación preventiva en la tarea a desarrollar, con énfasis en lo potencialmente riesgoso para la vida y salud de los trabajadores y su familia.

V. PRINCIPIO DE GESTIÓN INTEGRAL

Todo empleador promueve e integra la gestión de la seguridad y salud en el trabajo a la gestión general de la empresa.

VI. PRINCIPIO DE ATENCIÓN INTEGRAL DE LA SALUD

Los trabajadores que sufran algún accidente de trabajo o enfermedad ocupacional tienen derecho a las prestaciones de salud necesarias y suficientes hasta su recuperación y rehabilitación, procurando su reinserción laboral.

VII. PRINCIPIO DE CONSULTA Y PARTICIPACIÓN

El Estado promueve mecanismos de consulta y participación de las organizaciones de empleadores y trabajadores más representativos y de los actores sociales para la adopción de mejoras en materia de seguridad y salud en el trabajo.

VIII. PRINCIPIO DE PRIMACÍA DE LA REALIDAD

Los empleadores, los trabajadores y los representantes de ambos, y demás entidades públicas y privadas responsables del cumplimiento de la legislación en seguridad y salud en el trabajo brindan información completa y veraz sobre la materia. De existir discrepancia entre el soporte documental y la realidad, las autoridades optan por lo constatado en la realidad.

IX. PRINCIPIO DE PROTECCIÓN

Los trabajadores tienen derecho a que el Estado y los empleadores aseguren condiciones de trabajo dignas que les garanticen un estado de vida saludable, física, mental y socialmente, en forma continua. Dichas condiciones deben propender a: a) Que el trabajo se desarrolle en un ambiente seguro y saludable. b) Que las condiciones de trabajo sean compatibles con el bienestar y la dignidad de los trabajadores y ofrezcan posibilidades reales para el logro de los objetivos personales de los trabajadores.

A nivel internacional se tiene por la norma OHSAS 18001 es una herramienta que ayuda a las empresas a identificar, evaluar, administrar y gestionar la salud ocupacional y los riesgos laborales como parte de sus prácticas normales de negocio. El manejo de riesgos antes que un gasto es una inversión.la OHSAS 18001 requiere que las empresas se comprometan a eliminar o minimizar riesgos para los empleados y a otras partes interesadas que pudieran estar expuestas a peligros asociados con sus actividades, así como a mejorar de forma continuada como parte del ciclo de gestión normal. La norma se basa en el conocido ciclo de sistemas de gestión de planear-hacer-verificar-actuar (PHVA) y utiliza un lenguaje y una terminología familiar propia de los sistemas de gestión.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO A REALIZAR EN EL AREA

Para evidenciar los beneficios de la clausura del botadero, se hace imprescindible realizar periódicamente diferentes controles que permitirán ir supervisando que la alternativa de cierre está funcionando, garantizando que el residuo se va estabilizando y que los contaminantes han dejado de afectar al área del botadero recuperado.

3.1. Actividades de Post inversión (operación y mantenimiento)

3.1.1. Asentamientos diferenciales y condiciones de la cubierta.

La causa principal de la rotura o fallos en el sistema de sellado viene provocada por la aparición de asientos diferenciales producidos en la masa de residuos. Por ello es importante realizar el control de los asentamientos producidos, para establecer si son asumibles o no por el sistema de sellado y tomar las medidas correctoras que se estimen oportunas.

Como en el botadero de Macón Sur existen columnas de residuo y taludes superiores a 5 metros, no será suficiente con una inspección visual. Personal capacitado controlará periódicamente (semanalmente en invierno y mensualmente en verano) el estado de la cobertura final con el propósito de identificar grietas y áreas descubiertas debido a los asentamientos diferenciales y por la erosión respectivamente. La presencia del deterioro de la cubierta también representa un problema de infiltración de agua y generación de lixiviados, además de propiciar la migración vertical del biogás a través de caminos preferenciales.

Además, se verificarán los asentamientos diferenciales mediante placas de control:

- Se construirán testigos con cemento (100x100 cm) a cada 50 m.

- Se efectuará la nivelación inicial mediante un punto de referencia fijo, registrando esta información con la fecha y niveles.

-Se realizará un control semestral de posibles asentamientos de la red placas mediante uso de GPS en modo RTK (Real Time Kinematic).

3.1.2. Estabilidad de taludes.

Las condiciones de un botadero recuperado son muy variables y heterogéneas. Durante la etapa de post clausura, la morfología del botadero puede evolucionar por ejemplo en base a los cambios de peso de los residuos sólidos y la cubierta, la humedad, los cambios en la cohesión de los residuos sólidos por la biodegradación o el cambio del ángulo de reposo de los taludes por los asentamientos diferenciales.

Aunque durante la fase de proyecto se lleva a cabo un estudio detallado de la estabilidad de los taludes, los problemas de estabilidad derivados de las condiciones anteriores son imprevisibles. Estos fallos pueden derivar en problemas de afloramiento de los residuos, accidentes a los operarios etc.

Los taludes construidos en el botadero “Macón Sur” presentan un coeficiente de seguridad alto. A pesar de ello, dado la altura considerable de los taludes que lo forman, es necesario adoptar medidas especiales de identificación de potenciales inestabilidades, tales como sistemas de monitoreo a base de los testigos. Para ello, se georreferenciarán también los testigos construidos para el control de los asentamientos diferenciales, incluyéndose la medición de los desplazamientos en los ejes X y Z, al igual que el Y (medido para el control de los asentamientos)

Además, serán necesarias inspecciones visuales realizadas por personal capacitado, con el objetivo de identificar los posibles problemas de inestabilidad. La periodicidad de las inspecciones será semanalmente en invierno y mensualmente en verano con el objetivo de descubrir grietas o posibles indicadores de deslizamientos.

3.1.3. Monitoreo de los lixiviados

El control de los lixiviados está orientado a hacer el seguimiento, tanto de los parámetros contaminantes, como de aquellos que pueden dan información acerca del proceso de estabilización del residuo.

Los puntos de muestreo de los lixiviados serán la poza de acumulación de lixiviado y uno de los pozos (chimeneas), construidos en el interior del botadero. Se elegirá aquel que esté más alejado de la trinchera perimetral de recogida de lixiviados.

Se realizará una analítica completa incluyendo todos los parámetros cada año. La frecuencia de estas analíticas debería ser semestral, debido a las importantes diferencias climatológicas entre las estaciones de verano e invierno, pero los limitados recursos de la Municipalidad de Yauyos hace necesaria disminuir la frecuencia a una al año, para garantizar la sostenibilidad del proyecto. Las muestras se deberán tomaren verano, que es la estación donde las lluvias no afectarán a las muestras.

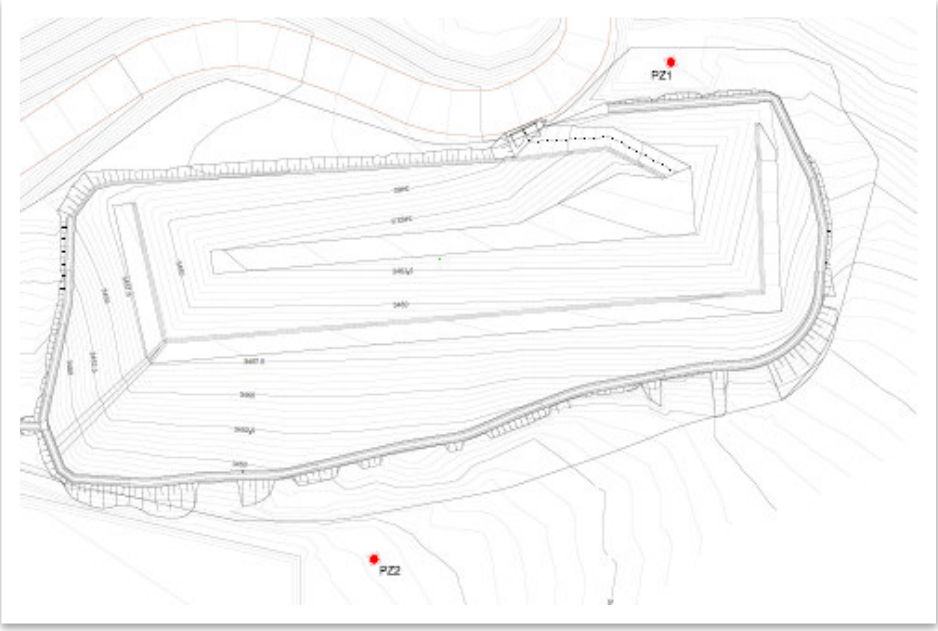
Además, se instalará también un testigo de control de posibles fugas junto a la poza de lixiviados, de manera que se pueda detectar alguna filtración de lixiviado que tuviese como origen dicha poza. El pozo de control deberá ser controlado semanalmente para determinar si se observa lixiviado en su interior, que pudiera venir de alguna fuga de la poza de almacenamiento.

3.1.4. Monitoreo de Aguas de infiltración.

La supervisión de las aguas es necesaria para detectar cambios en la calidad del agua que pudieran producirse a causa del escape de los lixiviados y de los gases del botadero.

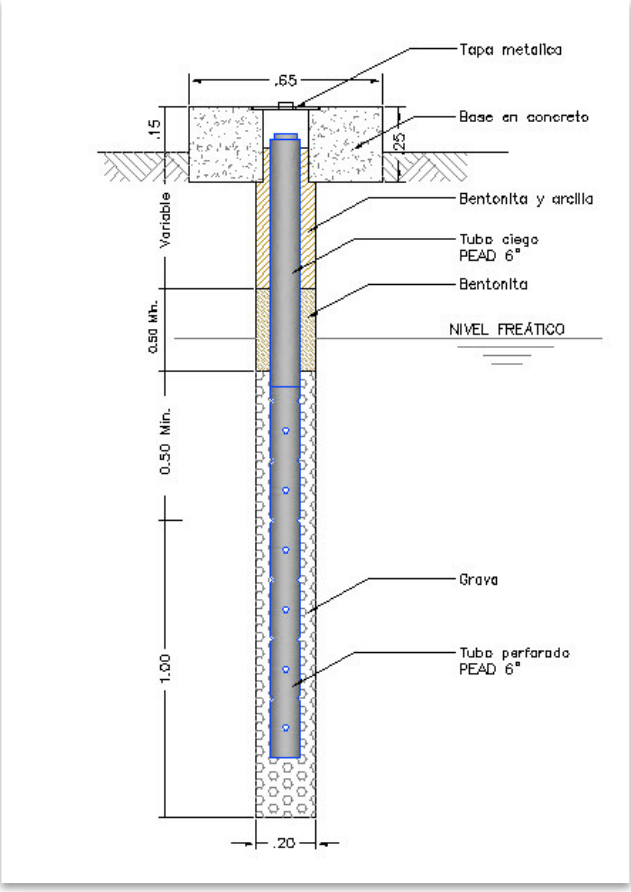
Dado que en durante la fase de ensayos no se han detectado cuerpos de agua que puedan estar afectadas por los residuos depositados en el botadero, no se han considerado su monitoreo. Aun así, se aconseja la construcción de un sondeo de control, en la parte superior del botadero. Ese sondeo tiene como misión detectar la posible contaminación por lixiviados que se pudieran detectar en aguas de infiltración. La imagen a continuación muestra la localización del sondeo.

Figura 1. Localización del sondeo de control



Fuente: Equipo de Formulación, 2015.

Figura 2. Detalle del sondeo de control



Fuente: Equipo de Formulación, 2015.

En el plan de seguimiento y control se tomarán muestras en el sondeo.

Tal y como se ha explicado anteriormente, se realizará una analítica reducida, con los siguientes parámetros: DBO, DQO, pH, conductividad, cloruros, amonio.

Siguiendo el mismo criterio que para el resto de analíticas de control, la frecuencia será anual.

3.1.5. Monitoreo del biogás.

El monitoreo del biogás está principalmente orientado observar cómo va disminuyendo la concentración de metano (CH4) en éste, consecuencia de la estabilización de la materia orgánica contenida en el residuo depositado en el botadero de la estabilización de la materia orgánica.

Se contempla la toma de muestras anual en una de las chimenea de evacuación del biogás, que dispondrá de un punto habilitado para la tomo de muestras. Sobre la muestra se analizarán los parámetros descritos a continuación.

Tabla 1. Monitoreo de gases

Parámetro	Metodología
CH_4 (% en volumen)	Cromatografía de gases
CO_2 (% en volumen)	Cromatografía de gases
O_2 (% en volumen)	Cromatografía de gases

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

3.2. Plazo de duración de la operación y mantenimiento del área.

A pesar de que el horizonte del Proyecto esté establecido a 10 años, se debe recordar que hay la obligación de mantener el programa de operación, mantenimiento y los controles, tanto para verificar la no existencia de contaminantes que puedan afectar al medio así como para obtener indicadores que permitan mejorar la Norma.

4. ESTUDIO DE RIESGO Y MEDIDAS PREVENTIVAS

Reconoceremos los riesgos que pueden existir en cada una de las actividades de operación y mantenimiento y también determinaremos qué medidas se pueden tomar para prevenir cualquier accidente.

4.1. Riesgo y medidas preventivas en la actividad Asentamientos diferenciales y condiciones de la cubierta.

a. Riesgos detectables más comunes:

- Caídas de Personas a diferente nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Vuelcos en las maniobras de carga y descarga.
- Suspensión de Particulas.
- Ruido.
- Caída de árboles y arbustos por desenraizamiento.
- Atropellos por vehículos de supervisión.

b. Normas y medidas preventivas:

- Se inspeccionará detenidamente la zona de trabajo, antes del inicio de la explanación con el fin de describir accidentes importantes del suelo, objetos, etc. que pudieran poner en riesgo la estabilidad de las personas.
- Los árboles del area deben estar podados adecuadamente para evitar la caida de ramas podridas ademas se debe verificar que sus raíces estos esten fijamente al suelo entodo caso re debe de retirar y reemplazar los arboles que no esten en buen estado.
- La maleza debe eliminarse mediante una hoz o siega y se evitará la quema de maleza.
- Para evitar la suspension de material particulado a causa del viento se recominda regar si se tuviera que efectuar alguna excavación antes, durante y después.
- Queda prohibida la circulación o estancia del personal no autorizado ni capacitado dentro del área.
- Todas las maniobras de los vehículos, serán guiadas por una persona, y su tránsito dentro de la zona de trabajo, para toda circulación se utilizará solo la vía habilitada.
- Es imprescindible cuidar los caminos de circulación interna, cubriendo y compactando mediante escorias, o ripios todos los charcos de lodo, baches o huecos a causas de la circulación interna de vehículos.
- Todos los conductores serán poseedores del permiso de conducir y estarán capacitados para transitar en el área, ademas los vehiculos deben contar con el SOAT vigente.

4.2. Riesgo y medidas preventivas en Estabilidad de taludes.

a. Riesgos detectables más comunes:

- Deslizamiento y desprendimiento de tierras.

- Caídas del personal a diferente nivel.
- Caídas del personal al mismo nivel.
- Desprendimiento de los taludes por vibraciones al transitar vehículos.
- Suspensión de Particulas.
- Ruido.
- Caída de árboles y arbustos por desenraizamiento.
- Atropellos por vehículos de supervisión.

b. Normas y medidas preventivas:

- Se protegerá con cinta de seguridad los bordes de un desprendimiento o deslizamiento, ubicándolas a un mínimo de 1 m. del corte superior.
- No se debe permitir el transito dentro del area de vehículos´y este solo debe estar restringido a actividades propias de supervisión para evitar que a causa las vibraciones se produzcan deslizamientos o vuelcos de los taludes.
- Al notar deficiencias en el terreno deberan de comunicarlo. En caso de urgencia adoptarán los medios de protección (apuntalamiento o entibación) necesarios.
- Se utilizarán testigos que indiquen cualquier movimiento del terreno que suponga la existencia de un riesgo, pese a la realización de apuntalamientos y entibaciones. Redes tensas sobres los taludes actuarán perfectamente con este fin, al retener embolsando los desprendimientos de primera fase; actuarán como avisadores.
- Si por emergencia deben ingresar vehiculos pesados todos los conductores de máquinas para movimiento de tierras serán poseedores del permiso de conducir y estarán capacitados para operar la maquinaria.
- Para evitar la suspension de material particulado a causa del viento se recominda regar si se tuviera que efectuar alguna excavación antes, durante y después.

4.3. Riesgo y medidas preventivas en el Monitoreo de los lixiviados.

a. Riesgos detectables más comunes:

- Caídas al mismo y/o distinto nivel.
- Contactos con liquidos agresivos.
- Sobreesfuerzos por posturas incorrectas.
- Contactos eléctricos.
- Inalacion de gases tóxicos.
- Atrapamiento de extremidades.
- Explosión y quemaduras por el mas uso del generador electrico y de la electrobomba.

b. Normas o medidas preventivas:

- Para evitar el riesgo de caídas se mantendrá la zona de trabajo limpia y ordenada
- En la manipulación de materiales, se deberán de considerar posiciones ergonómicas para evitar golpes, heridas y erosiones
- Para evitar lumbalgias, se procurará, en el transporte de materiales, que éste no supere los 30 kg.
- Se vigilará en todo momento el buen estado de la electrobomba y del generador eléctrico, se seguiran todas las instrucciones de uso para evitar malas manipulaciones debido a que el generador utiliza combustible y es inflamable se recomiend tener siempre un cubo de arena cerca para calmar cualquier amago de fuego.
- Cuando se efectúe una interrupción en los trabajos se desconectará totalmente el generador electrico de la bomba.
- Los cables de conduccion eléctrica serán antihumedad y se empalmarán mediante conexiones estancas de intemperie y la protección externa debe estar en perfecto estado.
- Si los trabajos se realizan a la intemperie se suspenderán a causa de lluvias.
- Para la obtensión de muestras de lixiviado o bombeo nunca se introduciran las extremidades superiores o inferiores al pozo.
- El personal siempre debera contar con los equipos de proteccion adecuados. (ver título 5: Equipos de proteccion personal).

4.4. Riesgo y medidas preventivas en el Monitoreo de Aguas de infiltración.

a. Riesgos detectables más comunes:

- Caídas al mismo y/o distinto nivel.
- Contactos con liquidos agresivos.
- Sobreesfuerzos por posturas incorrectas.
- Contactos eléctricos.
- Inalacion de gases tóxicos.
- Atrapamiento de extremidades.
- Explosión y quemaduras por el mas uso del generador electrico y de la electrobomba.

b. Normas y medidas preventivas:

- Para evitar el riesgo de caídas se mantendrá la zona de trabajo limpia y ordenada
- En la manipulación de materiales, se deberán de considerar posiciones ergonómicas para evitar golpes, heridas y erosiones
- Para evitar lumbalgias, se procurará, en el transporte de materiales, que éste no supere los 30 kg.

- Si se llega a detectar lixiviado y es necesario el uso de la electrobomba y del generador eléctrico, se seguiran todas las instrucciones de uso para evitar malas manipulaciones debido a que el generador utiliza combustible y es inflamable se recomienda tener siempre un cubo de arena cerca para calmar cualquier amago de fuego.
- Cuando se efectúe una interrupción en los trabajos se desconectará totalmente el generador electrico de la bomba.
- Los cables de conduccion eléctrica serán antihumedad y se empalmarán mediante conexiones estancas de intemperie y la protección externa debe estar en perfecto estado.
- Si los trabajos se realizan a la intemperie se suspenderán a causa de lluvias.
- Para la obtensión de muestras de agua o bombeo nunca se introduciran las extremidades superiores o inferiores al pozo.
- El personal siempre debera contar con los equipos de proteccion adecuados. (ver título 5: Equipos de proteccion personal).

4.5. Riesgo y medidas preventivas en el Monitoreo del biogás.

a. Riesgos detectables más comunes:

- Caídas al mismo y/o distinto nivel.
- Contactos con liquidos agresivos.
- Sobreesfuerzos por posturas incorrectas.
- Incendio del pozo de venteo o del quemador por acumulacion de gases.
- Contactos eléctricos.
- Inalación de gases tóxicos.
- Atrapamiento de extremidades.
- Explosión y quemaduras por el mas uso del quemador de gases o chimenea.
- Explosión y quemaduras por el mas uso del generador electrico y de la electrobomba.

b. Normas y medidas preventivas:

- Para evitar el riesgo de caídas se mantendrá la zona de trabajo limpia y ordenada
- En la manipulación de materiales, se deberán de considerar posiciones ergonómicas para evitar golpes, heridas y erosiones
- Para evitar lumbalgias, se procurará, en el transporte de materiales, que éste no supere los 30 kg.
- Para encender los quemadores se tendrán que seguir las siguientes recomendaciones: usar simpre los EPP, verifique que el quemador se encuentra en perfecto estado, no encender el quemador con usos de fósforos o encendedores, utilizar antorchas de 50 cm como mínimo, nunca acerque el cuerpo ni la cara al quedamor, debe estar totalmente prohibido utilizar artefactos en un radio mínimo de trabajo sobre todo si se a detectado efluencia de gas.

- Si se llega a detectar lixiviado y es necesario el uso de la electrobomba y del generador eléctrico, se seguiran todas las instrucciones de uso para evitar malas manipulaciones debido a que el generador utiliza combustible y es inflamable se recomienda tener siempre un cubo de arena cerca para calmar cualquier amago de fuego.
- Cuando se efectúe una interrupción en los trabajos se desconectará totalmente el generador electrico de la bomba.
- Los cables de conduccion eléctrica serán antihumedad y se empalmarán mediante conexiones estancas de intemperie y la protección externa debe estar en perfecto estado.
- Si los trabajos se realizan a la intemperie se suspenderán a causa de lluvias.
- Para la obtensión de muestras de agua o bombeo nunca se introduciran las extremidades superiores o inferiores al pozo.
- El personal siempre debera contar con los equipos de proteccion adecuados. (ver título 5: Equipos de proteccion personal).

4.6. Riesgo y medidas preventivas para el traslado de lixiviados al relleno sanitario.

a. Riesgos detectables más comunes:

- Caídas al mismo y/o distinto nivel.
- Heridas en extremidades.
- Los derivados de trabajos realizados en ambientes húmedos o encharcados.
- Sobreesfuerzos por manejo de materiales y herramientas.
- Accidentes de vehículos por exceso de carga o por mala conservación de sus mandos, elementos resistentes o ruedas.
- Caídas del contenedor desde el vehículo.
- Caída del personal desde los vehículos en marcha.
- Caídas al subir o bajar de la camioneta.
- Accidentes del personal, por falta de responsable que mande cada maniobra de carga y descarga.
- Contacto con liquidos agresivos.
- Atropellos del personal en maniobras de vehículos.
- Accidentes en el vertido del contenido, al circular los camioneta marcha atrás.
- Peligro de atropellos por falta de visibilidad debido al polvo.
- Vibraciones sobre las personas.
- Suspension de Particulas.
- Ruido puntual y ambiental.

b. Normas y medidas preventivas:

- Para evitar el riesgo de caídas se mantendrá la zona de trabajo limpia y ordenada.
- En la manipulación de materiales, se deberán de considerar posiciones ergonómicas para evitar golpes, heridas y erosiones.
- El vehículo debe estar con todas las revisiones y mantenimientos al día.
- El contenedor debe estar adecuado y fijado al vehiculo.
- No deben viajar personas en la tolva de la camioneta.
- El conductor debera de mantener una velocidad adecuada para evitar accidentes como atropellos y ademas volcaduras.
- El personal siempre debera contar con los equipos de proteccion adecuados. (ver título 5: Equipos de proteccion personal).
- Todos los conductores serán poseedores del permiso de conducir y estarán capacitados para transitar en el área, ademas los vehiculos deben contar con el SOAT vigente.

4.7. Riesgos de daños a terceros y medidas preventivas

a. Riesgos:

Derivan tanto por la circulación de los vehículos de transporte por carreteras públicas y en las intersecciones con éstas, como por la circulación de personal ajenas a la zona de influencia.

b. Medidas preventivas:

Se señalizará, de acuerdo con la normativa vigente, los puntos de salida y entrada de vehículos del area a las carreteras y caminos, "tomándose las adecuadas medidas de seguridad que cada caso requiera.

Se señalizarán los accesos naturales al área, prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma, colocándose en su caso los cerramientos necesarios.

Se extremará la señalización global de la zona mediante carteles que definan claramente los mensajes y órdenes, así como las prohibiciones expresas.

Se dispondrán cintas de seguridad y protección, carteles indicativos en los puntos de acceso a las zonas de trabajo, acopio, maquinaria, instalaciones, etc., cuando estuvieran situadas en pasos de peatones o vehículos.

5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

Estos se pueden definir como un conjunto de elementos y dispositivos diseñados para proteger las partes del cuerpo que se encuentran expuestos a riesgos durante el ejercicio de una labor. Los equipos basicos de proteccion (ver anexo 01 del manual), para cualquier trabajador del área se mencionan a continuación.

- **Casco de seguridad:**

Cuando exista posibilidad de golpe en la cabeza, o caída de objetos.

- **Pantalla de seguridad para soldadura:**

Se empleará en los trabajos de soldadura.

- **Gafas anti-impactos:**

Para trabajos con posible proyección de partícula.

- **Gafas anti-polvo:**

Para utilizar en ambientes pulvígenos.

- **Mascarilla de papel autofiltrante:**

Se utilizará usando la formación de polvo durante el trabajo, no se pueda evitar por absorción o humidificación. Será desechable de un solo uso.

- **Tapón antirruido:**

En aquellos trabajos en que la formación del ruido sea excesiva. Será desechable de un solo uso por razones higiénicas.

- **Cinturón de seguridad, clase A (sujeción):**

Para todos los trabajos con riesgos de caída de altura será de uso obligatorio.

- **Cinturón antivibratorio:**

Para conductores de rodillo vibrador y toda máquina que se mueve por terrenos accidentados. Lo utilizarán también los que manejen Martillos Rompedores.

- **Mameluco de trabajo:**

Para todo tipo de trabajo a realizar en el área. Se tendrán en cuenta las reposiciones a lo largo de la operación y mantenimiento, según Convenio Colectivo aplicable.

- **Traje impermeable:**

Para días de lluvia o en zonas en que existan filtraciones o salpicaduras.

- **Guantes de goma:**

Cuando se manejen hormigones, morteros, yesos u otras sustancias tóxicas formadas por aglomerantes hidráulicos.

- **Guantes de cuero:**

Para manejar los materiales que normalmente se utilizan en el área

- **Guantes aislantes de la electricidad:**

Se utilizarán cuando se manejen circuitos eléctricos o máquinas que estén o tengan posibilidad de estar con tensión.

- **Guantes para soldador en cuero:**

Para trabajos de soldaduras.

- **Manguitos para soldador en cuero:**

Para trabajos de soldaduras.

- **Polainas para soldador en cuero:**

Para trabajos de soldaduras.

- **Mandil de cuero:**

Para los trabajos de martillos neumáticos y de soldadura.

- **Botas impermeables al agua y a la humedad:**

Se utilizarán en días de lluvia, en trabajos en zonas húmedas o con barro. También en trabajos de hormigonado cuando se manejen objetos pesados que puedan provocar aplastamientos en dedos de los pies.

- **Botas de seguridad:**

En todo trabajo en que exista movimiento de materiales y la zona de trabajo esté seca. También en trabajos de encofrado y desencofrado.

- **Botas aislantes de la electricidad:**

Para uso de los electricistas.

- **Chaleco reflectante:**

Se empleará por todo el personal que trabaje en carretera abierta al tráfico rodado, o en sus proximidades.

6. PROTECCIONES COLECTIVAS

Descritos los riesgos detectados a surgir en el transcurso de la obra, se prevé su eliminación mediante protecciones colectivas en aquellos casos en los que es factible, (ver anexo 03), según la siguiente descripción:

6.1. Señales de seguridad:

Se dispondrán en los puntos más significativos en base al mandato o información que se quiera transmitir.

6.2. Cinta de seguridad:

Para señalizar y balizar puntos o zonas de riesgo, por obstáculos o desniveles y como complemento a la correspondiente protección colectiva.

6.3. Brigada de Seguridad:

Para montaje, mantenimiento, reposición y desmontaje de las protecciones necesarias, así como de los medios de señalización y balizamiento.

6.4. Plataformas de trabajo:

Se dispondrá en elementos auxiliares para trabajos a nivel respecto al suelo o punto de apoyo.

6.5. Extintores:

Se dispondrán como sistema de protección contra incendios en la camioneta.

7. FORMACIÓN Y MEDICINA PREVENTIVA.

7.1. Formación e Información.

Todo el personal que ingrese al área debe estar capacitado en los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá emplear.

7.2. Medicina Preventiva

7.2.1. Botiquines

Se dispondrá de botiquines conteniendo el material especificado en el reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Se revisará periódicamente, reponiendo inmediatamente el material consumido.

El contenido botiquín será como mínimo:

- Algodón hidrófilo.
- Esparadrapo de diferentes tamaños.
- Apósitos adhesivos.
- Vendas de diferentes tamaños.
- Tiras de sutura por aproximación.
- Gasas estériles.
- Agua oxigenada.
- Alcohol.
- Desinfectante.
- Pomada antihistamínica para picaduras.
- Pomada antiinflamatoria.
- Paracetamol.
- Ácido acetilsalicílico.
- Guantes desechables .
- Tijeras.
- Pinzas.
- Banda elástica para torniquetes.
- Manta.

7.2.2. Asistencia a accidentados y primeros auxilios

Se informará al personal del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Consideramos como primeros auxilios aquellas actuaciones y técnicas que permiten la atención inmediata del accidentado de forma rápida y adecuada hasta la llegada de equipo asistencial sanitario, con objeto de no agravar las lesiones producidas.

Ante una situación de emergencia y la necesidad de socorrer a un accidentado establecemos las siguientes consideraciones:

- Conservar la calma.
- Evitar aglomeraciones.
- Dominar la situación.
- No mover al accidentado hasta que no se haya hecho una valoración primaria de su situación.
- Examinar al accidentado (signos vitales: conciencia, respiración, pulso, hemorragias, fracturas, heridas) para determinar aquellas situaciones que pongan en peligro su vida, de igual forma se indicará telefónicamente una descripción de la situación del herido con objeto de que las dotaciones sanitarias sean las necesarias (ambulancia de transporte, móvil).
- Si está consciente tranquilizar al accidentado.
- Mantener al accidentado caliente
- No dar nunca medicación.

7.2.3. Evaluación primaria del accidentado

Una vez activado el sistema de emergencia y a la hora de socorrer establecemos un método único que permita identificar las situaciones vitales o de emergencia médica, para ello siempre seguiremos este orden:

- Verificación de signos vitales: conciencia, respiración, pulso, con objeto de atenderlas lo más rápidamente posible, pues son las que pueden esperar la llegada del equipo médico y ponen en peligro la vida del accidentado.
- Ante una emergencia médica como es una parada cardio-respiratoria, es decir, cuando el accidentado sufre una interrupción brusca e inesperada y potencialmente reversible de su respiración y circulación espontánea, utilizaremos técnicas de reanimación: respiración artificial (boca-boca) si no respira y masaje cardiaco si no tiene latido.
- Ante un herido inconsciente con respiración y pulso se le colocará en posición lateral de seguridad.

7.2.4. Valoración secundaria del accidentado

Una vez que hayamos hecho la valoración primaria de la víctima y se haya comprobado que mantiene las constantes vitales (conciencia, respiración, pulso) examinaremos buscando lesiones que pudieran agravar, posteriormente, el estado general del accidentado.

Tendremos en cuenta por tanto las siguientes situaciones:

a. Existencia de hemorragias:

Ante la existencia de hemorragia nuestro objetivo, generalmente, es evitar la pérdida de sangre del accidentado, para lo cual actuaremos por:

Compresión directa (efectuaremos una presión en el punto de sangrado utilizando una cobertura lo más limpia posible).

Compresión arterial (de aplicación cuando falla la compresión directa y se suele utilizar en hemorragias en extremidades).

Si la hemorragia se produce en un oído nunca se debe detener la hemorragia.

b. Existencia de heridas:

Consideraremos que existe una herida cuando se produzca una rotura de la piel. Haremos una valoración inicial del accidentado, controlaremos los signos vitales, controlaremos la hemorragia si la hubiera y evitaremos posible shock. Después de haber considerado todo lo anterior actuaremos de la siguiente forma:

El socorrista deberá lavarse las manos y desinfectarlas con alcohol (de botiquín), se utilizará material estéril para prevenir infecciones, procederá a limpiar la herida con agua y jabón y con ayuda de una gasa (nunca algodón) empezando desde el centro a los extremos de la herida.

Se quitarán los restos de cuerpos extraños de la herida con ayuda de pinzas estériles (botiquín).

Finalmente se pincelará con mercromina y se colocará una gasa y un apósito o se dejará al aire si la herida no sangra.

c. Existencia de fractura en columna vertebral:

Ante la posibilidad de que el accidentado presente una fractura o un daño en la columna vertebral, evitaremos siempre cualquier movimiento para así evitar lesiones irreversibles.

d. Existencia de quemaduras:

Consideramos que existe una quemadura en un accidentado cuando existe una herida o destrucción del tejido producida por el calor (temperaturas superiores a 45 ^{o}C).

Tendremos en cuenta que causas producen quemaduras de diversa consideración: fuego, calor radiante, líquidos (hirviendo , inflamado), sólidos incandescentes, gases , electricidad, rozaduras, productos químicos.

Ante un accidentado que presenta una quemadura el socorrista actuará de la siguiente forma:

Eliminará la causa (apagar llamas, eliminar ácidos), mantener los signos vitales (consciencia, respiración, pulso) recordamos que en posible caso de incendio las personas quemadas pueden presentar asfixia por inhalación de humos.

Se procederá a realizar una valoración primaria y posteriormente a comprobar si se han producido hemorragias, fracturas y se tratará primero la lesión más grave.

e. Forma de actuar ante una quemadura:

Refrescar la zona quemada aplicando agua en abundancia durante un tiempo, quitando ropa, joyas y todo aquello que mantenga el calor.

Se cubrirá la lesión con vendaje flojo y húmedo, y se evacuará al herido en posición lateral, para evitar las consecuencias de un vómito (ahogo) al centro hospitalario con unidad de quemados.

Nunca se debe aplicar ningún tratamiento medicamentoso sobre una quemadura.

No despegar nada que esté pegado a la piel.

No reventar ampollas, si se presentan.

No dejar solo al herido, en caso de tener que ir a pedir ayuda le llevaremos con

nosotros, siempre que sus lesiones lo permitan.

f. Normas generales de actuación ante quemaduras causadas por fuego:

Sofocar el fuego con una manta que no sea acrílica.

Hacer rodar por el suelo al accidentado para apagar el fuego si no se dispone de otro medio.

Aplicar agua fría en la zona quemada una vez se han apagado las llamas, para refrigerar la zona.

g. Normas generales de actuación ante quemaduras causadas por productos químicos:

Aplicar agua abundante en la quemadura durante un tiempo, teniendo especial cuidado con las salpicaduras.

Mientras se evacua al herido, se puede continuar aplicando agua en la quemadura mediante una pera de agua (botiquín).

Mientras se aplica el agua quitar la ropa impregnada por ácido.

h. Normas generales de actuación ante quemaduras causadas por electricidad:

Ante una electrocución, siempre desconectar lo primero la corriente, salvo que la persona electrocutada ya no toque el conductor eléctrico. Si no es posible realizar la desconexión, hay que separar el conductor eléctrico del accidentado mediante un material aislante (madera).

Comprobar las constantes vitales del accidentado (practicando si es necesario el soporte vital básico).

Trasladar al accidentado a un centro hospitalario.

i. Normas generales de actuación ante quemaduras causadas por sólidos incandescentes:

Separar el objeto causante de la quemadura.

Mojar con agua la zona afectada.

j. Normas generales de actuación ante quemaduras causadas por líquidos hirviendo o inflamados:

Apagar el fuego producido con una manta que no sea sintética.

Hacer rodar por el suelo al accidentado para apagar el fuego si no se dispones de otro medio.

Vigilar que el líquido inflamable no es extienda y afecte a otras personas.

En último caso utilizar el extintor.

Ante quemaduras causadas por líquidos calientes hay que echar agua abundante sobre la zona afectada y quitar rápidamente toda la ropa mojada por el líquido y como último recurso secarse la piel sin frotar.

Las lesiones muy leves se curarán con el botiquín. Si fuera preciso se avisará al Servicio Médico. En el caso de accidentes leves o menos graves se atenderá preferentemente a los accidentados en el Servicio Médico. En caso contrario se le atenderá en cualquiera de los centros asistenciales de la zona.En caso de accidente grave se avisará a alguna de las ambulancias y teléfonos de emergencia cuyos números deben aparecer, y se le trasladará a alguno de los Centros Asistenciales concertados con las Mutuas.

8. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES PARA DISMINUIR LOS RIESGOS EN EL PREDIO.

Las obligaciones previstas en este apartado se aplicarán siempre que lo exijan las características de la de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo, y serán de aplicación a la totalidad del área, incluidos y fuera de este durante el traslado de lixiviado.

8.1. Estabilidad y solidez

a) Deberá procurarse, de modo apropiado y seguro, la estabilidad de los materiales y equipos y, en general, de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores.

b) El acceso a cualquier superficie que conste de materiales que no ofrezcan una resistencia suficiente sólo se autorizará en caso de que se proporcionen equipos o medios apropiados para que el trabajo se realice de manera segura.

8.2. Vías y salidas de emergencia

a) Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad. A este efecto se mantendrán libre de obstáculos las salidas naturales hacia la fachada principal de las parcelas.

b) En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores, por lo que deberá observarse, escrupulosamente, lo indicado en el punto anterior.

c) El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones del lugar y de los locales en cada momento, así como del número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos

d) Las vías y salidas específicas de emergencia deberán señalizarse, dicha señalización deberá fijarse

en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

e) Las vías y salidas de emergencia, así como las vías de circulación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto, de modo que puedan utilizarse sin trabas en cualquier momento.

8.3. Detección y lucha contra incendios

a) Según las características del área y según las dimensiones y el uso de los locales, los equipos presentes, las características físicas y químicas de las sustancias o materiales que se hallen presentes así como el número máximo de personas que puedan hallarse en ellos en cada momento, se deberá prever un número suficiente de dispositivos apropiados de lucha contra incendios y, si fuere necesario de detectores de incendios y de sistemas de alarma.

b) Dichos dispositivos de lucha contra incendios y sistemas de alarma deberán verificarse y mantenerse con regularidad. Deberán realizarse, a intervalos regulares, pruebas y ejercicios adecuados.

c) Los dispositivos no automáticos de lucha contra incendios deberán ser de fácil acceso y manipulación. Deberán estar señalizados conforme al Real Decreto sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

8.4. Ventilación

a) Teniendo en cuenta los métodos de trabajo y las cargas físicas impuestas a los trabajadores, éstos deberán disponer de aire limpio en cantidad suficiente.

b) En caso de que se utilice una instalación de ventilación, deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento y los trabajadores no deberán estar expuestos a corrientes de aire que perjudiquen su

salud. Siempre que sea necesario para la salud de los trabajadores, deberá haber un sistema de control que indique cualquier avería.

8.5. Exposición a riesgos particulares

a) Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni a factores externos nocivos (por ejemplo, gases, vapores, polvo).

b) En caso de que algunos trabajadores deban penetrar en una zona cuya atmósfera pudiera contener sustancias tóxicas o nocivas, o no tener oxigeno en cantidad suficiente o ser inflamable, la atmósfera confinada deberá ser controlada y se deberán adoptar medidas adecuadas para prevenir cualquier peligro.

c) En ningún caso podrá exponerse a un trabajador a una atmósfera confinada de alto riesgo. Deberá, al menos, quedar bajo vigilancia permanente desde el exterior y deberán tomarse todas las debidas precauciones para que se le pueda prestar auxilio eficaz e inmediato.

8.6. Temperatura

a) La temperatura debe ser la adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, cuando las circunstancias lo permitan, teniendo en cuenta los métodos de trabajo que se apliquen y las cargas físicas impuestas a los trabajadores.

8.7. Iluminación

a) Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación en el área deberán disponer, en la medida de lo posible, de suficiente luz natural y tener una iluminación artificial adecuada y suficiente durante la noche y cuando no sea suficiente la luz natural. En su caso, se utilizarán puntos de iluminación portátiles con protección antichoques. El color utilizado para la iluminación, artificial no podrá alterar o influir en la percepción de las señales o paneles de señalización.

b) Las instalaciones de iluminación de los locales, de los puestos de trabajo y de las vías de circulación deberán estar colocadas de tal manera que el tipo de iluminación previsto no suponga riesgo de accidente para los trabajadores.

c) Los locales, los lugares de trabajo y las vías de circulación en los que los trabajadores estén particularmente expuestos a riesgos en caso de avería de la iluminación artificial deberán poseer una iluminación de seguridad de intensidad suficiente.

8.8. Puertas y portones

a) Las puertas y portones situados en el recorrido de las vías de emergencia deberán estar señalizados de manera adecuada.

b) En las proximidades inmediatas de los portones destinados sobre todo a la circulación de vehículos deberán existir puertas para la circulación de los peatones, salvo en caso de que el paso sea seguro para éstos. Dichas puertas deberán estar señalizadas de manera claramente visible y permanecer expeditas en todo momento.

c) Las puertas y portones mecánicos deberán funcionar sin riesgo de accidente para los trabajadores. Deberán poseer dispositivos de parada de emergencia fácilmente identificables y de fácil acceso y también deberán poder abrirse manualmente excepto si en caso de producirse una avería en el sistema de energía se abren automáticamente.

8.9. Vías de circulación y zonas peligrosas

a) Las vías de circulación, incluidas las escaleras, las escalas fijas y los muelles y rampas de carga deberán estar calculados, situados, acondicionados y preparados para su uso de manera que se puedan utilizar fácilmente, con toda seguridad y conforme al uso al que se les haya destinado y de forma que los trabajadores empleados en las proximidades de estas vías de circulación no corran riesgo alguno.

b) Las dimensiones de las vías destinadas a la circulación de personas o de mercancías, incluidas aquellas en las que se realicen operaciones de carga y descarga, se calcularán de acuerdo con el número de personas que puedan utilizarlas y con el tipo de actividad. Cuando se utilicen medios de transporte en las vías de circulación, se deberá prever una distancia de seguridad suficiente o medios de protección adecuados para las demás personas que puedan estar presentes en el recinto. Se señalizarán claramente las vías y se procederá regularmente a su control y mantenimiento.

c) Las vías de circulación destinadas a los vehículos deberán estar situadas a una distancia suficiente de las puertas, portones, pasos de peatones, corredores y escaleras.

d) Si en el área hubiera zonas de acceso limitado, dichas zonas deberán estar equipadas con dispositivos que eviten que los trabajadores no autorizados puedan penetrar en ellas. Se deberán tomar todas las medidas adecuadas para proteger a los trabajadores que estén autorizados a penetrar en las zonas de peligro. Estas zonas deberán estar señalizadas de modo claramente visible.

8.10. Muelles y rampas de carga

a) Los muelles y rampas de carga deberán ser adecuados a las dimensiones de las cargas transportadas.

b) Los muelles de carga deberán tener al menos una salida y las rampas de carga deberán ofrecer la seguridad de que los trabajadores no puedan caerse.

8.11. Primeros auxilios

a) Será responsabilidad del contratista o subcontratista garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello. Asimismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina. Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.

8.12. Disposiciones varias

a) Los accesos y el perímetro del área deberán señalizarse y destacarse de manera que sean claramente visibles e identificables. Específicamente se vallará el perímetro de la parcela objeto de ejecución, en cada fase.

b) Los trabajadores deberán disponer de agua para beber y, en su caso, de otra bebida apropiada no alcohólica en cantidad suficiente, tanto en los locales que ocupen como cerca de los puestos de trabajo.

c) Los trabajadores deberán disponer de instalaciones para poder comer en condiciones de seguridad y salud.

9. CONCLUSIONES

Para la etapa de operación y mantemimiento material del proyecto de “Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín”, hemos definido un manual de seguridad y salud. La duracion de la operación y el mantenimiento es 10 años a más<.

Se ha identificado la existencia de riesgos y consecuentemente se han establecido las medidas adecuadas para evitarlos, evaluando en cada caso la eficacia de las soluciones adoptadas. Se han hecho las previsiones e indicaciones oportunas para que los trabajos se desarrollen con seguridad.

Se ha definido la prevención asistencial y las pautas de actuación en caso de accidente laboral desarrolle correctamente. Así mismo, se ha determinado información y divulgación de los métodos de trabajo adecuados para evitar los accidentes laborales.

Se han dictado las condiciones técnicas que deben cumplir los equipos de protección colectiva e individual a utilizar durante la operación y mantenimiento, y los procedimientos de trabajo de obligado cumplimiento en las distintas unidades de operación y mantenimiento descritas.

En cualquier caso, concluimos que todo lo anteriormente descrito, no es efectivo sin la implicación de todos los participantes en el proceso de ejecución de la operación . Para ello se destaca la importancia de concienciar adecuadamente a los trabajadores de la necesidad de trabajar con seguridad y evitar así los riesgos laborales.

10. ANEXOS

Av. Santo Toribio 173. Vía central 125, Torre Real 08,
Piso 16, Oficina 1639. San Isidro, Lima 27, Perú
Tel. +51 1 710 3252 www.idp.com.pe

RECUPERACIÓN DEL ÁREA DEGRADADA POR RESIDUOS SÓLIDOS "MACÓN SUR", COMUNIDAD CAMPESINA DE TAMBO, DISTRITO DE YAUYOS, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNÍN.

Documento: ANEXO 01 – MATERIALES Y EQUIPOS

Titular: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)

Emplazamiento: Lima, Perú

Referencia: 00950

Fecha 30 de Marzo del 2016

Tabla de Contenido

1. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL 4
1.1. Protección de las manos 4
1.2. Protección de la cabeza 5
1.3. Protección de las vías respiratorias 6
1.4. Protección del cuerpo 7
1.5. Protección de los oídos 8
1.6. Protección de la columna vertebral 10
1.7. Protección de los pies 10
1.8. Protección de Anti caídas 11
1.9. Protección de Ocular 12
2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES EN OBRA 13
2.1. Conexiones incorrectas 13
2.2. Conexiones prohibidas 14
3. INSTALACION DE BARANDAS 15
4. Medios Auxiliares 17
4.1. Mezcladora de concreto 17
4.2. Sierra Radial 18
4.3. Martillo eléctrico y neumático 18
4.4. Herramientas Auxiliares 19
4.5. Máquina de movimiento de tierras 20
5. Soldadura 21
5.1. Grupo oxicorte 21

1. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

Los principles equipos de “Seguridad y salud" para prevención de riesgos de accidentes y enfermedades laborales son:

1.1. Protección de las manos

Para proteger las manos de riesgos como contacto con sustancias agresivas y agresiones mecánicas, tenemos diferentes tipos de guantes:

A) Guantes de Piel: el ámbito de utilización es para todos aquellos trabajos donde hay agresiones por golpes, cortes o erosiones. Son desaconsejados para trabajos con productos químicos o húmedos. El guante tiene que disponer de los siguientes elementos: ➢ Refuerzo protector del guante. ➢ Piel seleccionada grado “A” ➢ Forro parar proporcionar confort. ➢ Salva arterias ancha. ➢ Protectores de cosido. ➢ Dedal entero.	
B) Guantes de látex: el ámbito de utilización es para todos aquellos trabajos donde el ambiente de agresiones sean productos químicos. Son desaconsejados para trabajos con elementos cortantes o punzantes. Elementos de los que dispone: ➢ Superficie con rugosidad. ➢ Embocadura de goma.	

C) Guantes de piel de serraje: el ámbito de utilización es para trabajos de soldadura o con altas temperaturas, 50ºC<T<100ºC.	

1.2. Protección de la cabeza

Para proteger la cabeza de riesgos como golpes o caídas de objetos,tenemos:

A) Casco: este sirve en ➢ Trabajos donde haya máquinas (retro, dúmper, etc..) ➢ Trabajos en zanjas ➢ Trabajos en andamios ➢ Trabajos en altura ➢ Trabajos realizados con pistolas grapadoras.	

1.3. Protección de las vías respiratorias

Para proteger las vías respiratorias de riesgos laborales tenemos:

A) Máscaras contra polvo y gases: ➢ Operaciones de pintura y recubrimiento. ➢ Manipulación de disolventes o materiales que contengan (tintes, adhesivos, limpiadores). ➢ Algunos pesticidas. ➢ Barnices y encolados.	
B) Máscara autofiltrante para pólvoras fibrógenas: ➢ Corte de piedra. ➢ Limpieza de fachadas. ➢ Limpieza de edificios abandonados.	
C) Contra el polvo máscara autofiltrante para pólvoras no tóxicas: ➢ Corte de piedra. ➢ Limpieza de fachadas. ➢ Limpieza de edificios abandonados.	

1.4. Protección del cuerpo

Para proteger el cuerpo de riesgos laborales tenemos:

Riesgos	Origen y forma de los riesgos	Factores a tener en cuenta para la elección y utilización de la ropa de trabajo
Acciones generales.	➢ Por contacto. ➢ Desgaste debido a la utilización	➢ Protección del tronco. ➢ Resistencia al desgarro, alargamiento, al principio de la rasgadura
Acciones mecánicas	➢ Por abrasivos de decapaje, objetos puntiagudos y cortantes.	➢ Resistencia a la penetración
Acciones térmicas	➢ Productos ardientes o fríos, temperatura ambiente. ➢ Contacto con las llamas. ➢ Para trabajos de soldadura.	➢ Aislamiento contra el frío y el calor, mantenimiento de la función protectora. ➢ Incombustibilidad, resistencia a la llama. ➢ Protección resistencia a la radiación y a las proyecciones de metal en fusión.
Acción de electricidad	➢ Tensión eléctrica.	➢ Aislamiento eléctrico.
Acciones químicas	➢ Daños debidos a acciones químicas.	➢ Estanqueidad y resistencia a las agresiones químicas.
Acción de la humedad	➢ Penetración de agua	➢ Permeabilidad al agua.

Falta de visibilidad	➢ Percepción insuficiente.	➢ Color y retroreflexión.
Contaminación	➢ Contacto con productos radiactivos.	➢ Estanqueidad, aptitud para la descontaminación resistencia.

1.5. Protección de los oídos

Para proteger los oídos de riesgos laborales tenemos:

A) Tapones para el oído:

Ventajas:

- ➢ Pequeños y fácilmente transportables
- ➢ Compatibles y confortables con otras protecciones personales
- ➢ Facilidad de movimientos en espacios confinados
- ➢ Costo más bajo

Inconvenientes:

- ➢ Ruidoso al caminar y susceptible de producir resonancias.
- ➢ Requiere mayor tiempo de aprendizaje y colocación.
- ➢ No se puede introducir ni extraer con las manos sucias.
- ➢ No se puede utilizar en oídos sanos.
- ➢ Mal control visual de su utilización.

B) Auriculares autónomos:

Ventajas:

- Protección mayor y más variable.
- Buena adaptación.
- Mejor admitidos por los operarios.
- Fácil control visual de su utilización.
- Las afecciones lleves de oído no descartan su uso.
- Se pierden con menos facilidad.

Inconvenientes:

- Molestos en ambientes calurosos.
- Mantenimiento, conservación y almacenaje.
- El uso continuado reduce la protección (se reduce el ajuste).
- Dificultan el movimiento de los operarios.
- Son más caros.
- Transmiten la vibración a la parte ósea.

1.6. Protección de la columna vertebral

Para proteger la columna vertebral de riesgos laborales tenemos:

A)Faja Lumbar

Normas de utilización:

- En todos los trabajos en los que haya riesgo de sobreesfuerzos.
- En todos aquellos trabajos en los que haya vibraciones por la actividad o por la maquinaria utilizada.
- En todos aquellos trabajos que supongan levantamiento de pesos.

1.7. Protección de los pies

Para proteger los pies de riesgos laborales tenemos:

A) Para la protección de los pies se utilizará una bota estándar, la presencia de la puntera de seguridad protege contra un impacto equivalente a 200 julios.

Calzado de protección con suela antiperforante:

- Trabajos de obra grande, ingeniería civil y construcción de carreteras.
- Trabajos en andamios.
- Obras de demolición.
- Obras de construcción de hormigón, encofrado y desencofrado.
- Actividades en las obras de construcción o áreas de almacenaje.
- Obras de azoteas.
- Reparación de aceras.

Calzado de protección sin suela antiperforante: ➢ Trabajos en puentes metálicos, edificios metálicos de gran altura, postes, torres, ascensores, etc.. ➢ Obras de construcción, montaje de instalaciones de calefacción, ventilación y estructuras metálicas. ➢ Trabajos en canteras, explotaciones a cielo abierto y desplazamiento de escombros. ➢ Instalaciones eléctricas, agua, gas, etc. Calzado de seguridad con taco y antiperforante: ➢ Obras de azotea.	

1.8. Protección de Anti caídas

Para protegerse una caida por riesgos laborales tenemos:

A) El ámbito de utilización del Arnés y cinturón de seguridad será preceptivo para todos los trabajos en altura. Se clasifican del siguiente modo: ➢ Sistema de sujeción en posición de trabajo. ➢ Sistema anticaídas. ➢ Dispositivos anticaídas. ➢ Dispositivos de descenso.	Arnés

Actividades que pueden requerir la utilización de estos equipos de protección: ➢ Trabajos en andamios. ➢ Montaje de piezas prefabricadas. ➢ Trabajos en postes. ➢ Trabajos en pozos y canalizaciones. ➢ Trabajos con plataforma móvil. ➢ Trabajos con cesta de brazo hidráulico.	Cinturón de Seguridad

1.9. Protección de Ocular

Para proteger la vista de riesgos laborales tenemos:

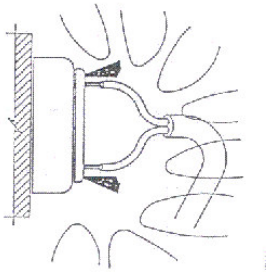
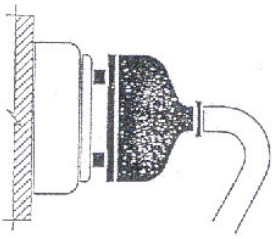
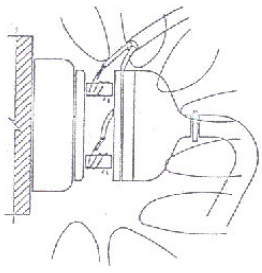
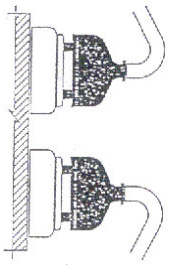
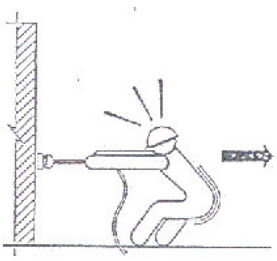
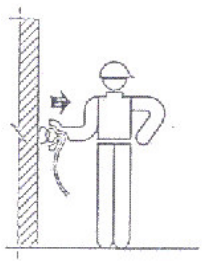
A) El equipo escogido deberá: En caso de riesgo múltiple que exija el uso de varios equipos, deberán ser compatibles. Ser de uso personal; si por circunstancias es necesario el uso de un equipo por varios trabajadores, se deberán tomar medidas para que no causen ningún problema de salud o de higiene. Protectores para su uso frente a : ➢ Uso básico ➢ Radiación ➢ Gotas de líquido ➢ Rayo de líquido ➢ Partículas grandes de polvo ➢ Partículas finas de polvo ➢ Arco eléctrico ➢ Corte con radial ➢ Soldadura oxiacetilénica	Careta de Soldador Gafas de soldar Lentes de Protección

➢ Oxicorte	

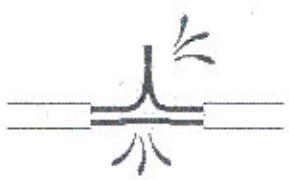
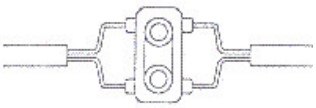
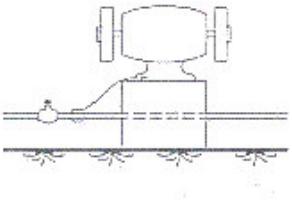
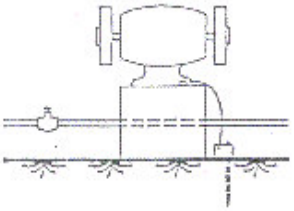
2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES EN OBRA

A continuacion daremos unas recomendaciondes de como se debe tener las conexiones elecricas en la obra asegurando la “Seguridad y salud" para prevención de riesgos de accidentes y enfermedades laborales.

2.1. Conexiones incorrectas

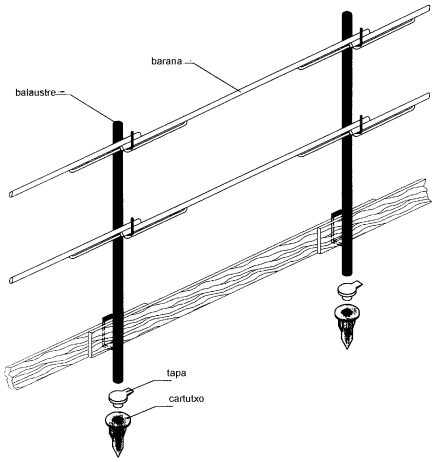
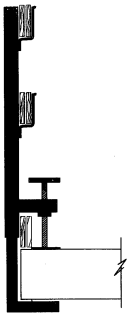
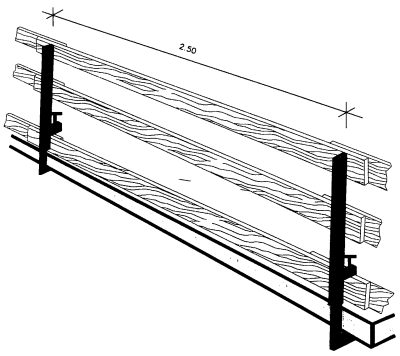
No son correctas:	Si son correctas:
	
	
	

2.2. Conexiones prohibidas

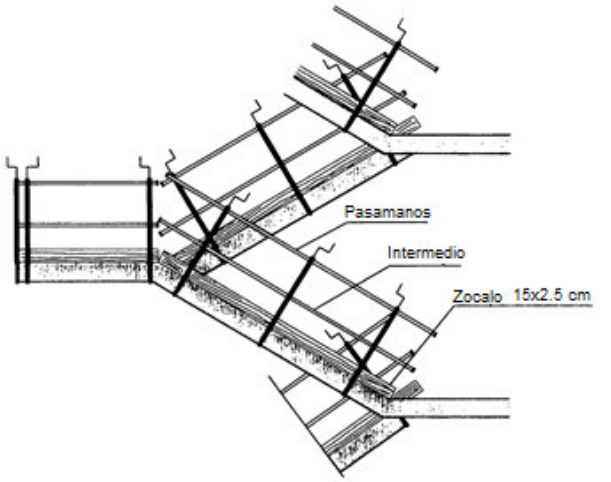
No son correctas:	Si son correctas:
	
	

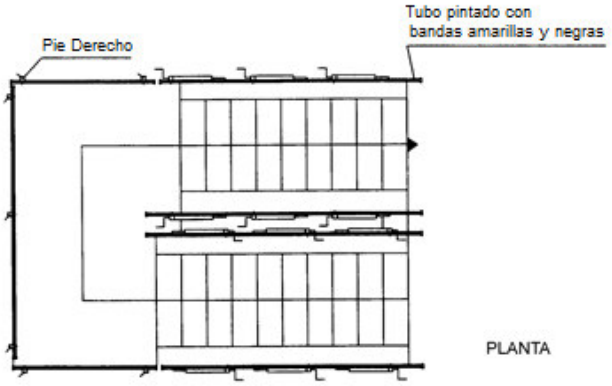
3. INSTALACION DE BARANDAS

Uno de los sistemas de protección más utilizado en las obras de edificación para la protección de bordes de forjados, ya sean perímetros o interiores, son las barandas, considerando éstas como el conjunto formado por elementos verticales y horizontales de protección. La altura mínima permitida es de 90cm. Las barandas deberán ser rígidas y con la resistencia adecuada.

A) Tipo Balaustre:	
B) Tipo Sargento:	 

C) Para escaleras:





4. MEDIOS AUXILIARES

4.1. Mezcladora de concreto

La utilizacion de esta maquina conlleva los riesgos de atrapamientos, de contactos eléctricos, golpes para que no se produzcan accidentes: Se comprobará que las tomas de los enchufes estén en buen estado y las clavijas serán estancas. La correa de transmisión y los órganos móviles, motor, polea, etc. deben estar siempre con las protecciones colocadas. Se colocará dentro del perímetro cerrado de la obra. Estará en buen estado de conservación para no producir otros riesgos a causa del mal funcionamiento de ésta. No introducir nunca ninguna parte del cuerpo dentro del bombo cuando la hormigonera esté en marcha para que las aspas interiores no produzcan golpes. En caso de manipularla se realizará entre varias personas para no sufrir sobreesfuerzos	

4.2. Sierra Radial

La sierra radial comporta el riesgo de cortes y heridas por contacto con el disco y también el de proyección de fragmentos y trozos del disco en caso de rotura de los mismos, con los consiguientes riesgos de proyección de partículas a los ojos.

Para realizar las tareas de trabajo con la máquina radial se:

- Comprobará que la máquina tiene el interruptor desconectado
- Comprobará que dispone del resguardo del disco correspondiente
- Comprobación de las tomas de corriente
- Utilización de guantes
- Utilización de gafas antiimpactos
- Calzado de seguridad

4.3. Martillo eléctrico y neumático

El martillo eléctrico y pneumático comporta los riesgos de proyección de fragmentos y partículas, el ruido, las vibraciones y el polvo.

Para realizar las tareas de trabajo con el martillo :

- Se comprobará que disponga de los enchufes en buen estado.
- Se comprobarán las tomas de aire.
- Se utilizarán guantes, calzado de seguridad, gafas y protectores acústicos)

4.4. Herramientas Auxiliares

Martillo, pico, pala, paleta, cubo, maceta, escarpa, etc. Las herramientas que disponen estarán en buen estado de conservación , y en caso contrario la empresa les proporcionará herramientas en buen estado para que éstas no comporten otros riesgos por causas del mal estado de las mismas. Los trabajos se realizarán con cuidado de no golpear al resto de compañeros. Al finalizar el trabajo no hay que dejar las herramientas abandonadas en el suelo, ya que esto provoca caídas y golpes. Las herramientas eléctricas enchufarlas con la clavija , no directamente con los cables.	

4.5. Máquina de movimiento de tierras

A) Riesgos mas frecuentes:

- Atropellos o atrapamientos.
- Vuelcos y deslizamientos de la máquina.
- Maquinas en marcha fuera de control
- Caídas por pendientes.
- Choques con otros vehículos.
- Contacto con líneas eléctricas aéreas o enterradas.
- Ruido y vibraciones.
- Interferencias con infraestructuras urbanas.
- Quemaduras, golpes o caídas de objetos y personas.

B) Medidas preventivas:

- Perfecto conocimiento de la maquinaria a utilizar.
- Correcto uso y mantenimiento de la maquinaria.
- Se prohíbe el acceso a personas no autorizadas.
- Se prohíbe levantar o transportar personal.
- Uso de los EPI recomendables.
- Se prohíbe el acceso a la zona de influencia de la maquina mientras este trabajando.
- Se colocarán banderolas para impedir el contacto con líneas eléctricas aéreas.

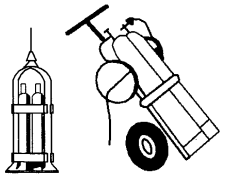
5. SOLDADURA

5.1. Grupo oxicorte

A) Observaciones:

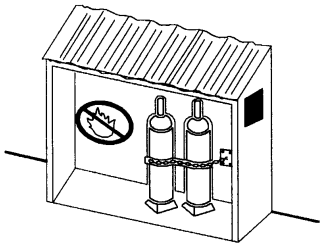
- No se utilizará grasa en la manipulación de las botellas de oxigeno.
- Se utilizarán siempre en posición vertical y sujetos.
- Se revisará periódicamente el estado de los equipos, comprobando la posible existencia de fugas en el grupo oxicorte y el estado del cable de alimentación en la soldadura eléctrica.
- Se harán revisiones o inspecciones por personal especializado.

Transporte

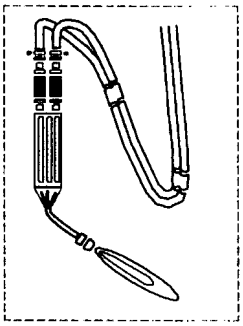


Vertical y horizontal

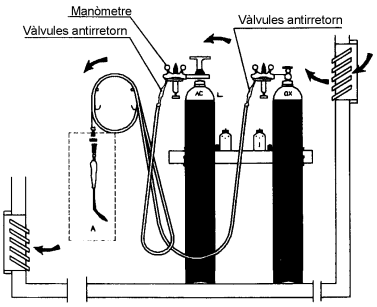
Almacenaje



Detalle Doble de válvula antirretorno



Instalación de bombonas de oxígeno y acetileno



FORMULARIO Nº 01

ANEXO 01

PERÚ | Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo

REGLAMENTO DE LA LEY Nº 29783, LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

NOTIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRABAJO Y ENFERMEDADES PROFESIONALES

(Art. 112º, Art. 113º y Art. 114º)

AÑO _____ **MES** _____

MARCAR CON UNA (X) EN LO QUE CORRESPONDA (Para ser llenado por el Empleador).

AVISO DE ACCIDENTE MORTAL (Art. 112º) ☐

AVISO DE INCIDENTE PELIGROSO (Art. 112º) ☐

1.- FECHA DE PRESENTACIÓN ☐☐☐☐☐☐ (DÍA MES AÑO)

I.- DATOS DEL EMPLEADOR

2.- RAZÓN SOCIAL:

3.- RUC:

4.- DOMICILIO PRINCIPAL:

5.- DEPARTAMENTO | **6.- PROVINCIA** | **7.- DISTRITO** | **UBIGEO (no llenar)**

8.- ACTIVIDAD ECONÓMICA (DETALLAR) | **CIIU (TABLA Nº 02)** | **ER (no llenar)**

9.- Nº DE TRABAJADORES M ☐ F ☐

10.- COD. PROV. y Nº TELÉFONO

II.- DATOS DE LA EMPRESA USUARIA (DONDE EJECUTA LAS LABORES)

11.- RAZON SOCIAL:

12.- RUC:

13.- DOMICILIO PRINCIPAL:

14.- DEPARTAMENTO | **15.- PROVINCIA** | **16.- DISTRITO** | **UBIGEO (no llenar)**

17.- ACTIVIDAD ECONÓMICA PRINCIPAL (DETALLAR) | **CIIU (TABLA Nº 02)** | **ER (no llenar)**

18.- Nº DE TRABAJADORES M ☐ F ☐

19.- COD. PROV. y Nº TELÉFONO

Nota.- La notificación se efectúa mediante el aplicatico electrónico puesto a disposición en el portal institucional del MTPE. En aquellas zonas geográficas en las que no exista acceso a internet, con carácter excepcional, la notificación se efectúa mediante formato manual debidamente llenado, que será presentado a la Dirección Regional y / o Zona de Trabajo y Promoción del Empleo que corresponda. Se entiende que el **AVISO DE ACCIDENTE DE TRABAJO MORTAL (Art. 112º)** y, **AVISO DE INCIDENTE PELIGROSO (Art. 112º)** serán notificados al Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo dentro de las 24 horas de ocurrido o conocido el hecho.

III.- DATOS DEL TRABAJADOR ACCIDENTADO (en caso de tratarse de accidente mortal)

20.- APELLIDOS Y NOMBRES

21.- DNI / CE

22.- DOMICILIO

23.- COD. PROV. y Nº TELÉFONO

24.- DEPARTAMENTO

25.- PROVINCIA

26.- DISTRITO

UBIGEO (no llenar)

27.- CATEGORÍA OCUPACIONAL

TABLA Nº 01

28.- ASEGURADO (Marcar) Si No

29.- ESSALUD

30.- EPS

31.- EDAD

32.- FECHA DEL ACCIDENTE

DÍA MES AÑO

33.- HORA DEL ACCIDENTE

H MM

34.- GÉNERO

M F

35.- FORMA DEL ACCIDENTE (TABLA Nº 03)

36.- AGENTE CAUSANTE (TABLA Nº 04)

IV.- DATOS DEL INCIDENTE PELIGROSO

37.- FECHA:

DÍA MES AÑO

38- HORA

H MM

39.- TIPO DE INCIDENTE PELIGROSO (TABLA Nº 07)

40.- DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE PELIGROSO:

TABLAS DEL FORMATO Nº 01

Tabla 1: CATEGORIA DEL TRABAJADOR

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	FUNCIONARIO
2	EMPLEADO
3	OBRERO
4	CAPATÁZ
5	OPERARIO
6	OFICIAL
7	PEÓN
8	AGRICULTOR
0	OTROS 8ESPECIFICAR)

Tabla 2: ACTIVIDAD ECONOMICA DE LA EMPRESA

CÓDIGO CIIU	
A	Agricultura
B	Pesca
C	Minas y Canteras
D	Manufactura
E	Electricidad, Gas y Agua
F	Construcción
G	Comercio
H	Hoteles y Restaurantes
I	Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones
J	Intermediación Financiera
K	Activ. Inmob. Empresariales
L	Administración Pública y defensa
M	Enseñanza
N	Servicios sociales y de salud
O	Servicios.

Tabla 3: FORMA DEL ACCIDENTE

CODIGO	DESCRIPCIÓN
1	CAIDA DE PERSONAS A NIVEL
2	CAIDA DE PERSONAL DE ALTURA
3	CAIDA DE PERSONAS AL AGUA
4	CAIDA DE OBJETOS
5	DERRUMBES O DESPLOMES DE INSTALACIONES
6	PISADAS SOBRE OBJETO
7	CHOQUE CONTRA OBJETO
8	GOLPES POR OBJETOS (EXCEPTO CAIDAS)
9	APRISIONAMIENTO O ATRAPAMIENTO
10	ESFUERZOS FISICOS O FALSOS MOVIMIENTOS
11	EXPOSICIÓN AL FRÍO
12	EXPOSICIÓN AL CALOR
13	EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES
14	EXPOSICIÓN A RADIACIONES NO IONIZANTES
15	EXPOSICIÓN A PRODUCTOS QUÍMICOS
16	CONTACTO CON ELECTRICIDAD
17	CONTACTO CON PRODUCTOS QUÍMICOS
18	CONTACTO CON PLAGUICIDAS
19	CONTACTO CON FUEGO
20	CONTACTO CON MATERIAS CALIENTES O INCANDESCENTES
21	CONTACTO CON FRÍO
22	CONTACTO CON CALOR
23	EXPLOSIÓN O IMPLOSIÓN
24	INCENDIO
25	ATROPELLAMIENTO POR ANIMALES
26	MORDEDURA DE ANIMALES
27	CHOQUE DE VEHÍCULOS
28	ATROPELLAMIENTO POR VEHÍCULOS
29	FALLA EN MECANÍSMOS PARA TRABAJOS HIPERBÁRICOS
30	AGRESIÓN CON ARMAS
00	OTRAS FORMAS

Tabla 4: AGENTE CAUSANTE

CODIGO	DESCRIPCIÓN
PARTES DE LA EDIFICACIÓN	
1	PISO
2	PAREDES
3	TECHO
4	ESCALERA
5	RAMPAS
6	PASARELAS
7	ABERTURAS, PUERTAS,PORTONES, PERSIANAS
8	VENTANAS
INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS	
9	TUBOS DE VENTILACIÓN
10	LÍNEAS DE GAS
11	LÍNEAS DE AIRE
12	LÍNEAS O CAÑERÍAS DE AGUA
13	CABLEADO DE ELÉCTRICIDAD
14	LÍNEAS O CAÑERÍAS DE MATERIAS PRIMAS O PRODUCTOS
15	LÍNEAS O CAÑERÍAS DE DESAGUES
16	REJILLAS
17	ESTANTERÍAS
18	ELÉCTRICIDAD
19	VEHÍCULOS O MEDIOS DE TRANSPORTE EN GENERAL
20	MÁQUINAS Y EQUIPOS EN GENERAL
21	HERRAMIENTAS (PORTATILES, MANUALES, MECÁNICOS, ELÉCTRICAS, NEUMÁTICAS, ETC.)
22	APARATOS PARA IZAR O MEDIOS DE ELEVACIÓN
23	ONDA EXPANSIVA
MATERIALES Y/O ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL TRABAJO	
24	MATRICES
25	PARALELAS
26	BANCOS DE TRABAJO
27	RECIPIENTES
28	ANDAMIOS
29	ARCHIVOS
30	ESCRITORIOS
31	ASIENTOS EN GENERAL
32	MUEBLES EN GENERAL
33	MATERIAS PRIMAS
34	PRODUCTOS ELABORADOS
OTROS FACTORES EXTERNOS E INTERNOS AL AMBIENTE DE TRABAJO	
35	ANIMALES
36	VEGETALES
37	FACTORES CLIMÁTICOS
38	ARMA BLANCA
39	ARMA DE FUEGO
40	SUSTANCIAS QUÍMICAS - PLAGUICIDAS
00	OTROS

Tabla 7: TIPO DE INCIDENTE PELIGROSO

CODIGO	DESCRIPCIÓN
1	EXPLOSIONES DE SUSTANCIAS (SÓLIDOS, LÍQUIDOS, GASEOSOS)
2	EXPLOSIONES DE RECIPIENTES A PRESIÓN
3	EXPLOSIONES POR TIRO CORTADO
4	ESCAPES DE SUSTANCIAS QUÍMICAS (TÓXICAS, CORROSIVAS, ASFIXIANTES, ETC.)
5	ESCAPES DE SUSTANCIAS RADIOACTIVAS
6	DERRUMBES (ZANJAS, TALUDES, CALZADURAS, EXCAVACIONES, ETC.)
7	DESPRENDIMIENTO DE ROCAS
8	CAÍDA DE CARGAS IZADAS (CONTENEDORES, PAQUETES DECARGAS, ETC.)
9	DESPLOME DE RUMAS DE CARGAS ALMACENADAS
10	DESPLOME DE INSTALACIONES CIVILES (PAREDES, TECHOS, PISOS)
11	DESPLOME DE ESTRUCTURAS (ANDAMIOS, ESTRUCTURAS METÁLICAS, TORRES DE ALTA TENSIÓN, ETC.)
12	CAÍDA DE CABLES DE ALTA TENSIÓN - CONTACTO DE MAQUINARIAS O PARTE DE ELLAS CON CABLES DE ALTA TENSIÓN
13	GENERACIÓN DE RUIDOS CONTINUOS SOBRE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
14	FUGA DE AGENTES PATÓGENOS
15	FUGA, DERRAME DE MATERIALES Y QUÍMICOS PELIGROSOS
16	TRASLADO DE MATERIALES Y QUÍMICOS PELIGROSOS SIN PLAN DE CONTINGENCIA
17	EXPOSICIÓN A LÍNEAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN CON O SIN INSTALACIÓN A TIERRA
18	INGRESO A ESPACIOS CONFINADOS SIN REALIZAR PREVIAMENTE EL MONITOREO DE AGENTES NOCIVOS
19	VOLCADURA DE BOTELLAS PRESURIZADAS
20	TORMENTAS ELÉCTRICAS INUSUALES
21	ATRAPAMIENTO SIN DAÑO (DENTRO, FUERA, ENTRE, DEBAJO)
22	GENERACIÓN DE VOLCADURA CON EXPLOSIVOS SIN PREVIO AVISO
23	OPERAR EQUIPOS, MÁQUINAS SIN AUTORIZACIÓN Y / O LICENCIA
24	DESACTIVAR DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD SIN AVISO O AUTORIZACIÓN
25	USAR EQUIPOS, MÁQUINAS INADECUADAS
26	USAR EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL INADECUADOS EN TRABAJOS DE ALTO RIESGO
27	DESASTRES NATURALES
28	EXPOSICIÓN EN EXCESO A QUÍMICOS
29	EXPOSICIÓN EN EXCESO A TEMPERATURAS EXTREMAS
30	EXPOSICIÓN CONTINUA A EXCESIVA ILUMINACIÓN
31	EXPOSICIÓN EN AMBIENTES CON VENTILACIÓN INADECUADA
32	TRABAJOS CON CAPACIDAD FÍSICA / FISIOLÓGICA INADECUADA
33	TRABAJOS CON CAPACIDAD MENTAL / PSICOLÓGICA INADECUADA
34	TRABAJOS CON ESTRÉS MENTAL O PSICOLÓGICO
35	CAIDA DE UN ASCENSOR
36	CHOQUE DE VEHÍCULOS DE TRABAJO
37	DERRUMBE DE UNA CONSTRUCCIÓN
38	DERRUMBE DE UNA MINA
39	INCENDIO DE UN CENTRO DE TRABAJO
00	OTROS

FORMULARIO Nº 02

ANEXO 02

PERÚ Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo

REGLAMENTO DE LA LEY Nº 29783, LEY DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

NOTIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRABAJO Y ENFERMEDADES PROFESIONALES

(Art. 112º, Art. 113º y Art. 114º)

AÑO_____ **MES** _____

MARCAR CON UNA (X) EN LO QUE CORRESPONDA (Para ser llenado por el Centro Médico Asistencial)

AVISO DE ACCIDENTE NO MORTAL (Art. 112º) ☐ **AVISO DE ENFERMEDADES OCUPACIONALES (Art. 112º)** ☐

1.- FECHA DE PRESENTACIÓN ☐☐☐☐☐☐ (DÍA MES AÑO)

I.- DATOS DEL EMPLEADOR

2.- RAZÓN SOCIAL:

3.- RUC:

4.- DOMICILIO PRINCIPAL:

5.- DEPARTAMENTO | **6.- PROVINCIA** | **7.- DISTRITO** | **UBIGEO (no llenar)**

8.- ACTIVIDAD ECONÓMICA (DETALLAR) | **CIIU (TABLA Nº 02)** | **ER (no llenar)**

9.- Nº DE TRABAJADORES M ☐ F ☐

10.- COD. PROV. y Nº TELÉFONO

II.- DATOS DE LA EMPRESA USUARIA (DONDE EJECUTA LAS LABORES)

11.- RAZÓN SOCIAL:

12.- RUC:

13.- DOMICILIO PRINCIPAL:

14.- DEPARTAMENTO | **15.- PROVINCIA** | **16.- DISTRITO** | **UBIGEO (no llenar)**

17.- ACTIVIDAD ECONÓMICA PRINCIPAL (DETALLAR) | **CIIU (TABLA Nº 02)** | **ER (no llenar)**

18.- Nº DE TRABAJADORES M ☐ F ☐

19.- COD. PROV. y Nº TELÉFONO

Nota.- La notificación se efectúa mediante el aplicatico electrónico puesto a disposición en el portal institucional del MTPE. En aquellas zonas geográficas en las que no exista acceso a internet, con carácter excepcional, la notificación se efectúa mediante formato manual debidamente llenado, que será presentado a la Dirección Regional y / o Zona de Trabajo y Promoción del Empleo que corresponda. Se entiende que el **AVISO DE ACCIDENTE DE TRABAJO NO MORTAL (Art. 112º)** se notificará al Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo hasta el último día hábil del mes siguiente y, **AVISO DE ENFERMEDADES OCUPACIONALES (Art. 112º)** se notificará al Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, dentro de un plazo de (5) días hábiles de conocido el diagnóstico.

III.- DATOS DEL TRABAJADOR

20.- APELLIDOS Y NOMBRES:

21.- DNI / CE

22.- DOMICILIO:

23.- DEPARTAMENTO

24.- PROVINCIA

25.- DISTRITO

UBIGEO (no llenar)

26.- CATEGORÍA OCUPACIONAL (TABLA Nº 01)

27.-ASEGURADO (Marcar) SI NO

28.- ESSALUD

29.- EPS

30- EDAD

31.- GÉNERO M F

IV.- DATOS DEL ACCIDENTE DE TRABAJO (no mortal)

32.- FECHA DEL ACCIDENTE DIA MES AÑO

33.- HORA DEL ACCIDENTE H MM

34.- FORMA DE ACCIDENTE (TABLA Nº 03)

35.- AGENTE CAUSANTE (TABLA Nº 04)

CERTIFICACIÓN MÉDICA

36.- CENTRO MÉDICO ASISTENCIAL:

37.- RUC

38.- FECHA DE INGRESO DIA MES AÑO

39.- PARTE DEL CUERPO AFECTADO (TABLA Nº 05)

40.- NATURALEZA DE LA LESIÓN (TABLA Nº 06)

CONSECUENCIAS DEL ACCIDENTE (Marcar con una X en lo que corresponda)

41.- ACCIDENTE LEVE

42.- ACCIDENTE INCAPACITANTE:

42.-1 TOTAL TEMPORAL

42.-2 PARCIAL PERMANENTE

42.-3 TOTAL PERMANENTE

43.- ACCIDENTE MORTAL

V.- DATOS DE LA ENFERMEDAD PROFESIONAL U OCUPACIONAL

44.- NOMBRE Y NATURALEZA DE LA ENFERMEDAD OCUPACIONAL:

CIE. - 10 (TABLA Nº 08)

FACTOR DEL RIESGO CAUSANTE (Marcar con X los recuadros que corresponda)

45.- FÍSICOS

46.- QUÍMICOS

47.- BIOLÓGICOS

48.- ERGONÓMICO

49.- PSICO - SOCIAL

CERTIFICACIÓN MÉDICA

50.- CENTRO MÉDICO ASISTENCIAL:

51.- RUC:

52.- FECHA DE INGRESO: DÍA MES AÑO

53.- ENFERMEDAD OCUPACIONAL (TABLA Nº 08)

TABLAS DEL FORMATO Nº 02

Tabla 1: CATEGORIA DEL TRABAJADOR

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	FUNCIONARIO
2	EMPLEADO
3	OBRERO
4	CAPATÁZ
5	OPERARIO
6	OFICIAL
7	PEÓN
8	AGRICULTOR
0	OTROS ESPECIFICAR)

Tabla 2: ACTIVIDAD ECONOMICA DE LA EMPRESA

CÓDIGO CIIU	
A	Agricultura
B	Pesca
C	Minas y Canteras
D	Manufactura
E	Electricidad, Gas y Agua
F	Construcción
G	Comercio
H	Hoteles y Restaurantes
I	Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones
J	Intermediación Financiera
K	Activ. Inmob. Empresariales
L	Administración Pública y defensa
M	Enseñanza
N	Servicios sociales y de salud
O	Servicios.

Tabla 3: FORMA DEL ACCIDENTE

CODIGO	DESCRIPCIÓN
1	CAIDA DE PERSONAS A NIVEL
2	CAIDA DE PERSONAL DE ALTURA
3	CAIDA DE PERSONAS AL AGUA
4	CAIDA DE OBJETOS
5	DERRUMBES O DESPLOMES DE INSTALACIONES
6	PISADAS SOBRE OBJETO
7	CHOQUE CONTRA OBJETO
8	GOLPES POR OBJETOS (EXCEPTO CAIDAS)
9	APRISIONAMIENTO O ATRAPAMIENTO
10	ESFUERZOS FISICOS O FALSOS MOVIMIENTOS
11	EXPOSICIÓN AL FRÍO
12	EXPOSICIÓN AL CALOR
13	EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES
14	EXPOSICIÓN A RADIACIONES NO IONIZANTES
15	EXPOSICIÓN A PRODUCTOS QUÍMICOS
16	CONTACTO CON ELECTRICIDAD
17	CONTACTO CON PRODUCTOS QUÍMICOS
18	CONTACTO CON PLAGUICIDAS
19	CONTACTO CON FUEGO
20	CONTACTO CON MATERIAS CALIENTES O INCANDESCENTES
21	CONTACTO CON FRÍO
22	CONTACTO CON CALOR
23	EXPLOSIÓN O IMPLOSIÓN
24	INCENDIO
25	ATROPELLAMIENTO POR ANIMALES
26	MORDEDURA DE ANIMALES
27	CHOQUE DE VEHÍCULOS
28	ATROPELLAMIENTO POR VEHÍCULOS
29	FALLA EN MECANISMOS PARA TRABAJOS HIPERBARICOS
30	AGRESIÓN CON ARMAS
00	OTRAS FORMAS

Tabla 4: AGENTE CAUSANTE

CODIGO	DESCRIPCIÓN
PARTES DE LA EDIFICACIÓN	
1	PISO
2	PAREDES
3	TECHO
4	ESCALERA
5	RAMPAS
6	PASARELAS
7	ABERTURAS, PUERTAS,PORTONES, PERSIANAS
8	VENTANAS
INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS	
9	TUBOS DE VENTILACIÓN
10	LÍNEAS DE GAS
11	LÍNEAS DE AIRE
12	LÍNEAS O CAÑERÍAS DE AGUA
13	CABLEADO DE ELÉCTRICIDAD
14	LÍNEAS O CAÑERÍAS DE MATERIAS PRIMAS O PRODUCTOS
15	LÍNEAS O CAÑERÍAS DE DESAGUES
16	REJILLAS
17	ESTANTERÍAS
18	ELÉCTRICIDAD
19	VEHÍCULOS O MEDIOS DE TRANSPORTE EN GENERAL
20	MÁQUINAS Y EQUIPOS EN GENERAL
21	HERRAMIENTAS (PORTATILES, MANUALES, MECÁNICOS, ELÉCTRICAS, NEUMÁTICAS, ETC.)
22	APARATOS PARA IZAR O MEDIOS DE ELEVACIÓN
23	ONDA EXPANSIVA
MATERIALES Y/O ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL TRABAJO	
24	MATRICES
25	PARALELAS
26	BANCOS DE TRABAJO
27	RECIPIENTES
28	ANDAMIOS
29	ARCHIVOS
30	ESCRITORIOS
31	ASIENTOS EN GENERAL
32	MUEBLES EN GENERAL
33	MATERIAS PRIMAS
34	PRODUCTOS ELABORADOS
OTROS FACTORES EXTERNOS E INTERNOS AL AMBIENTE DE TRABAJO	
35	ANIMALES
36	VEGETALES
37	FACTORES CLIMÁTICOS
38	ARMA BLANCA
39	ARMA DE FUEGO
40	SUSTANCIAS QUÍMICAS - PLAGUICIDAS
00	OTROS

Tabla 5: PARTE DEL CUERPO AFECTADO

CODIGO	DESCRIPCIÓN
1	REGIÓN CRANEANA (CRÁNEO, CUERO CABELLUDO)
2	OJOS (CON INCLUSIÓN DE LOS PÁRPADOS, LA ÓRBITA Y EL NERVIO ÓPTICO)
3	BOCA (CON INCLUSIÓN DE LABIOS, DIENTES Y LENGUA)
4	CARA (UBICACIÓN NO CLASIFICADA EN OTRO EPÍGRAFE)
5	NARIZ Y SENOS PARANASALES
6	APARATO AUDITIVO
7	CABEZA, UBICACIONES MÚLTIPLES
8	CUELLO
9	REGIÓN CERVICAL
10	REGIÓN DORSAL
11	REGIÓN LUMBOSACRA (COLUMNA VERTEBRAL Y MUSCULAR ADYACENTES)
12	TÓRAX (COSTILLAS, ESTERNÓN)
13	ABDOMEN (PARED ABDOMINAL)
14	PELVIS
15	TRONCO, UBICACIONES MÚLTIPLES
16	HOMBRO (INCLUSIÓN DE CLAVÍCULAS, OMOPLATO Y AXILA)
17	BRAZO
18	CODO
19	ANTEBRAZO
20	MUÑECA
21	MANO (CON EXCEPCIÓN DE LOS DEDOS SOLOS)
22	DEDOS DE LA MANO
23	MIEMBRO SUPERIOR, UBICACIONES MÚLTIPLES
24	CADERA
25	MUSLO
26	RODILLA
27	PIERNA
28	TOBILLO
29	PIE (CON EXCEPCIÓN DE LOS DEDOS)
30	DEDOS DE LOS PIES
31	MIEMBRO INFERIOR, UBICACIONES MÚLTIPLES
32	APARATO CARDIOVASCULAR EN GENERAL
33	APARATO RESPIRATORIO EN GENERAL
34	APARATO DIGESTIVO EN GENERAL
35	SISTEMA NERVIOSO EN GENERAL
36	MAMAS
37	APARATO GENITAL EN GENERAL
38	APARATO URINARIO EN GENERAL
39	SISTEMA HAMATOPOYÉTICO EN GENERAL
40	SISTEMA ENDOCRINO EN GENERAL
41	PIE (SOLO AFECCIONES DÉRMICAS)
42	APARATO PSÍQUICO EN GENERAL
43	UBICACIONES MULTIPLES, COMPROMISO DE DOS O MAS SONAS AFECTADAS ESPECIFICADAS EN LA TABLA
44	ÓRGANO, APARATO O SISTEMA AFECTADO POR SUSTANCIAS QUÍMICAS - PLAGUICIDAS
00	OTROS

Tabla 6: NATURALEZA DE LA LESIÓN

CODIGO	DESCRIPCIÓN
1	ESCORIACIONES
2	HERIDAS PUNZANTES
3	HERIDAS CORTANTES
4	HERIDAS CONTUSAS (POR GOLPES O DE BORDES IRREGULA)
5	HERIDA DE BALA
6	HERIDA DE TEJIDOS
7	CONTUSIONES
8	TRAUMATISMOS INTERNOS
9	TORCEDURAS Y ESQUINCES
10	LUXACIONES
11	FRACTURAS
12	AMPUTACIONES
13	GANGRENAS
14	QUEMADURAS
15	CUERPO EXTRAÑO EN OJOS
16	ENUCREACIÓN (PÉRDIDA OCULAR)
17	INTOXICACIONES
18	INTOXICACIONES POR PLAGUICIDAS
19	ASFIXIA
20	EFECTOS DE ELÉCTRICIDAD
21	EFECTOS DE LAS RADIACIONES
22	DISFUNCIONES ORGÁNICAS
00	OTROS

Tabla 8: ENFERMEDAD PROFESIONAL U OCUPACIONAL

CODIGO	DESCRIPCIÓN
1	ASMA PROFESIONAL CAUSADA POR AGENTES SENSIBILIZANTES O IRRITANTES
2	ENFERMEDADES OCACIONADAS POR AGENTES QUÍMICOS, TÓXICOS Y OTROS
3	SILICOSIS
4	ASBESTOSIS
5	NEUMOCONIOSIS POR EXPOSICIÓN A POLVO DE CARBÓN
6	TALCOSIS, SILICOCAOLINOSIS Y OTRAS SILICATOSIS
7	NEOPLASIA POR EXPOSICIÓN AL ASBESTO
8	NEOPLASIA MALIGNA POR EXPOSICIÓN AL CLORURO DE VINILO
9	HIPOACUSIA O SORDERA PROVOCADA POR EL RUIDO
10	ENFERMEDADES OSTEOARTICULARES O ANGIONEURÓTICAS PROVOCADAS POR LAS VIBRACIONES MECÁNICAS
11	ENFERMEDADES PROVOCADAS POR LAS VIBRACIONES REPETIDAS DE TRANSMISIÓN VERTICAL
12	ENFERMEDADES PROVOCADAS POR POSTURAS FORZADAS Y MOVIMIENTOS REPETIDOS EN EL TRABAJO
13	ENFERMEDADES PROVOCADAS POR TRABAJOS BAJO PRESIÓN DE AIRE Y AGUA
14	ENFERMEDADES PROVOCADAS POR RADIACIONES IONIZANTES
15	VIRUS DE HEPATITIS B, HEPATITIS C, VIH Y OTRAS INFECCIONES VIRÍCAS
16	MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS
17	LEISHMANÍA DONAVANI TRÓPICA
00	OTRAS FORMAS

NORMA TECNICA PERUANA

NTP 399.010-1
2004

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138 - San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima-Perú

SEÑALES DE SEGURIDAD. Colores, símbolos, formas y dimensiones de señales de seguridad. Parte 1: Reglas para el diseño de las señales de seguridad

SECURITY SIGNALS. Colours, symbols, forms and dimensions of security signals. Part 1: Rules for design of security signals

2004-12-02
2ª Edición

R.0131-2004/INDECOPI-CRT.Públicada el 2005-01-13 Precio basado en 94 páginas
I.C.S.: 13.100.01 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptores: Señales de seguridad, colores, símbolos, formas, dimensiones, reglas para el diseño

ÍNDICE

página

INDICE i

PREFACIO iii

1. OBJETO 1

2. REFERENCIAS NORMATIVAS 1

3. CAMPO DE APLICACIÓN 2

4. DEFINICIONES 2

5. COLORES DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD 6

6. COLORES DE CONSTRASTE 7

7. SÍMBOLOS 7

8. FORMAS GEOMÉTRICAS Y SIGNIFICADO DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD 8

9. TIPOS DE SEÑALES SEGÚN LUMINISCENCIA 10

10 REQUISITOS PARA EL DISEÑO DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD 10

11. UBICACIÓN DE LA INFORMACIÓN ADICIONAL, CARTELES DE SEGURIDAD Y SEÑALES MÚLTIPLES 16

12. DISEÑO DE LAS FRANJAS DE SEGURIDAD 22

13. RELACIÓN ENTRE LAS MEDIDAS DE LA SEÑAL DE SEGURIDAD Y LA DISTANCIA DE OBSERVACIÓN 24

14. MATERIALES 24

15. SEÑALIZACIÓN BÁSICA 25

16. ANTECEDENTES 26

ANEXOS

ANEXO A 27
ANEXO B 33
ANEXO C 93
ANEXO D 94

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Seguridad contra Incendios, durante los meses de octubre de 2003 a marzo de 2004, mediante el Sistema 2 u Ordinario, utilizando como antecedentes a los que se mencionan en el capítulo correspondiente.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Seguridad Contra Incendios presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT-, con fecha 2004-04-21 el PNTP 399.010-1:2004, para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2004-07-27. Habiéndose presentado observaciones las cuales fueron revisadas por el Comité Técnico de Normalización en coordinación con la Comisión, fue oficializada como Norma Técnica Peruana **NTP 399.010-1:2004 SEÑALES DE SEGURIDAD. Colores, símbolos, formas y dimensiones de señales de seguridad. Parte 1: Reglas para el diseño de las señales de seguridad**. 2ª Edición, el 13 de enero del 2005.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 399.010:1974. La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA PRESENTE NORMA TÉCNICA PERUANA

SECRETARÍA	Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI
PRESIDENTE	Felipe De Rivero Rodríguez - Comité de Fabricantes de extintores de la SNI
VICEPRESIDENTE	Jorge Herbozo Valverde
SECRETARIO	Víctor Ernesto Ulloa Montoya
ENTIDAD	**REPRESENTANTE**
Dirección Nacional de Industrias	Raúl Flores Martínez

Ministerio de la Producción Comandancia General del Ejercito Ministerio de Defensa	Apolinario Huamán Marallano
Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú	Arturo Nolte Maldonado
Alpe Corporación S.A.	Pedro Díaz Correa Martín Palma Camargo
De Rivero Industrial S.A.C.	Guillermo Guembes Ramos Constante Horna
EGRAF Perú SAC.	Ernesto Herrera de Rivero
ETALÓN S.A.	Jacobo Gutarra Alvarez
EXANCO S.A.	Jorge Herbozo
FADEX S.A.C.	Luis Mathey
FIREMAN'S	Saul Montenegro
Instituto Nacional de Defensa Civil	Jhonny Palomino Zevallos Eric Iván Cárdenas Erazo Rolando Jara Díaz
MAPROTEC SAC	María Cardenas

---oooOooo---

SEÑALES DE SEGURIDAD. Colores, símbolos, formas y dimensiones de señales de seguridad. Parte 1: Reglas para el diseño de las señales de seguridad

1. OBJETO

1.1 La presente Norma Técnica Peruana establece los requisitos, para el diseño, colores, símbolos, formas y dimensiones de las señales de seguridad.

1.2 El sistema adoptado tiende a hacer comprender, mediante las señales de seguridad, con la mayor rapidez posible, la información para la prevención de accidentes, la protección contra incendios, riesgos o peligros a la salud, facilitar la evacuación de emergencia y también la existencia de circunstancias particulares.

1.3 La rapidez y la facilidad de la identificación de las señales de seguridad queda establecida por la combinación de los colores determinados con una definida forma geométrica, símbolo y leyenda explicativa (véase la Tabla 3).

1.4 En la presente Norma Técnica Peruana también se establecen la identificación de colores de seguridad y de contraste (véase Anexo A).

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. La edición indicada estaba en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de la norma citada seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1 Normas Técnicas Internacionales

2.1.1	ISO/CIE 10526	CIE standard illuminants for colorimetry
2.1.2	CIE 15.2	Colorimetry, second edition
2.1.3	CIE 54	Retroreflection-definition and measurement
2.1.4	IEC 60050-845:1987	International electrotechnical vocabulary (IEV)-Chapter 845:Lighting

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a las señales de seguridad que se deben utilizar en todos los locales públicos, privados, turísticos, recreacionales, locales de trabajo, industriales, comerciales, centros de reunión, locales de espectáculos, hospitalarios, locales educacionales, así como lugares residenciales; con la finalidad de orientar, prevenir y reducir accidentes, riesgos a la salud y facilitar el control de las emergencias a través de colores, formas, símbolos y dimensiones.

Los sectores que tengan disposiciones referentes a señales de seguridad con criterios normativos diferentes o no estén basados en normas técnicas ni son de aplicación universal deberán adecuarse a lo establecido en la presente Norma Técnica Peruana.

Esta Norma Técnica Peruana no es aplicable para la señalización del tránsito vehicular, ferroviario, fluvial, marítimo y aéreo ni aquellos sectores cuyas señales se rigen por normas especificas.

4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones:

4.1 **cartel:** Es un aviso que contiene la señal de seguridad (véase 4.27) y la información adicional (véase 4.11) referida a la función de dicha señal.

4.2 **coeficiente de Retrorreflexión (**R´) **(De una superficie plana):** Cociente entre la intensidad luminosa (I) del material retrorreflectante, en la dirección de observación, y el producto de la iluminancia ($E_{\perp}$) sobre la superficie retrorreflectante, sobre un plano perpendicular a la dirección de la luz incidente, por la superficie (A).

$$R´ = (I / E_{\perp} .A)$$

4.3 **color de contraste:** Es el color que complementa al color de seguridad, mejora las condiciones de visibilidad de la señal y hace resaltar su contenido.

4.4 **color de seguridad:** Color de características bien definidas, al que se le atribuye una significación determinada relacionada con la seguridad.

4.5 **detalle crítico:** Elemento de un símbolo gráfico sin el cual el símbolo gráfico no puede ser entendido.

4.6 **factor de luminancia** (en un punto sobre la superficie de un cuerpo no radiante por sí mismo, en una dirección dada, para condiciones de iluminación determinadas): Relación entre la luminancia del material considerado y la de un difusor – reflector de reflexión perfecta iluminado de forma idéntica.

4.7 **fluorescencia:** Fotoluminiscencia en la cual la radiación óptica emitida es el resultado de la transición directa del nivel de energía de fotoexitación a un nivel inferior. Esa transición tiene lugar generalmente dentro de los 10 ns después de la excitación.

[IEC 60050-845-04-20:1987]

4.8 **fotoluminiscencia:** Luminiscencia causada por absorción de la radiación óptica.

[IEC 60050-845-04-19:1987]

4.9 **fosforescencia:** Fotoluminiscencia retardada producida por almacenamiento de energía en un nivel intermedio.

[IEC 60050-845-04-23:1987]

4.10 **franjas de seguridad:** Franjas que adoptan el uso de colores de seguridad y/o colores de seguridad de contraste para transmitir un mensaje de seguridad o hacer llamativo o claramente visible un objeto o lugar.

4.11 **información adicional:** Es el texto que acompaña a la señal de seguridad que orienta o explica la mejor aplicación de la señal (véase el Anexo B).

4.12 **luminancia de contraste (k):** Luminancia del color de contraste de L_1 dividido por luminancia del color de seguridad de L_2, donde L_1 es mayor que L_2.

$$K = L_1 / L_2$$

4.13 **luminiscencia:** Emisión de radiación óptica por átomos, moléculas o iones de un material, en la cual ciertas longitudes de onda o regiones del espectro están en exceso de la radiación debido a la emisión térmica de este material a la misma temperatura, como un resultado de la excitación de estas partículas por otra energía de agitación térmica.

[IEC 60050-845-04-18:1987]

4.14 **materiales combinados:** Son materiales que combinan las características ópticas de los materiales retroreflectantes y fotoluminiscentes.

4.15 **material ordinario:** Material que no es ni retroreflectante ni fotoluminiscente.

4.16 **material reflectante:** Material que refleja la radiación en dirección contraria a la dirección desde la que proviene.

4.17 **señalización:** Es el conjunto de estímulos que condicionan la actuación del individuo que los recibe frente a unas circunstancias (riesgos, protecciones necesarias a utilizar, etc) que se pretende resaltar.

4.18 **señal de advertencia o precaución:** Es la señal de seguridad que advierte de un peligro o de un riesgo.

4.19 **señal de emergencia:** Es la señal de seguridad que indica la ubicación de materiales y equipos de emergencia.

4.20 **señal de evacuación:** Es la señal de seguridad que indica la vía segura de la salida de emergencia a las zonas de seguridad

4.21 **señal de información general:** Es la señal que proporciona información sobre cualquier tema que no se refiere a seguridad.

4.22 **señal de obligación:** Es la señal de seguridad que obliga al uso de implementos de seguridad personal

4.23 **señal de prohibición:** Es la señal de seguridad que prohibe un comportamiento susceptible de provocar un accidente y su mandato es total.

4.24 **señal de protección contra incendios:** Es la señal de seguridad que sirve para ubicar e identificar equipos, materiales o sustancias de protección contra incendios.

4.25 **señales fotoluminiscentes:** Son aquellas señales que emiten luz como consecuencia de la absorción previa de energía luminosa. Este efecto es temporal, (véase anexo A, figura A1).

4.26 **señales retroreflectantes:** Son aquellas señales que ante la presencia de un haz de luz lo reflecta sobre su superficie, (véase anexo A, figura A1).

4.27 **señal de seguridad:** Señal que por la combinación de una forma geométrica y de un color, proporciona una indicación general relativa a la seguridad y que, sí se añade un símbolo gráfico o un texto, proporciona una indicación particular relativa a la seguridad.

4.28 **símbolo (pictograma):** Es un dibujo o la imagen que describe una situación determinada, que indica información representativa, prohibición y que se utiliza en las señales de seguridad.

4.29 **texto de seguridad:** Son las palabras que acompañan a la señal de seguridad y le sirve de refuerzo.

5. COLORES DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD

5.1 Los colores de seguridad están indicados en la Tabla 1, donde se presenta el color y su significado.

5.2 Las características colorimétricas y fotométricas de los materiales deben ser acorde a lo indicado en el Anexo A.

TABLA 1 – Significado general de los colores de seguridad

Color empleados en las señales de seguridad	Significado y finalidad
ROJO	Prohibición, material de prevención y de lucha contra incendios
AZUL[1]	Obligación
AMARILLO	Riesgo de peligro
VERDE	Información de Emergencia
1. El azul se considera como color de seguridad únicamente cuando se utiliza en forma circular.	

6. COLORES DE CONTRASTE

6.1 Los colores de contraste, usados para destacar más el color de seguridad fundamental (véase Tabla 2), son los siguientes:

6.1.1 El blanco, como contraste para el rojo, azul y verde

6.1.2 El negro, como contraste para el amarillo.

TABLA 2 – Colores de contraste

Color de la señal de seguridad	Color de contraste
ROJO	BLANCO
AZUL	BLANCO
AMARILLO	NEGRO
VERDE	BLANCO

6.2 Se aplicarán los colores de contraste a los símbolos que aparezcan en las señales, de manera de lograr un mejor efecto visual.

6.3 Cuando se utilicen señales fotoluminiscentes, el color del material fotoluminiscente será su color de contraste.

7. SÍMBOLOS

7.1 Como complemento de las señales de seguridad se usarán una serie de símbolos en el interior de las formas geométricas definidas.

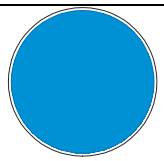
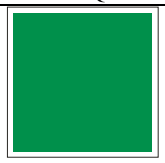
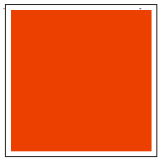
7.2 La presentación de los símbolos debe ser lo más simple posible y deben eliminarse los detalles que no sean esenciales y su dimensión debe ser proporcional al tamaño de la señal a fin de facilitar su percepción y comprensión

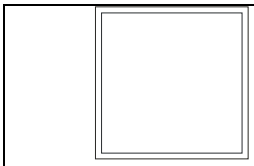
NOTA: En el Anexo B se presentan algunos ejemplos de señales de seguridad, símbolos y carteles de seguridad.

8. FORMAS GEOMÉTRICAS Y SIGNIFICADO DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD

Las formas geométricas, significado, colores de seguridad y contraste de las señales de seguridad, así como ejemplos de uso para los citados colores, están indicadas en la Tabla 3.

TABLA 3 – Forma geométrica y significado general

FORMA GEOMETRICA	SIGNIFICADO	COLOR DE SEGURIDAD	COLOR DE CONTRASTE	COLOR DEL PICTOGRAMA	EJEMPLO DE USO
CIRCULO CON DIAGONAL	PROHIBICIÓN	ROJO	BLANCO[a]	NEGRO	Prohibido fumar. Prohibido hacer fuego. Prohibido el paso de peatones.
 CIRCULO	OBLIGACIÓN	AZUL	BLANCO[a]	BLANCO	Use protección ocular Use traje de seguridad. Use mascarilla.
TRIANGULO EQUILÁTERO	ADVERTENCIA	AMARILLO	NEGRO	NEGRO	Riesgo eléctrico. Peligro de muerte. Peligro ácido corrosivo
 CUADRADO RECTÁNGULO	CONDICION DE SEGURIDAD RUTAS DE ESCAPE EQUIPOS DE SEGURIDAD	VERDE	BLANCO[a]	BLANCO	Dirección que debe seguirse. Punto de reunión. Teléfono de emergencia.
 CUADRADO RECTÁNGULO	SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS	ROJO	BLANCO[a]	BLANCO	Extintor de incendio Hidrante incendio. Manguera contra incendios.

 CUADRADO RECTÁNGULO	INFORMACIÓN ADICIONAL	BLANCO O EL COLOR DE LA SEÑAL DE SEGURIDAD	NEGRO O EL COLOR DE CONTRASTE DE LA SEÑAL DE SEGURIDAD	COLOR DEL SÍMBOLO O EL DE LA SEÑAL DE SEGURIDAD RELEVANTE	Mensaje adecuado que refleja el significado del símbolo gráfico.
[a] EL COLOR BLANCO DE CONTRASTE INCLUYE EL COLOR DE CONTRASTE PARA MATERIALES FOSFORESCENTES BAJO LA LUZ DE DIA CON PROPIEDADES DEFINIDAS EN LA TABLA 4.					

9. TIPOS DE SEÑALES SEGÚN SU LUMINISCENCIA

Las señales de acuerdo a su comportamiento ante la luz se clasifican en:

- Señales convencionales
- Señales fotoluminiscentes
- Señales retroreflectantes

10. REQUISITOS PARA EL DISEÑO DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD

10.1 Propósito

10.1.1 El propósito de las señales y colores de seguridad es atraer rápidamente la atención de situaciones y objetos que afecten la seguridad y la salud, para lograr un entendimiento rápido de un mensaje específico.

10.1.2 Solo se deben usar señales de seguridad cuando estén relacionadas con la seguridad y la salud.

10.2 Generales

10.2.1 El nivel de iluminación permanente en la superficie de la señal debe ser como mínimo de 50 lux.

10.2.2 Cuando en una instalación no se obtenga el nivel de iluminación especificado en el punto anterior, se debe emplear un alumbrado adicional y se deben utilizar señales fotoluminiscentes, en cuyo caso el color de fondo y el de contraste correspondientes al de seguridad y del símbolo respectivamente, podrán invertirse a objeto de lograr una mejor visualización de la señal. Se deberá tener presente la instalación de un sistema de alumbrado de emergencia para cada caso específico.

10.2.3 Dentro de los símbolos no debe colocarse texto.

10.2.4 Solamente se deben usar cinco tipos básicos de señales de seguridad, obtenidos de la combinación de los colores de seguridad, formas geométricas y colores de contraste establecidas en el capítulo 8.

10.2.5 Cuando no se cuente con un símbolo gráfico para indicar un mensaje particular deseado, se usara como señal la forma geométrica apropiada conjuntamente con una información adicional.

10.3 De prohibición (véase Figura 1)

10.3.1 Color de fondo: Blanco

10.3.2 Anillo y banda diagonal: Rojo

10.3.3 Símbolo o texto: Negro

10.3.4 Borde: Blanco

10.3.5 El símbolo o texto debe colocarse en el centro de la señal y no debe tapar la barra transversal.

10.3.6 El color rojo debe cubrir como mínimo el 35 % de la superficie total de la señal.

10.3.7 En el caso de que no exista ningún símbolo que signifique una determinada intención, el mensaje debe transmitirse utilizando preferentemente la señal de prohibición (véase Figura 1) sin ningún símbolo, acompañada de un texto colocado sobre el cartel o incluso utilizando en lugar de un símbolo un texto colocado sobre la misma señal de prohibición.

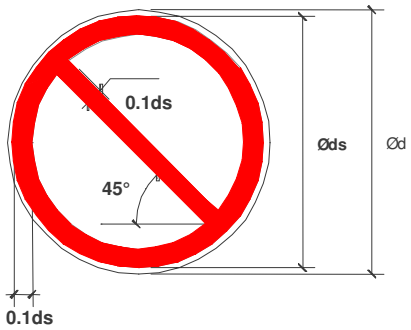


FIGURA 1 – Señal de prohibición

10.4 De obligación (véase Figura 2)

10.4.1 Color de fondo: Azul

10.4.2 Símbolo : Blanco

10.4.3 Borde: Blanco

10.4.4 El color azul debe cubrir como mínimo un 50 % de la superficie total de la señal.

10.4.5 Se debe emplear el color de contraste para un reborde estrecho cuya dimensión será de 1/20 del diámetro de la señal

10.4.6 El símbolo debe colocarse en el centro de la señal.

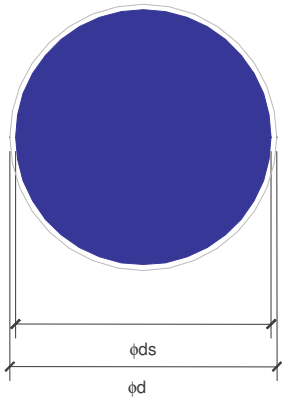


FIGURA 2 – Señal de obligación

10.5 De advertencia (véase Figura 3)

10.5.1 Color de fondo: Amarillo.

10.5.2 Banda Triangular: Negra.

10.5.3 Símbolo: Negro.

10.5.4 Borde: Amarillo o blanco.

10.5.5 El color amarillo debe cubrir como mínimo un 50 % de la superficie total de la señal.

10.5.6 Se debe emplear el color amarillo o blanco para un reborde estrecho cuya dimensión será de 1/20 del lado de la señal.

10.5.7 El símbolo debe colocarse en el centro de la señal.

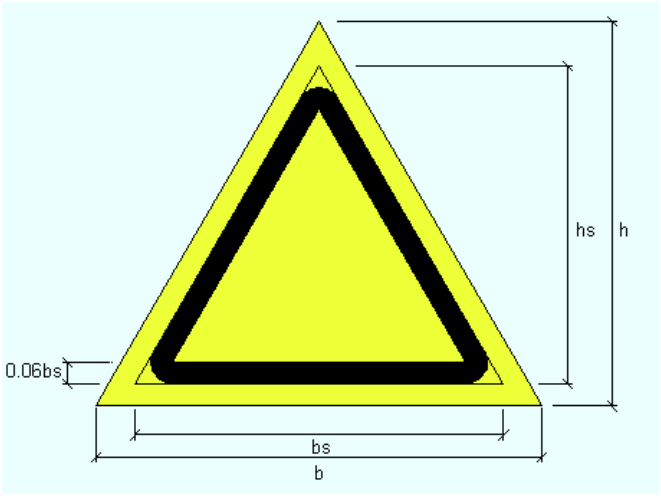


FIGURA 3 – Señal de advertencia

10.6 De condiciones de emergencia (véase Figura 4)

10.6.1 Color de fondo: Verde.

10.6.2 Símbolo o texto: Blanco.

10.6.3 Borde: Blanco.

10.6.4 El color verde debe cubrir como mínimo un 50 % de la superficie total de la señal.

10.6.5 Se debe emplear el color de contraste para un reborde estrecho cuya dimensión será de 1/20 del lado mayor de la señal.

10.6.6 El símbolo debe colocarse en el centro de la señal.

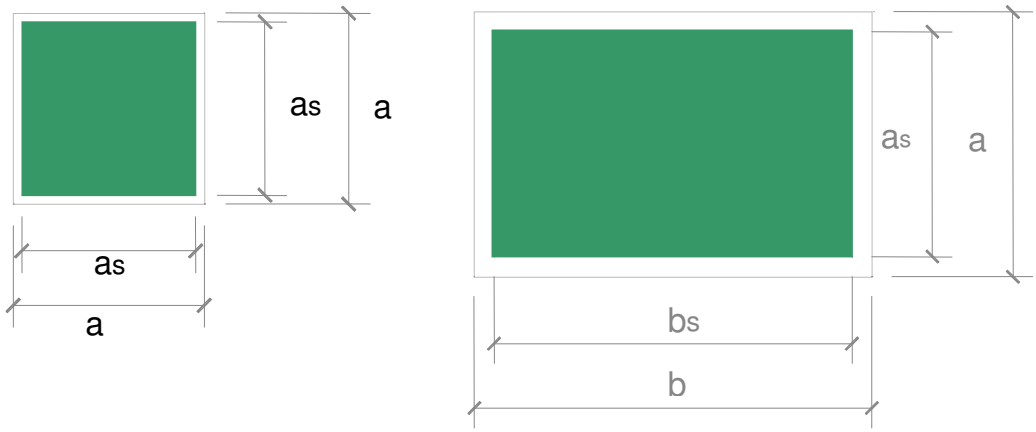


FIGURA 4 – Señales de condiciones de emergencia

10.7 De protección contra incendios (véase Figura 5)

10.7.1 Color de fondo: Rojo.

10.7.2 Símbolo o texto: Blanco.

10.7.3 Borde: Blanco.

10.7.4 El color rojo debe cubrir como mínimo un 50 % de la superficie total de la señal.

10.7.5 Se debe emplear el color de contraste para un reborde estrecho cuya dimensión será de 1/20 del lado de la señal.

10.7.6 El símbolo debe colocarse en el centro de la señal.

10.7.7 Podrán ser acompañadas de señalización de información adicional, en cuyo caso el tamaño del párrafo que conforma el texto debe ser proporcional al área de la señal que complementa.

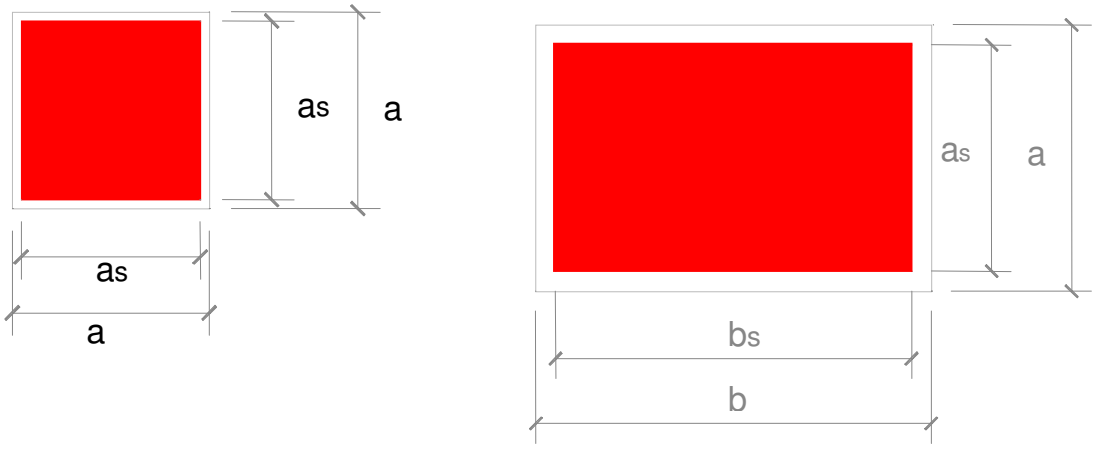


FIGURA 5 – Señales de protección contra incendios

11. UBICACIÓN DE LA INFORMACIÓN ADICIONAL, CARTELES DE SEGURIDAD Y SEÑALES MÚLTIPLES

11.1 Generales

11.1.1 Se puede utilizar una información adicional para complementar o aclarar el significado del símbolo gráfico utilizado en la señal de seguridad. El texto no debe estar ubicado dentro de la señal, pero si podrá ser incluido acompañando a la señal de seguridad y ambos contenidos en un cartel.

11.2 Información adicional

11.2.1 La información adicional cumplirá con los requisitos de diseño dado en la Figura 6 y 7.

11.2.2 Los colores de la señal serán como sigue:

Color de fondo	:	blanco o color de seguridad de la señal
Símbolo o color del texto	:	color de contraste
Borde	:	blanco

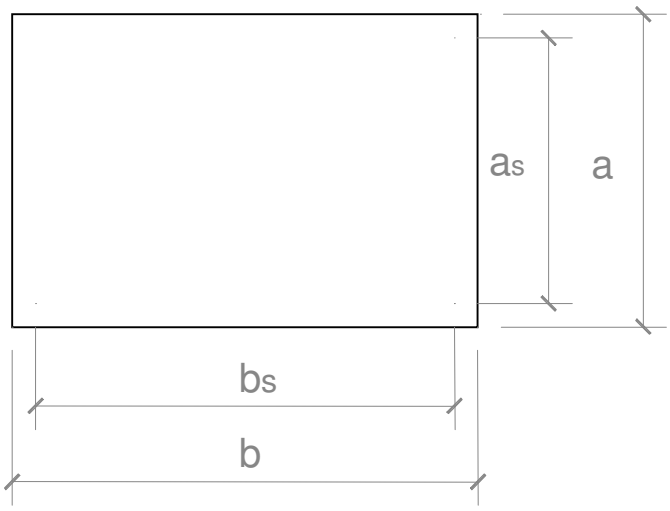


FIGURA 6 – Requisitos de diseño para información adicional

11.2.3 Los colores de la señal serán como sigue:

Color de fondo	:	blanco o color de seguridad de la señal
Símbolo o color del texto	:	color de contraste
Borde	:	blanco
Reborde	:	negro

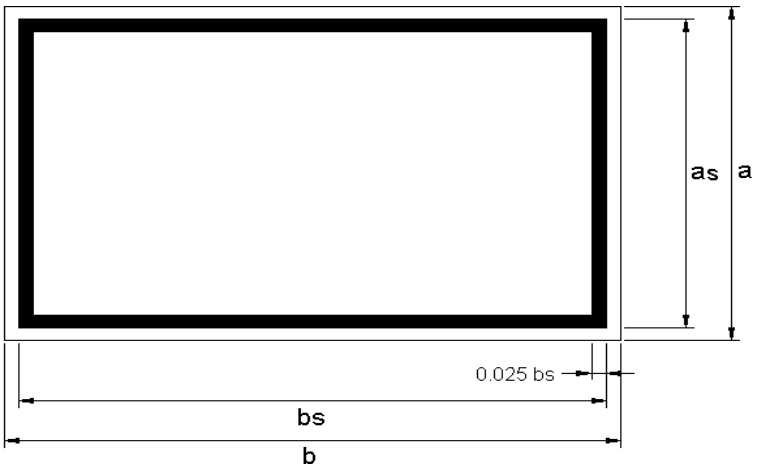


FIGURA 7 – Requisitos de diseño para información adicional enmarcada

11.3 Ubicación de la información adicional

11.3.1 La posición de las señales de seguridad con la información adicional son mostradas en la Figura 8. La información adicional también puede estar ubicada debajo como se indica en la Figura 9, a la derecha o a la izquierda de la señal de seguridad como se indica en la Figura 10.

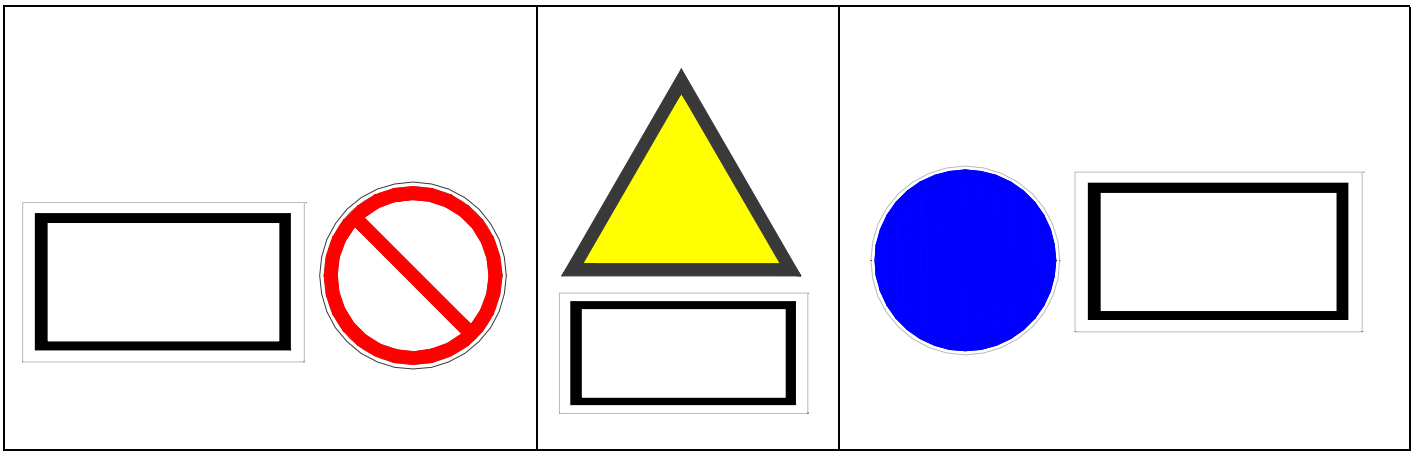


FIGURA 8 – Disposición de la información adicional

11.4 Cartel de seguridad

11.4.1 Los carteles de seguridad contienen la señal de seguridad y la información adicional en un portador rectangular. Los ejemplos se muestran en las Figuras 9 y 10.

11.4.2 Los colores de la señal serán como sigue:

Color del portador de la señal	:	color de la señal de seguridad o blanco
Color del texto o símbolo	:	color de contraste pertinente

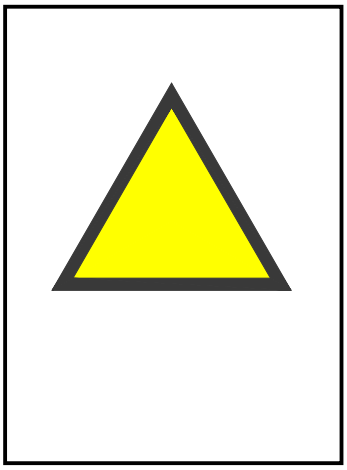


FIGURA 9 – Diseño para una cartel de seguridad con la información adicional debajo de la señal de seguridad.

11.4.3 Los colores de la señal serán como sigue:

Color del portador de la señal	:	color de la señal de seguridad o blanco
Color del texto o símbolo	:	color de contraste pertinente

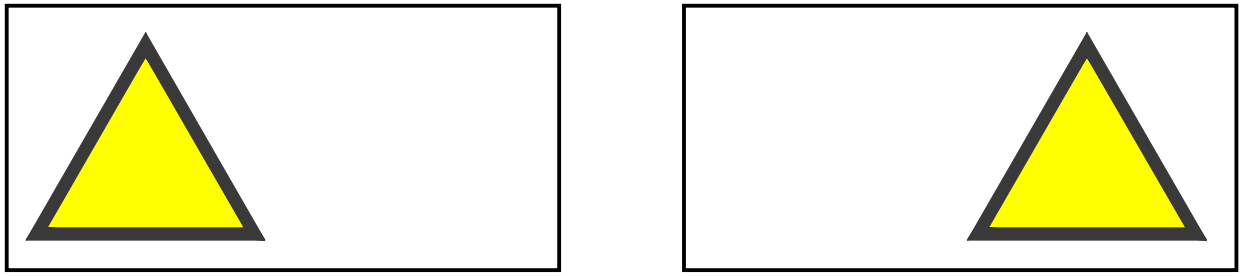


FIGURA 10 – Diseño para un cartel de seguridad con la información adicional a la derecha y a la izquierda de la señal de seguridad

11.5 Señales Múltiples como un medio de informar mensajes de seguridad compuestos

11.5.1 Una señal múltiple es una combinación de señales conteniendo dos o más señales de seguridad e información adicional asociadas sobre el mismo portador rectangular, un ejemplo de un diagrama para una señal múltiple usada para comunicar un peligro, una señal de obligación para evitar un riesgo de daño y/o proveer un mensaje de prohibición como se muestra en la Figura 11.

11.5.2 En señales múltiples, el orden de las señales de seguridad (y/o la información adicional correspondiente) tendrá un arreglo de acuerdo a la importancia del mensaje de seguridad.

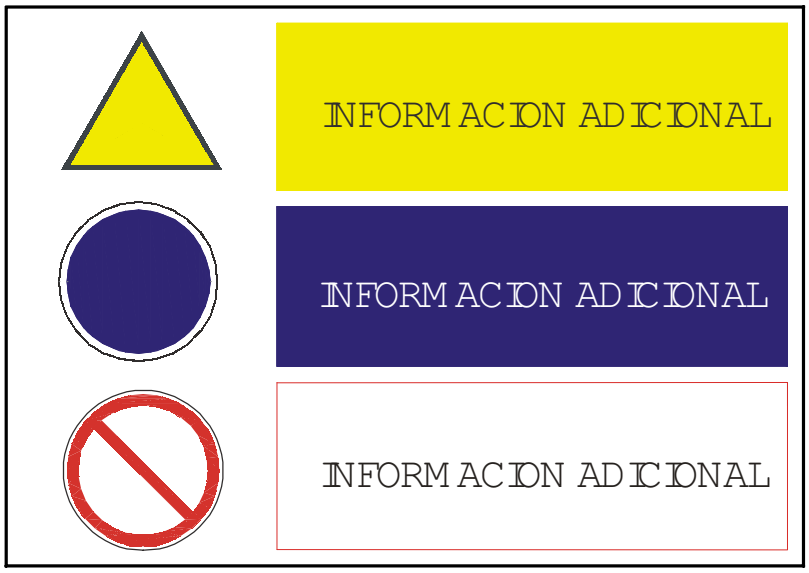


FIGURA 11 – Ejemplo de un cartel para señales múltiples

11.6 Combinación de señales

11.6.1 Un símbolo gráfico de la señal de seguridad, una señal de flecha direccional con una información adicional, puede estar combinado para proveer un mensaje de seguridad de orientación. Los ejemplos están dados en las Figuras 12 a la 14.

11.6.2 Una combinación de señales en un cartel puede omitir bordes internos.

11.6.3 La flecha direccional será puesta arriba o debajo o a la izquierda o a la derecha de las señales de seguridad.

Hacia la izquierda

FIGURA 12- Ejemplos de combinación de una señal con la flecha direccional a la izquierda

Hacia la derecha

FIGURA 13 - Ejemplos de señales combinadas con la flecha direccional a la derecha

Seguir recto

FIGURA 14- Ejemplos de señales combinadas con la flecha direccional seguir recto

12. DISEÑO DE LAS FRANJAS DE SEGURIDAD

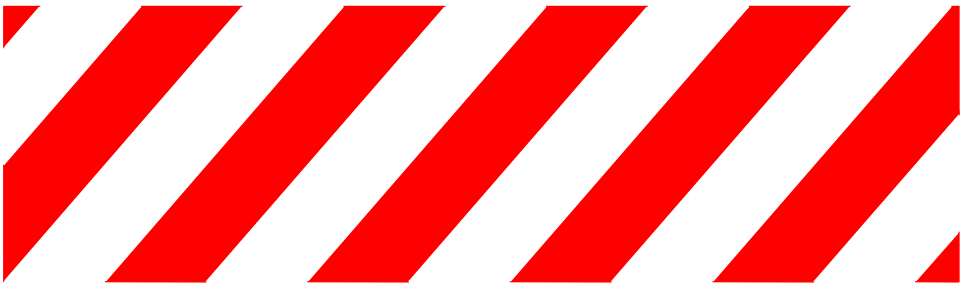
12.1 Las bandas son de anchura equivalente con un ángulo de inclinación de aproximadamente 45° (véase Figuras 15 a 18). Además los colores de seguridad deben cubrir por lo menos un 50 % de la superficie de la señal.

12.2 El color de las franjas de seguridad que indica la zona de peligro, tendrá que ser una combinación de amarillo y negro de contraste como lo muestra la Figura 15.

Combinación de color: amarillo y negro de contraste

FIGURA 15 - Franjas de seguridad para indicar zonas de peligro

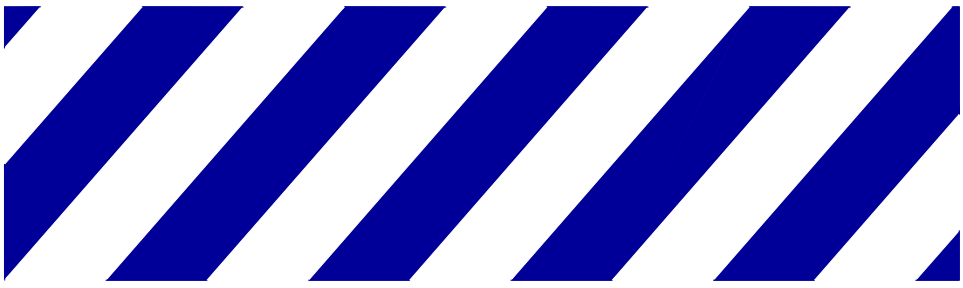
12.3 El color de las franjas de seguridad que indica prohibición o ubicación de equipo de lucha contra incendios, tendrá que ser una combinación de rojo y blanco de contraste como lo muestra la Figura 16.



Combinación de color: rojo y blanco de contraste

FIGURA 16 - Franjas de seguridad para indicar prohibición o zona de equipo de lucha contra incendios

12.4 El color de las franjas de seguridad que indica una instrucción obligatoria tendrá que ser una combinación de azul y blanco de contraste como lo muestra la Figura 17.



Combinación de color: azul y blanco de contraste

FIGURA 17 - Franjas de seguridad para indicar una instrucción obligatoria

12.5 El color de las franjas de seguridad que indica una condición de emergencia tendrá que ser una combinación de verde y blanco de contraste como lo muestra la Figura 18.

Combinación de color: verde y blanco de contraste

FIGURA 18 - Franjas de seguridad para indicar una condición de emergencia

13. RELACIÓN ENTRE LAS MEDIDAS DE LA SEÑAL DE SEGURIDAD Y LA DISTANCIA DE OBSERVACIÓN

13.1 La relación entre el área mínima, A, de la señal de seguridad y la distancia máxima, L, a la que debe poder comprenderse, se expresa por la fórmula siguiente:

$$A \geq (L^2 / 2000)$$

Donde, A y L se expresan respectivamente en metros cuadrados y en metros lineales

13.2 Esta fórmula se aplica para distancias comprendidas entre 5 m a 50 m. Para distancias menores a 5 m el área mínima de la señal será de 125 cm^2 y para distancias mayores a 50 m el área mínima será 12 500 cm^2. En el Anexo C se dan dimensiones de las señales de seguridad.

14. MATERIALES

14.1 En la elaboración de las señales de seguridad no deben utilizarse materiales radioactivos o vidrio.

14.2 En el caso de los materiales cortantes empleados en la elaboración de señales de seguridad, estos deben tener bordes sin filos para evitar lesiones.

15. SEÑALIZACIÓN BÁSICA

15.1 Es la señalización mínima que debe llevar una instalación.

15.2 Se debe señalizar como mínimo lo siguiente:

15.2.1 Medios de escape o evacuación.

15.2.2 Sistemas y equipos de prevención y protección contra incendios, según lo establecido en las NTP correspondientes.

15.2.3 Se debe señalizar los riesgos en general según lo establecido en la NTP correspondiente.

NOTA Las señales para los equipos de prevención y protección contra incendios deben ubicarse en la parte superior del equipo, adicionalmente si es necesario, se identificarán con señales de dirección donde se encuentra el equipo más cercano.

NOTA En el caso de los medios de escape se debe tener en cuenta la dirección de la vía de evacuación así como los obstáculos y los cambios de dirección en que ella se encuentre.

15.2.4 Es recomendable que en los hoteles, lugares turísticos y recreacionales se utilice el español e inglés en sus señalizaciones.

15.2.5 En sitios amplios donde concurra un gran volumen de visitantes (hoteles, núcleos de oficinas, centros comerciales, hospitales, estaciones de transporte, u otros) deben colocarse planos de evacuación y ubicación de equipos de protección y prevención contra incendios, ubicándolos en lugares visibles.

16. ANTECEDENTES

16.1	ISO 3864-1:2002	Safety Colors and Safety sign.
16.2	ISO 3864:1984	Safety Colors and Safety sign.
16.3	ISO 6309	Fire Proteccion, safety sign
16.4	COVENIN 187	Colores, Símbolos y Dimensiones de las Señales de Seguridad

ANEXO A
(NORMATIVO)

CARACTERÍSTICAS COLORIMÉTRICAS Y FOTOMÉTRICAS DE LOS MATERIALES

A.1 CONDICIONES

A.1.1 Los requisitos físicos que tienen las señales de seguridad están primordialmente relacionados a colores de día.

A.1.2 Mediciones de coordenadas de cromaticidad y los factores de luminancia β será elaborada como se especifica en CIE 15.2.

A.1.3 Para la medición de las coordenadas de cromaticidad y factores de luminancia β de las señales ordinarias, fotoluminiscentes y retroreflectantes, iluminadas externamente, el material está considerado que será iluminado por la luz del día como lo representado por la Norma de Iluminación D65 (véase IEC 600050-845.03.12 y ISO/CIE 10526) en un ángulo de 45° con la normal a la superficie y la observación hecha en la dirección de la normal (geometría 45/0).

A.1.4 Para señales de seguridad iluminadas internamente, la medición tiene que ser complementada con un colorímetro de acuerdo a la medición de las luminarias. Las señales tienen que ser auto iluminadas por la fuente de luz provista por el fabricante.

A.1.5 Los coeficientes de retroreflectancia deberán ser medidos de acuerdo con CIE 54, usando iluminación normalizada A (ISO/CIE 10526), con la condición que la entrada y ángulo de observación estén en el mismo plano.

A.2 ESPECIFICACIONES

A.2.1 Las áreas de color permitidas para las señales de seguridad serán como se muestra en la Figura A1 y Tabla A1. Los colores que no poseen estas coordenadas de cromaticidad no serán usados para señales de seguridad.

A.2.2 Las señales pueden presentar como requisito colores precisos, en cuyo caso tendrán que estar conforme a los requisitos de la Tabla A2.

NOTA: Los colores de la señal de seguridad cuyos requisitos se encuentran en la Tabla A2, probablemente tomaran mas tiempo para deteriorarse y por consiguiente se mantendrán dentro de los limites especificados en la Tabla A1 por mucho tiempo.

A.2.3 Los colores de contraste y factores de luminancia para colores fosforescentes serán como se muestra en la Figura A1 y Tabla A3.

A.2.4 La Tabla A4 contiene los coeficientes mínimos de retroreflectancia para materiales retroreflectantes.

A.2.5 Para señales autoiluminadas, las coordenadas x E y será en las áreas de color dadas en la Tabla A1 y la luminancia de contraste como esta dada en la Tabla A5.

A.2.6 La apariencia de las señales de seguridad (combinación del color especifico, la forma geométrica y símbolo gráfico) conservará el mismo contenido bajo todas las condiciones de iluminación especificadas como apropiadas para la señal fabricada.

A.2.7 El Anexo D da información practica sobre los colores de seguridad.

A.2.8 Los materiales ya no son considerados adecuados para prolongados tiempos de uso, en seguridad, cuando los materiales retroreflectantes (véase Tabla A4) si, durante el uso, los valores fotométricos de los materiales retroreflectantes caen debajo del 50 % del mínimo requerido o si las coordenadas de cromaticidad caen fuera del área dada en la Tabla A1; materiales fluorescente si, durante el uso, las coordenadas de cromaticidad caen fuera del los contornos dado en la Tabla A1.

TABLA A1 - Coordenadas cromáticas y factores de luminancia para materiales ordinarios, luminiscentes, retroreflectantes y combinados; y coordenadas cromáticas para señales de seguridad transiluminadas

Color	Coordenadas Cromáticas de los vértices que delimitan las áreas de color admitido. Para iluminancia standard D65 y para standard de observación CIE 2°					Factor de Luminancia ß				
						Materiales Ordinarios	Materiales Luminiscentes	Materiales Retrorecflectantes		Materiales Combinados
		1	2	3	4			Tipo 1	Tipo 2	
Rojo	x y	0,735 0,265	0,681 0,239	0,579 0,341	0,655 0,345	≥ 0,07	≥ 0,30	≥ 0,05	≥ 0,03	≥ 0,25
Azul	x y	0,094 0,125	0,172 0,198	0,210 0,160	0,137 0,038	≥ 0,05	≥ 0,05	≥ 0,01	≥ 0,01	≥ 0,03
Amarillo	x y	0,545 0,454	0,494 0,426	0,444 0,476	0,481 0,518	≥ 0,45	≥ 0,80	≥ 0,27	≥ 0,16	≥ 0,70
Verde	x y	0,201 0,776	0,285 0,441	0,170 0,364	0,026 0,399	≥ 0,12	≥ 0,40	≥ 0,04	≥ 0,03	≥ 0,35
Blanco	x y	0,350 0,360	0,305 0,315	0,295 0,325	0,340 0,370	≥ 0,75	≥ 1,0	≥ 0,35	≥ 0,27	---
Negro	x y	0,385 0,355	0,300 0,270	0,260 0,310	0,345 0,395	<= 0,03	---	---	---	---
Los tipos de materiales retrorreflectantes están estandarizados por coeficientes de retrorreflexión indicados en la Tabla A4										

TABLA A2 - Coordenadas cromáticas para áreas ajustadas en el diagrama de cromaticidad para materiales ordinarios y retrorreflectactes

Color	Coordenadas Cromáticas de los vértices que delimitan las áreas de color admitido. Para iluminancia standard D65 y para standard de observación CIE 2°												
		Materiales Ordinarios				Tipo 1				Tipo 2			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Rojo	x y	0,660 0,340	0,610 0,340	0,700 0,250	0,735 0,265	0,660 0,340	0,610 0,340	0,700 0,250	0,735 0,265	0,660 0,340	0,610 0,340	0,700 0,250	0,735 0,265
Azul	x y	0,140 0,140	0,160 0,140	0,160 0,160	0,140 0,160	0,130 0,086	0,160 0,086	0,160 0,120	0,130 0,120	0,130 0,090	0,160 0,090	0,160 0,140	0,130 0,140
Amarillo	x y	0,494 0,505	0,470 0,480	0,493 0,457	0,522 0,477	0,494 0,505	0,470 0,480	0,493 0,457	0,522 0,477	0,494 0,505	0,470 0,480	0,513 0,437	0,545 0,454
Verde	x y	0,230 0,440	0,260 0,440	0,260 0,470	0,230 0,470	0,110 0,415	0,150 0,415	0,150 0,455	0,110 0,455	0,110 0,415	0,170 0,415	0,170 0,500	0,110 0,500
Blanco	x y	0,305 0,315	0,335 0,345	0,325 0,355	0,295 0,325	0,305 0,315	0,335 0,345	0,325 0,355	0,295 0,325	0,305 0,315	0,335 0,345	0,325 0,355	0,295 0,325
Los tipos de materiales retrorreflectantes están estandarizados por coeficientes de retrorreflexión indicados en la Tabla A4													

TABLA A3 - Coordenadas cromáticas de colores contrastantes para materiales fosforescentes bajo condiciones de luz diurna

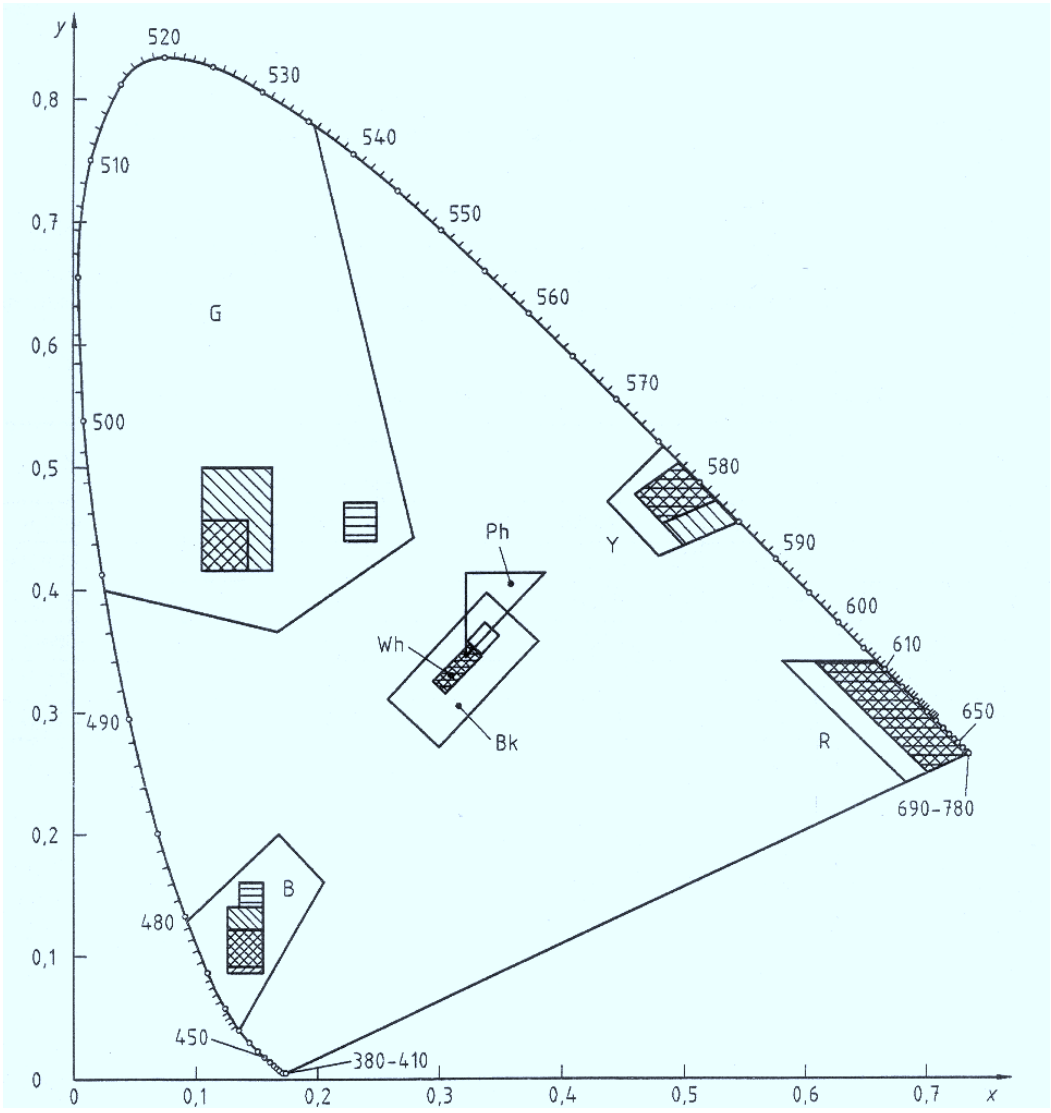
Colores Contrastantes para Materiales Fosforescentes	**Coordenadas Cromáticas de los vértices que delimitan las áreas de color admitido. Para iluminancia standard D65 (geometría 45°/ 0°) y para standard de observación CIE 2°**					**Factor de Luminancia ß**
Amarillo Fluorescente	x	0,390	0,320	0,320		> 0,75
	y	0,410	0,340	0,410		
Blanco	x	0,350	0,305	0,295	0,340	> 0,75
	y	0,360	0,315	0,325	0,370	

TABLA A4 - Coeficientes mínimos de retrorrefleccion R'

ngulo de Observación	**Angulo de Entrada**	**Coeficiente Mínimo de Retrorreflexión en cd/Ix.m^2**									
		Tipo 1					**Tipo 2**				
		Blanco	**Amarillo**	**Rojo**	**Verde**	**Azul**	**Blanco**	**Amarillo**	**Rojo**	**Verde**	**Azul**
12º	5º	70	50	14,5	9	4	250	170	45	45	20
	30º	30	22	6	3,5	1,7	150	100	25	25	11
	40º	10	7	2	1,5	0,5	110	70	16	16	8
20º	5º	50	35	10	7	2	180	122	25	21	14
	30º	24	16	4	3	1	100	67	14	11	7
	40º	9	6	1,8	1,2	0,4	95	64	13	11	7
2º	5º	5	3	0,8	0,6	0,2	5	3	0,8	0,6	0,2
	30º	2,5	1,5	0,4	0,3	0,1	2,5	1,5	0,4	0,3	0,1
	40º	1,5	1,0	0,3	0,2	0,06	1,5	1,0	0,3	0,2	0,06
Para áreas coloreadas de la señal, el coeficiente de retrorreflección no debe ser menor de 80 % del valor establecidos en la Tabla A4.											

TABLA A5 - Luminancias de contraste para materiales transluminiscentes

Color de Seguridad	**Rojo**	**Azul**	**Amarillo**	**Verde**
Color de Contraste	Blanco	Blanco	Negro	Blanco
Luminancia de Contraste	5 < k <15	5<k<15	a	5<k<15
La uniformidad de la luminancia entre el color de seguridad y color de contraste, medido a razón de la mínima a máxima luminancia entre el color, será mas que 1:5.				
a Negro como color de contraste o color de el símbolo no es traslucido.				



R	Rojo	Wh	Blanco	G	Verde	Ph	Amarillo fluorescente
Y	Amarillo	Bk	Negro	B	Azul		

Limite de los colores de seguridad -Tabla A1

Limite de los colores de seguridad -Tabla A2 (materiales ordinarios)

Limite de los colores de seguridad -Tabla A2 (materiales retroreflectantes tipo 1)

Limite de los colores de seguridad -Tabla A2 (materiales retroreflectantes tipo 2)

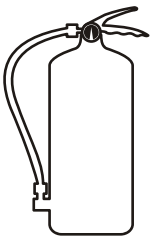
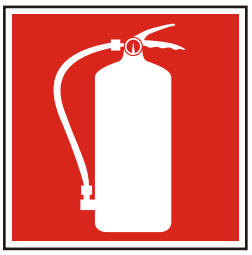
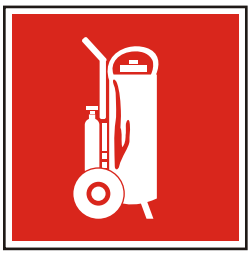
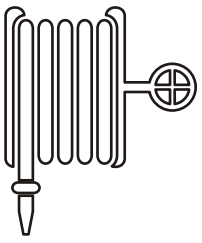
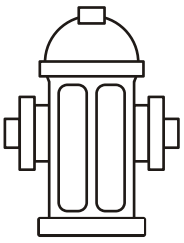
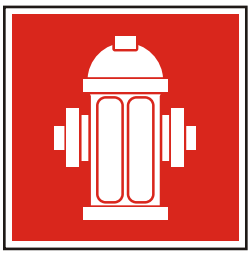
FIGURA A1 - Limites para los colores de seguridad rojo, amarillo, verde, azul, blanco y negro, incluidos el color blanco amarillento como color de contraste fosforescente

ANEXO B
(INFORMATIVO)

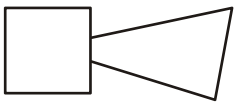
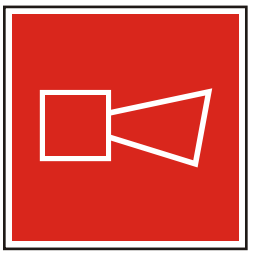
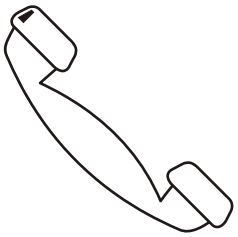
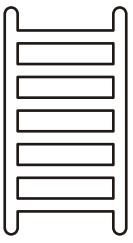
EJEMPLO DE SEÑALES DE SEGURIDAD Y SÍMBOLOS

SEÑALES DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

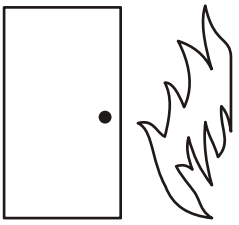
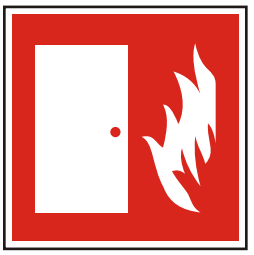
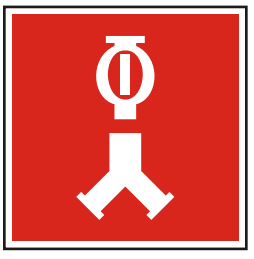
ANTECEDENTES
NFPA 170:1999, Símbolos de Seguridad Contra el Fuego.
ISO 6309:1987, Fire Protection, Safety Signs.
NTC 1931, Protección Contra Incendios. Señales de Seguridad.
IRAM 10005-1:1982, Colores y Señales de Seguridad. Colores y Señales Fundamentales.
NCH1411/2- Of 1978, Prevención de Riesgos - Parte 2: Señales de Seguridad.

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
EXTINTOR		
EXTINTOR RODANTE		
MANGUERA CONTRA INCENDIOS		
HIDRANTE		

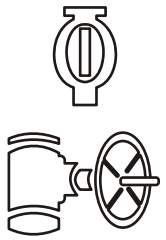
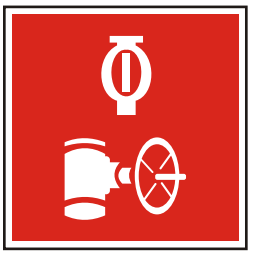
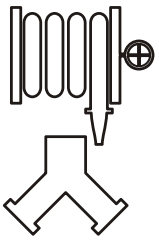
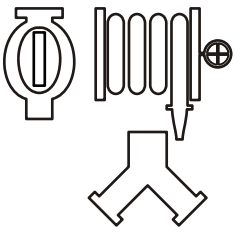
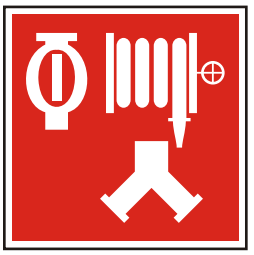
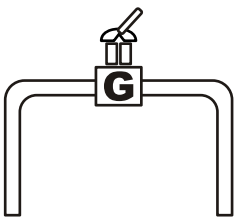
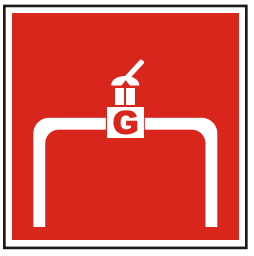
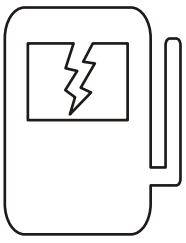
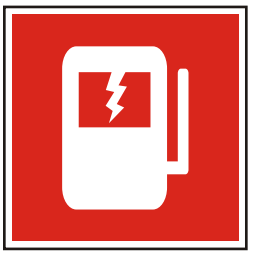
SEÑALES DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
ALARMA CONTRA INCENDIOS		
AVISADOR SONORO EN CASO DE INCENDIO		
TELÉFONO DE EMERGENCIA LLAMADA DIRECTA A LA CENTRAL CONTRAINCENDIOS		
ESCALERA PORTÁTIL EN CASO DE INCENDIO		
CUBETA DE ARENA PARA CASOS DE INCENDIO		

SEÑALES DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
MANTA APAGAFUEGOS		
PUERTA CORTAFUEGO		
EQUIPO AUTÓNOMO		
CONEXIÓN SIAMESA PARA ROCIADORES AUTOMÁTICOS		
CONEXIÓN SENCILLA PARA ROCIADORES AUTOMÁTICOS		

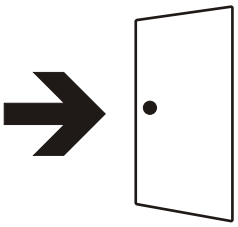
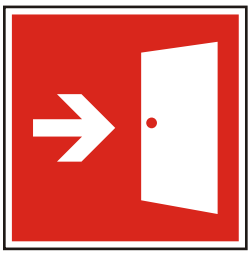
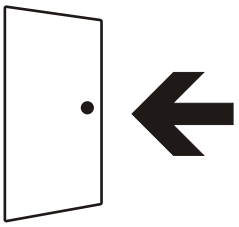
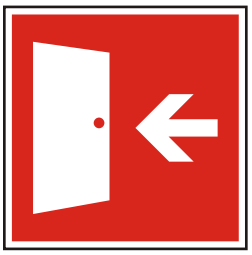
SEÑALES DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
VÁLVULA DE CONTROL PARA ROCIADORES AUTOMÁTICOS		
CONEXIÓN PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIO		
CONEXIÓN COMBINADA PARA ROCIADORES AUTOMÁTICOS Y SISTEMAS DE GABINETE		
VÁLVULA PARA EL CORTE DE GAS		
PANEL ELÉCTRICO PARA EL CIERRE DE ENERGÍA		

SEÑALES DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
ESCALERA DE EMERGENCIA EN CASO DE INCENDIO		
ESCALERA DE EMERGENCIA EN CASO DE INCENDIO		
ESCALERA DE EMERGENCIA EN CASO DE INCENDIO		
ESCALERA DE EMERGENCIA EN CASO DE INCENDIO		
SALIDA DE EMERGENCIA (SALIDA DEL RECINTO)		

SEÑALES DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

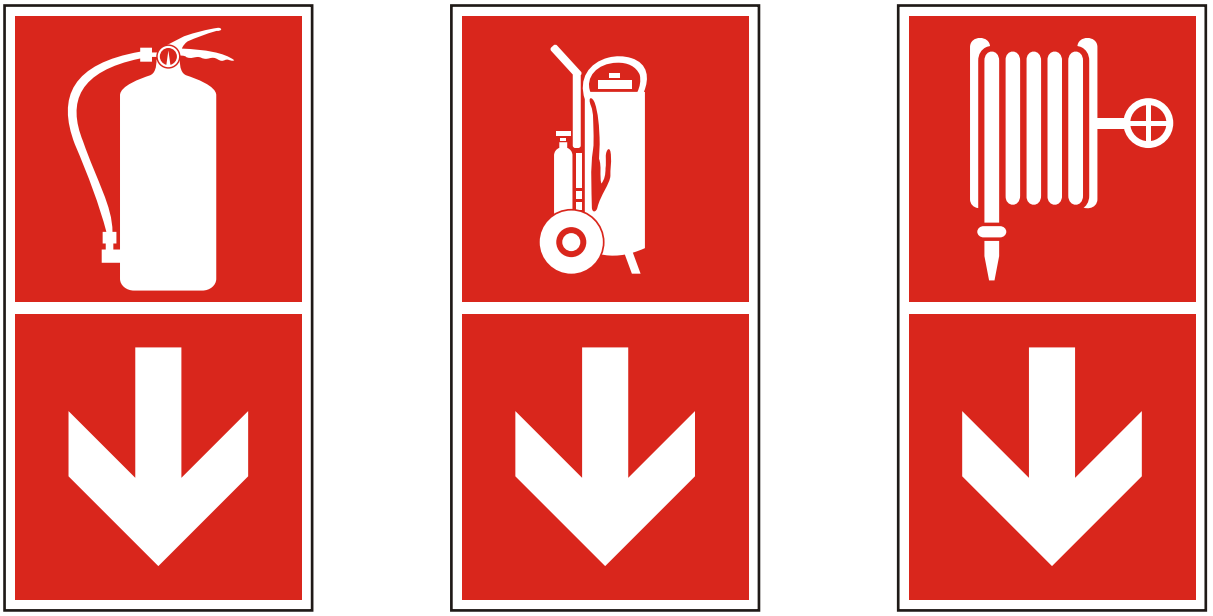
SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
SALIDA DE EMERGENCIA (SALIDA DEL RECINTO)		
SALIDA DE EMERGENCIA EN CASO DE INCENDIO		
SALIDA DE EMERGENCIA EN CASO DE INCENDIO		
SALIDA ACCESIBLE DE EMERGENCIA EN CASO DE INCENDIO		
USO EXCLUSIVO PARA BOMBEROS		

CARTELES PARA EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

CARTELES PARA EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

EJEMPLO DE CARTELES PARA LA UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

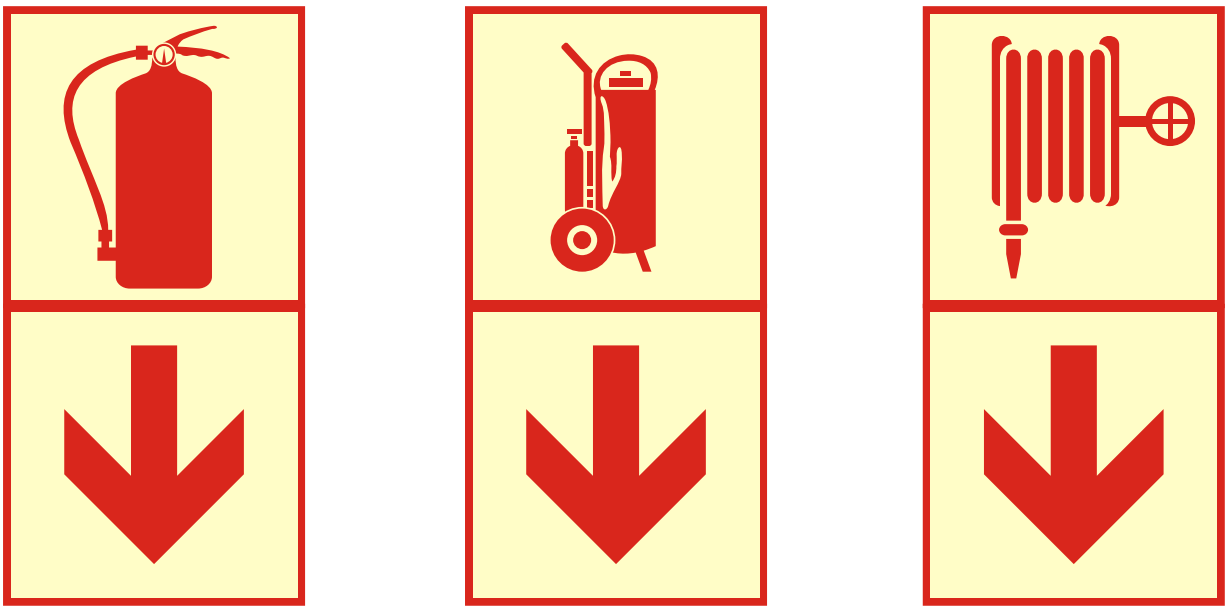
Este tipo de cartel es recomendable para localizar los equipos de lucha contra incendio en fabricas, almacenes, supermercados, centros comerciales y otros, donde las maquinarias, mercaderías, etc., impiden la fácil visualización de estos equipos, siendo necesario colocar señales de grandes dimensiones a mayor altura, para que puedan distinguirse claramente a distancia y desde diferentes puntos de ubicación.



EJEMPLO DE CARTELES FOTOLUMINISCENTES PARA EQUIPOS CONTRA INCENDIO

EJEMPLO DE CARTELES FOTOLUMINISCENTES PARA LA UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS CONTRA INCENDIOS

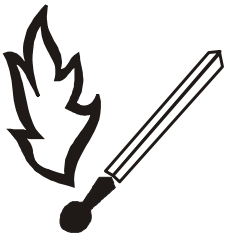
Este tipo de cartel es recomendable para localizar los equipos de lucha contra incendio en fabricas, almacenes, supermercados, centros comerciales y otros, donde las maquinarias, mercaderías, etc., impiden la fácil visualización de estos equipos, siendo necesario colocar señales de grandes dimensiones a mayor altura, para que puedan distinguirse claramente a distancia y desde diferentes puntos de ubicación.



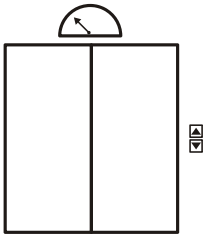
SEÑALES DE PROHIBICIÓN

ANTECEDENTES

ISO 3461-1:1988, General principles for the creation of graphical symbols.
ISO 3864:2002, Safety colours and safety signs.

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
PROHIBIDO FUMAR		
PROHIBIDO HACER FUEGO		
PROHIBIDO HACER FUEGO ABIERTO O FOGATAS		
PROHIBIDO BEBER DE ESTA AGUA		
NO APAGAR CON AGUA		

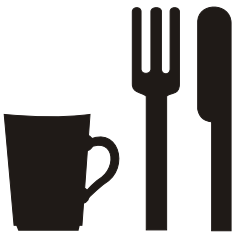
SEÑALES DE PROHIBICIÓN

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
PROHIBIDO TOCAR		
NO UTILIZAR EL MONTACARGAS PARA TRANSPORTAR PERSONAS		
NO USAR EL ASCENSOR EN CASO DE SISMO O INCENDIO		
PROHIBIDO EL PASO DE VEHÍCULOS INDUSTRIALES		
PROHIBIDO TRANSPORTAR PERSONAS		

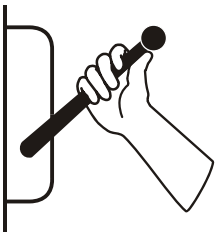
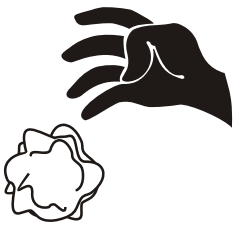
SEÑALES DE PROHIBICIÓN

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
PROHIBIDO HACER RUIDOS MOLESTOS		
PROHIBIDO EL INGRESO DE BICICLETAS		
PROHIBIDO EL INGRESO CON CELULARES O RADIOS		
PROHIBIDO EL INGRESO CON ARMAS		
PROHIBIDO TOMAR FOTOS O FILMAR VIDEOS		

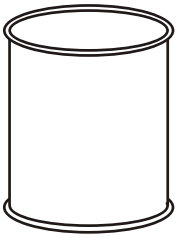
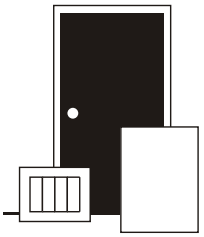
SEÑALES DE PROHIBICIÓN

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
PROHIBIDO EL INGRESO CON ANIMALES		
PROHIBIDO EL INGRESO CON ALIMENTOS		
PROHIBIDO COMER O BEBER		
PROHIBIDO EL INGRESO DE EXCURSIONISTAS		
PROHIBIDO CORRER		

SEÑALES DE PROHIBICIÓN

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
PROHIBIDO TIRAR DEL CABLE		
PROHIBIDO REPARAR SIN AUTORIZACIÓN		
PROHIBIDO CONECTAR SIN AUTORIZACIÓN		
PROHIBIDO ARROJAR BASURA AL PISO		
PROHIBIDO EL INGRESO		

SEÑALES DE PROHIBICIÓN

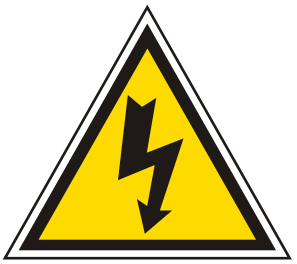
SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
PROHIBIDO EL PASO DE PEATONES		
NO UTILIZAR COMO RECIPIENTES		
NO OBSTRUIR LAS RUTAS DE ACCESO O EVACUACIÓN		

CARTELES DE PROHIBICIÓN

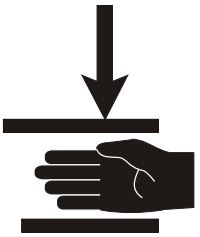
SEÑALES DE ADVERTENCIA

ANTECEDENTES

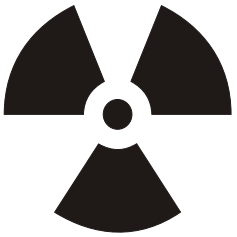
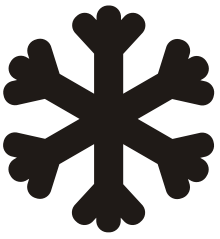
ISO 3461-1:1988, General principles for the creation of graphical symbols.
ISO 3864:2002, Safety colours and safety signs.

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
ATENCIÓN RIESGO ELÉCTRICO O PELIGRO DE MUERTE ALTO VOLTAJE		
RIESGO DE DESCARGAS ELÉCTRICAS		
SUSTANCIA O MATERIAS TÓXICAS O PELIGRO DE MUERTE		
SUSTANCIAS O MATERIAS INFLAMABLES O PELIGRO INFLAMABLE		
CARGA SUSPENDIDA EN ALTURA		

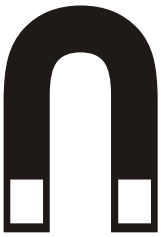
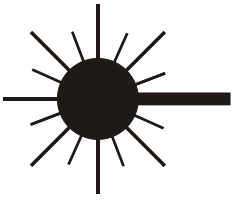
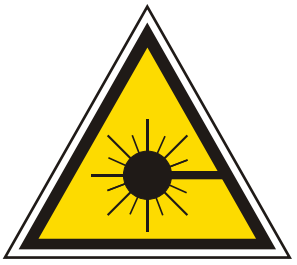
SEÑALES DE ADVERTENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
RADIACIONES NO IONIZANTES O FRECUENCIA DE RADIO		
CUIDADO CON SUS MANOS		
PELIGRO ACIDO CORROSIVO		
CUIDADO PISO MOJADO		
CUIDADO PISO RESBALOSO		

SEÑALES DE ADVERTENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
ATENCIÓN RIESGO DE RADIACIÓN		
ATENCIÓN PELIGRO DE OBSTÁCULOS		
ATENCIÓN RIESGO BIOLÓGICO		
ATENCIÓN BAJA TEMPERATURA		
ATENCIÓN RIESGO DE ACCIDENTES		

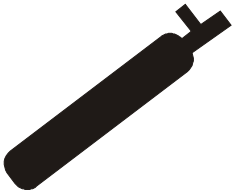
SEÑALES DE ADVERTENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
ATENCIÓN MATERIAL EXPLOSIVO O PELIGRO RIESGO DE EXPLOSIÓN		
ATENCIÓN AGENTE OXIDANTE		
ATENCIÓN CAMPO MAGNÉTICO POTENTE		
ATENCIÓN RADIACIÓN LÁSER		
CUIDADO SUPERFICIE CALIENTE		

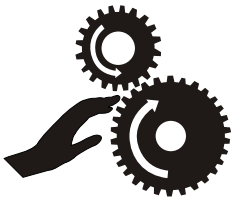
SEÑALES DE ADVERTENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
CUIDADO TRANSITO DE MONTACARGAS		
CUIDADO BALONES DE GAS		
CUIDADO RIESGO DE SER APLASTADO		
CUIDADO ARRANQUE AUTOMÁTICO		
CUIDADO CAÍDA DE OBJETOS		

SEÑALES DE ADVERTENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
CUIDADO GRUAS TRABAJANDO		
CUIDADO CON EL PERRO		
CUIDADO GAS COMPRIMIDO		
CUIDADO HOMBRES TRABAJANDO		
ATENCIÓN RIESGO DE CAÍDA DE ROCAS		

SEÑALES DE ADVERTENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
ATENCIÓN CON SUS MANOS		
CUIDADO ATMÓSFERA EXPLOSIVA		
ATENCIÓN PELIGRO DE CAÍDAS		
CUIDADO RIESGO DE ASFIXIA		

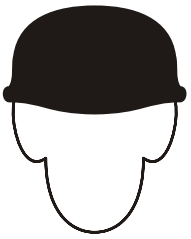
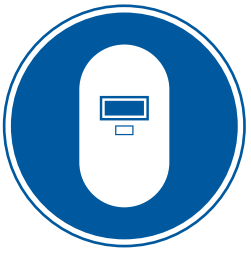
CARTELES DE ADVERTENCIA

CARTELES DE ADVERTENCIA

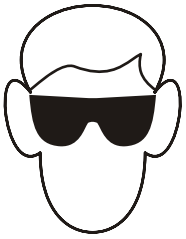
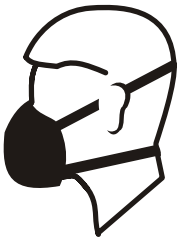
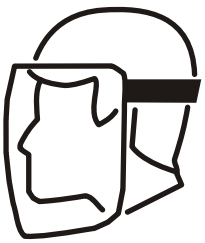
SEÑALES DE OBLIGACIÓN

ANTECEDENTES

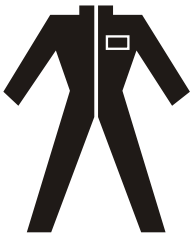
ISO 3461-1:1988, General principles for the creation of graphical symbols.
ISO 3864:2002, Safety colours and safety signs.

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
USO OBLIGATORIO DE CASCO DE SEGURIDAD		
USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN AUDITIVA		
USO OBLIGATORIO DE BOTAS DE SEGURIDAD		
USO OBLIGATORIO DE BOTAS AISLANTES		
USO OBLIGATORIO DE MÁSCARA DE SOLDAR		

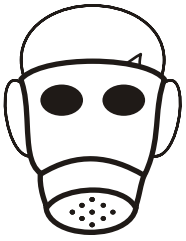
SEÑALES DE OBLIGACIÓN

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
USO OBLIGATORIO DE GUANTES DE SEGURIDAD		
USO OBLIGATORIO DE GUANTES AISLANTES		
USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR		
USO OBLIGATORIO DE MASCARILLA		
USO OBLIGATORIO DE PROTECTOR FACIAL		

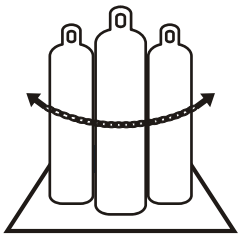
SEÑALES DE OBLIGACIÓN

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
USO OBLIGATORIO DE ARNÉS DE SEGURIDAD		
USO OBLIGATORIO DE TRAJE DE SEGURIDAD		
USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN AUDITIVA Y MÁSCARA DE GAS		
USO OBLIGATORIO DE CASCO Y PROTECCIÓN AUDITIVA		
USO OBLIGATORIO DE CASCO Y LENTES DE SEGURIDAD		

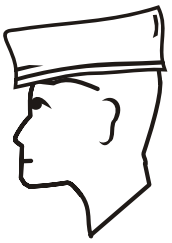
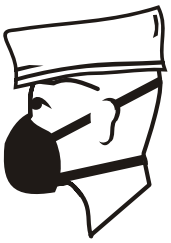
SEÑALES DE OBLIGACIÓN

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR Y AUDITIVA		
USO OBLIGATORIO DE MÁSCARA DE GAS, PROTECCIÓN AUDITIVA Y CASCO		
USO OBLIGATORIO DE CASCO, PROTECCIÓN AUDITIVA Y OCULAR		
USO OBLIGATORIO DE MÁSCARA DE GAS		
USO OBLIGATORIO DE CASCO DE SEGURIDAD Y MÁSCARA DE GAS		

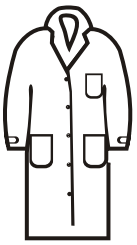
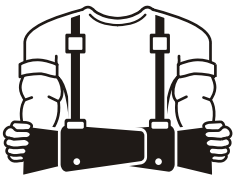
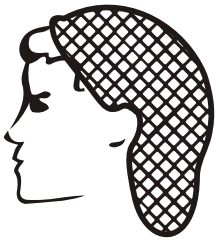
SEÑALES DE OBLIGACIÓN

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
USO OBLIGATORIO DE EQUIPO DE AIRE AUTOCONTENIDO		
ES OBLIGATORIO MANTENER SUJETADOS LOS CILINDROS		
ES OBLIGATORIO LAVARSE LAS MANOS		
ES OBLIGATORIO ASEGURAR DESPUÉS DE UTILIZAR		
ES OBLIGATORIO DESCONECTAR DESPUÉS DE UTILIZAR		

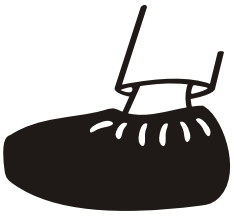
SEÑALES DE OBLIGACIÓN

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
ES OBLIGATORIO TOCAR LA BOCINA ANTES DE TRASPASAR		
USO OBLIGATORIO DEL GORRO		
USO OBLIGATORIO DE MASCARILLA Y GORRO		
USO OBLIGATORIO DE MANDIL Y MANGUITOS		
ES OBLIGATORIO USAR EL PASAMANOS		

SEÑALES DE OBLIGACIÓN

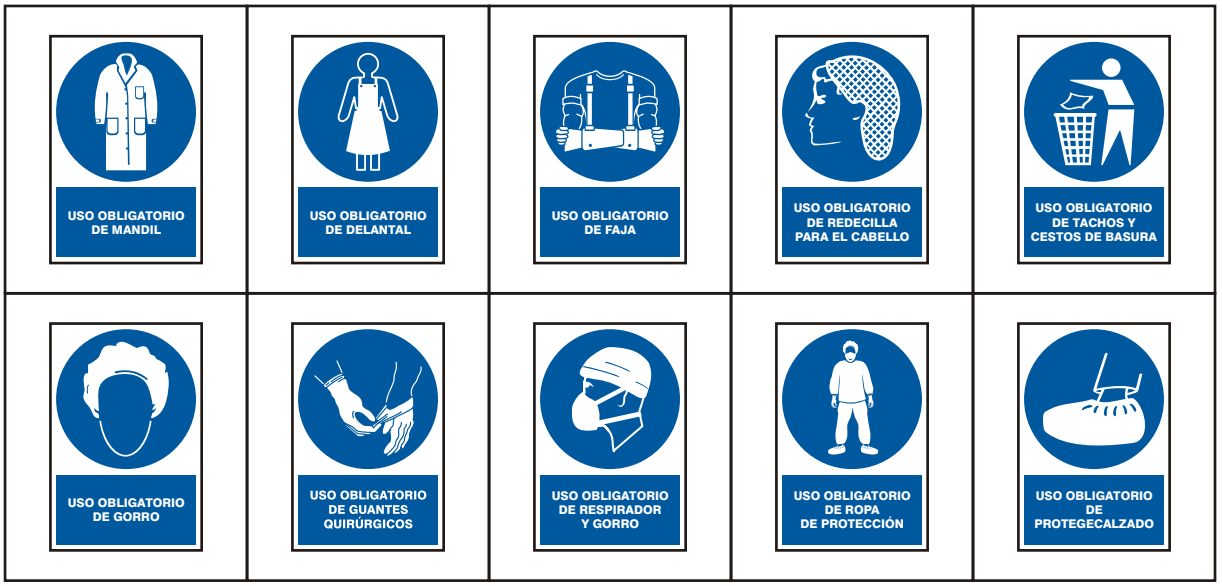
SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
USO OBLIGATORIO DE MANDIL		
USO OBLIGATORIO DE DELANTAL		
USO OBLIGATORIO DE FAJA		
USO OBLIGATORIO DE REDECILLA PARA EL CABELLO		
USO OBLIGATORIO DE TACHOS Y CESTOS DE BASURA		

SEÑALES DE OBLIGACIÓN

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
USO OBLIGATORIO DE GORRO		
USO OBLIGATORIO DE GUANTES QUIRÚRGICOS		
USO OBLIGATORIO DE RESPIRADOR Y GORRO		
USO OBLIGATORIO DE ROPA DE PROTECCIÓN		
USO OBLIGATORIO DE PROTEGECALZADO		

CARTELES DE OBLIGACIÓN

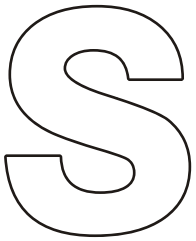
CARTELES DE OBLIGACIÓN



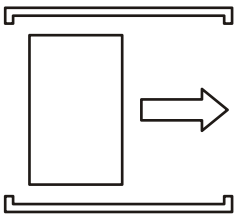
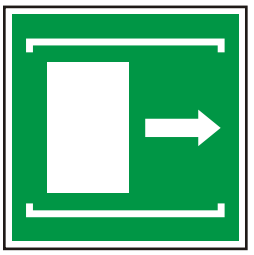
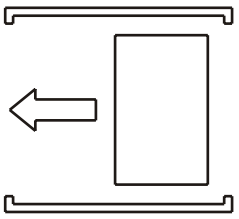
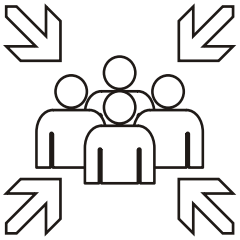
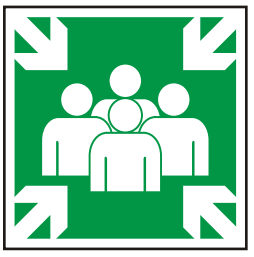
SEÑALES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA

ANTECEDENTES

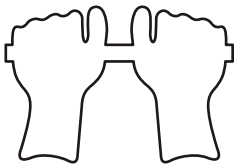
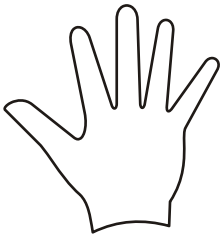
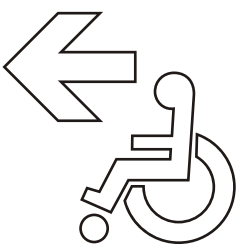
NFPA 101, Capitulo 7. Medios de Egreso. (Señalización de las Rutas de Evacuación).
NTC 1700, Higiene y Seguridad, medidas de seguridad en edificaciones, medios de evacuación.
IRAM 10005-1:1982, Colores y Señales de Seguridad. Colores y Señales Fundamentales.
NCH1411/2 - Of 1978, Prevención de Riesgos - Parte 2: Señales de Seguridad.

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
ZONA SEGURA EN CASO DE SISMO		
SALIDA		
SALIDA DE EMERGENCIA		

SEÑALES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
SALIDA DE SOCORRO DESLIZAR A LA DERECHA PARA ABRIR		
SALIDA DE SOCORRO DESLIZAR A LA IZQUIERDA PARA ABRIR		
SALIDA DE EMERGENCIA (SALIDA DEL RECINTO)		
SALIDA DE EMERGENCIA (SALIDA DEL RECINTO)		
PUNTO DE REUNIÓN EN CASO DE EMERGENCIA		

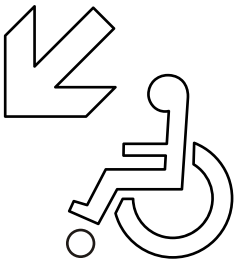
SEÑALES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
SALIDA DE SOCORRO BARRA ANTIPÁNICO PRESIONAR PARA ABRIR		
SALIDA DE SOCORRO EMPUJAR PARA ABRIR		
SALIDA MINUSVÁLIDOS		
RUTA DE EVACUACIÓN MINUSVÁLIDOS		
RUTA DE EVACUACIÓN MINUSVÁLIDOS		

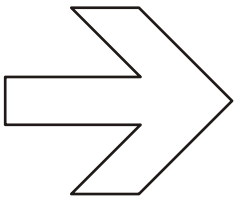
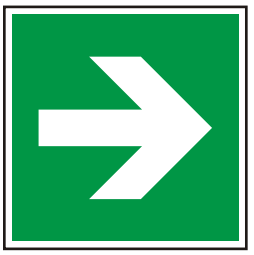
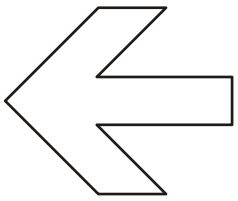
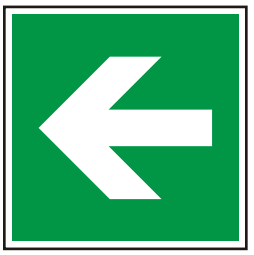
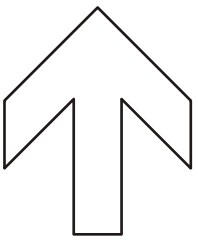
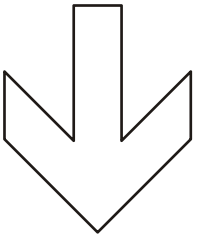
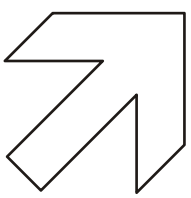
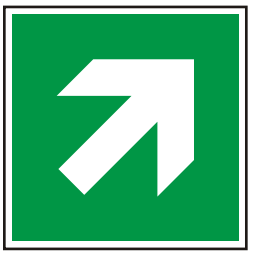
SEÑALES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
RUTA DE EVACUACIÓN MINUSVÁLIDOS		
RUTA DE EVACUACIÓN MINUSVÁLIDOS		
RUTA DE EVACUACIÓN MINUSVÁLIDOS		
RUTA DE EVACUACIÓN MINUSVÁLIDOS		
RUTA DE EVACUACIÓN MINUSVÁLIDOS		

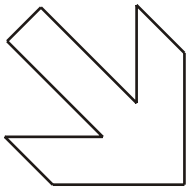
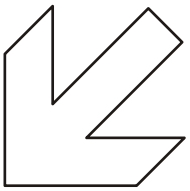
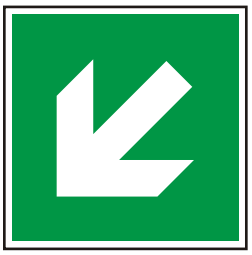
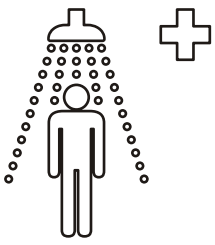
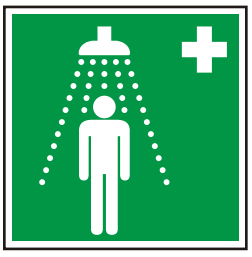
SEÑALES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
RUTA DE EVACUACIÓN MINUSVÁLIDOS		
RUTA DE EVACUACIÓN		
RUTA DE EVACUACIÓN		
RUTA DE EVACUACIÓN		
RUTA DE EVACUACIÓN		

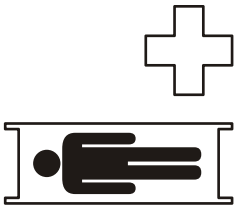
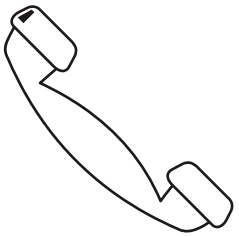
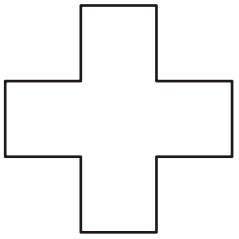
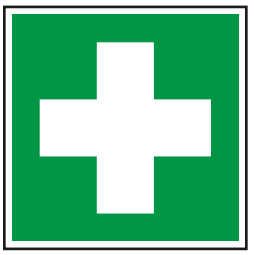
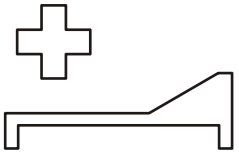
SEÑALES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
RUTA DE EVACUACIÓN		
RUTA DE EVACUACIÓN		
RUTA DE EVACUACIÓN		
RUTA DE EVACUACIÓN		
RUTA DE EVACUACIÓN		

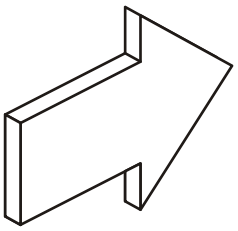
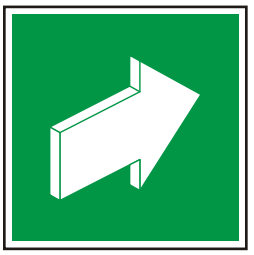
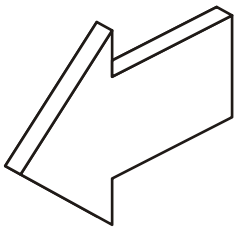
SEÑALES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
RUTA DE EVACUACIÓN		
RUTA DE EVACUACIÓN		
RUTA DE EVACUACIÓN		
LAVAOJOS DE EMERGENCIA		
DUCHA DE EMERGENCIA		

SEÑALES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA

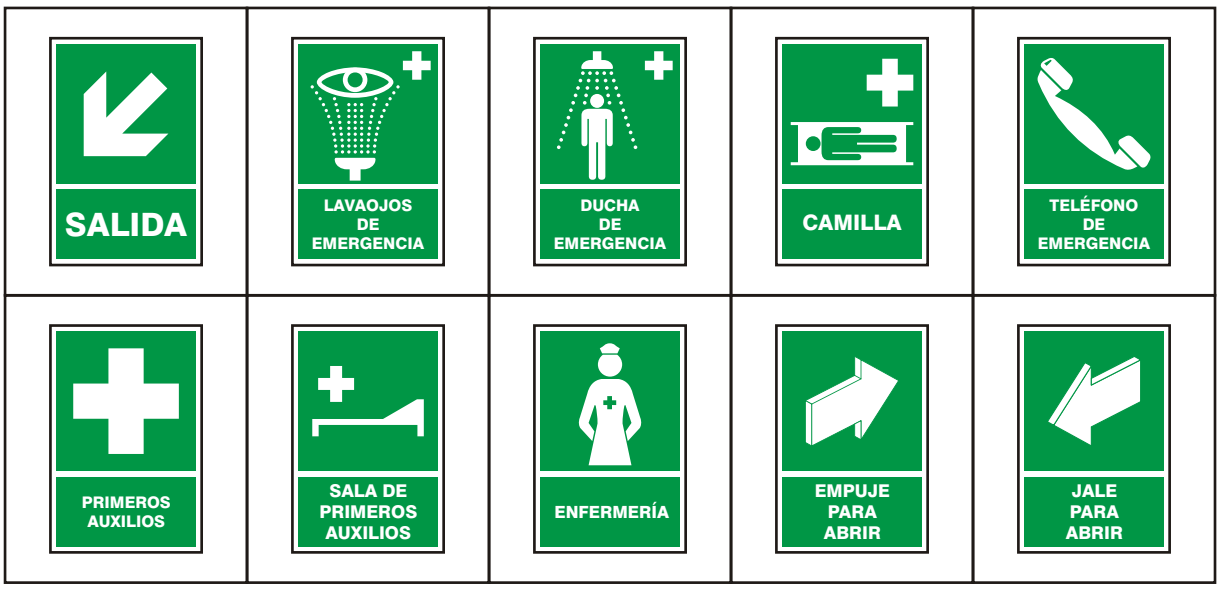
SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
CAMILLA		
TELÉFONO DE EMERGENCIA		
PRIMEROS AUXILIOS		
SALA DE PRIMEROS AUXILIOS		
ENFERMERÍA		

SEÑALES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	SEÑAL DE SEGURIDAD
EMPUJE PARA ABRIR		
JALE PARA ABRIR		

CARTELES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA

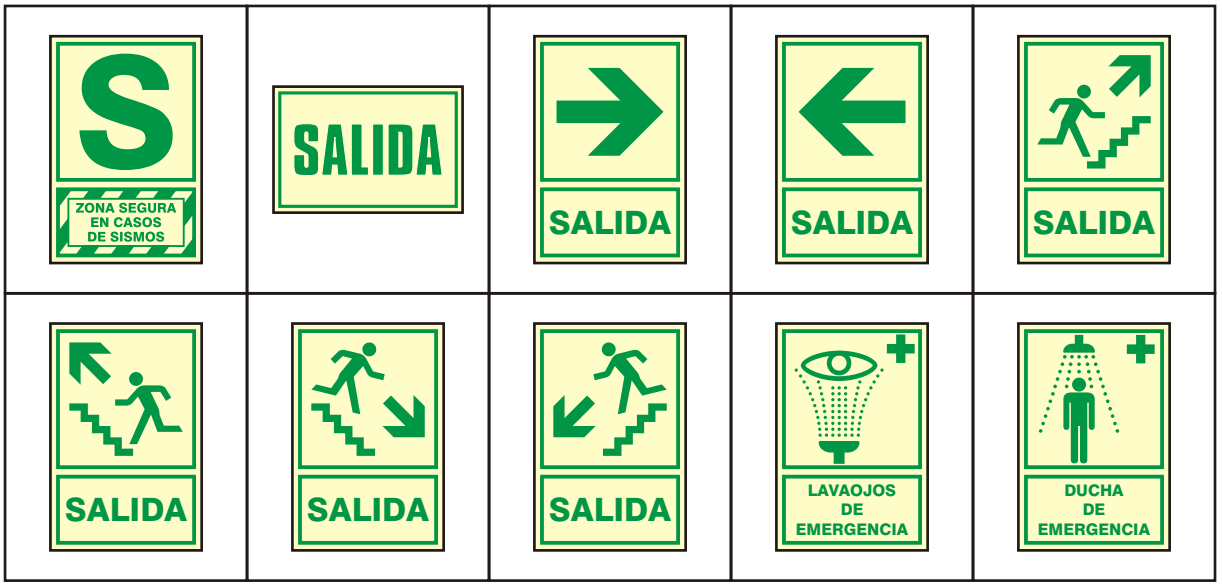
CARTELES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA



EJEMPLO DE CARTELES DE EVACUACIÓN PARA SER VISTOS A DISTANCIA

Este tipo de cartel es recomendable para almacenes, supermercados, centros comerciales y lugares de gran afluencia de público. Debido a su mayor dimensión permite una lectura a gran distancia, cuando el mensaje tiene que verse desde cada lado de un pasillo en el tramo de recorrido de la ruta de evacuación.

EJEMPLO DE CARTELES FOTOLUMINISCENTES DE EVACUACIÓN Y EMERGENCIA

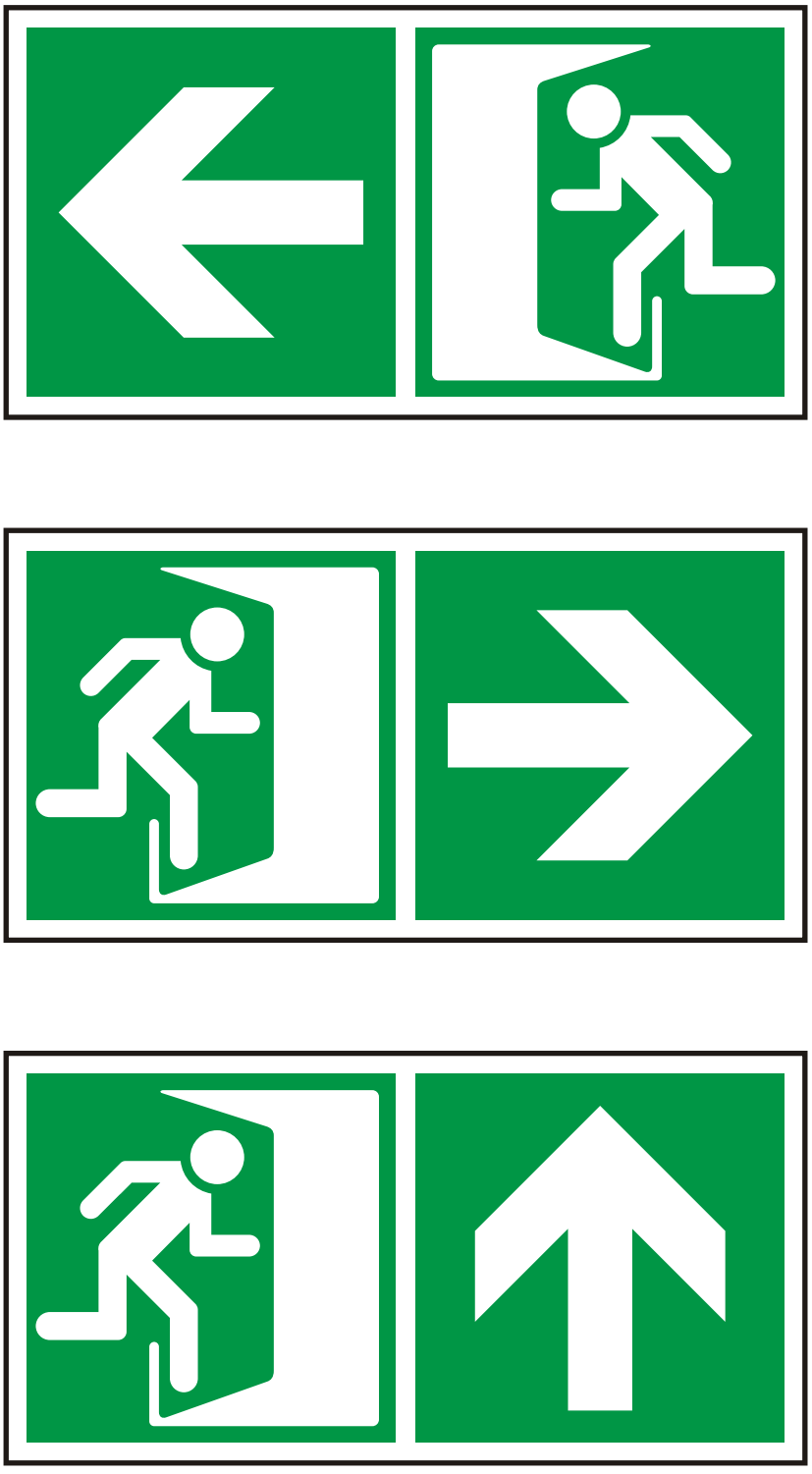


EJEMPLO DE CARTELES FOTOLUMINISCENTES DE EVACUACIÓN PARA SER VISTOS A DISTANCIA

Este tipo de cartel es recomendable para almacenes, supermercados, centros comerciales y lugares de gran afluencia de público. Debido a su mayor dimensión permite una lectura a gran distancia, cuando el mensaje tiene que verse desde cada lado de un pasillo en el tramo de recorrido de la ruta de evacuación.

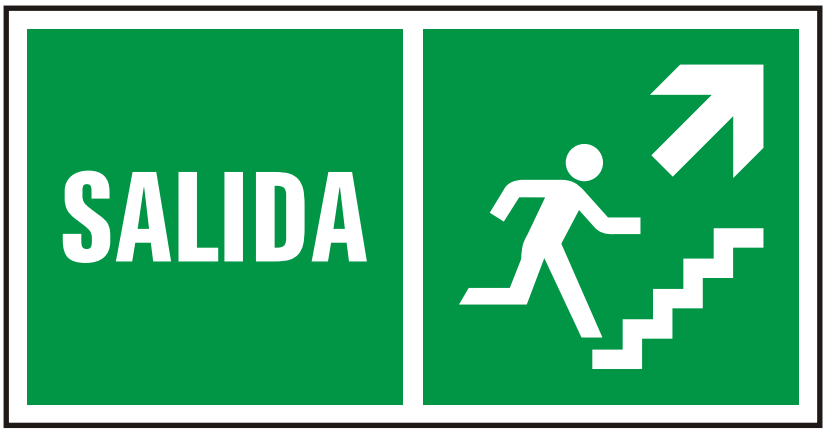
**EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS
DE EVACUACIÓN**

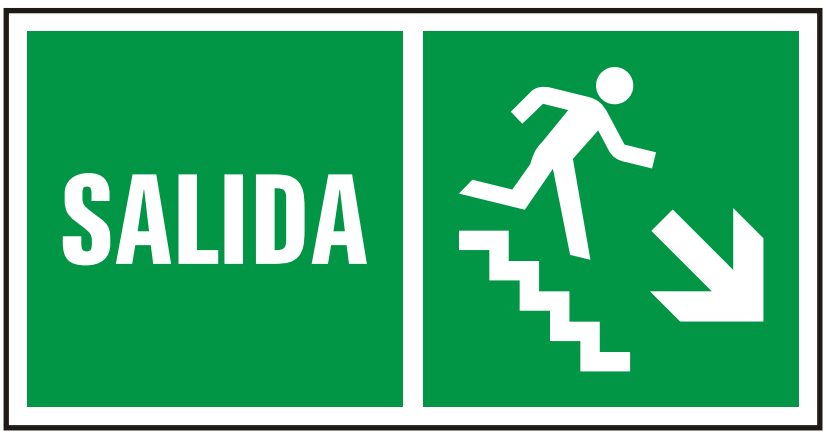
EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS DE EVACUACIÓN



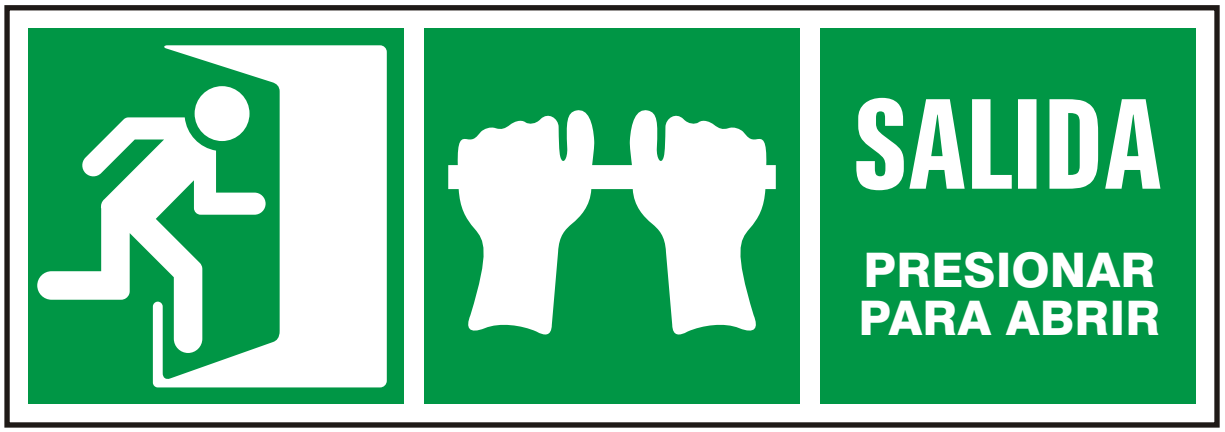
**EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS
DE EVACUACIÓN**

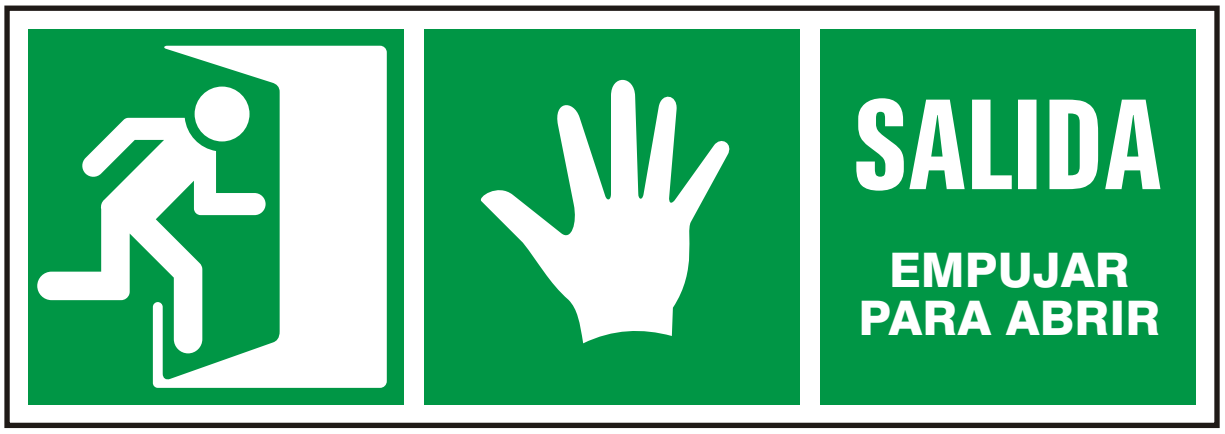
**EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS
DE EVACUACIÓN**

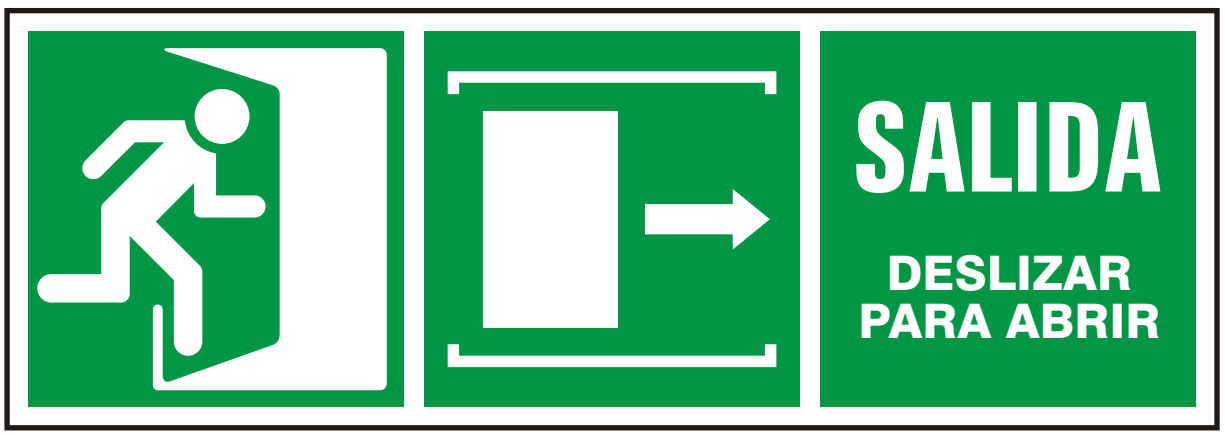




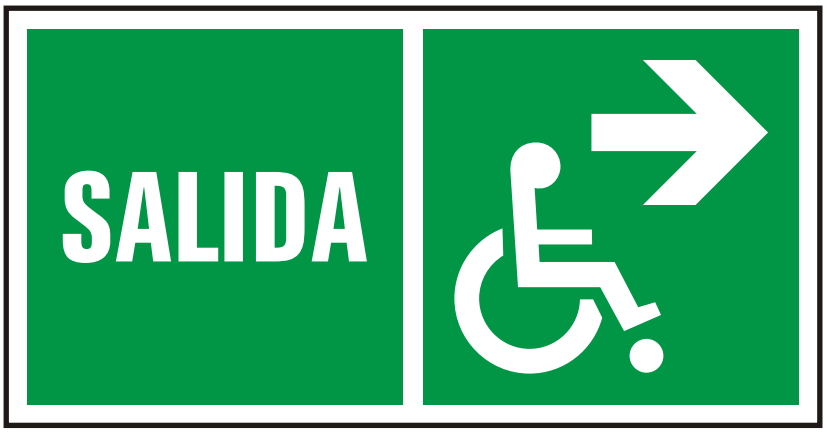
**EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS
DE EVACUACIÓN**

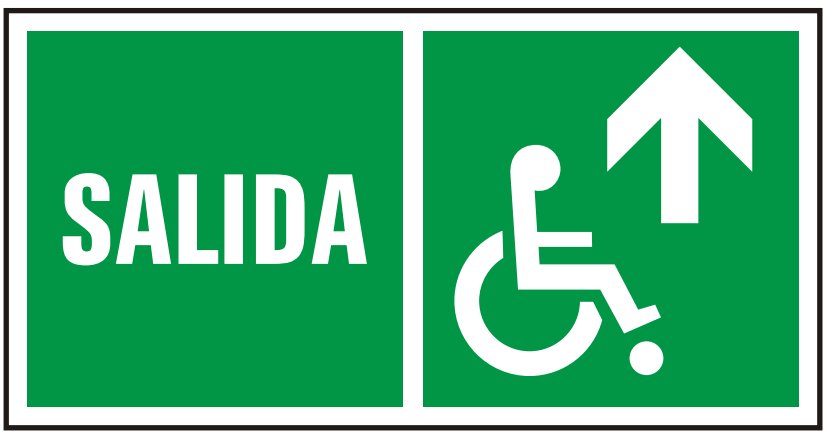






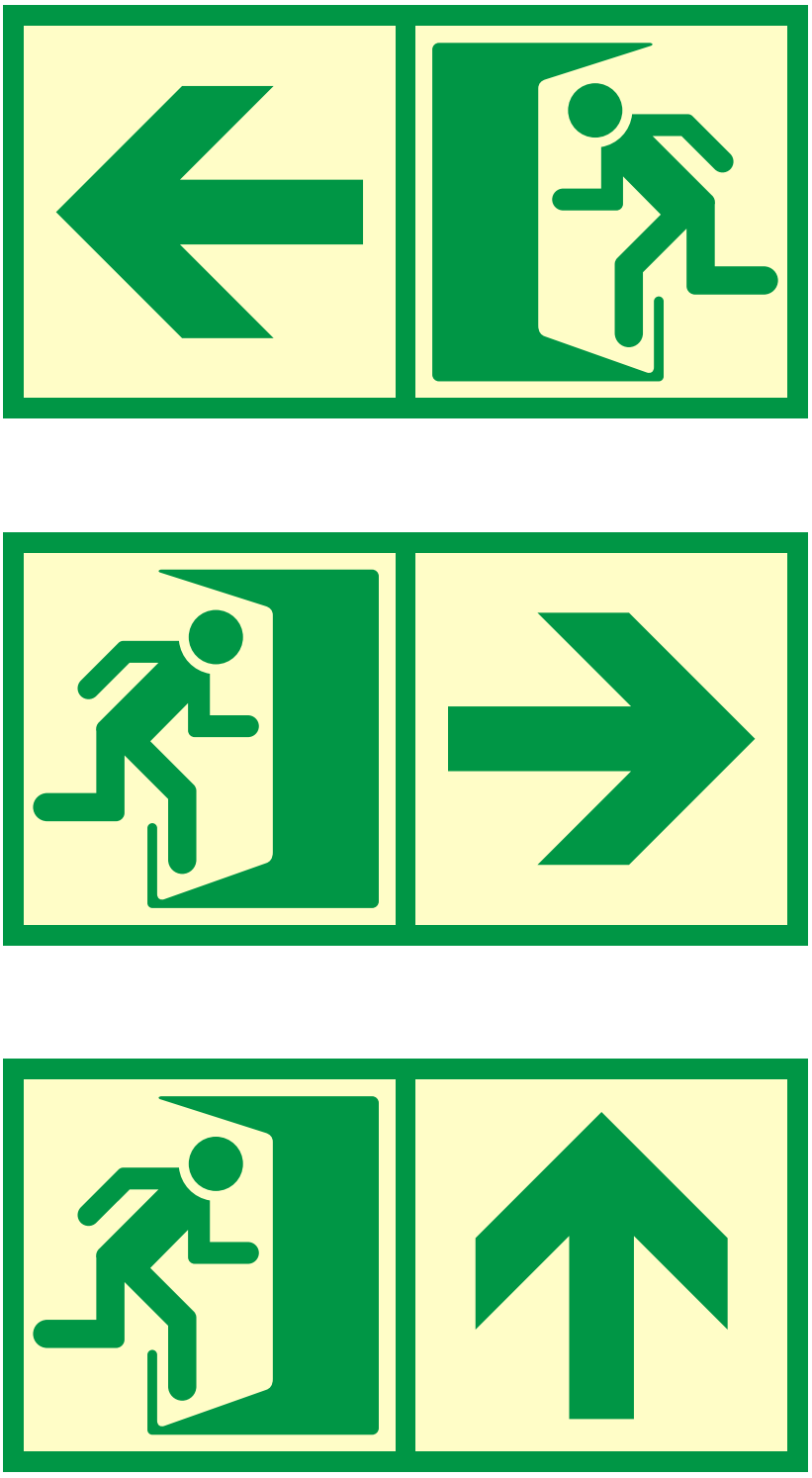
**EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS
DE EVACUACIÓN**





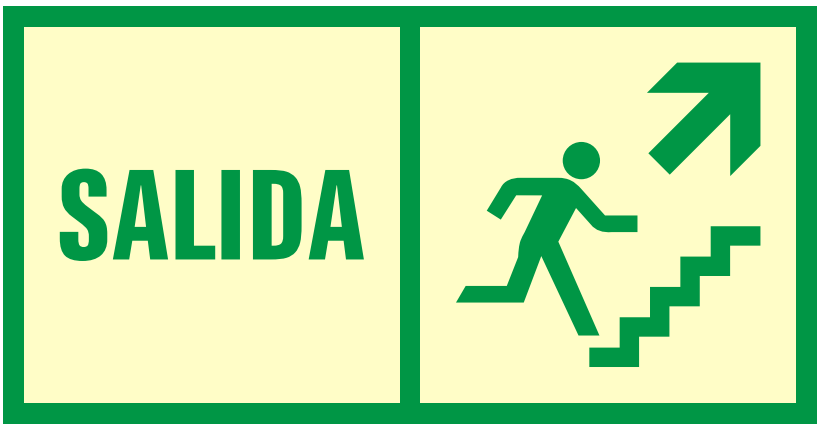
EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS FOTOLUMINISCENTES DE EVACUACIÓN

EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS FOTOLUMINISCENTES DE EVACUACIÓN

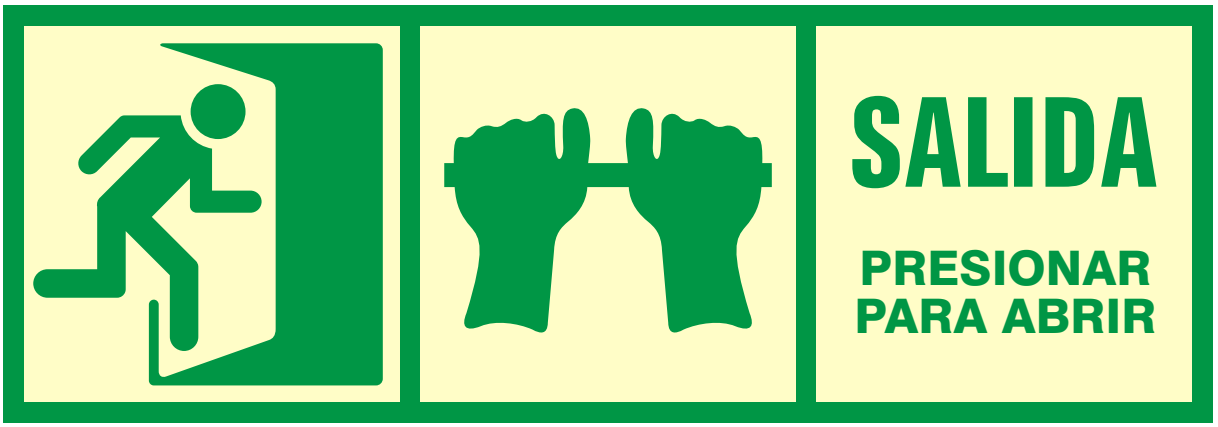


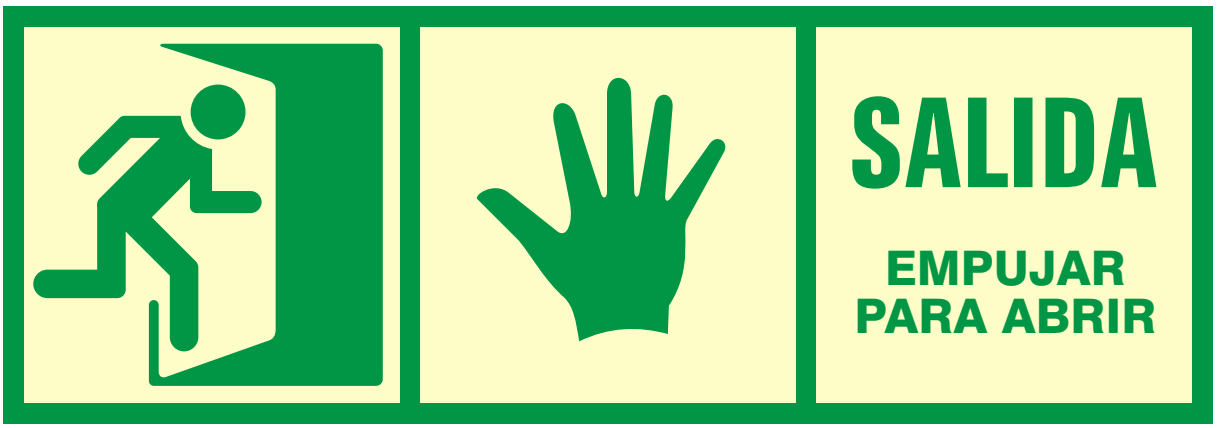
**EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS
FOTOLUMINISCENTES DE EVACUACIÓN**

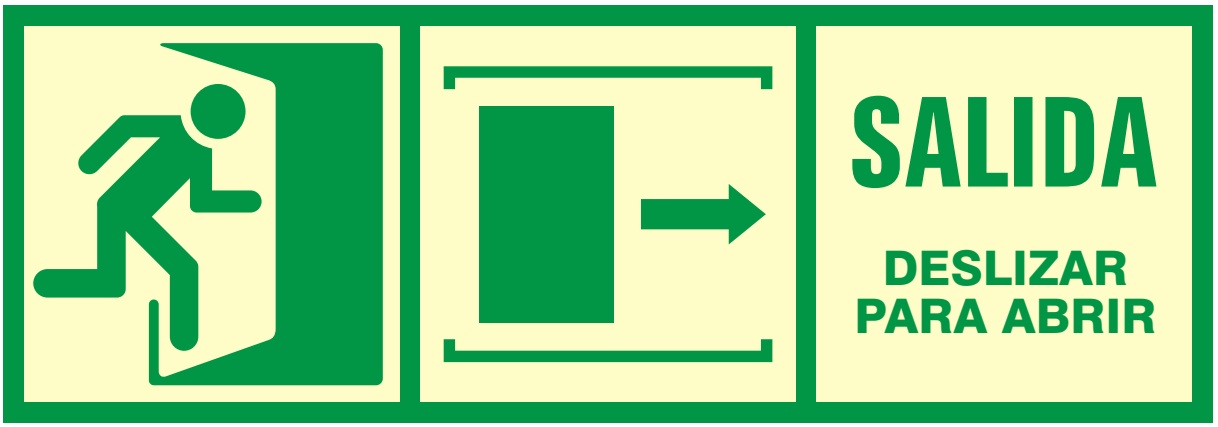
EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS FOTOLUMINISCENTES DE EVACUACIÓN



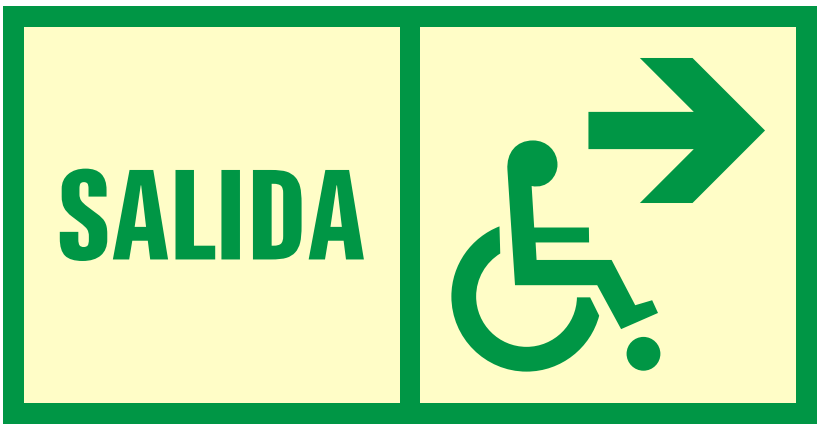
EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS FOTOLUMINISCENTES DE EVACUACIÓN

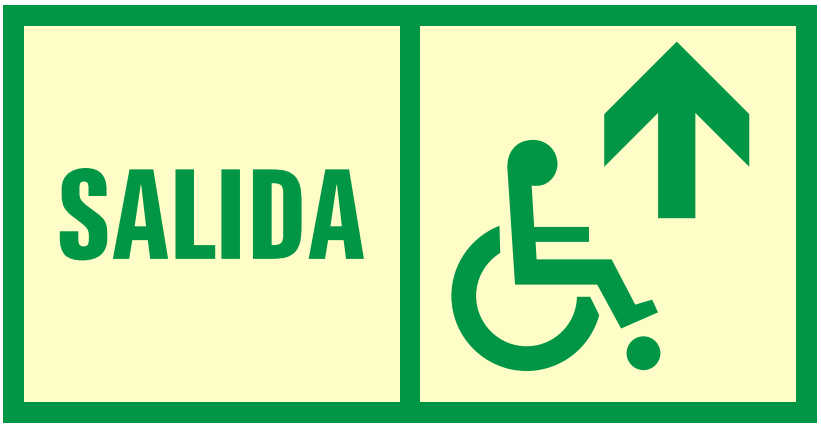






EJEMPLO DE CARTELES COMBINADOS FOTOLUMINISCENTES DE EVACUACIÓN





EJEMPLO DE CARTELES CON SEÑALES MÚLTIPLES

Este tipo de cartel, debido a su gran dimensión, permite colocar señales múltiples de seguridad dentro de un mismo panel.

ANEXO C
(NORMATIVO)

INSTALACIÓN DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD

C.1 DIMENSIONES DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD

C.1.1 Los formatos de las señales y carteles de seguridad necesarios, dependiendo de la distancia desde la cual el usuario visualizará la señal de seguridad o tendrá que leer el mensaje del cartel de seguridad, serán los contenidos en la Tabla C1.

TABLA C1 - FORMATOS DE LAS SEÑALES Y CARTELES SEGÚN LA DISTANCIA MÁXIMA DE VISUALIZACIÓN.

DISTANCIA (m)	CIRCULAR (diámetro en cm)	TRIANGULAR (lado en cm)	CUADRANGULAR (lado en cm)	RECTANGULAR		
				1 a 2 (lado menor en cm)	1 a 3 (lado menor en cm)	2 a 3 (lado menor en cm)
de 0 a 10	20	20	20	20 x 40	20 x 60	20 x 30
+ de 10 a 15	30	30	30	30 x 60	30 x 90	30 x 45
+ de 15 a 20	40	40	40	40 x 80	40 x 120	40 x 60

C.1.2 Para casos particulares las dimensiones de las señales y carteles de seguridad se reducirán proporcionalmente.

ANEXO D
(INFORMATIVO)

REFERENCIAS DE OTROS SISTEMAS DE ORDENAMIENTO DE COLORES PARA COLORES DE SEGURIDAD

Los colores están normalizados en las Tablas A2 a A4 mediante coordenadas cromáticas. Sin embargo, los fabricantes de señales de seguridad necesitan otras referencias de los colores respectivos de seguridad, para este propósito, en la Tabla D1 se dan las coordenadas de los colores de seguridad de los materiales ordinarios en otros sistemas internacionales.

TABLA D.1 - Ejemplos para colores de seguridad de otros sistemas de ordenamiento de colores

Color	**DIN 6164**	**Munsell**	**AFNOR NF X08-002 y X08-010**	**NCS**
Rojo	7,5:8,5:3	7,5R4/14	N°2805	S 2080-R
Azul	16,7:7,2:3,8	2,5PB 3/10	N°1540	S 4060-R90B
Amarillo	2,5:6,5:1	10YR 7/14	N°1330	S 1070-Y10R
Verde	21,7:6,5:4	5G 4/9	N°2455	S 3060-G
Blanco	N:0:0,5	N 9,5	N°3665	S 0500-N
Negro	N:0:9	N 1	N°2603	S 9000-N

Banco Interamericano de Desarrollo

ingeniería · medio ambiente · arquitectura
Av. Santo Toribio 173, Vía central 128, Torre Real 08,
Piso 16, Oficina 1639. San Isidro, Lima 27, Perú
Tel. +51 1 710 3252 www.idp.com.pe

No disponible en versión pública para mantener la privacidad de los participantes

RECUPERACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS POR RESIDUOS SÓLIDOS "MACÓN SUR", COMUNIDAD CAMPESINA DE TAMBO, DISTRITO DE YAUYOS, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNÍN.

Documento: ANEXO 2 LINEAMIENTOS DE INTERVENCIÓN SOCIAL

Titular: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)

Emplazamiento: Lima, Perú

Referencia: 00950

Fecha 29 de Abril de 2016

Av. Santo Toribio 173. Vía central 125, Torre Real 08,
Piso 16, Oficina 1639. San Isidro, Lima 27, Perú
Tel. +51 1 710 3252 www.idp.com.pe

RECUPERACIÓN DEL ÁREA DEGRADADA POR RESIDUOS SÓLIDOS "MACÓN SUR", COMUNIDAD CAMPESINA DE TAMBO, DISTRITO DE YAUYOS, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNÍN.

Documento:	PLAN DE MANEJO DE LIXIVIADOS
Titular:	BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)
Emplazamiento:	Lima, Perú
Referencia:	00950
Fecha	19 de Octubre de 2016

Contenido

1. plan de manejo de lixiviados 5
1.1. Definición 5
1.2. Objetivos 5
1.2.1. Objetivo general 5
1.2.2. Objetivos específicos 5
1.3. Alcance 5
1.4. Responsabilidad 5
1.5. Marco legal 6
1.6. Localización 6
1.6.1. Ubicación geográfica y política del distrito 6
1.6.2. Ubicación del área degradada 7
1.7. Generación, diseño técnico de captación y monitoreo ambiental del lixiviado a gestionar 8
1.7.1. Generación de Lixiviado 8
1.7.2. Análisis ambiental del lixiviado del Botadero de “Macón Sur” 13
1.7.2.1. Metodología para el análisis ambiental del lixiviado del botadero de “Macón Sur” 13
1.7.2.2. Resultados del análisis ambiental del lixiviado del botadero de “Macón Sur” 15
1.7.3. Diseño técnico para la captación del lixiviado generado 17
1.7.4. Monitoreo ambiental de los lixiviados. 25
1.8. Riesgos, Medidas de prevención e implementos de seguridad personales y colectivos para el manejo del lixiviado 26
1.8.1. Riesgos detectables más comunes 26
1.8.2. Medidas de prevención 27
1.8.3. Implementos de seguridad para el manejo del lixiviado 28
1.8.4. Protecciones colectivas 30
1.9. Descripción de la carga, transporte y descarga del lixiviado 31
1.9.1. Identificación de los puntos de extracción de lixiviados 31
1.9.2. Definición de equipos y herramientas 35
1.9.3. Procedimiento de extracción de lixiviados 36
1.9.4. Medidas especiales de prevención en la extracción de lixiviados 36
1.9.5. Identificación de la ruta y puntos de descarga 36
1.9.6. Procedimiento de descarga de lixiviados 37
1.9.7. Medidas especiales de prevención en la descarga de lixiviados 37
1.9.8. Frecuencia de la extracción y descarga del lixiviado 38
1.10. Plan de contingencia 38

1.10.1. Medidas generales en caso de ocurrir un derrame 38
1.10.2. Procedimientos frente a un derrame o fuga 39
1.10.3. Procedimiento después de controlado el derrame 40
1.11. Conclusiones 41
1.12. Recomendaciones 41
1.13. Anexos 41

Índice de Tablas

Tabla 1. Generación mensual de lixiviados (2015 – 2018) 10

Tabla 2. Características del lixiviado de rellenos sanitarios o botaderos. 14

Tabla 3. Características típicas de los lixiviados de rellenos sanitarios o botaderos. 15

Tabla 4. Resultados del análisis de lixiviados del Botadero "Macón Sur". 16

Tabla 5. Frecuencia de análisis de lixiviados. 25

Tabla 6. Parámetros a analizar de la muestra de lixiviado. 25

Tabla 7. Frecuencia de la extracción y descarga del lixiviado. 38

Índice de Figuras

Figura 1. Plano georreferenciado del botadero 7

Figura 2. Representación esquematizada de la metodología de Tchobanoglous 9

Figura 3. Generación diaria de lixiviados (2015 – 2018) 12

Figura 4. Tomografía 2D. Sección 1 Botadero Macón Sur 18

Figura 5. Tomografía 2D. Sección 1 Botadero Macón Sur 19

Figura 6. Tomografía 2D. Sección 2 Botadero Macón Sur 19

Figura 7. Tomografía 2D. Sección 2 Botadero Macón Sur 20

Figura 8. Distribución de la red de lixiviados 21

Figura 9. Dren perimetral de recogida de lixiviados 22

Figura 10. Localización de la poza de lixiviados 22

Figura 11. Sección típica de la poza de lixiviados 23

Figura 12. Situación de la poza de lixiviados del relleno sanitario 24

Figura 13. Equipos de protección personal. 30

Figura 14. Localización de la poza de lixiviados 32

Figura 15. Ubicación de los pozos duales biogás/lixiviados. 34

Figura 16. Camioneta implementada con contenedor de 1000 litros. 35

1. PLAN DE MANEJO DE LIXIVIADOS

1.1. Definición

El presente Plan de manejo de lixiviados pretende definir una metodologia de gestión y manejo del lixiviado que se genere en el area del botadero el cual será recolectado gracias al sistema de recolección de lixiviados implementado por el proyecto de Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín, desde la captacion del lixiviados en el botadero hasta su descarga en el nuevo relleno sanitario, para prevenir, corregir o mitigar los posibles impactos ambientales que pudiesen producirse.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Definir una metodología de gestión y manejo del lixiviado que se genere en el área del botadero

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir la generación, el diseño técnico de captación y el monitoreo ambiental del lixiviado a gestionar
- Identificar los riesgos, medidas de prevención e implementos de seguridad personales y colectivos para el manejo del lixiviado.
- Describir la carga, transporte y descarga del lixiviado.

1.3. Alcance

El alcance del plan de manejo de lixiviados comprende las actividades a llevar a cabo en la recogida de los lixiviados, tanto en la poza como en los pozos duales, su transporte y descarga a la poza de lixiviado del nuevo relleno sanitario.

1.4. Responsabilidad

La correcta implementación del plan de manejo de lixiviados durante la etapa de post clausura será responsabilidad de la Municipalidad Distrital de Yauyos, la cual estará a cargo de la etapa de operación y mantenimiento del proyecto de Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín para lo cual se designará al personal técnico adecuado.

1.5. Marco legal

El marco legal existente en el Perú relacionado con el proyecto es el siguiente:

- Constitución Política del Perú
- Ley Nº 28611 - Ley General del Ambiente[1]
- Ley Nº 27314 - Ley General de Residuos Sólidos[2] (incluye Decreto Legislativo 1065 que modifica la Ley)
- Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos (D.S. 057-2004-PCM)
- D.S. Nº 003-2008 – MINAM: "Aprueban Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para el Aire"
- D.S. Nº 002-2008-MINAM: "Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua"
- Ley N° 27972: Ley Orgánica de Municipalidades

1.6. Localización

1.6.1. Ubicación geográfica y política del distrito

El distrito de Yauyos geopolíticamente pertenece a la provincia de Jauja, departamento y región de Junín, está situado en el centro de país. Se encuentra al Oeste de la ciudad de Jauja, divididos por el río temporal "Tajamar". Dicho emplazamiento se encuentra ubicado en la falda del cerro Huancas, la Plaza Principal del distrito es una referencia de su ubicación en las coordenadas Latitud 11º 446`19 S, Longitud 75º 29`58 W y a 3,410 msnm.

El distrito de Yauyos tiene una superficie de 20.54 km2. Tomando la carretera central como referencia, Yauyos se encuentra a 275.5 km de la ciudad de Lima, 45 km de la ciudad de Huancayo y 225 km de la ciudad de Satipo:

El distrito presenta los siguientes límites políticos:

- Por el Este : con el distrito de Jauja.
- Por el Oeste : con los distritos de Paccha y Parco
- Por el Norte : con los Anexos de Chocón y Pachascucho (Acolla)
- Por el Sur : con el distrito de Sausa.

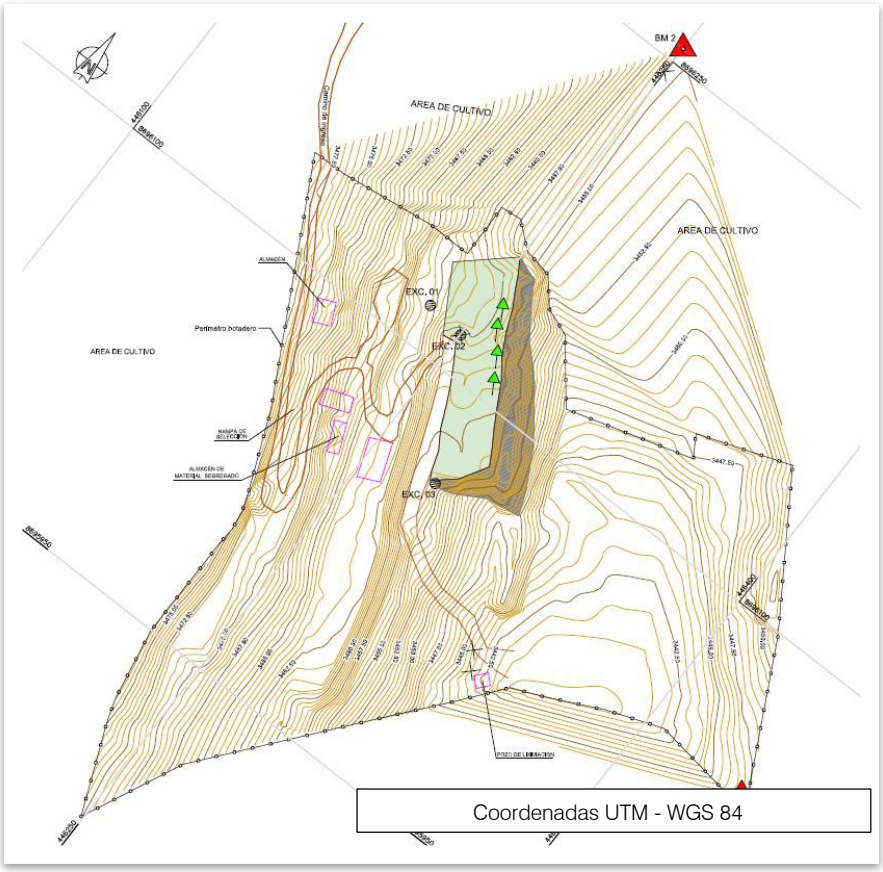
[1] Publicado en el diario Oficial El Peruano, 13 de octubre de 2005.
[2] Publicado en el diario Oficial El Peruano, 21 de julio de 2000 – Modificada en el 2008 DL 1065.

1.6.2. Ubicación del área degradada

El área degradada está ubicada a 1.5 km de la plaza principal de la municipalidad distrital de Yauyos. Dicha área (área afectada por la disposición incontrolada de residuos) tiene una superficie de 5,769.3m2, conformada por las siguientes coordenadas UTM. El área afectada se ubica dentro del terreno del “Complejo denominado Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos en el paraje de Macón”.

A continuación se presenta el plano de ubicación del área degradada debidamente georreferenciada.

Figura 1. Plano georreferenciado del botadero



Fuente: Memoria descriptiva del levantamiento topográfico y establecimiento de 02 puntos de control geodésicos botadero Macón Sur. Yauyos. 2015.

1.7. Generación, diseño técnico de captación y monitoreo ambiental del lixiviado a gestionar

1.7.1. Generación de Lixiviado

La infiltración de lixiviados y su posterior contaminación de la tierra circundante y acuíferos es uno de los principales problemas ambientales asociados a las áreas degradadas por residuos sólidos. El lixiviado de un botadero se puede definir, en términos generales, como el líquido producido a partir de la descomposición de los residuos y la infiltración de agua de lluvia en la masa de residuo. La generación de lixiviados se produce cuando la humedad penetra en la masa de residuo, disuelve los contaminantes en fase líquida y se alcanza un contenido de humedad suficiente para iniciar el flujo de líquido. Este lixiviado es un agua residual de alta resistencia, presentando altas concentraciones de amoníaco y orgánicos contaminantes (medidos en términos de demanda química de oxígeno DQO y DBO demanda bioquímica de oxígeno), hidrocarburos halogenados y metales pesados. Además, los lixiviados generalmente contienen altas concentraciones de sales inorgánicas (principalmente cloruro de sodio, carbonato y sulfato) y depende de la composición de los residuos vertidos.

En las condiciones actuales del botadero "Macón Sur", el cuál carece de drenajes, piezómetros o puntos de recogida, y donde parte de los residuos han sido cubiertos con tierras de propiedades hidráulicas heterogéneas, no es posible medir la cantidad real de lixiviado generado.

La metodología empleada es la misma que la utilizada en el "Expediente técnico de Disposición Final de Residuos Sólidos, Municipalidad Distrital de Yauyos", que a su vez emplea la metodología propuesta por Tchobanoglous (1993). Tchobanoglous propone estimar la producción de lixiviados a partir de un balance hídrico de un volumen de control (área unitaria x altura del relleno) del botadero. El balance se basa en la siguiente expresión:

$$Entrada\ de\ agua\ =\ Salidas\ de\ Agua\ +\ Agua\ almacenada$$

$$Pa\ +\ Pr\ =\ Gw\ +\ Gv\ +\ CC\ +\ Lv\ (exceso\ de\ agua)$$

Donde:

- Pa: Agua presente en el interior de los residuos, Pa (inicialmente corresponde al contenido de humedad de los residuos dispuestos, Kg/m^2.
- Pr: Percolación de agua lluvia hacia el interior de la masa de residuos, Kg/m^2.
- Gw: Agua consumida en la generación de gas, Kg/m^2.
- Gv: Agua perdida como vapor de agua en el gas, Kg/m^2.
- CC: Capacidad de retención de agua del relleno (Capacidad de campo), Kg/m^2.
- Lv: Exceso de agua o producción de lixiviados, Kg/m^2.

La cantidad de agua que se infiltra al interior del botadero (Pr) se estima de acuerdo a la ecuación:

$$Pr\ =\ P\ -\ R\ -\ ETP$$

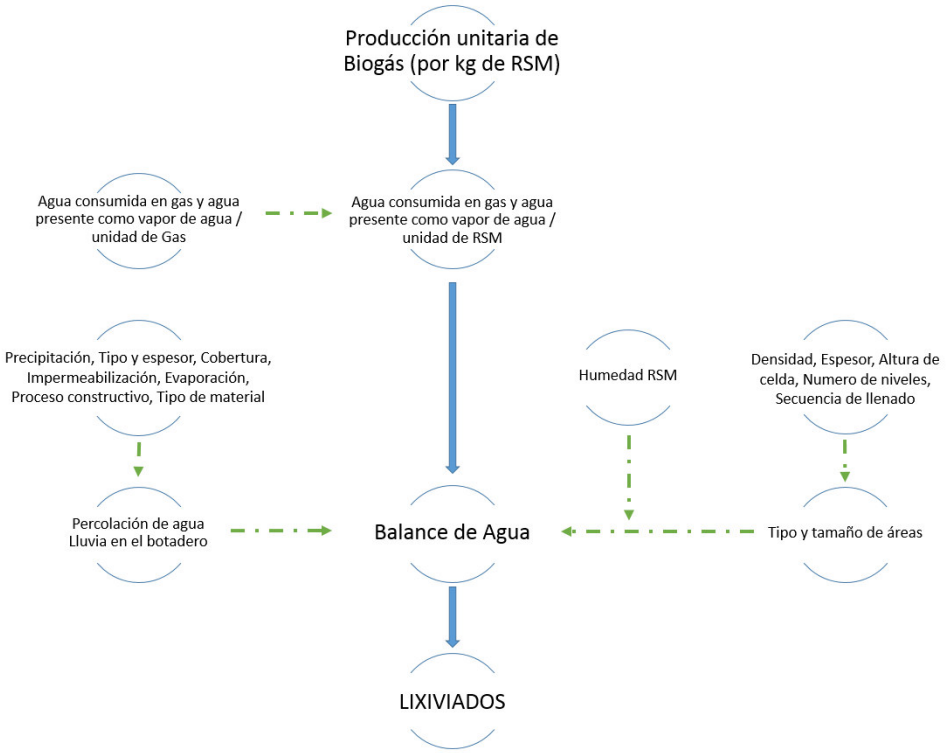
Donde:

- P: Precipitación atmosférica por unidad de área, mm/m^2. A efectos de cálculo se tomaron los valores medios anuales, de la estación del CO-Jauja.
- R: Cantidad de agua que se pierde por escorrentía superficial, por unidad de área, mm/m^2.
- ETP: Cantidad de agua que se pierde por evapotranspiración por unidad de área, mm/m^2.
- Pr: Cantidad de agua que se infiltra a través del materia de cobertura y entra hasta los residuos sólidos, por unidad de área, mm/m^2.

La cantidad de agua que se puede almacenar en el material de cobertura depende de su capacidad de campo (CC = máxima cantidad de agua que el suelo puede retener en contra de la gravedad) y del porcentaje de marchitez permanente (PMP). La diferencia entre la CC y la PMP cantidad de agua que puede almacenarse en el suelo.

En la siguiente figura se presenta de forma esquemática la metodología de Tchobanoglous para estimar la producción de lixiviados.

Figura 2. Representación esquematizada de la metodología de Tchobanoglous



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

La tabla a continuación muestra los resultados de generación de lixiviados desde Enero de 2015 hasta el momento en el que se ejecutan los trabajos de recuperación del área degradada (Enero de 2018).

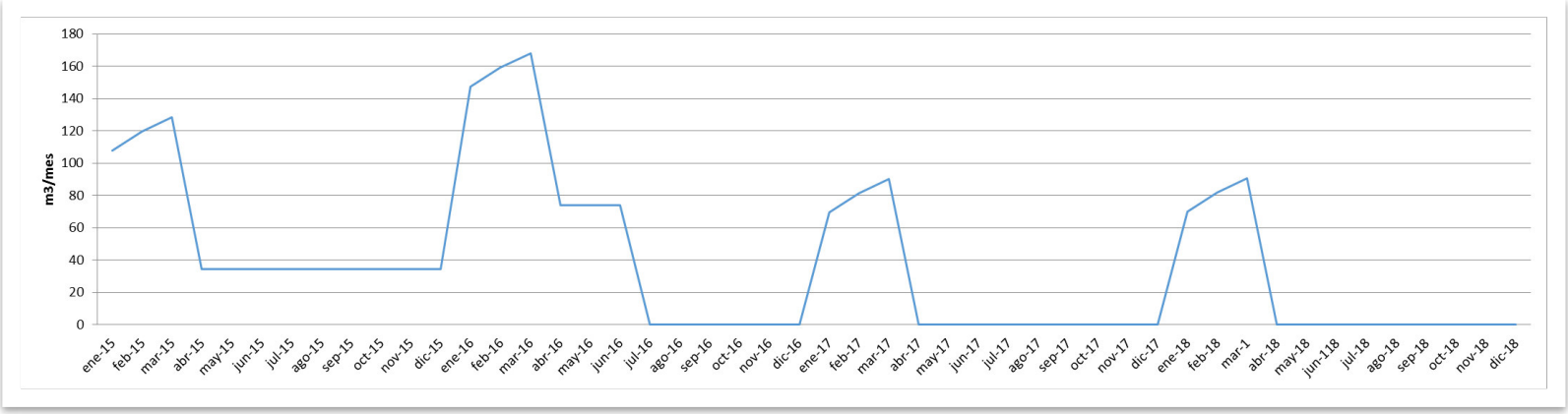
Tabla 1. Generación mensual de lixiviados (2015 – 2018)

	Generación de lixiviados 2016												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2015													
Pr (m3/mes)	342.4	351.2	354.4	153.7	43.8	11.3	10.7	17.3	73.1	195.0	211.1	318.2	2,082.2
Inf (m3/mes)	56.0	67.6	76.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199.7
Lix (m3/mes)	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	662.0
GW (m3/mes)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	45.5
GV (m3/mes)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	1.38
Total (m3/mes)	107.3	118.8	127.3	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3	814.8
Total (m3/día)	3.46	4.24	4.11	1.71	1.65	1.71	1.65	1.65	1.71	1.65	1.71	1.65	2.23
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2016													
Pr (m3/mes)	342.4	351.2	354.4	153.7	43.8	11.3	10.7	17.3	73.1	195.0	211.1	318.2	2,082.2
Inf (m3/mes))	56.04	67.57	76.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199.7
Lix (m3/mes)	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	676.4
GW (m3/mes)	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	48.7
GV (m3/mes)	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	1.5
Total (m3/mes)	108.23	119.75	128.26	52.19	52.19	52.19	52.19	52.19	52.19	52.19	52.19	52.19	825.92
Total (m3/día)	3.49	4.28	4.14	1.74	1.68	1.74	1.68	1.68	1.74	1.68	1.74	1.68	2.26
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
201													
Pr (m3/mes)	342.4	351.2	354.4	153.7	43.8	11.3	10.7	17.3	73.1	195.0	211.1	318.2	2,082.2

	Inf (m3/mes)	56.04	67.57	76.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199.7
	Lix (m3/mes)	57.58	57.58	57.58	57.58	57.58	-	-	-	-	-	-	-	287.9
	GW (m3/mes)	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	42.3
	GV (m3/mes)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	1.3
	Total (m3/mes)	109.98	121.51	130.01	53.94	53.94	-3.64	-3.64	-3.64	-3.64	-3.64	-3.64	-3.64	443.93
	Total (m3/día)	3.55	4.34	4.19	1.80	1.74	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	1.22
2018		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Pr (m3/mes)	342.4	351.2	354.4	153.7	43.8	11.3	10.7	17.3	73.1	195.0	211.1	318.2	2,082.2
	Inf (m3/mes)	56.04	67.57	76.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199.7
	Lix (m3/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	GW (m3/mes)	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	36.9
	GV (m3/mes)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	1.1
	Total (m3/mes)	52.87	64.40	72.90	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	161.62
	Total (m3/día)	1.71	2.30	2.35	-0.11	-0.10	-0.11	-0.10	-0.10	-0.11	-0.10	-0.11	-0.10	0.44

Fuente: Equipo de Formulación

Figura 3. Generación diaria de lixiviados (2015 – 2018)



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

En base al modelo aplicado, la generación de lixiviado se concentra principalmente en los meses de Enero Febrero y Marzo. Según los valores promedio desde el inicio de operación, la generación media anual de lixiviados en el botadero Macón Sur es de 751.7 m^3/año (2.06 m^3/día) con valores máximos de generación de 4.06 m3/día durante el mes de Febrero y 1.47 m3/día durante los meses de menor pluviometría.

De todo el lixiviado generado, parte de él percola por el fondo de la celda, y otra parte es recogida por el sistema de captación de lixiviados. La tasa de percolación de lixiviados en el fondo del vaso se puede estimar aplicando la ley de Darcy.

$$Percolación\ de\ lixiviados\ \left(\frac{m^3}{d}\right) = k\ \left(\frac{m^3}{m^2}\cdot s\right) x\ Superficie\ botadero(m^2)$$

Utilizando el valor de permeabilidad del subsuelo correspondiente a la calicata C5, 1.34x10-7 m/s, se obtiene un caudal de percolación máxima de lixiviados en condiciones de saturación de 4.22x10-4 m3/s (36 m3/d), por lo que es de esperar que todo el lixiviado generado percola hacia el subsuelo, exceptuando aquel que es recogido por el sistema de recolección de lixiviados actual y dirigido a la poza existente.

Sin embargo, sí es posible realizar una estimación más precisa de la cantidad de lixiviado que se generará una vez se han ejecutado las obras de restauración del área degradada. Para ello se ha empleado el mismo modelo matemático basado en la teoría del profesor George Tchobanoglous, la cual se describe en detalle en su libro “Integrate Solid Waste Management” (1993).

1.7.2. Análisis ambiental del lixiviado del Botadero de “Macón Sur”

A continuación describiremos la metodología y los resultados del análisis ambiental realizado a los lixiviados del botadero de “Macon Sur”.

1.7.2.1. Metodología para el análisis ambiental del lixiviado del botadero de “Macón Sur”

Los lixiviados de los botaderos difieren en sus características unos de otros. Por ello es necesario llevar a cabo, cuando se aprecie su presencia, una toma de muestras que permitan analizar dichas características. La siguiente tabla muestra las concentraciones típicas de cada uno de los elementos típicamente analizados en los lixiviados de rellenos sanitarios o botaderos.

Tabla 2. Características del lixiviado de rellenos sanitarios o botaderos.

Parámetro	Intervalo de Valores (mg/l)
Sólidos Disueltos Totales	584 – 55,000
Sólidos Suspendidos Totales	2 – 140,900
Conductancia específica	480 – 72,500 mh/cm
DBO5	6.6 – 99,000
DQO	10 – 195,000
Carbono Orgánico Total	ND – 40,000
PH	3.7 - 8.9
Alcalinidad Total	ND - 15.050
Dureza	0.1 – 225,000
Cloruros	2 - 11.375
Calcio	3 - 2.5
Sodio	12 - 6.01
Nitrógeno Total	2 - 3.32
Hierro	ND – 40,000
Potasio	ND - 3.2
Magnesio	4 - 780
Nitrógeno Amoniacal	ND - 1.2
Sulfatos	ND - 1.85
Aluminio	ND - 85
Zinc	ND - 731
Manganeso	ND - 400
Fósforo Total	ND - 234
Boro	0.87 - 13
Bario	ND - 12.5
Níquel	ND - 7.5
Nitrógeno de Nitratos	ND - 250
Plomo	ND - 14.2
Cromo	ND - 5.6
Antimonio	ND - 3.19
Cobre	ND - 9
Talio	ND - 0.78
Cianuro	ND - 6
Arsénico	ND - 70.2
Molibdeno	0.01 - 1.43
Estaño	ND - 0.16
Nitrógeno de Nitritos	ND - 1.46
Selenio	ND - 1.85
Cadmio	ND - 0.4
Plata	ND - 1.96

Parámetro	Intervalo de Valores (mg/l)
Berilio	ND - 0.36
Mercurio	ND - 3
Turbiedad	40 - 500 UTJ

Fuente: Design, construction & monitoring of sanitary landfill. A. Bagchi. Willey Interscience. USA 1990

Debe resaltarse que la composición química del lixiviado tiene una variación importante con el tiempo, y depende de la etapa en que se encuentre la descomposición de los residuos. En la primera fase de la degradación biológica, el pH tendrá valores bajos, y la DQO, la DBO5, sólidos suspendidos y concentración de metales pesados tendrán valores altos. Después de un tiempo de maduración, este mismo líquido presentará un valor de pH entre 6 y 8 (casi neutro) y valores de concentración de DQO, DBO5 y materiales nutrientes mucho más bajos.

Tabla 3. Características típicas de los lixiviados de rellenos sanitarios o botaderos.

Característica	Lixiviado joven	Lixiviado viejo
DBO	14,950 mg/L	5,000 mg/L
DQO	22,650 mg/L	8,180 mg/L
Metales pesados	Muy altos	Bajos

Fuente: Giraldo E., "Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos", 1997

1.7.2.2. Resultados del análisis ambiental del lixiviado del botadero de “Macón Sur”

En el botadero “Macón Sur” no se ha detectado presencia de lixiviados en superficie ni emanaciones en los alrededores, por lo que solo se ha tomado una muestra en la poza de acumulación de lixiviados.

Se ha tomado una muestra para la caracterización de los lixiviados presentes en el botadero “Macón Sur”. La muestra se corresponde al lixiviado aproximadamente a 100 m del botadero de Macón Sur de Yauyos (JAU-01; 446339 E, 8696013 N).

A continuación se muestran los resultados de la muestra analizada.

Tabla 4. Resultados del análisis de lixiviados del Botadero "Macón Sur".

Parámetro	Jau-01	Unidades
Sólidos Disueltos Totales	638	(mg/l)
Sólidos Suspendidos Totales	202	(mg/l)
Conductancia específica	1034	(µS/cm)
DBO5	50.5	(mg/l)
DQO	259	(mg/l)
Carbono Orgánico Total	-	(mg/l)
PH	7.85	(mg/l)
Alcalinidad Total	-	(mg/l)
Dureza	-	(mg/l)
Cloruros	-	(mg/l)
Calcio	114.475	(mg/l)
Sodio	62.37	(mg/l)
Nitrógeno Total	-	(mg/l)
Hierro	14.222	(mg/l)
Potasio	-	(mg/l)
Magnesio	31.974	(mg/l)
Nitrógeno Amoniacal	1.99	(mg/l)
Sulfatos	15.12	(mg/l)
Aluminio	4.01	(mg/l)
Zinc	0.1925	(mg/l)
Manganeso	3.3046	(mg/l)
Fósforo Total	1.0	(mg/l)
Boro	0.15	(mg/l)
Bario	0.508	(mg/l)
Níquel	0.0225	(mg/l)
Nitrógeno de Nitratos	<0.031	(mg/l)
Plomo	0.0372	(mg/l)
Cromo	0.008	(mg/l)
Antimonio	0.0097	(mg/l)
Cobre	<0.001	(mg/l)
Talio	<0.00003	(mg/l)
Cianuro	-	(mg/l)
Arsénico	0.087	(mg/l)
Molibdeno	0.00475	(mg/l)
Estaño	<0.0014	(mg/l)

Parámetro	Jau-01	Unidades
Nitrógeno de Nitritos	<0.003	(mg/l)
Selenio	<0.002	(mg/l)
Cadmio	0.0005	(mg/l)
Plata	<0.0002	(mg/l)
Berilio	0.0003	(mg/l)
Mercurio	<0.00003	(mg/l)
Turbiedad	647	UNT

Fuente: Informe de análisis de lixiviados botadero Macón Sur (Yauyos – Jauja - Junín). Geomad 2015.

Los resultados del DBO, DQO y otros elementos característicos de los lixiviados se encuentran por debajo del rango establecidos para valores propios de lixiviados en rellenos sanitarios y/o botaderos. Esto se debe a factores de dilución asociados a las condiciones meteorológicas en el momento de la toma de muestras (fuertes lluvias registradas las semanas previas).

Tal y como se ha reseñado en el apartado de caracterización física del medio en su sección de hidrogeología, si bien es cierto que existe un cuerpo de agua en un radio de 1 km (Rio Mantaro). Teniendo en cuenta las propiedades de permeabilidad reportadas en el estudio geotécnico (suelo arcilloso de baja permeabilidad K=1.34 E-5 cm/seg), la configuración de los estratos de los suelos bajo el botadero, la baja pluviometría de la zona (660.9 mm/año), la baja generación de lixiviados esperada una vez acometidas las obras de recuperación del área (1.17 m3/año) y las medidas de captación de lixiviado proyectadas (drenes perimetrales y pozos de extracción), se considera que el lixiviado que no pueda ser captado y tratado quedará confinado por la propia estratigrafía del entorno del botadero, por lo que el impacto al rio Mantaro por parte de los lixiviados no es significativo (corroborado por los resultados del estudio geofísico).

Igualmente se concluye que el conjunto de las actividades antrópicas desarrolladas entre ambos emplazamientos pueden tener un impacto negativo adicional (por fertilizantes etc) que hacen inviable evaluar la trazabilidad de contaminantes entre el botadero y el rio Mantaro.

Tomando en cuenta las características geológicas y los resultados de Tomografías eléctricas, se puede concluir que en la zona del botadero no se manifiestan condiciones de almacenamiento de agua superficial ni subterránea a manera de acuíferos.

1.7.3. Diseño técnico para la captación del lixiviado generado

El lixiviado (líquido que percola o infiltra a través de la masa de residuos) se origina a partir los procesos de descomposición de los residuos sólidos en un relleno sanitario y el agua de lluvia que se infiltra. Es importante que en el diseño de las acciones correctoras se implementen las medidas necesarias que garanticen un manejo eficiente de dicha fuente contaminante.

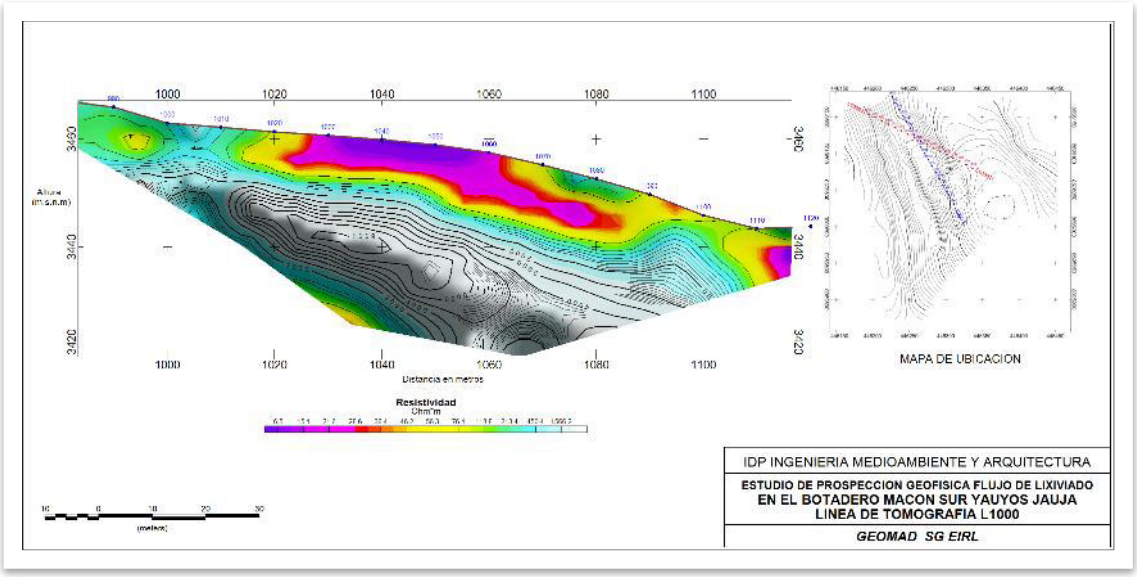
El control de los lixiviados tiene implicaciones puramente ambientales y puede realizarse principalmente de dos formas, controlando el volumen o disminuyendo la infiltración. Uno de los objetivos principales de la construcción de la capa de sellado es minimizar infiltración de agua de lluvia en la masa de residuo, principal causante de la generación de lixiviados.

La falta de información acerca de los patrones que gobiernan el flujo de los lixiviados en el botadero unido al desconocimiento a cerca de los materiales presentes, hace difícil estimar la carga se verán sometidos los sistemas de captación y extracción de lixiviados.

Para detectar posibles bolsas de lixiviados y biogás en el interior del botadero, se ha realizado un estudio geofísico del botadero. Tal y como se observa en las secciones de tomografía no hay presencia de bolsas de lixiviado ni de biogás en el interior de la masa de residuo.. Los valores de resistividad muestran un residuo saturado homogéneo, propio de residuos presentes en botaderos donde no se han ejecutado medidas de clausura. También se observa, especialmente en la sección L2000, como dicho residuo está bien confinado y tampoco se observa una vía preferencial de escape de lixiviados, por lo que se corrobora el uso de suelos de baja permeabilidad para la construcción de las trincheras.

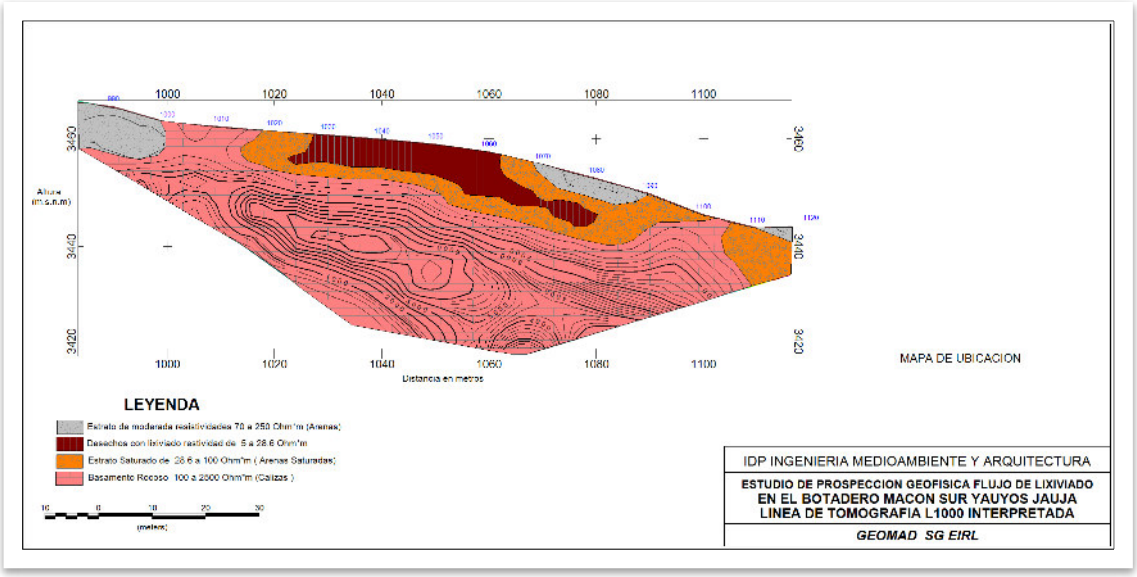
En la sección L1000 se puede observar el recrecido del talud (sección 1080) y la razón por la que esté se llevó a cabo, puesto que se observa presencia de lixiviado bajo dicho recrecido. Igualmente se observa una zona, a partir de la sección 1110, que presenta suelos de alta resistividad. Los suelos de esta zona se corresponde a superficies de cultivo aguas abajo del botadero, las cuales en épocas de lluvia acumulan una mayor cantidad de agua por infiltración.

Figura 4. Tomografía 2D. Sección 1 Botadero Macón Sur



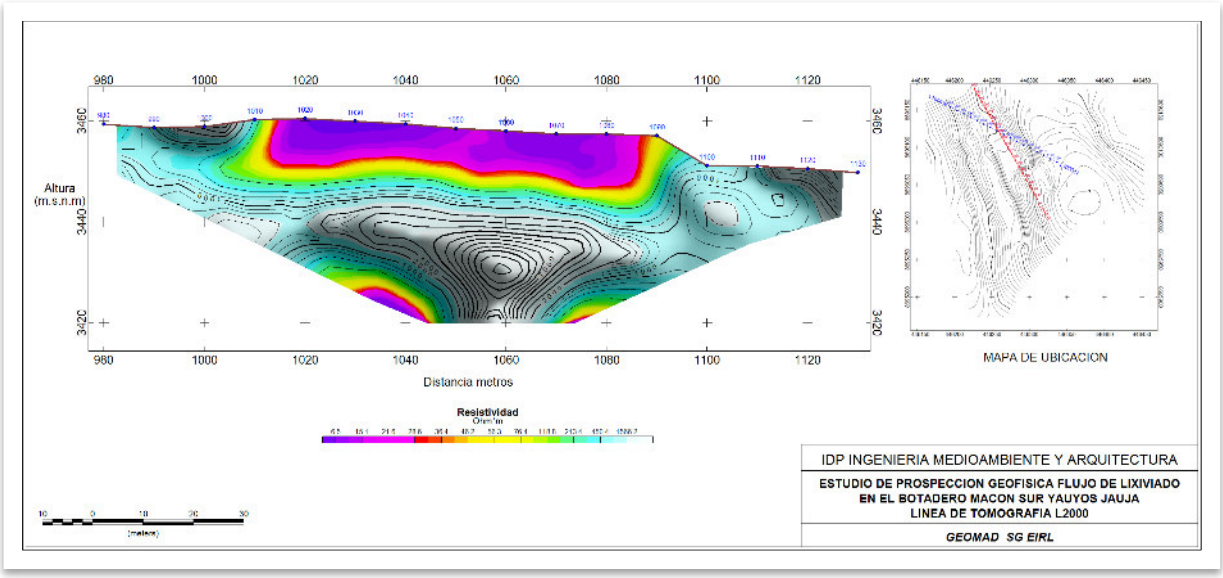
Fuente: Estudio de prospección geofísica en el botadero Macón Sur (Yauyos - Jauja). 2015.

Figura 5. Tomografía 2D. Sección 1 Botadero Macón Sur



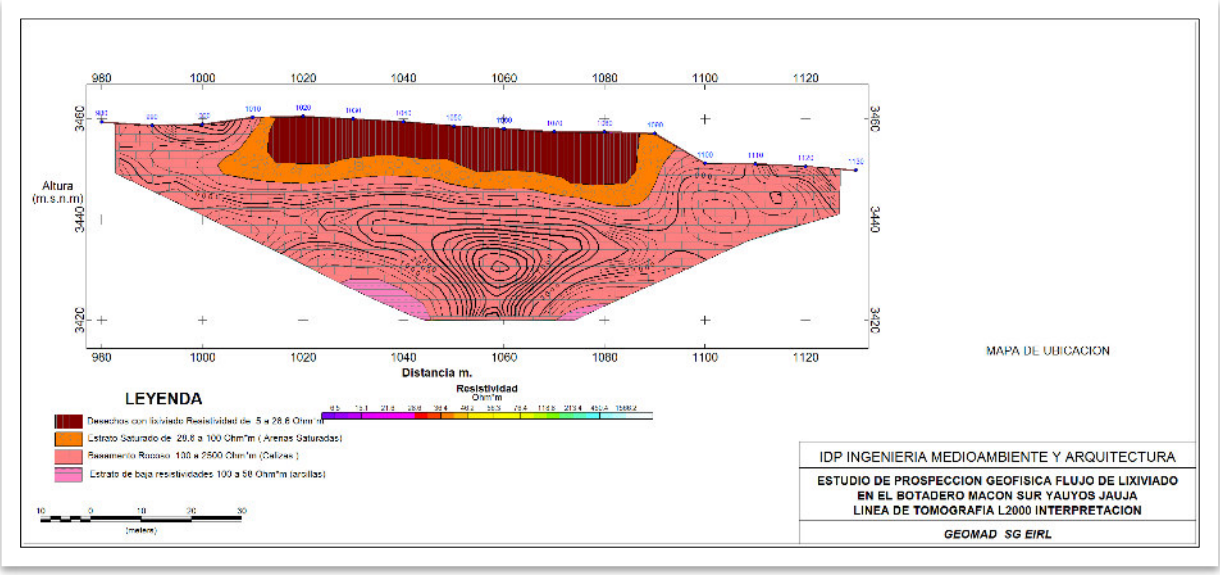
Fuente: Estudio de prospección geofísica en el botadero Macón Sur (Yauyos - Jauja). 2015.

Figura 6. Tomografía 2D. Sección 2 Botadero Macón Sur



Fuente: Estudio de prospección geofísica en el botadero Macón Sur (Yauyos - Jauja). 2015.

Figura 7. Tomografía 2D. Sección 2 Botadero Macón Sur



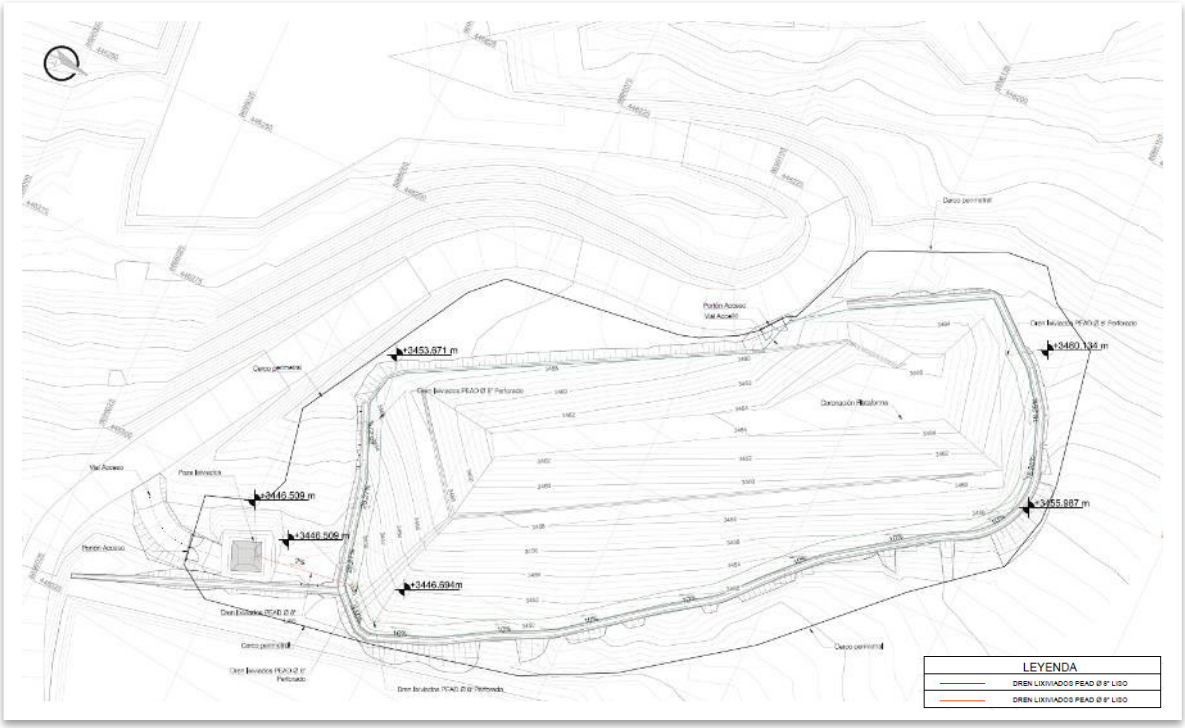
Fuente: Estudio de prospección geofísica en el botadero Macón Sur (Yauyos - Jauja). 2015.

Ante la imposibilidad de actuar en la impermeabilización del fondo de la celda, el sistema de manejo de lixiviados comprende la construcción de un canal perimetral en el contorno del botadero para la recogida de lixiviados que pudieran migrar lateralmente, medida que solucionará cualquier problema de contaminación aguas abajo del botadero.

El canal perimetral de recogida de lixiviados se construirá al pie del talud mediante excavación longitudinal. El ancho de la excavación será de 1.5 metros y la profundidad variable, no mayor de 3 metros, hasta alcanzar el nivel por debajo del residuo, siguiendo la geometría de los planos de diseño.

Figura 8. Distribución de la red de lixiviados

0



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

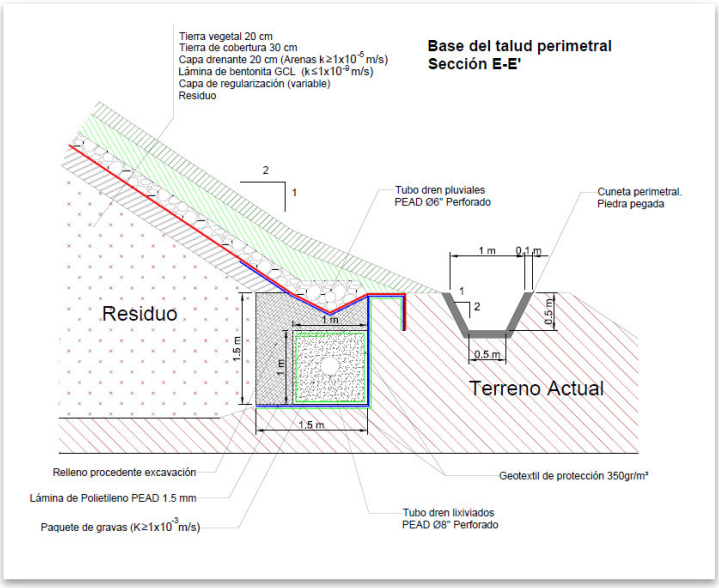
Sobre las zanjas excavadas (en la cara lateral expuesta al terreno natural y el fondo) se extenderá y anclará un geotextil de protección y una geomembrana de 1.5 mm. Posteriormente se instalará el sistema de captación de lixiviados, consistente en una tubería PEAD 8” perforada en su interior.

Cada tubería estará perforada con 20 huecos de 1 ½” por metro lineal, servirá para agilizar la entrada de los líquidos captados. Ella irá embebida en una estructura granular compuesta por grava aluvial de diámetro no mayor a 2” (de 1” a 2“) de permeabilidad mínima de 1*10-2 cm/seg, con lo que se asegura una relación de vacíos propicia para el traspaso de presiones entre el gas y el lixiviado y permitir así la circulación para ambos. El dren se protegerá con geotextil para evitar su contaminación con material fino.

Finalmente, sobre el sistema de captación de lixiviados y bajo la capa de impermeabilización se instalara otra geomembrana de 1.5 m para minimizar la infiltración de agua acumulada en el drenaje de pluviales.

La longitud total del sistema perimetral de recogida de lixiviados, incluyendo la nueva conducción hasta la poza de lixiviados, será de 152 metros. La pendiente será la propia del terreno, lo cual garantiza la correcta evacuación de lixiviados.

Figura 9. Dren perimetral de recogida de lixiviados

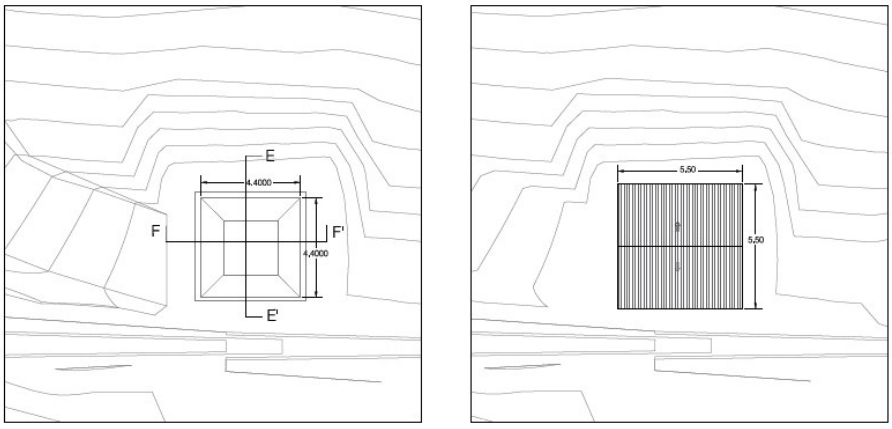


Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Los lixiviados recogidos por el dren perimetral se vierte a la nueva poza de lixiviado del botadero, de dimensiones 4.4 x 4.4 x 3m excavada sobre el terreno natural y construida en polietileno de alta densidad. La poza contará con un sistema de detección de pérdidas que garantice el correcto confinamiento del lixiviado. La poza estará protegida por una cubierta construida en estructura de madera y techo de 5.5 x 5.5 m y 2.10 metros de altura. Una conducción de PEAD de 8” y 16 m de longitud conectará la poza de lixiviados con el dren de captación mencionado anteriormente.

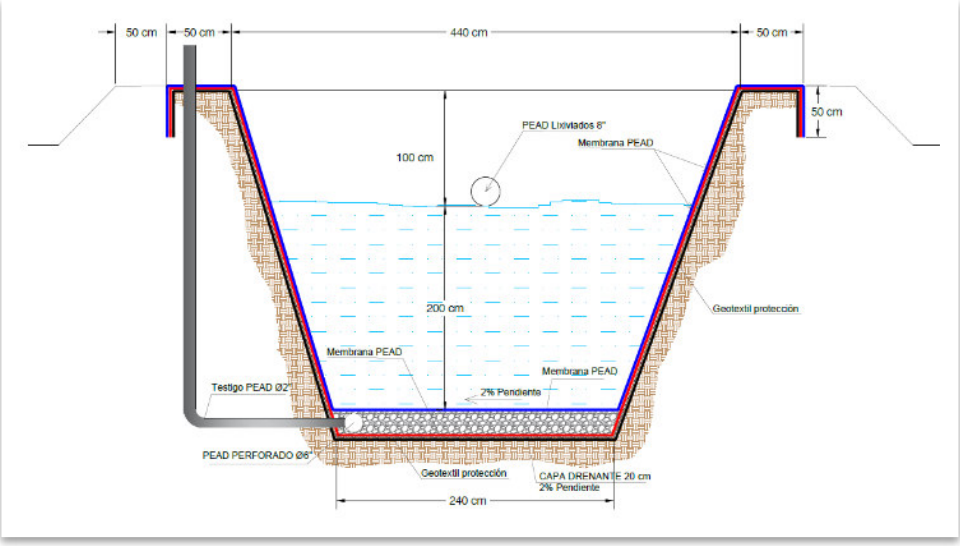
A continuación se presenta figuras que detalla la poza de lixiviados.

Figura 10. Localización de la poza de lixiviados



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 11. Sección típica de la poza de lixiviados



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Adicionalmente se prevé el uso de las chimeneas del biogás para evaluar la eventual presencia de un nivel freático de lixiviados durante la etapa de pos clausura. De acuerdo a la información obtenida de los trabajos de campo, no existe presencia de niveles de lixiviado o bolsas en el interior del botadero. En caso de detectar presencia de lixiviados a través de las chimeneas, se extraerá dicho lixiviado mediante bomba sumergible y será transportado a las instalaciones de tratamiento de lixiviados del relleno sanitario junto al botadero.

En el caso del botadero de Macón Sur, las chimeneas tendrán un uso dual (para lixiviado y biogás) y su construcción se describe en el siguiente apartado.

Según los resultados obtenidos del estudio de generación de lixiviados para la Alternativa 1, una vez clausurado el botadero, se espera una generación de máxima de lixiviados de 0.33 m^3/mes. Al igual que para el nuevo relleno sanitario, el tiempo de retención adoptado para diseño correspondió a 40 días (0.42 m^3), el cual corresponde a un periodo en el cual se puede atender una posible emergencia. Según la metodología propuesta, el depósito de lixiviados tendrá una capacidad de 11.52 m^3.

La opción de gestión de los lixiviados incluye la recirculación de estos hacia el nuevo relleno sanitario de Yauyos. El nuevo relleno sanitario cuenta con una poza de lixiviados[3] con una capacidad de almacenamiento efectiva de 143 m^3, diseñada para dar cabida a un volumen máximo de generación de lixiviados diario de 4.03 m^3/d (122.57 m^3/mes). Adicionalmente en el relleno se prevé un recirculación de lixiviados máxima de 6.24 m^3/d (2,277.6 m^3/año) en el año de máxima generación.

[3] "Documento II Memorias de Cálculo de Gases y Lixiviados" en "Expediente técnico de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipalidad Distrital de Yauyos"

Con estas condiciones, se espera que para desocupar la poza (143 m3) será necesario emplear 22.8 días, mientras que para llenarla a una tasa de producción calculada en la modelación de lixiviados del nuevo relleno sanitario, de 4.03 m3/día, se requiere de unos 35.48 días en promedio.

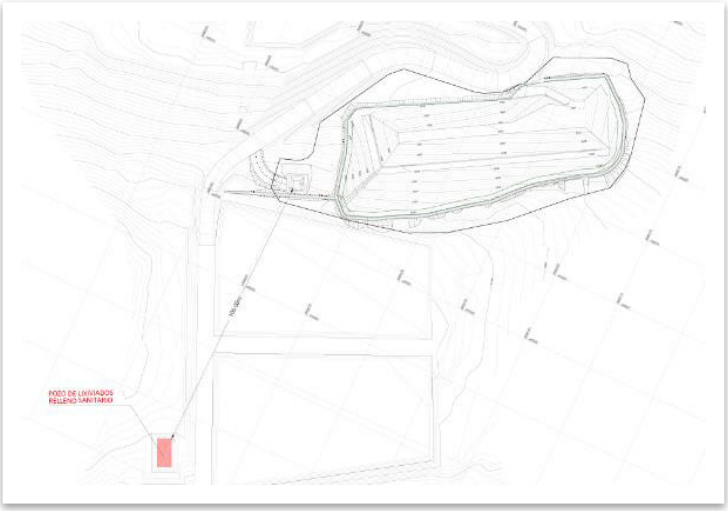
De acuerdo a los resultados del estudio de generación de lixiviados del botadero una vez clausurado, la generación máxima diaria de lixiviados será de 0.33 m^3/mes, volumen que representa el 0.3 % del volumen de generación máxima de lixiviados esperado en el relleno sanitario, el 0.23% de la capacidad efectiva de la poza y un incremento insignificante en la recirculación del <0.1% (Vol de recirculación anual en el relleno 747.9 m^3/año. Por tanto el incremento de volumen de lixiviado derivado de la aportación del botadero se considera asumible (<5% de incremento) por el sistema de tratamiento de lixiviados planteado en el proyecto del nuevo relleno sanitario.

Para el vaciado de la poza se ha previsto el uso de una bomba sumergible con una capacidad de extracción mínima de 1.5 m^3/h. Esta bomba, de cuerpo cilíndrico y diámetro inferior al del pozo dual, se introducirá en la poza hasta alcanzar el nivel donde se encuentre el lixiviado para proceder a su bombeo. Al ser de diámetro menor al pozo, podrá ser empleado para la extracción de lixiviados del interior de estos en caso de que fuese necesario. Para alimentar la bomba se requerirá de un grupo electrógeno portátil que podrá ser transportado en camioneta. El lixiviado extraído será bombeado desde la poza hacía un depósito de pequeño tamaño (1 m^3), emplazado en la misma camioneta.

Una vez concluido el procedimiento de extracción del lixiviado, se trasladará el depósito y su contenido a la poza del relleno sanitario para su gestión, tal y como se ha explicado anteriormente.

Dado el emplazamiento y procedimiento constructivo de la poza de lixiviado del relleno sanitario, no es necesario disponer de estructura de entrega. La descarga se realizará a través de la válvula de vaciado situada en la parte inferior del depósito. El transporte de lixiviados se realizará una vez al mes.

Figura 12. Situación de la poza de lixiviados del relleno sanitario



Fuente: Equipo de Formulación, 2015.

1.7.4. Monitoreo ambiental de los lixiviados.

El control de los lixiviados está orientado a hacer el seguimiento, tanto de los parámetros contaminantes, como de aquellos que pueden dan información acerca del proceso de estabilización del residuo.

Los puntos de muestreo de los lixiviados serán la poza de acumulación de lixiviado y uno de los pozos (chimeneas), construidos en el interior del botadero. Se elegirá aquel que esté más alejado de la trinchera perimetral de recogida de lixiviados.

Se realizará una analítica completa incluyendo todos los parámetros cada año. La frecuencia de estas analíticas debería ser semestral, debido a las importantes diferencias climatológicas entre las estaciones de verano e invierno, pero los limitados recursos de la Municipalidad de Yauyos hace necesaria disminuir la frecuencia a una al año, para garantizar la sostenibilidad del proyecto. Las muestras se deberán tomaren verano, que es la estación donde las lluvias no afectarán a las muestras.

Además, se instalará también un testigo de control de posibles fugas junto a la poza de lixiviados, de manera que se pueda detectar alguna filtración de lixiviado que tuviese como origen dicha poza. El pozo de control deberá ser controlado semanalmente para determinar si se observa lixiviado en su interior, que pudiera venir de alguna fuga de la poza de almacenamiento.

Tabla 5. Frecuencia de análisis de lixiviados.

Ensayo	Puntos	Frecuencia por año
Analítica de lixiviados	2	1

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Tabla 6. Parámetros a analizar de la muestra de lixiviado.

Parámetro	Intervalo de Valores (mg/l)
Sólidos Disueltos Totales	584 – 55,000
Sólidos Suspendidos Totales	2 – 140,900
Conductancia específica	480 – 72,500 mh/cm
DBO5	6.6 – 99,000
DQO	10 – 195,000
Carbono Orgánico Total	ND – 40,000
PH	3.7 - 8.9
Alcalinidad Total	ND - 15.050
Dureza	0.1 – 225,000
Cloruros	2 - 11.375
Calcio	3 - 2.5

Parámetro	Intervalo de Valores (mg/l)
Sodio	12 - 6.01
Nitrógeno Total	2 - 3.32
Hierro	ND – 40,000
Potasio	ND - 3.2
Magnesio	4 - 780
Nitrógeno Amoniacal	ND - 1.2
Sulfatos	ND - 1.85
Aluminio	ND - 85
Zinc	ND - 731
Manganeso	ND - 400
Fósforo Total	ND - 234
Boro	0.87 - 13
Bario	ND - 12.5
Níquel	ND - 7.5
Nitrógeno de Nitratos	ND - 250
Plomo	ND - 14.2
Cromo	ND - 5.6
Antimonio	ND - 3.19
Cobre	ND - 9
Talio	ND - 0.78
Cianuro	ND - 6
Arsénico	ND - 70.2
Molibdeno	0.01 - 1.43
Estaño	ND - 0.16
Nitrógeno de Nitritos	ND - 1.46
Selenio	ND - 1.85
Cadmio	ND - 0.4
Plata	ND - 1.96
Berilio	ND - 0.36
Mercurio	ND - 3
Turbiedad	40 - 500 UTJ

Fuente: Design, construction & monitoring of sanitary landfill. A. Bagchi. Willey Interscience. USA 1990

1.8. Riesgos, Medidas de prevención e implementos de seguridad personales y colectivos para el manejo del lixiviado

1.8.1. Riesgos detectables más comunes

- Caídas al mismo y/o distinto nivel.
- Heridas en extremidades.

- Los derivados de trabajos realizados en ambientes húmedos o encharcados.
- Sobreesfuerzos por manejo de materiales y herramientas.
- Accidentes de vehículos por exceso de carga o por mala conservación de sus mandos, elementos resistentes o ruedas.
- Caídas del contenedor desde el vehículo.
- Caída del personal desde los vehículos en marcha.
- Caídas al subir o bajar de la camioneta.
- Accidentes del personal, por falta de responsable que mande cada maniobra de carga y descarga.
- Contacto con líquidos agresivos.
- Atropellos del personal en maniobras de vehículos.
- Accidentes en el vertido del contenido, al circular los camioneta marcha atrás.
- Peligro de atropellos por falta de visibilidad debido al polvo.
- Vibraciones sobre las personas.
- Suspensión de Partículas.
- Ruido puntual y ambiental.
- Electrocuciones por el generador eléctrico.
- Explosión y quemaduras por el mal uso del generador eléctrico y de la electrobomba.
- Contactos eléctricos.
- Inalacion de gases tóxicos.
- Atrapamiento de extremidades.

1.8.2. Medidas de prevención

- Para evitar el riesgo de caídas se mantendrá la zona de trabajo limpia y ordenada
- En la manipulación de materiales, se deberán de considerar posiciones ergonómicas para evitar golpes, heridas y erosiones
- Para evitar lumbalgias, se procurará, en el transporte de materiales, que éste no supere los 30 kg.
- Se vigilará en todo momento el buen estado de la electrobomba y del generador eléctrico, se seguirán todas las instrucciones de uso para evitar malas manipulaciones debido a que el generador utiliza combustible y es inflamable se recomienda tener siempre un cubo de arena cerca para calmar cualquier amago de fuego.
- Cuando se efectúe una interrupción en los trabajos se desconectará totalmente el generador electrico de la bomba.
- Los cables de conducción eléctrica serán antihumedad y se empalmarán mediante conexiones estancas de intemperie y la protección externa debe estar en perfecto estado.
- Si los trabajos se realizan a la intemperie se suspenderán a causa de lluvias.

- Para la obtención de muestras de lixiviado o bombeo nunca se introducirán las extremidades superiores o inferiores al pozo.
- El personal siempre deberá contar con los equipos de protección adecuados.

1.8.3. Implementos de seguridad para el manejo del lixiviado

Estos se pueden definir como un conjunto de elementos y dispositivos diseñados para proteger las partes del cuerpo que se encuentran expuestos a riesgos durante el ejercicio de una labor. Los equipos basicos de proteccion, para cualquier trabajador del área se mencionan a continuación.

- Casco de seguridad:

  Cuando exista posibilidad de golpe en la cabeza, o caída de objetos.

- Gafas anti-impactos:

  Para trabajos con posible proyección de partícula.

- Gafas anti-polvo:

  Para utilizar en ambientes pulvígenos.

- Mascarilla de papel autofiltrante:

  Se utilizará usando la formación de polvo durante el trabajo, no se pueda evitar por absorción o humidificación. Será desechable de un solo uso.

- Tapón antirruido:

  En aquellos trabajos en que la formación del ruido sea excesiva. Será desechable de un solo uso por razones higiénicas.

- Cinturón de seguridad, clase A (sujeción):

  Para todos los trabajos con riesgos de caída de altura será de uso obligatorio.

- Mameluco de trabajo:

  Para todo tipo de trabajo a realizar en el área. Se tendrán en cuenta las reposiciones a lo largo de la operación y mantenimiento, según Convenio Colectivo aplicable.

- Traje impermeable:

  Para días de lluvia o en zonas en que existan filtraciones o salpicaduras.

- Guantes de goma:

  Cuando se manejen hormigones, morteros, yesos u otras sustancias tóxicas formadas por aglomerantes hidráulicos.

- Guantes de cuero:

  Para manejar los materiales que normalmente se utilizan en el área

- Guantes aislantes de la electricidad:

  Se utilizarán cuando se manejen circuitos eléctricos o máquinas que estén o tengan posibilidad de estar con tensión.

- Mandil de cuero:

  Para los trabajos de martillos neumáticos y de soldadura.

- Botas impermeables al agua y a la humedad:

  Se utilizarán en días de lluvia, en trabajos en zonas húmedas o con barro. También en trabajos de hormigonado cuando se manejen objetos pesados que puedan provocar aplastamientos en dedos de los pies.

- Botas de seguridad:

  En todo trabajo en que exista movimiento de materiales y la zona de trabajo esté seca. También en trabajos de encofrado y desencofrado.

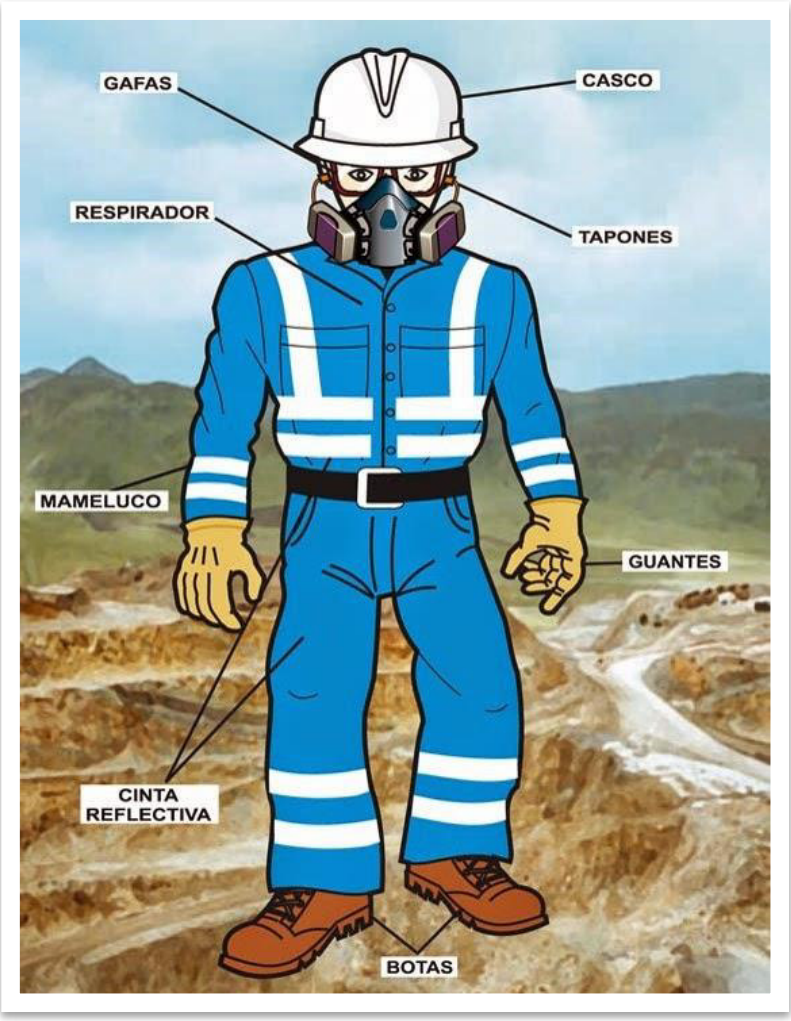
- Botas aislantes de la electricidad:

  Para uso de los electricistas.

- Chaleco reflectante:

  Se empleará por todo el personal que trabaje en carretera abierta al tráfico rodado, o en sus proximidades.

Figura 13. Equipos de protección personal.



Fuente: Equipo de Formulación, 2016.

1.8.4. Protecciones colectivas

Descritos los riesgos detectados a surgir en el transcurso de la obra, se prevé su eliminación mediante protecciones colectivas en aquellos casos en los que es factible, según la siguiente descripción:

- Señales de seguridad:

  Se dispondrán en los puntos más significativos en base al mandato o información que se quiera transmitir.

- Cinta de seguridad:

  Para señalizar y balizar puntos o zonas de riesgo, por obstáculos o desniveles y como complemento a la correspondiente protección colectiva.

- **Brigada de Seguridad:**

  Para montaje, mantenimiento, reposición y desmontaje de las protecciones necesarias, así como de los medios de señalización y balizamiento.

- **Plataformas de trabajo:**

  Se dispondrá en elementos auxiliares para trabajos a nivel respecto al suelo o punto de apoyo.

- **Extintores:**

  Se dispondrán como sistema de protección contra incendios en la camioneta.

- **Botiquín**

  Se dispondrá de un botiquín con todos los medicamentos e implementos de primeros auxilios.

1.9. Descripción de la carga, transporte y descarga del lixiviado

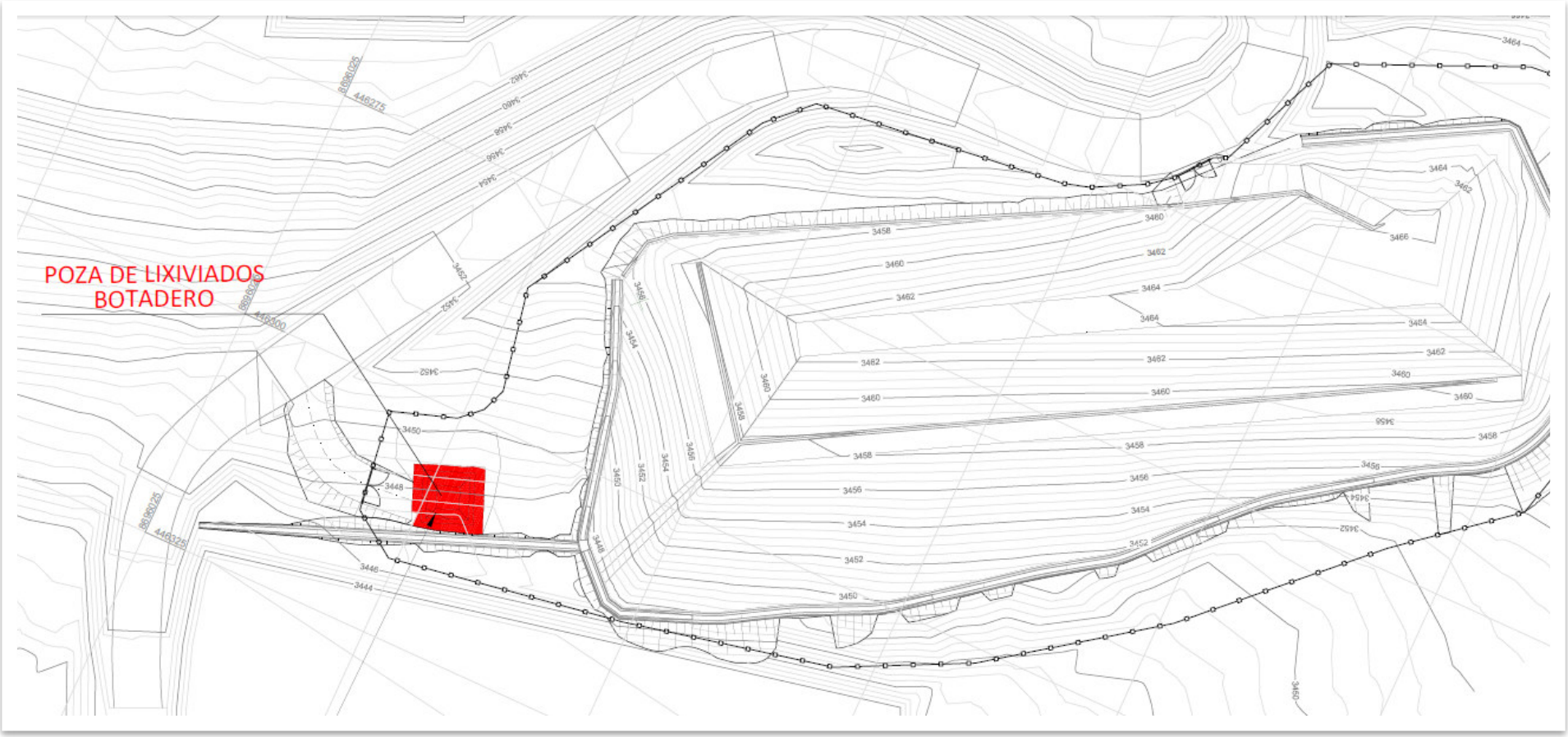
1.9.1. Identificación de los puntos de extracción de lixiviados

En primer lugar se identificarán los puntos de captación de lixiviados definidos en el proyectos de recuperación ambiental del área degradada. Estos puntos podrán ser de dos tipos:

- **Poza de lixiviado.**
- **Pozos duales de biogás/lixiviados construidos en el interior del botadero.**

En la siguiente figura podemos apreciar la ubicación de la poza de lixiviado.

Figura 14. Localización de la poza de lixiviados

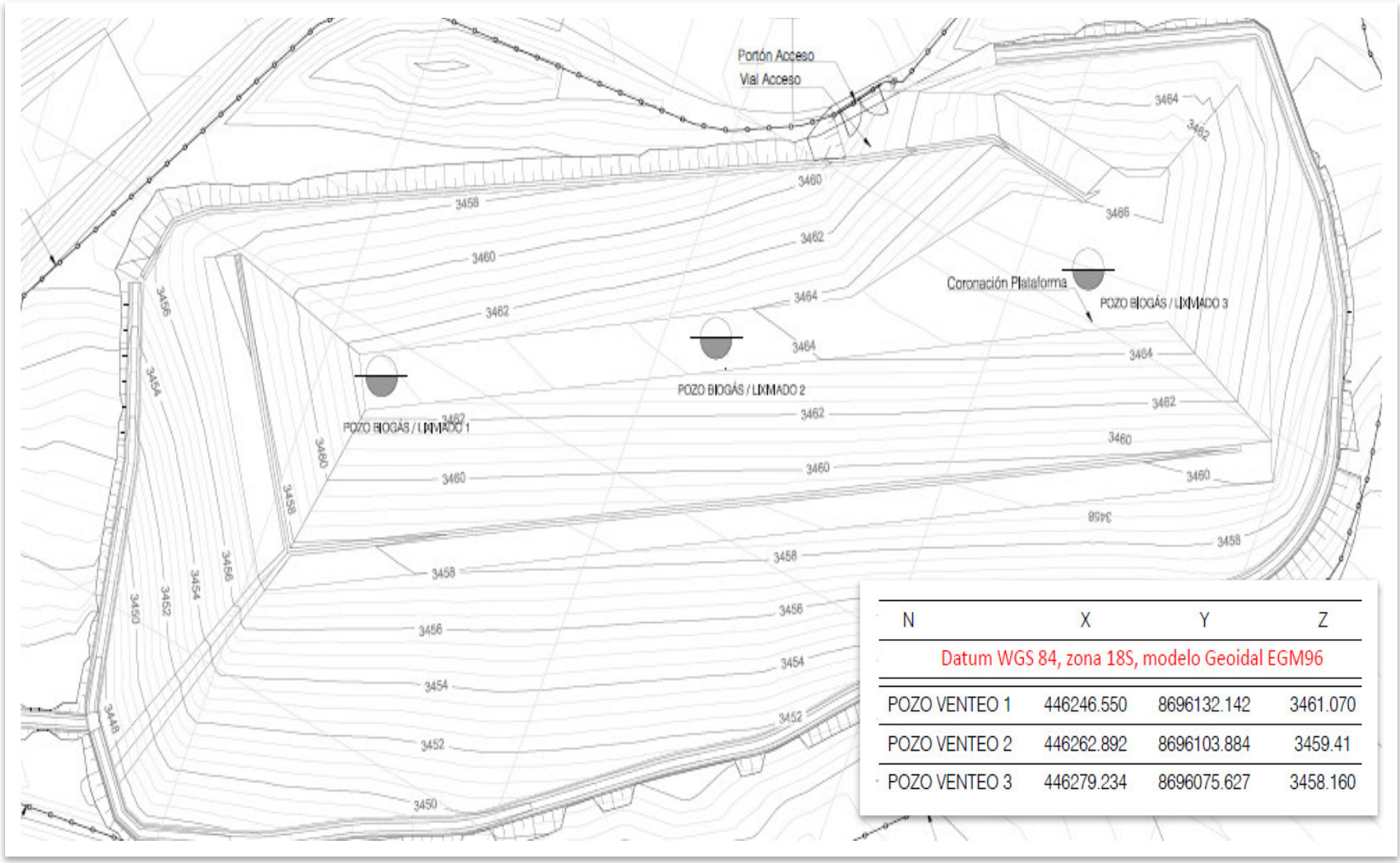


Fuente: Equipo de Formulación, 2015.

Desde esta poza se extraerá el lixiviado recolectado y se tendra que extraer y descargar en la poza de lixiviados del nuevo relleno sanitario, que detallaremos más adelante. Solo en casos de que se detecte lixiviado acumulado en cualquiera de los pozos duales tambien se extraerá y descargará en la poza del nuevo relleno sanitario.

En la siguiente figura podemos apreciar la ubicación de los pozos duales de biogas/lixiviado.

Figura 15. Ubicación de los pozos duales biogás/lixiviados.



N	X	Y	Z
Datum WGS 84, zona 18S, modelo Geoidal EGM96			
POZO VENTEO 1	446246.550	8696132.142	3461.070
POZO VENTEO 2	446262.892	8696103.884	3459.41
POZO VENTEO 3	446279.234	8696075.627	3458.160

Fuente: Equipo de Formulación, 2015.

1.9.2. Definición de equipos y herramientas

El personal responsable del manejo de los lixiviados contará con el siguiente equipo de trabajo.

- Vehículo/camioneta 4x4 de caja abierta y portón trasero abatible.
- Depósito Contenedor de 1000 litros de capacidad, montado sobre la caja abierta del vehículo, construido en Polietileno de Alta Densidad, en jaula metálica de acero galvanizado e instalado sobre palet de madera tratado. El depósito estará provisto de una boca de llenado superior DN 150 y una válvula de vaciado DN50 en la zona inferior de uno de los paneles laterales.
- Bomba sumergible de captación de lixiviados, con un diámetro máximo de 100 mm. Incluyendo cable de para sumergir la bomba (40 metros)
- Tubería de llenado del depósito desde bomba sumergible 1 ¼”, de 30 metros de longitud.
- Grupo electrógeno de gasolina para la operación de la bomba sumergible de lixiviados. La tensión del grupo será de 230 V y 50 Hz.
- Paneles de señalización de trabajos.
- Equipos de protección personal.
- Testigo para medida de profundidad de lixiviado en pozos.

Figura 16. Camioneta implementada con contenedor de 1000 litros.

Fuente: Equipo de Formulación, 2015.

1.9.3. Procedimiento de extracción de lixiviados

El procedimiento de extracción de los lixiviados y descarga al depósito de transporte dependerá del punto de captación.

- **Poza de lixiviados**
  1) Colocación de EPPs.
  2) Montaje de la bomba de lixiviados en el interior de la poza de lixiviados. Fijación del cable a un elemento fijo para garantizar la sujeción de la bomba.
  3) Conexión de la manguera de extracción al depósito de transporte.
  4) Arranque del equipo e inicio de los trabajos de captación.
  5) Una vez extraído el lixiviado de la poza y detención del grupo electrógeno.
  6) Retirada de la bomba centrífuga.

- **Pozos duales de biogás lixiviados**
  1) Colocación de EPPs.
  2) Retirada del quemador de biogás. Una vez retirado el quemador, se esperará un tiempo mínimo de dos horas antes de proceder a los trabajos de extracción.
  3) Medida de altura de lixiviado.
  4) Montaje de la bomba de lixiviados en el interior del pozo de lixiviados. Fijación del cable a un elemento fijo para garantizar la sujeción de la bomba.
  5) Conexión de la manguera de extracción al depósito de transporte.
  6) Arranque del equipo e inicio de los trabajos de captación.
  7) Una vez extraído el lixiviado del pozo, detención del grupo electrógeno.
  8) Retirada de la bomba centrífuga
  9) Colocación del quemador de biogás.

1.9.4. Medidas especiales de prevención en la extracción de lixiviados

- Se mantendrá una distancia de seguridad entre la camioneta y el punto de extracción de 10 metros.
- Emplear los EPP en todo momento por parte de los operarios, especialmente en los trabajos en los que se pueda entrar en contacto con el lixiviado (retirada de la bomba etc.).

1.9.5. Identificación de la ruta y puntos de descarga

Los operarios serán conocedores de los puntos de descarga de los lixiviados en el relleno sanitario, además de contar con los permiso necesarios para el acceso y circulación dentro de dicho recinto.

Además, previamente y al menos en una ocasión, cada uno de los operarios habrá reconocido la ruta de transporte desde el punto de extracción al punto de descarga identificando y siendo conocedor de punto críticos en la ruta que pudieran suponer un riesgo para el transporte (zonas de la vía en mal estado, etc.).

Para el caso de Yauyos la ruta empieza en cualquiera de los pozos duales de biogas/lixiviado a aproximadamente 295 metros o desde la poza de lixiviado del botadero (120 metros) desde allí el vehículo recorrerá por la vía habilitada hasta llegar a la zona de inyección (poza de lixiviado del nuevo relleno sanitario); éste será el punto de descarga, no habiendo ningún riesgo en que el vehículo ingrese al area de la plataforma de cubierta porque esta se encuentra en capacidad de soportar la carga y al vehículo.

Para mejor ubicación en el anexo 1 del presente documento se muestra un plano de ubicación de la poza de lixiviado y de la zona de descarga.

A continuacion podemos apreciar la ruta que debera seguir el vehiculo que transporte el contenedor con el lixiviado:

1.9.6. Procedimiento de descarga de lixiviados

Una vez alcanzado el punto de descarga (zona de descarga), se procede a la descarga por gravedad. Para ello se seguirá el siguiente procedimiento:

1) Colocación de EPPs.
2) Montaje de la manguera de descarga de lixiviados. Conexión al depósito y al punto de descarga.
3) Apertura de la válvula de descarga.
4) Una vez descargado el lixiviado, cierre de la válvula y recogida de la manguera de descarga.
5) Limpieza de todos los equipos que han entrado en contacto con el lixiviado antes de su almacenaje en las instalaciones de la municipalidad.
6) Registro de la actuación. Una vez llevados a cabo los trabajos descritos, se anotarán en el libro de registro la fecha de actuación, los puntos de captación de lixiviados empleados, los volúmenes extraídos, el tiempo empleado y las posibles incidencias ocurridas durante los trabajos.

1.9.7. Medidas especiales de prevención en la descarga de lixiviados

- Se mantendrá una distancia de seguridad entre la camioneta y el punto de descarga de 5 metros.

- Emplear los EPP en todo momento por parte de los operarios, especialmente en los trabajos en los que se pueda entrar en contacto con el lixiviado (retirada de la manguera etc.).

1.9.8. Frecuencia de la extracción y descarga del lixiviado

nunca deberá de sobrepasar la capacidad de la poza y se deberán realizar inspecciones semanales y por lo menos se deberá de recircular el lixiviado una vez a la semana en época de verano y una vez por mes en época de invierno.

Tabla 7. Frecuencia de la extracción y descarga del lixiviado.

Operación	Frecuencia		Dedicación			Dedicación
	Verano (época de lluvias)	Invierno (época sin lluvias)	Horas / semana	Operaciones Verano	Operaciones Invierno	Horas/año
Extracción lixiviados	Semanal	Quincenal	1	26	12	38

Fuente: Equipo de Formulación, 2015.

1.10. Plan de contingencia

Todo procedimiento de manejo, almacenamiento, carga, transporte y descarga de sustancias y residuos peligrosos está sujeto a sufrir cualquier tipo de incidente, por lo que se requiere de un Plan de Contingencias que identifique los accidentes, justifique la activación del plan, describa la actuación del plan, los procedimientos de actuación en cada caso, la cadena de mando operativo durante la emergencia y las acciones que debe realizar cada grupo de personas involucradas.

1.10.1. Medidas generales en caso de ocurrir un derrame

En el caso de derrames durante el transporte o manejo:

- Se mantendrá alejado al personal no autorizado y que no cuente con los elementos de protección personal adecuados.
- Se demarcará la zona del derrame.
- Solo personal autorizado podrá realizar la contención de un derrame.

Se dispondrá de los siguientes implementos para controlar derrames, estando el personal debidamente capacitado para su uso:

- Contenedor con materiales absorbentes (arena o tierra del lugar) de fácil manipulación.
- Contenedor vacío, debidamente rotulado para almacenar los desechos del manejo del derrame
- Elementos de protección personal para trabajo con lixiviados: ropa impermeable y resistente al lixiviado, guantes adecuados por categoría de residuos, botas, lentes de seguridad para la protección del personal encargado de la manipulación.
- Barreras y elementos de señalización para el aislamiento del área afectada.

1.10.2. Procedimientos frente a un derrame o fuga

Evaluar el incidente:

- Evalúe el área y localice el derrame o fuga.
- Intente detener el derrame o fuga al nivel de su origen, sólo si lo puede hacer en forma segura y está autorizado, con materiales absorbentes (arena, tierra de lugar). Si lo va a hacer en esta etapa, utilice elementos de protección personal.
- Evite el contacto directo con el lixiviado.

Notificar a los responsables de la operación y mantenimiento del área

- Entregue toda la información posible a la jefatura directa, para que se proceda al control de la emergencia. Esto incluye equipos, materiales y áreas afectadas. Señalar ubicación, productos comprometidos, cantidad, su dirección y condición actual.
- Los responsables del área deben comunicar a la municipalidad a cargo de la operación y mantenimiento del área para determinar si la emergencia podría involucrar a otras secciones.

Asegurar el área

- Alerte a sus compañeros sobre el derrame. De ser necesario, evite que se acerquen.
- Acordonar con barreras, rodeando la zona (área contaminada).
- Rodear con materiales absorbentes.

Controlar y contener el derrame

- Antes de comenzar con el control o contención del derrame, debe colocarse los elementos de protección personal necesarios: Ropa adecuada impermeable y resistente a los productos químicos; guantes protectores; lentes de seguridad; protección respiratoria.
- Localice el origen del derrame y controle el problema a este nivel.
- Contenga con barreras, diques y/o materiales absorbentes. Si el derrame es sobre superficie impermeable: (cemento, lata, pisos) contener rápidamente formando un dique con el producto absorbente, comenzando sobre la menor cota de suelo en caso de pendiente, evitando que llegue a fuentes de agua o infiltre al suelo.

Limpiar la zona contaminada

- Intentar recuperar el producto si es posible.
- Absorber o neutralizar.
- Lavar la zona contaminada con agua, en caso que no exista contraindicación. Si parte del suelo se contaminó extraer el mismo y llevar a contenedores adecuados.
- Rotular adecuadamente todos los contenedores donde se van depositando los residuos.
- Todos los productos recogidos, deben tratarse como residuos peligrosos.

1.10.3. Procedimiento después de controlado el derrame

Descontaminar los equipos y al personal

- Disponer de una zona de descontaminación.
- Lavar equipos y ropa utilizada.
- Las personas que intervinieron en la descontaminación deben bañarse.

Después de la Emergencia

- Verificar que se detuvo el derrame.
- Verificar la cantidad de producto derramado.
- El encargado debe asegurarse de coordinar el retiro o enterramiento del material contaminado.

1.11. Conclusiones

- Para la etapa de operación y mantenimiento del proyecto de “Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín”, hemos definido un Plan de manejo de lixiviados. La duración de la operación y el mantenimiento es 10 años a más<.
- Se han dictado las condiciones técnicas durante la operación y mantenimiento, y los procedimientos de trabajo de obligado cumplimiento en las distintas actividades de gestión y manejo de lixiviado.
- Se ha identificado la existencia de riesgos y consecuentemente se han establecido las medidas adecuadas para evitarlos, evaluando en cada caso la eficacia de las soluciones adoptadas. Se han hecho las previsiones e indicaciones oportunas para que los trabajos se desarrollen con seguridad.
- En cualquier caso, concluimos que todo lo anteriormente descrito, no es efectivo sin la implicación de todos los participantes en el proceso de ejecución de la operación. Para ello se destaca la importancia de concienciar adecuadamente a los trabajadores de la necesidad de trabajar con seguridad y evitar así los riesgos laborales.

1.12. Recomendaciones

- Las medidas propuestas deben ser cumplidas de carácter obligatorio para poder reducir, o eliminar cualquier impacto negativo posible durante los trabajos de gestión y manejo del lixiviado.
- Se recomienda la realización de talleres con todos los entes involucrados para difundir el presente Plan de manejo de lixiviados y que se haga de conocimiento de todos los involucrados en la operación y mantenimiento del proyecto de Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos “Macón Sur”, Comunidad Campesina de Tambo, Distrito de Yauyos, Provincia de Jauja, Departamento de Junín.

1.13. Anexos

POZA DE LIXIVIADOS
BOTADERO

POZA DE LIXIVIADOS
RELLENO SANITARIO

100.00m

LEYENDA

	LIMITE
	AREA DE BOTADERO
	CURVA PRINCIPAL
	CURVA SECUNDARIA
	CAMINO DE ACCESO

Notas Generales

a) Este plano es propiedad de IDP **enginyeria i arquitectura**. No puede ser utilizado, ni reproducido total o parcialmente sin la autorización expresa de IDP.
b) Las cotas escritas prevalecen sobre las que se midan en planos.
c) Todas las dimensiones se han de comprobar en la obra.
d) Posibles contradicciones entre documentos de proyecto han de ser comunicadas inmediatamente a la D.F. que determinará su validez o prioridad.
e) Los planos han de ser leidos en conjunto con todos los documentos del proyecto.
f) Las bases informáticas del proyecto son propiedad intelectual de los autores.

Cliente

PERÚ Ministerio del Ambiente

MINISTERIO MEDIO AMBIENTE PERÚ

Fundación

BID Banco Interamericano de Desarrollo

Facultativo

JESÚS BLASCO GÓMEZ
Ingeniero Industrial
Col. nº 12.400

Proyecto

00950

PROYECTO RECUPERACIÓN ÁREA DEGRADADA BOTADERO MACÓN SUR

Emplazamiento

Distrito de Yauyos
Perú

Fase

PERFIL

Archivo informático

A01_Botadero Macon.dwg

Escala

(A1) 1/400 (A3) 1/800

0 4 20

NOTA: ORIGINALES EN DIN A1.

Plano

MANEJO LIXIVIADOS LOCALIZACIÓN POZA RELLENO SANITARIO

Fecha

Septiembre - 2015

Versión

03

Nº Plano

MLX02

IDP ingeniería·medio ambiente·arquitectura

902 431 289 www.idp.es

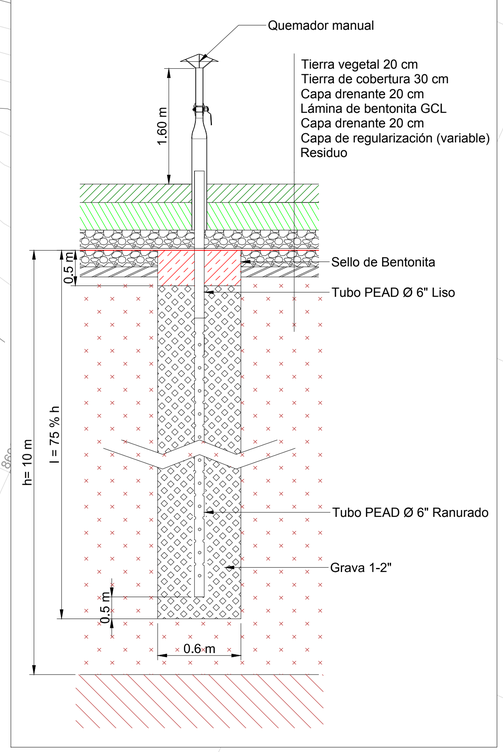
LEYENDA

- LIMITE
- AREA DE BOTADERO
- CURVA PRINCIPAL
- CURVA SECUNDARIA
- CAMINO DE ACCESO
- POZO DE VENTEO MÁXIMO

COORDENADAS POZOS DE VENTEO MÁXIMO			
N	X	Y	Z
Datum WGS 84, zona 18S, modelo Geoidal EGM96			
POZO VENTEO 1	446246.550	8696132.142	3461.070
POZO VENTEO 2	446262.892	8696103.884	3459.41
POZO VENTEO 3	446279.234	8696075.627	3458.160

Cerco perimetral
Portón Acceso
Vial Acceso
Coronación Plataforma
POZO BIOGÁS / LIXIVIADO 1
POZO BIOGÁS / LIXIVIADO 2
POZO BIOGÁS / LIXIVIADO 3
Poza lixiviados
Relleno Sanitario

DETALLE POZO DUAL BIOGÁS - LIXIVIADOS



Notas Generales

a) Este plano es propiedad de IDP **enginyeria i arquitectura**. No puede ser utilizado, ni reproducido total o parcialmente sin la autorización expresa de IDP.
b) Las cotas escritas prevalecen sobre las que se midan en planos.
c) Todas las dimensiones se han de comprobar en la obra.
d) Posibles contradicciones entre documentos de proyecto han de ser comunicadas inmediatamente a la D.F. que determinará su validez o prioridad.
e) Los planos han de ser leidos en conjunto con todos los documentos del proyecto.
f) Las bases informáticas del proyecto son propiedad intelectual de los autores.

Cliente: MINISTERIO MEDIO AMBIENTE PERÚ

Fundación: BID Banco Interamericano de Desarrollo

Facultativo: JESÚS BLASCO GÓMEZ, Ingeniero Industrial, Col. nº 12.400

Proyecto: 00950 PROYECTO RECUPERACIÓN ÁREA DEGRADADA BOTADERO MACÓN SUR

Emplazamiento: Distrito de Yauyos, Perú

Fase: PERFIL

Archivo informático: A01_Botadero Macon.dwg

Escala: (A1) 1/250 (A3) 1/500

0 2 10

NOTA: ORIGINALES EN DIN A1.

Plano: MANEJO LIXIVIADOS UBICACIÓN POZOS

Fecha: Septiembre - 2015

Versión: 03

Nº Plano: MLX01

IDP ingeniería·medio ambiente·arquitectura
902 431 289 www.idp.es

Banco Interamericano de Desarrollo

ingeniería · medio ambiente · arquitectura

Av. Santo Toribio 173. Vía central 125, Torre Real 08,
Piso 16, Oficina 1639. San Isidro, Lima 27, Perú
Tel. +51 1 710 3252 www.idp.com.pe

RECUPERACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS POR RESIDUOS SÓLIDOS "MACÓN SUR", COMUNIDAD CAMPESINA DE TAMBO, DISTRITO DE YAUYOS, PROVINCIA DE JAUJA, DEPARTAMENTO DE JUNÍN.

Documento: ANEXO 4. MEMORIA DE CÁLCULO

Titular: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)

Emplazamiento: Lima, Perú

Referencia: 00950

Fecha 30 de Setiembre de 2016

Índice de Contenidos

1 INTRODUCCIÓN 11
2 OBJETIVOS 11
3 LOCALIZACIÓN DEL BOTADERO 11
4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE DISEÑO 12
5 MORFOLOGÍA DEL BOTADERO 13
5.1 Estado actual 13
5.2 Morfología final del área degradada 16
5.2.1 Configuración de las capas de sellado 16
5.3 Diseño de ingeniería 24
5.3.1 Modelado del terreno, movimiento de tierras 24
5.3.2 Diseño de ingeniería 24
6 CAPA DE SELLADO 25
6.1 Dimensionado de la capa de cobertura 25
6.2 Dimensionado de la capa de drenaje 25
6.2.1 Ecuaciones básicas para capas de drenaje en pendiente 26
6.2.2 Parámetros 29
6.2.3 Resultados 29
6.3 Conductividad de las MGB (GCL) versus arcilla compactada, espesor 0.6 m 29
6.3.1 Descripción 29
6.3.2 Aplicación del método 30
7 GESTIÓN Y MANEJO DEL BIOGÁS 31
7.1 Introducción 31
7.2 Metodología 33
7.3 Parámetros de Cálculo 36
7.3.1 Caracterización de los residuos 36
7.3.2 Geometría del botadero. Volumen de residuos 41
7.4 Resultados 46
7.5 Diseño del sistema de manejo de biogás 48
8 GESTIÓN DE LIXIVIADOS 50
8.1 Introducción 50

8.2 Composición de los lixiviados 51
8.3 Metodología generación de lixiviados 53
8.4 Resultados Generación actual 56
8.5 Resultados Alternativa 1 60
8.5.1 Cálculo de la cantidad de agua que se infiltra a través de la capa de sellado 60
8.5.2 Cálculo de la generación de lixiviados 62
8.6 Resultados Alternativa 2 64
8.6.1 Cálculo de la cantidad de agua que se infiltra a través de la capa de sellado 65
8.6.2 Cálculo de la generación de lixiviados 66
8.7 Dimensionado de la poza de lixiviados 69
9 ESTUDIO DE ESTABILIDAD 69
9.1 Descripción de alternativas 69
9.1.1 Descripción de la capa de clausura Alternativa 1 69
9.1.2 Descripción de la capa de clausura Alternativa 2 70
9.2 Parámetros geotécnicos 70
9.2.1 Residuos 70
9.2.2 Terreno Natural 71
9.2.3 Capa de sellado 71
9.3 Factor de seguridad 74
9.4 Estabilidad global 74
9.4.1 Metodología 74
9.4.2 Parámetros geotécnicos 75
9.4.3 Geometría 75
9.4.4 Análisis de estabilidad 76
9.5 Estabilidad de la capa de sellado 78
9.5.1 Introducción 78
9.5.2 Antecedentes y datos de partida 78
9.5.3 Hipótesis 78
9.5.4 Cálculos realizados 79
9.5.5 Resultados ALTERNATIVA 1 84
9.5.6 Resultados ALTERNATIVA 2 86
10 ESTUDIO HIDROLÓGICO 88

10.1 Antecedentes 88
10.2 Metodología 88
10.2.1 Coeficiente de uniformidad (K) 89
10.2.2 Tiempo de concentración (Tc) 89
10.2.3 Precipitación máxima diaria (Pd) 90
10.2.4 Intensidad de lluvia (I) 90
10.2.5 Coeficiente de escorrentía (C) 91
10.2.6 Zonificación 92
10.3 Resultados 93
10.4 Cálculo Infiltración 96
11 DIMENSIONAMIENTO DE CUNETAS Y TUBO DREN 96
11.1 Metodología 97
11.2 Resultados 100
12 BIBLIOGRAFÍA 105

Índice de tablas

Tabla 1. Factor de Esponjamiento según tipo de material 23

Tabla 2. Proyección generación de RSM 37

Tabla 3. Composición de los residuos sólidos domiciliarios 37

Tabla 4. Composición de los residuos sólidos no domiciliarios 38

Tabla 5. Generación de Residuos Sólidos Municipales según tipología IPCC 39

Tabla 6. Composición de los Residuos Sólidos Municipales 39

Tabla 7. Densidades Promedio de Residuos Sólidos a nivel Internacional 40

Tabla 8. Proyección de la generación de RSM Relleno Sanitario Macón Sur 43

Tabla 9. Volumen de residuos en el botadero “Macón Sur” 43

Tabla 10. Volumen de residuos en el botadero “Macón Sur” (Julio 2017) 44

Tabla 11. Generación - Emisión de Biogás 47

Tabla 12. Caracterización del lixiviado de botadero 51

Tabla 13. Comparación de algunas características típicas de los lixiviados. 53

Tabla 14. Generación mensual de lixiviados (2015 – 2019) 57

Tabla 15. Coeficientes de escorrentía superficial para diferentes superficies, Ce 61

Tabla 16. Cálculo de Escorrentía superficial 61

Tabla 17. Cálculo de los consumos de agua y vapor de agua en el biogás 62

Tabla 18. Producción de lixiviados en el botadero 64

Tabla 19. Coeficientes de escorrentía superficial para diferentes superficies, Ce 65

Tabla 20. Cálculo de Escorrentía superficial 66

Tabla 21. Cálculo de los consumos de agua y vapor de agua en el biogás 66

Tabla 22. Producción de lixiviados en el botadero 68

Tabla 23. Tabla: valores de ángulo de rozamiento entre capas (UNE 104425:2001) 72

Tabla 24. Valores de ángulo de rozamiento habituales 73

Tabla 25. Coeficientes de seguridad para la estabilidad de los rellenos sanitario 74

Tabla 26. Parámetros geotécnicos 75

Tabla 27. Precipitación Máxima en 24 h. Promedio de los Modelos de distribución Gumbel Extremal Type I y Log Pearson Tipo III 90

Tabla 28. Coeficientes de escorrentía para la fórmula racional 91

Tabla 29. Límites de velocidad permitidos 97

Tabla 30. Sección genérica de una cuneta 98

Tabla 31. Caracterización de la red de cunetas 99

Índice de Figuras

Figura 1. Entorno del botadero “Macón Sur” (I) 12

Figura 2. Entorno del botadero “Macón Sur” (II) 12

Figura 3. Plano georreferenciado del botadero 14

Figura 4. Tomografía 2D. Sección 1 Botadero Macón Sur 15

Figura 5. Tomografía 2D. Sección 2 Botadero Macón Sur 15

Figura 6. Reconstrucción 3D de la celda de residuos 16

Figura 7. Entorno de trabajo ISTRAM/ISPOL 18

Figura 8. Levantamiento 3D en el entorno ISTRAM/ISPOL 18

Figura 9. Ejemplo de secciones transversales extraídas del modelado topográfico 19

Figura 10. Entorno de trabajo AutoCAD Civil 3D 21

Figura 11. Entorno de trabajo AutoCAD Civil 3D (II) 21

Figura 12. Entorno de trabajo Rhinoceros 3D 22

Figura 13. Diseño de ingeniería 24

Figura 14. Cálculo hidráulico - drenaje en un revestimiento en pendiente de acuerdo con la segunda aproximación de Boussinesq 27

Figura 15. Fases de producción de LFG. Fuente: Farquhar and Rovers (1973), modificado por Augenstein y Pacey (1991) 32

Figura 16. Levantamiento topográfico botadero Macón Sur 42

Figura 17. Superficie afectada por la extensión de residuo (2015-2017) 45

Figura 18. Superficie final del área afectada 46

Figura 19. Generación – Emisión de Biogás 47

Figura 20. Pozo de venteo pasivo de biogás 49

Figura 21. Localización de los pozos de venteo de biogás 50

Figura 22. Representación esquematizada de la metodología de Tchobanoglous 55

Figura 23. Generación diaria de lixiviados (2015 – 2019) 59

Figura 24. Sección Crítica – Cálculo de estabilidad Slide 6.0 76

Figura 25. Resultados Simulación Modelo Jambu Corrected 76

Figura 26. Resultados Simulación Modelo Spencer 77

Figura 27. Resultados Simulación Modelo Morgenstern-Price 77

Figura 28. Equilibrio en talud paralelo indefinido 80

Figura 29. Equilibrio en talud paralelo definido 82

Figura 30. Zonificación sub cuencas 92

1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se presentan las Memorias de Cálculo empleadas para el diseño de la clausura y recuperación ambiental del botadero “Macón Sur”. Dicho proyecto se enmarca dentro del Programa de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos en las ciudades de Andahuaylas, Bagua, Huamanga, Oxapampa, Chancay, Pozuzo, San Juan Bautista, Yauyos, Abancay, Aymaraes, Huaura, Tarma y Chincha, desarrollado por el MINAN con financiación del BID.

2 OBJETIVOS

Los objetivos del presente documento son describir la metodología y reportar los resultados de los cálculos desarrollados para diseñar las medidas y obras de clausura del botadero “Macón Sur”

- Morfología del botadero
- Diseño de la capa de clausura
- Gestión y manejo de biogás
- Gestión de lixiviados
- Estudio de estabilidad
- Estudio Hidrológico
- Dimensionamiento de Cunetas y Tubo Dren

3 LOCALIZACIÓN DEL BOTADERO

El área de estudio está constituida por la zona denominada Macón Sur, utilizada como botadero y los espacios colindantes afectados por los impactos de la inadecuada disposición final de residuos sólidos.

El lugar de disposición final conocido como Macón Sur se encuentra ubicado dentro del terreno del “Complejo denominado Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos en el paraje de Macón”.

El botadero está a 2 km de la plaza principal de la municipalidad de Yauyos, y a 1.5 km de la última zona poblada conocido como el Barrio Primavera.

El terreno del área del proyecto, cuenta con certificado de posesión a favor de la Municipalidad Distrital de Yauyos emitida por la Subgerencia de Obras Publicas y Desarrollo Urbano de la misma Municipalidad Distrital de Yauyos, se adjunta en el Anexo correspondiente copia del citado certificado.

Figura 1. Entorno del botadero “Macón Sur” (I)

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 2. Entorno del botadero “Macón Sur” (II)

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE DISEÑO

El sellado y restauración de botaderos consiste en la disposición de una combinación de capas que minimizan la exposición de la masa de vertido a los agentes atmosféricos, evitando de este modo la

emisión incontrolada de gases y la producción de lixiviados, al tiempo que se proporciona una superficie apta para la revegetación del emplazamiento, integrándolo paisajísticamente en su entorno.

La clausura y restauración del área degradada por residuos sólidos Macón Sur ha sido diseñado bajo los siguientes principios básicos que conduzcan a cumplir con los objetivos descritos anteriormente:

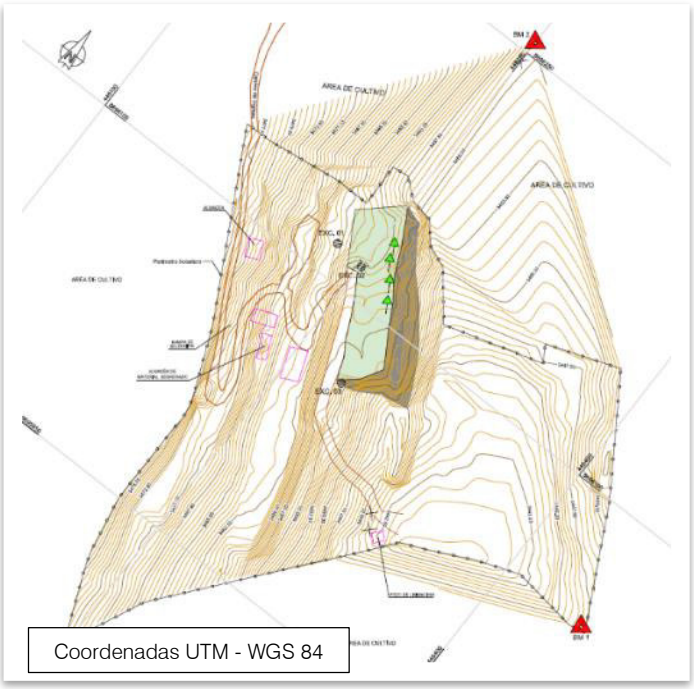
- El diseño y geometría final del botadero contará con una geometría que permita una estabilidad geotécnica en su etapa de clausura y post clausura, con riesgo mínimo de inestabilidad del terreno o deslizamiento de los residuos.
- El diseño de la clausura del botadero contará con una capa de sellado que garantice la impermeabilización de la masa de residuos, minimizando de esta forma el contacto con el residuo del agua de lluvia infiltrada en la capa de cobertura.
- El botadero contará con un sistema de drenaje de lixiviados de tal forma que se evite su acumulación y se minimice la filtración hacia el subsuelo. Igualmente, se dispondrán pozos de captación de lixiviados para poder extraer aquel lixiviado acumulado en zonas donde el drenaje no ejerza influencia.
- El botadero contará con un sistema de evacuación de gases para evitar que estos se acumulen en la masa del relleno.

5 MORFOLOGÍA DEL BOTADERO

5.1 Estado actual

En la figura a continuación se presentan las características topográficas del predio del proyecto. Según el documento de Certificado de Posesión del terreno se dispone de una superficie total de 47,338.63 m^2 y un perímetro de 1,209.01 ml.

Figura 3. Plano georreferenciado del botadero



Fuente: Memoria descriptiva del levantamiento topográfico y establecimiento de 02 puntos de control geodésicos botadero Macón Sur. Yauyos. 2015

El botadero se construyó como un lugar de disposición final de actividad controlada, pero sin el cumplimiento técnico para ser considerado relleno sanitario ni las formalidades legales establecidas en la Ley 27314 y su Reglamento.

El complejo donde se encuentra localizado el botadero contempla una puerta de acceso, el cual se encuentra delimitado por un cerco perimetral, también existe una caseta de control para limitar el acceso a personal no autorizado y llevar un control de entradas y salidas.

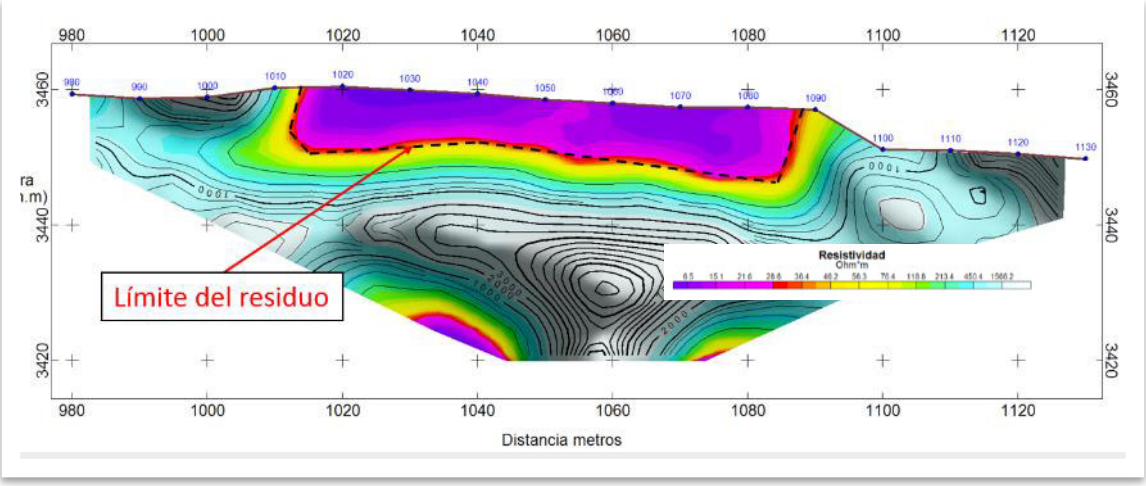
En la actualidad según el levantamiento topográfico realizado se determina que la superficie del botadero es de 3,151.00 m^2 (medición tomada en planta y sin tener en cuenta taludes etc). El área del área degradada por los residuos, delimitada por el futuro cerco perimetral será de 5,769 m^2 (medición tomada en planta y sin tener en cuenta taludes etc).

Volumen actual de residuos

La interpretación de la morfología actual del residuo se ha realizado a partir de las curvas de nivel y las secciones 2D de tomografía eléctrica realizadas en el botadero.

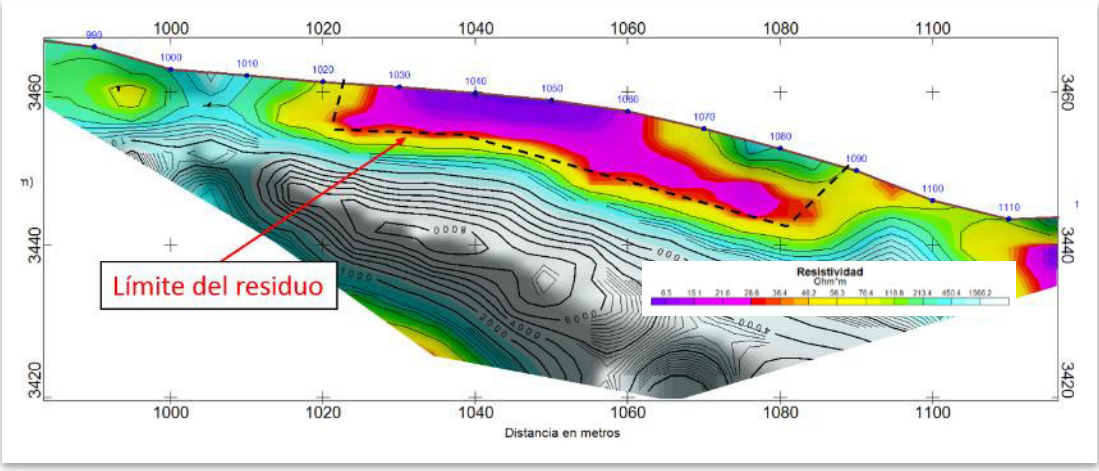
Las imágenes a continuación muestran el proceso seguido hasta obtener la volumetría final de los residuos. El volumen total de residuo es de 18,096 m^3.

Figura 4. Tomografía 2D. Sección 1 Botadero Macón Sur



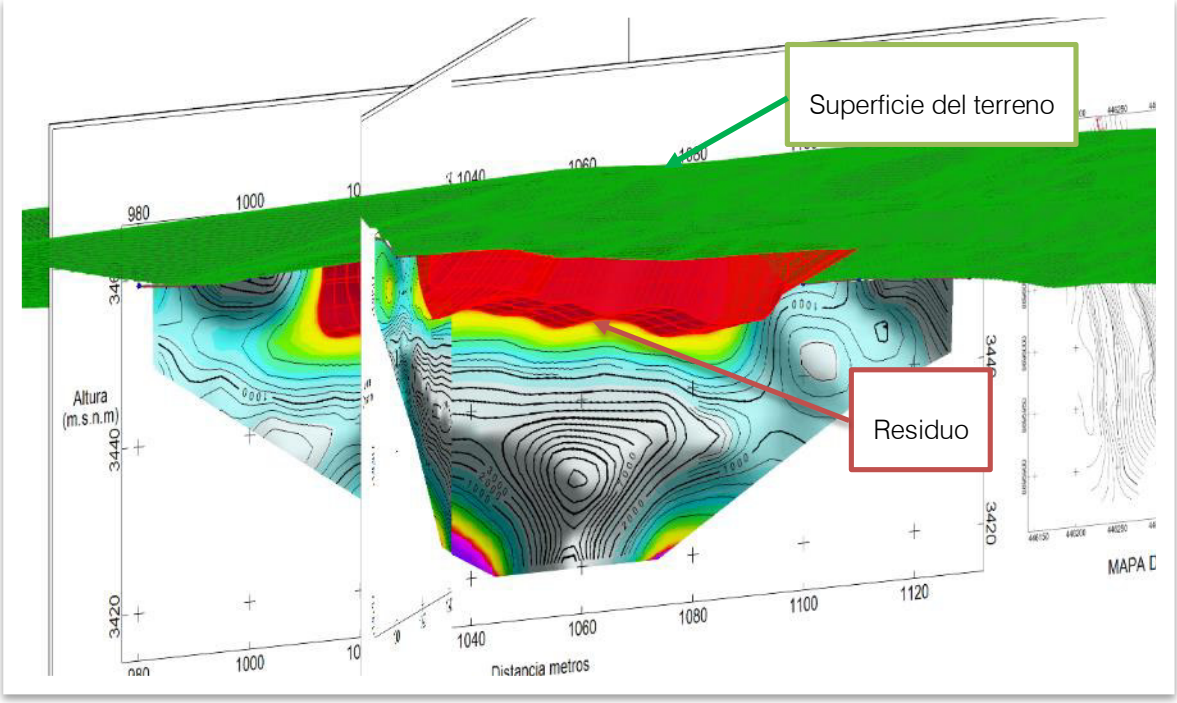
Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 5. Tomografía 2D. Sección 2 Botadero Macón Sur



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 6. Reconstrucción 3D de la celda de residuos



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

5.2 Morfología final del área degradada

La morfología final del botadero una vez clausurado viene determina, en primer lugar, por la morfología final del residuo al final de la fase de operación y previa a la clausura. Además de por la morfología final de los residuos, la morfología final del botadero viene determinada por:

- La configuración de las capas de sellado.
- La remodelación geomorfológica de la masa de residuo para la estabilización y regularización de la superficie.

5.2.1 Configuración de las capas de sellado

La tipología y espesores de las capas de sellado van a influenciar la morfología final del conjunto del botadero Macón Sur. El diseño planteado supone un incremento del espesor mínimo de 0.9 metros, debido a la capa de clausura. A modo introductorio, las capas que componen la clausura son las siguientes (orden descendente):

- Cubierta de tierra vegetal de 20 cm de espesor.
- Cubierta de suelo tolerable de 30 cm de espesor.

- Capa drenante, para el drenaje de agua lluvia infiltrada. Capa drenante continua de un grosor mínimo de 20 cm constituida arenas o gravas con una permeabilidad superior o igual a 10^{-3} m/s.
- Capa de impermeabilización a base de geocompuesto de bentonita GCL con un coeficiente de permeabilidad inferior o igual a 10^{-9} m/s.
- Capa de regularización de espesor variable. La capa de regulación de espesor variable tiene el objetivo de proporcionar a la capa de clausura una pendiente mínima del 5%, la cual garantice la correcta evacuación del agua infiltrada y almacenada sobre la capa de sellado.
- Residuos.

Metodología de trabajo

El equipo redactor del Proyecto cuenta con un conjunto de medios informáticos de los cuales destacan los Programas "ISTRAM / ISPOL" y "Autocad Civil 3D". La combinación de ellos permite la modelización y tratamiento del terreno, desarrollo de todo el proceso de trazado y presentación de resultados.

La metodología empleada para el diseño de la clausura y cálculo detallado de los metrados se describe a continuación.

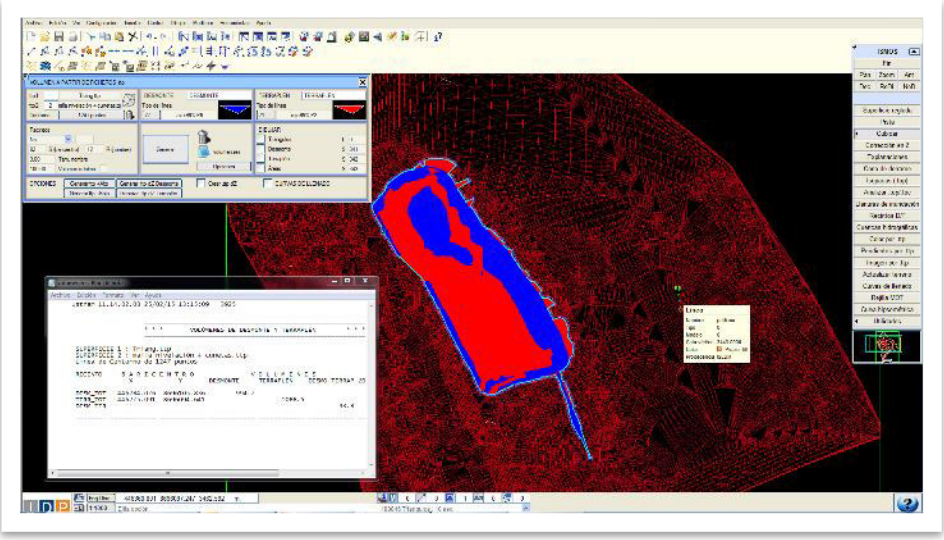
1. Modelado en ISTRAM ISPOL de la morfología final del botadero a partir de las curvas de nivel y los límites del predio y el residuo obtenidos del levantamiento topográfico. Cálculo de metrados de los movimientos de tierras y residuos.

A continuación se realiza una breve descripción de las características del Programa ISTRAM / ISPOL

ISTRAM/ISPOL Es un conjunto integrado de aplicaciones específicamente desarrollado para ser utilizado como herramienta fundamental en la ejecución de los proyectos y estudio que requieran una manipulación intensa de cartografía además de complejos cálculos geométricos interactuantes con el terreno. Los ámbitos en que ISTRAM / ISPOL proporciona la más alta productividad son:

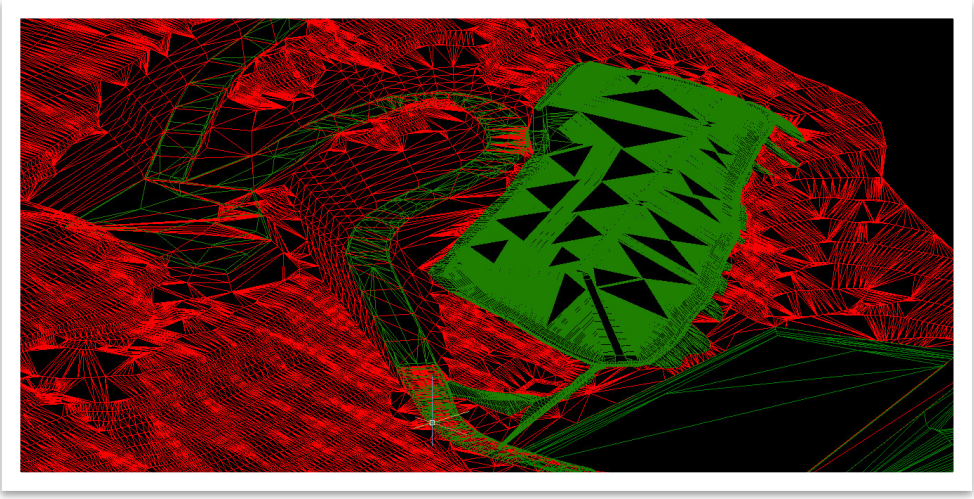
- El trazado de obras lineales (carreteras, ferrocarriles, canales, tuberías,…)
- El diseño de minas a cielo abierto y canteras.
- El control y seguimiento de la ejecución de las obras lineales.
- El diseño de vertederos y escombreras.
- El control y seguimiento del desarrollo de operaciones generalizadas de movimiento de tierras.
- La edición y gestión de bases de datos cartográficas 3D.
- La modelización y gestión simultánea de múltiples superficies alabeadas.
- El cálculo de superficies y volúmenes complejos.

Figura 7. Entorno de trabajo ISTRAM/ISPOL



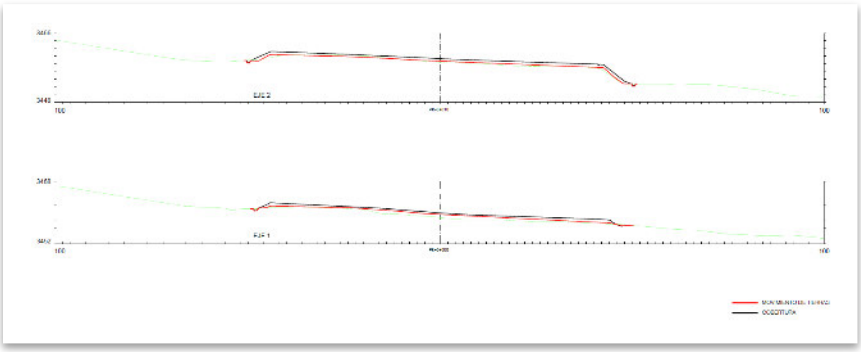
Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 8. Levantamiento 3D en el entorno ISTRAM/ISPOL



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 9. Ejemplo de secciones transversales extraídas del modelado topográfico



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

El programa consta de varios módulos:

- Módulo Básico: Carga, edición y gestión de Cartografía 3D. Incorpora: la interfase del usuario, el gestor de aplicaciones externas, el generador de isolíneas, los conversores de E/S de datos cartográficos externos, los editores de cartografía digital 3D y de construcciones geométricas, el calculador de libreta topográfica, el gestor de bases de datos cartográficas, y es el soporte para el resto de los módulos.

  Se ocupa de la carga y depuración de datos cartográficos así como de la edición de planos y mapas. Incorpora un gestor de bases de datos cartográficas y varios generadores de modelos digitales del terreno, además de un constructor geométrico también 3D.

- Proyecto y Trazado de Obras Lineales. Dispone de todas las funciones necesarias para el proyecto interactivo de toda obra lineal: definición del eje en planta y alzado sobre cualesquiera modelos digitales del terreno, tratamiento general y específico de todas las singularidades de la sección transversal, cálculo de las volumetrías de todas las tierras removidas, generación automática y asistida de todos los planos de proyecto.

  Considera de modo integrado e interactivo, todas las fases del diseño: diseño de ejes en planta y alzado, definición de secciones transversales, cálculos geométricos y cubicaciones, listados de mediciones y replanteo, así como planos de proyecto para puesta en obra y seguimiento de la construcción.

- Modelado de Superficies. Este módulo contiene las funciones precisas para la gestión simultánea de un gran número de superficies sin vinculación geométrica entre ellas, así como la generación de éstas por medio de variadas operaciones geométricas 3D. Ideal para el Proyecto interactivo y

Seguimiento de Operaciones de Movimiento de Tierras, incluidas la geometría, volumetrías y planos. Complemento indispensable en el Proyecto de Obras Lineales.
Módulo para la generación de superficies cualesquiera y la gestión de múltiples superficies simultáneas aplicada al diseño y evaluación de los movimientos de tierras.

- Generación de modelos de realidad virtual. Por medio de éste módulo, el usuario puede generar perspectivas fotorrealistas de conjunto de las obras proyectadas y del terreno, seleccionando las propiedades visuales de cada superficie representada y de los focos de luz. También puede realizar hibridaciones de modelos de proyecto con imágenes del natural. Tratamiento de los modelos 3D y texturas. Generación de modelos VRML para visualización remota de proyectos.
  El módulo de Foto realismo es la parte de ISPOL destinada a la visualización de modelos sólidos tridimensionales para obtener una imagen del resultado final del proyecto.

- Gestión de Información Territorial. Incorpora un gestor propio de bases de datos. Incluye también el generador, el editor y el gestor de topologías de redes y recintos, además de útiles funciones de análisis y medida, digitalizadores y conversores específicos para gestión catastral y otros entornos. Este módulo se encarga de la construcción de la topología de recintos y de redes dentro de una cobertura cartográfica dada y de su asociación con bases de datos alfanuméricas.

2. Diseño y modelado en AutoCAD Civil 3D y en Rhinoceros 3D de las infraestructuras necesarias para la gestión de pluviales, biogás y lixiviados. Cálculo de metrados.

A continuación se realiza una breve descripción de las características del Programa AutoCAD Civil 3D.

AutoDesk CIVIL 3D Desktop una aplicación que ofrece a los Diseñadores, Planificadores, Ingenieros, Topógrafos y Dibujantes, poderosas funcionalidades como el COGO para la creación y administración de puntos topográficos, a creación de mapas, modelamiento de terrenos para cálculo de volúmenes y creación de curvas de nivel, alineamientos para diseño de vías y terrenos.

Está construido teniendo como software base el AutoCAD y el AutoDesk MAP, lo cual proporciona una interfase y administración centralizada de datos para crear un ambiente que promueve el diseño y análisis de datos de manera más rápida y fiable.

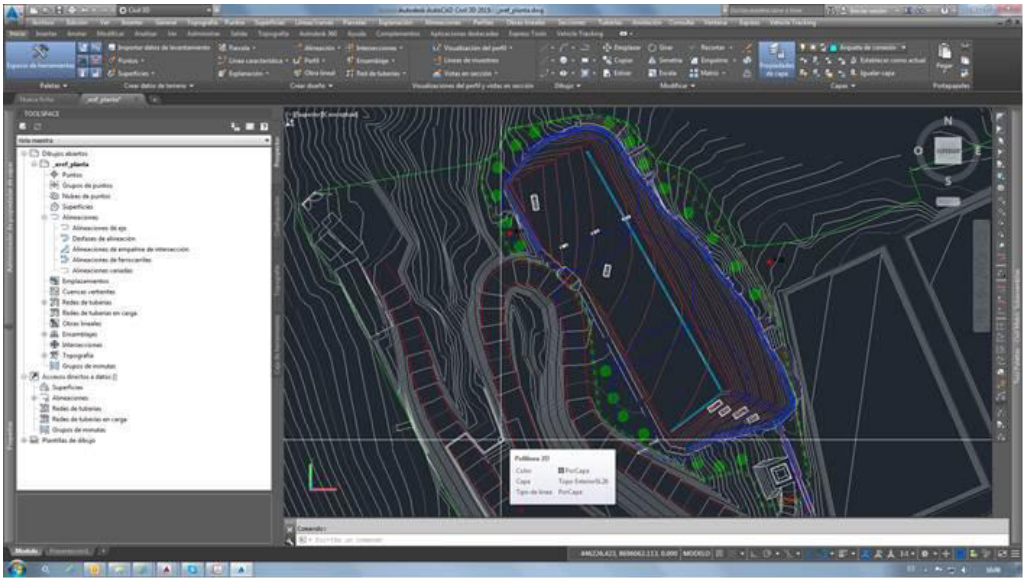
AutoDesk CIVIL 3D Desktop es el eje de la solución de la Ingeniería Civil, la Topografía y el Diseño basado en AutoCAD que permite ahorrar tiempo y dinero a través de la creación de planos de producción con amplia interoperatibilidad de datos y nueva administración de hojas de planos.

AutoDesk CIVIL 3D Desktop amplia AutoCAD al ofrecer creación, análisis y dibujo de puntos; modelado de terrenos, parcelas y alineamientos de carreteras, que pueden usarse directamente en los procesos de Diseño Civil y de creación de Mapas Topográficos.

Las herramientas integradas de AutoDesk CIVIL 3D Desktop extiende las funcionalidades de AutoDesk MAP 3D y AutoCAD con características mejoradas de desarrollo de terrenos. Las herramientas ayudan a crear y a etiquetar puntos COGO definir y editar parcelas y alineamientos de carreteras, automatizar procedimientos de dibujo, crear modelos de ternos y calcular volúmenes.

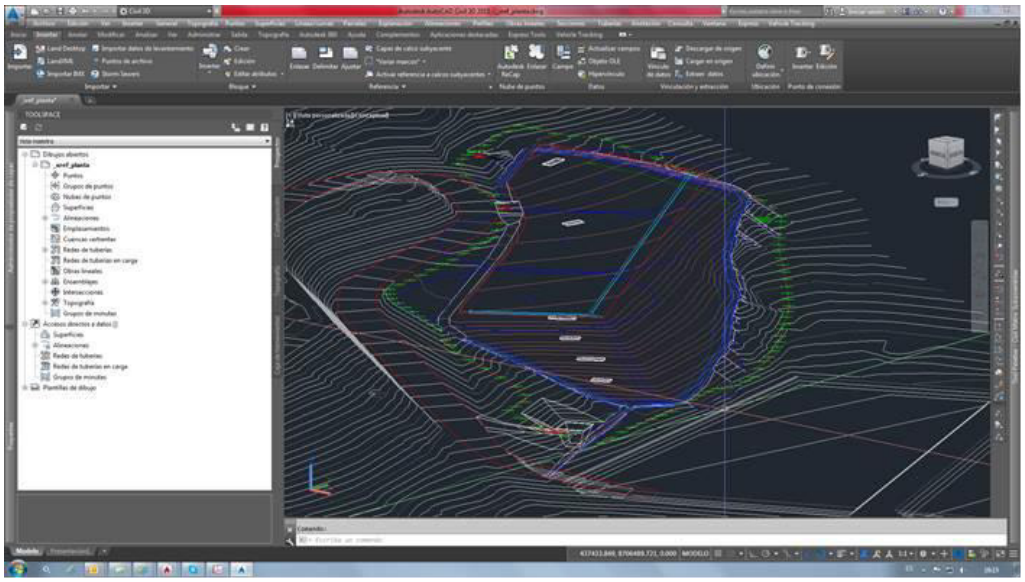
AutoDesk CIVIL 3D Desktop, reduce el riesgo de pérdida de datos y ahorra tiempo al integrar las funciones de Dibujo, Topografía, Planeación e Ingeniería.

Figura 10. Entorno de trabajo AutoCAD Civil 3D



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

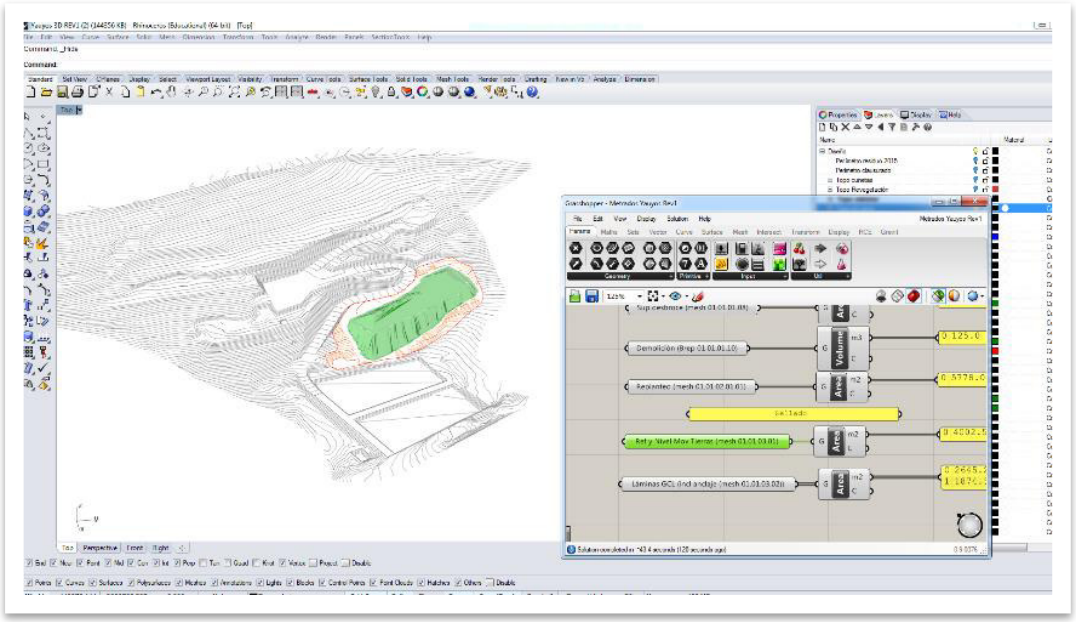
Figura 11. Entorno de trabajo AutoCAD Civil 3D (II)



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Las características funcionales de Autodesk Civil 3D para el diseño y modelado se ven complementadas con el software Rhinoceros 3D, especialmente en lo que se refiere al reporte de metrados distintos a movimientos de tierras, como por ejemplo las superficies destinadas a revegetación

Figura 12. Entorno de trabajo Rhinoceros 3D



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

3. Generación de planos en Autocad Civil 3D.

Los resultados de los metrados son recogidos en un documento que de sustento al documento Excel de cálculo del documento del proyecto. Los metrados se muestran en cuatro posibles unidades según el tipo de partida (ud, m, m^2 o m^3).

Los movimiento de tierras se llevan a cabo fundamentalmente mediante acciones mecánicas sobre los terrenos. Estas acciones originan un cambio de volumen aparente en los materiales. Dicho cambio de volumen se ha de tener en cuenta a efectos de cálculo de presupuestos. En el caso de los metrados de movimientos de tierras obtenidos a través de la metodología descrita, los resultados han sido medido a nivel perfil, por lo que dicho cambio de volumen no se tiene en consideración.

En el Excel de proyecto, se ha aplicado un factor de esponjamiento (Fw) a cada una de las partidas según el tipo de material[1,2].

[1] Cherné Tarilonte, J. y González Aguilar, A. Movimiento de Tierras. 2010. Construcciones industriales. 5º ing. Industrial
[2] Díaz del Río, Manuel. Maquinaria de Construcción 2001. Ed. McGrawHill.

$$F_w = \frac{Volumen\ en\ Banco}{Volumen\ Suelto}$$

Tabla 1. Factor de Esponjamiento según tipo de material

Material	dL (t/m3)	dB (t/m3)	Sw (%)	Fw
Caliza	1.54	2.61	70	0.59
Arcilla	1.66	2.02	22	0.83
	1.48	1.84	25	0.81
	1.66	2.08	25	0.8
Arcilla y grava	1.42	1.66	17	0.86
	1.54	1.84	20	0.84
Roca Alterada	1.96	2.79	43	0.7
	1.72	2.28	33	0.75
	1.57	1.06	25	0.8
Tierra	1.51	1.9	25	0.8
	1.6	2.02	26	0.79
	1.25	1.54	23	0.81
Granito Fragmentado	1.66	2.73	64	0.61
Grava	1.93	2.17	13	0.89
	1.51	1.69	13	0.89
	2.02	2.26	13	0.89
Arena y Arcilla	1.6	2.02	26	0.79
Yeso Fragmentado	1.81	3.17	75	0.57
Arenisca	1.51	2.52	67	0.6
Arena	1.42	1.6	13	0.89
	1.69	1.9	13	0.89
	1.84	2.08	13	0.89
Tierra y Grava	1.72	1.93	13	0.89
	2.02	2.23	10	0.91
Tierra Vegetal	0.95	1.37	44	0.69
Basaltos o Diabasas Fragmentadas	1.75	2.61	49	0.67
Nieve	0.13	---	---	
	0.52	---	---	---

dL: Densidad suelta; dB: Densidad Banco; Sw Porcentaje de esponjamiento; Fw: Factor de esponjamiento

Fuente: Cherné Tarilonte, J. y Gonzáliz Aguilar, A.Movimiento de Tierras. 2010. Construcciónes incdustriales. 5º ing. Industrial

5.3 Diseño de ingeniería

5.3.1 Modelado del terreno, movimiento de tierras.

En la imagen a continuación se muestran los resultados obtenidos del modelado del terreno del botadero.

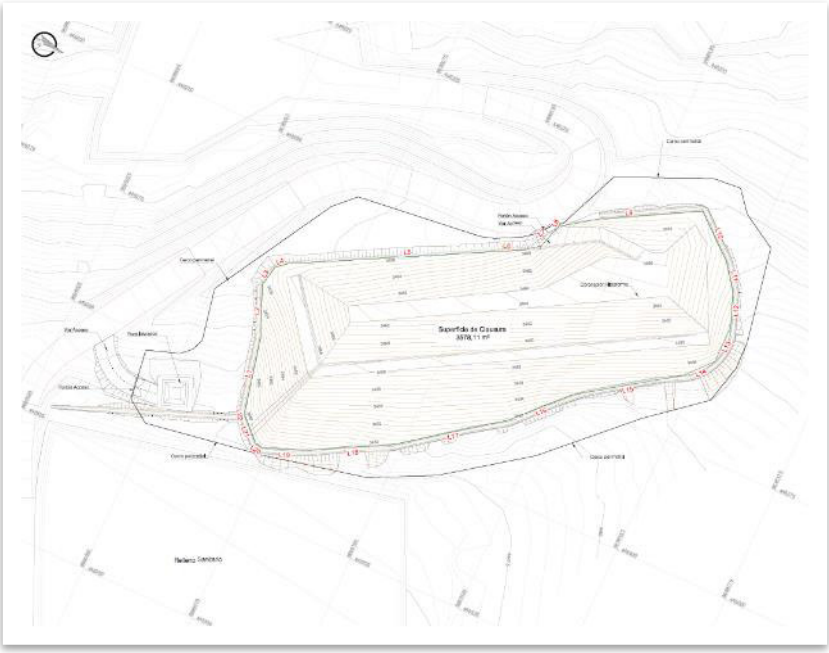
De acuerdo al modelado de la superficie del botadero, la configuración final del botadero comprende los siguientes movimientos de tierras:

- Desmonte de terreno: 778.34 m^3
- Terraplenado y regularización del terreno: 286 m^3

5.3.2 Diseño de ingeniería

En la figura a continuación se presenta la distribución general de las obras e infraestructura que conforman la clausura y restauración ambiental del sitio de proyecto, donde se proyecta la construcción de viales de acceso, cerco perimetral, un sistema de gestión de aguas pluviales (cunetas triangulares y trapezoidales), pozos de venteo de biogás, un sistema de recolección de lixiviados y un poza de almacenamiento. También se muestra el proyecto de integración paisajística mediante cerco vivo y plantación de especies autóctonas.

Figura 13. Diseño de ingeniería



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

6 CAPA DE SELLADO

6.1 Dimensionado de la capa de cobertura

El diseño de la capa de sellado del botadero Macón Sur incluye la construcción de capa de tierras de 50 cm formada po una cubierta de tierra vegetal de 20 cm de espesor y una capa de suelo tolerable de 30 cm de espesor.

Un grosor de 50 cm se considera suficiente para garantizar la no desecación por la influencia de la metereologiá de las capas inferiores de sellado (arcilla o lámina de bentonita)[3].

6.2 Dimensionado de la capa de drenaje

El fin de la capa de drenaje sobre la capa de sellado es la evacuación de las aguas infiltradas en la capa de cobertura, la cual no ha se ha eliminado por escorrentía ni por evapotranspiración. Con el fin de garantizar la estabilidad de las capas construidas por encima de la capa de impermeabilización es necesario que la capa de drenaje de arena permanezca insaturada, principalmente en los taludes.

El diseño hidráulico de los sistemas de desagüe de los sistemas de revestimiento de la capa de cobertura requiere la determinación de los siguientes elementos:

- Conductividad hidráulica del material de la capa de drenaje
- Espesor de la capa de drenaje
- Pendiente de la capa de drenaje
- Longitud de drenaje

El criterio utilizado para el diseño de los sistemas de drenaje es el espesor saturado por encima del revestimiento, debido a que la eficiencia de todo el sistema de revestimiento se determina directamente por la presión hidráulica sobre él.

Por norma general, el flujo de agua en una capa de drenaje se puede describir como el flujo de fluidos en medios porosos, puesto que el material empleado en esta capa puede ser tanto arenas o gravas de alta conductividad hidráulica (10^{-3} a 10^{-5} m/s).

Para realizar los cálculos hidráulicos de flujo de agua en una capa de drenaje en pendiente normalmente se emplea la metodología propuesta por Hans-Günter Ramke en 2008[4], una metodología para el

[3] Vaquero Díaz, Iván. "Manual de diseño y construcción de vertedero de residuos sólidos urbanos". U.D. Proyectos. E.T.S.I. Minas UPM. Madrid, 2004.

[4] Ramke, H.-G., 2008: Leachate Collection Systems in: Witt, K. J.; Ramke, H.-G.; Telekes, G., Imre, E., 2008: 1st Middle European Conference on Landfill Technology International Conference, organised by the Technical Committee on Geotechnics of Landfills in the DGGT and the Hungarian National Committee of the SSMGE, Budapest, February 6- 8, 2008

dimensionado hidráulico de sistemas de drenaje en rellenos sanitarios. Según Ramke, se puede asumir una dimensión espacial para el cálculo hidráulico, aplicando los siguientes supuestos:

- El flujo de agua no está confinado, asumiendo la capa de drenaje como un acuífero freático
- El espesor de la capa saturada es pequeño en comparación con la longitud de la capa (Supuesto Dupuit)
- Las propiedades del material de drenaje son homogéneas
- Los ratios de pérdidas son uniformes
- El flujo paralelo.

Para la derivación de la ecuación básica que describe el flujo en los suelos por encima de una capa inferior impermeable en pendiente pueden ocurrir dos supuesto:

- Las líneas de corriente son paralelos a la pendiente (primera aproximación de Boussinesq o suposición extendida Dupuit-Forchheimer)
- Las líneas de corriente son horizontales (segunda aproximación de Boussinesq o supuesto Dupuit-Forchheimer).

En sus experimentos, Ramke compara las curvas de espesor saturado para diferentes inclinaciones, concluyendo que por debajo del 10 % de inclinación, las diferencias entre ambos supuestos son despreciables. Por encima del 10 % estas diferencias siguen siendo muy pequeñas (en torno a 1 cm mayor para pendientes del 33 % en el supuesto), por lo que ambos supuestos son aplicables en nuestro caso.

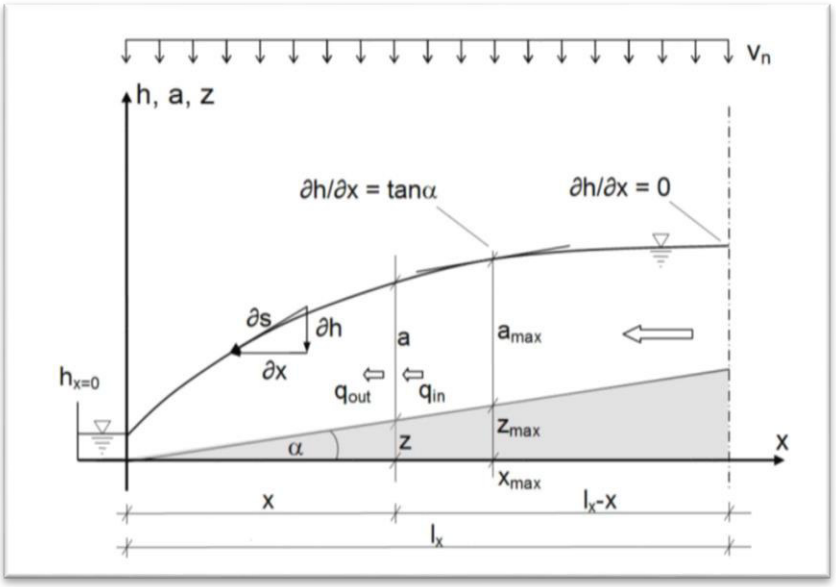
6.2.1 Ecuaciones básicas para capas de drenaje en pendiente

Para el cálculo hidráulico se ha empleado el supuesto de que las líneas de corriente son horizontales. Los supuestos de flujo paralelo en un medio homogéneo dará lugar a ecuaciones diferenciales unidimensionales, que deben ser resueltos para las condiciones de contorno específicas.

La

Figura 14 muestra el esquema de definición para la ecuación básica en la base de la segunda aproximación de Boussinesq. Las líneas de flujo son horizontales y las líneas equipotenciales son verticales.

Figura 14. Cálculo hidráulico - drenaje en un revestimiento en pendiente de acuerdo con la segunda aproximación de Boussinesq



Fuente: Ramke, 2008.

La entrada en el área de drenaje sobre el borde derecho es igual a cero. Para el límite de la izquierda, se una carga hidráulica predefinida igual al nivel de agua del perimetral.

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{v_n}{k} \cdot \frac{(l_x - x)}{h - x \cdot \tan \alpha}$$

Donde

h = Potencial hidráulico, altura piezométrica [m]

a = espesor saturado por encima del forro [m]

z = cabeza elevación sobre el plano de referencia [m]

x = eje horizontal [m]

i = gradiente hidráulico [-]

l_x = longitud de drenaje horizontal [m]

v_n = tasa de fuga, (lluvia) tasa de percolación [m / s]

k = conductividad hidráulica [m / s]

q_{in} = flujo de entrada en una sección transversal [m3 / (m · s)]

q_{out} = flujo de salida de una sección transversal [m3 / (m · s)]

α = ángulo de inclinación [°]

Para resolver la ecuación planteada anteriormente, Ramke propone el método Runge-Kutta[5] para obtener una aproximación válida.

La especificación del método de Runge-Kutta es como sigue:

$$h(x_0 + \Delta x)) = h(x_0) + \frac{1}{6} \cdot (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$k_1 = \Delta x \cdot f(x_0, h_0)$$

$$k_2 = \Delta x \cdot f\left(x_0 + {}^{\Delta x}/_{2}, h_0 + {}^{k_1}/_{2}\right)$$

$$k_3 = \Delta x \cdot f\left(x_0 + {}^{\Delta x}/_{2}, h_0 + {}^{k_2}/_{2}\right)$$

$$k_4 = \Delta x \cdot f(x_0 + \Delta x, h_0 + k_3)$$

Donde,

- h (x_0) = valor de la función en x_0
- h (x_0 +Δx) = nuevo valor de la función en "x_0 + Δx"
- Δx = incremento en la dirección x
- k1,2,3,4 = valores provisionales

Cuando la infiltración es baja en comparación con la conductividad hidráulica, como es el caso de la capa de clausura del botadero, se recomienda un incremento de 1 cm en x para la simulación del

[5] Ramke, H.-G., 1991: Hydraulic Assessment and Calculation of Leachate Collection Systems of Sanitary Landfills - Water Balances, Hydraulic Characteristics and Methods of Calculation - Ph.D. thesis (Hydraulische Beurteilung und Dimensionierung der Basisentwässerung von Deponien fester Siedlungsabfälle - Wasserhaushalt, hydraulische Kennwerte, Berechnungsverfahren – Dissertation), Mitteilungen aus dem Leichtweiss-Institut für Wasserbau, Heft 114 Technische Universität Braunschweig

método Runge-Kutta. Igualmente, también se recomienda para las capas de drenaje de conductividad alta un valor inicial de altura de agua de 1cm.

6.2.2 Parámetros

Los parámetros reportados a continuación están referidos a la situación mas desfavorable, en el talud de mayor inclinación.

h0 = Altura piezométrica en el tubo de drenaje = 0.15 m

Pendiente = 23 ^{o}

l_x = longitud de drenaje horizontal = 18 m

v_n = tasa de tasa de percolación = 1.13 x 10^{-8} m/s (correspondiente a una infiltración de 29.8 mm /mes)

k = conductividad hidráulica = 1x10^{-5} m/s

6.2.3 Resultados

De la metodología descrita anteriormente se obtiene que para garantizar la evacuación efectiva del agua infiltrada y evitar la saturación de la capa de drenaje, el espesor mínimo de dicha capa será de 0.15 m.

El diseño de la capa de evacuación de pluviales propuesta, de 0.20 metros, cumple las necesidades de evacuación indicadas.

6.3 Conductividad de las MGB (GCL) versus arcilla compactada, espesor 0.6 m

6.3.1 Descripción

Para realizar una comparativa de la eficiencia a nivel de permeabilidad entre las Mantas Geosintéticas de Bentonita (MGB o GCL según sus siglas en inglés (Geosinthetic Clay Liner)) nos basamos en la ley de Darcy, la cual se aplica para evaluar el movimiento de fluidos en suelos. En este sentido Koerner y Daniel (1995) proponen un método para la evaluación de la equivalencia técnica de la MGB (manta geosintética de bentonita) o (GCL), versus una capa de arcilla compactada o (CCL).

Para poder comparar ambas soluciones, hay que establecer las mismas condiciones de columna de agua sobre la capa a evaluar, en este caso se ha tomado 0.3 m, correspondiente a una columna de agua normal en vertedero según Daniel (1995).

En términos de flujos constantes de agua (J), la ley de Darcy se expresa en la ecuación:

$$J = k \cdot i = k \cdot \frac{\Delta H}{l}$$

Donde:

- J (m3/m2/s) es el flujo constante
- k (m/s) es el coeficiente de permeabilidad
- i = ΔH/l

Si tenemos en cuenta una capa de la MGB (GCL) y una de arcilla compactada (CCL) podemos escribir la ley de Darcy como sigue:

$$J_{GCL} = k_{GCL} \cdot i_{GCL} = k_{GCL} \cdot \frac{H + T_{GCL}}{T_{GCL}}$$

$$J_{CCL} = k_{CCL} \cdot i_{CCL} = k_{CCL} \cdot \frac{H + T_{CCL}}{T_{CCL}}$$

Donde:

- H (m) es la columna de agua
- T_{GCL} (m) es el espesor de la MGB húmeda y expandida (GCL)
- T_{CCL} (m) es el espesor de la capa de la arcilla (CCL)

La equivalencia de la MGB (GCL) con una capa correspondiente de arcilla (CCL) se expresa en la condición siguiente:

$$J_{GCL} \leq J_{CCL}$$

El requerido coeficiente de permeabilidad de una MBG (GCL), equivalente a una capa de arcilla (CCL) es:

$$k_{GCL\,requerido} \leq k_{CCL} \cdot \frac{H + T_{CCL}}{T_{CCL}} \cdot \frac{T_{GCL}}{H + T_{GCL}}$$

6.3.2 Aplicación del método

Hipótesis:

- $k_{CCL} = 1x10^{-9}$ m/s
- H = 0.30 m columna de agua normal en vertederos (Daniel 1995)

- T_{CCL} = 0.6 m
- T_{GCL} = 0.008 m (espesor de manta de bentonita, tipo agujeteada, plenamente hidratada)

$$k_{GCL\ requerido} \leq 10^{-9}\ x\ \frac{0.3+0.6}{0.6}\ x\ \frac{0.008}{0.3+0.008} = 3.9\ x\ 10^{-11}\ m/s$$

De acuerdo a los resultados de la ecuación anterior, una MGB (GCL) con un k < 1x10^{-11} m/s puede sustituir una capa de arcilla (CCL), con un espesor de 0.6 m.

Para evaluar completamente la posibilidad de sustituir plenamente una capa de arcilla usando una manta geosintética de bentonita MGB (GCL) es necesario considerar además el tiempo de filtración. El tiempo de filtración correcto, resulta de la fórmula de la determinación del flujo, como a continuación se indica. (No vale la formula simplificada t = T/k usada por Daniel u otros.)

$$J = \frac{Q}{A} = \frac{V}{A \cdot t} = k \cdot i = k \cdot \frac{\Delta H}{l}$$

Resultando un tiempo de filtración

$$t_{filtración} = \frac{V}{A \cdot k \cdot i} = \frac{V}{A \cdot J} = \frac{V}{A \cdot k \cdot \frac{H+T}{T}}$$

Hipótesis:

- k_{CCL} = 1x10^{-9} m/s
- T_{CCL} = 0.6 m
- H = 0.30 m columna de agua normal en vertederos (Daniel 1995)
- K_{GCL} = 1x10^{-11} m/s
- T_{GCL} = 0.008 m (espesor de manta de bentonita, tipo agujeteada, plenamente hidratada)

El tiempo de infiltración es referido a la unidad de la cantidad de agua que fluye (V = 1 m3), en referencia con la superficie que atraviesa (A = 1 m2) como sigue:

$$t_{filtración\ CCL} = \frac{V}{A \cdot k \cdot \frac{H+T}{T}} = \frac{T_{CCL}}{k_{CCL} \cdot (H+T_{CCL})} = \frac{0.6}{10^{-9}x(0.3+0.6)}x\frac{1}{3{,}600x24x365} = 21.14\ años$$

$$t_{filtración\ GCL} = \frac{V}{A \cdot k \cdot \frac{H+T}{T}} = \frac{T_{GCL}}{k_{GCL} \cdot (H+T_{GCL})} = \frac{0.008}{10^{-11}x(0.3+0.008)}x\frac{1}{3{,}600x24x365} = 82.36\ años$$

Se comprueba que una MGB (GCL) con un k < 1x10^{-11} m/s puede sustituir una capa de arcilla (CCL), con un espesor de 0.6 m.

7 GESTIÓN Y MANEJO DEL BIOGÁS

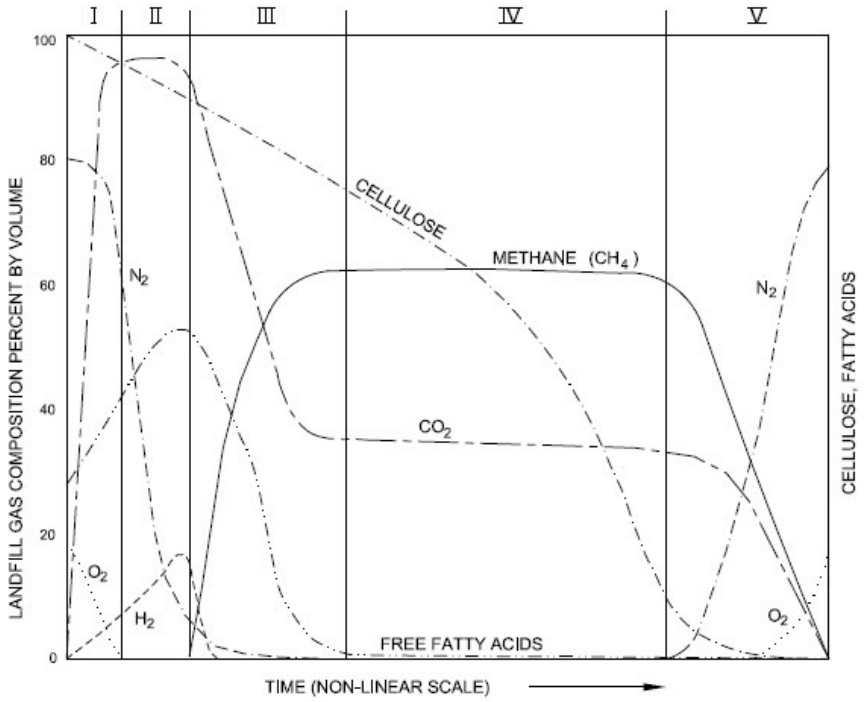
7.1 Introducción

A medida que se sucede el proceso de llenado de un botadero, ocurre la degradación de anaeróbica de los residuos. Esta degradación dará lugar a la producción de biogás de vertedero con un contenido en metano superior al 50%. El metano está considerado como un importante gas de efecto invernadero, por lo tanto, los rellenos sanitarios modernos están equipados con las instalaciones, ya sea para la quema de biogás o para su valorización.

El biogás se genera como resultado de procesos físicos, químicos, y los microbianos que ocurren dentro de los residuos. Debido a la naturaleza orgánica de la mayoría de los residuos, los procesos microbianos gobiernan el proceso de generación de biogás (Christensen, 1989). Estos procesos son sensibles a su entorno; por lo tanto, un número de condiciones naturales y artificiales afectará a la población microbiana y por lo tanto la tasa de generación de biogás. Los estudios a corto plazo realizados en los vertederos de tamaño completo con datos de pruebas de extracción de biogás indican un rango de generación de biogás entre 0,05 y 0,40 m3 de biogás por kilogramo de residuos colocados en un vertedero (Ham, 1989). La masa de residuos representa para ambos materiales sólidos (de 75 a 80 por ciento en masa) y humedad (20 a 25 por ciento en masa). Este intervalo es una función del contenido orgánico de los residuos que se colocan en el vertedero.

Es importante tener en cuenta que la generación de biogás se produce en condiciones anaeróbicas (sin oxígeno), y por lo tanto las condiciones naturales o artificiales en que se mueve el proceso anaeróbico afectarán a la generación de biogás. También es importante tener en cuenta que la generación de biogás no es instantánea; cualquier cantidad de residuos que se lleva a un vertedero se someterá a una serie de procesos que han sido caracterizados por Farquhar y Rovers (1973), como se muestra en la figura siguiente.

Figura 15. Fases de producción de LFG. Fuente: Farquhar and Rovers (1973), modificado por Augenstein y Pacey (1991)



PHASES	CONDITION	TIME FRAME - TYPICAL
I	AEROBIC	HOURS TO WEEKS
II	ANOXIC	1 TO 6 MONTHS
III	ANAEROBIC, METHANOGENIC, UNSTEADY	3 MONTHS TO 3 YEARS
IV	ANAEROBIC, METHANOGENIC, STEADY	8 TO 40 YEARS
V	ANAEROBIC, METHANOGENIC, DECLINING	1 TO 40+ YEARS
TOTAL		10 TO 80+ YEARS

Fuente: Farquhar and Rovers (1973), modificado por Augenstein y Pacey (1991)

Existen numerosos modelos que predicen la generación de biogás en un botadero. Una introducción a los modelos de generación de biogás (landfill gas, LFG) requiere una comprensión de las diferentes vías de generación de biogás en el botadero y cómo se han utilizado los modelos para estimar dicha generación de biogás y su distribución. Un informe completo del volumen de biogás generado requiere la identificación de los siguientes términos:

$$LFG\ generado = LFG\ extraído + LFG\ no\ extraído\ emitido\ a\ través\ de\ la\ cubierta + Metano\ oxidado\ a\ través\ de\ la\ cubierta + Migración\ lateral + Cambios\ en\ el\ almacenamiento\ del\ LFG$$

El LFG extraído es el único término que se puede medir con precisión. Los otros términos son generalmente desconocidos. Por lo tanto, los modelos de generación de biogás no pueden ser completamente validados con datos de la colección de medición de biogás debido a que los parámetros no medidos introducen posibles errores en los cálculos.

En los casos en los que se plantea el cálculo de generación de biogás en botaderos a cielo abierto, en los que las condiciones de manejo no son conocidas, los errores debido a los parámetros no medidos son aún mayores que en los rellenos sanitarios.

7.2 Metodología

Los modelos de generación de biogás son el método más común utilizado para estimar la generación de biogás. Existen numerosos modelos desarrollados por diferentes investigadores y empresas, los cuales predicen la generación de biogás a través del tiempo a partir de los residuos vertidos.

Estos modelos se utilizan normalmente para:

• Dimensionar la red de extracción, distribución y valoración de biogás

• Estimar las emisiones de gas invernadero y la reducción potencial de emisiones

El modelo utilizado para estimar la generación de biogás en el botadero “Macón Sur” es el desarrollado por el IPCC - 2006. En este modelo, la cantidad de metano generado por la eliminación de residuos en el botadero se calcula sobre la base de un modelo de descomposición de primer orden (“first order decay model” - FOD). La generación de metano en el botadero se describe como una función del tiempo de acuerdo con un proceso de descomposición de primer orden, en el que se distinguen fracciones orgánicas de degradación rápida, moderada y lenta.

El modelo distingue entre los diferentes tipos de residuos (j) con tasas respectivas constantes de decaimiento (kJ) y fracciones de carbono orgánico degradable (DOCj). El modelo calcula la generación de metano que se produce en el año ‘y’ (un período de 12 meses consecutivos) o el mes ‘m‘ en base a los flujos de residuos de los tipos de residuos j (Wj, x o Wj, i) dispuesto en el botadero durante un período de tiempo especificado (año o meses).

El método FOD tiene en cuenta los factores de tiempo de los procesos de degradación, y genera estimaciones de emisiones anuales que reflejan este proceso, que pueden tardar años, incluso décadas.

La cantidad de metano generado por la eliminación de residuos en el botadero se calcula para el año y (BECH4,SWDS,y) utilizando la siguiente ecuación:

$$BECH4,SWDS,y = \varphi * (1-f) * GWPCH4 * (1-OX) * 16/12 * F * DOCf * MCF * \sum x = 1, y \sum j\, Wj, x * DOCj * e-kj * (y-x) * (1-e-kj)$$

Dónde:

- BECH4,SWDS,y = Las emisiones de línea de base, proyecto o fugas de metano que se producen en el año “y”, generado a partir de la eliminación de residuos en el botadero durante un período de tiempo que termina en el año y (tCO2e/año).

- x = Años en el período de tiempo en el que se eliminan los residuos en los botaderos, que se extiende desde el primer año en el período de tiempo (x = 1) hasta el año y (x = y).
- y = Año del período de crédito para el cual se calculan las emisiones de metano (y es un período consecutivo de 12 meses).
- DOCf, y = Fracción de carbono orgánico degradable (DOC) que se descompone en las condiciones específicas que se producen en los rellenos sanitarios para el año 'y' (fracción de peso).
- Wj,x = Cantidad de residuos sólidos de tipo j dispuestos en el botadero en el año 'x' (t)
- ϕy = Factor de corrección del modelo para tener en cuenta las incertidumbres del modelo para el año y.
- fy = Fracción de metano capturado en el SWDS y quemado, quemado o utilizado de otra forma que se eviten las emisiones de metano a la atmósfera en el año y.
- GWPCH4 = Potencial de calentamiento global del metano (Global Warming Potential).
- OX = Factor de oxidación (que refleja la cantidad de metano en el botadero que se oxida en el suelo u otro material que cubre los residuos).
- F = Fracción de metano en el gas de RSU (fracción de volumen).
- MCFy = Factor de corrección del metano para el año y.
- DOCj = Fracción de carbono orgánico degradable en los residuos tipo j (fracción de peso).
- kj = tasa de degradación de los residuos tipo j (1 / año).
- j = Tipo de residuos en los RSU

La fuente metodológica utilizada puede ser consultada en la web de la IPCC, Methodological tool "Emissions from solid waste disposal sites" (versión 06.0.1)[6].

No es posible determinar la proporción de residuos degradados aeróbica o anaeróbicamente en el botadero, por lo que para realizar estimaciones en la generación de biogás es necesario imponer algunos criterios que ayuden a simular condiciones similares a las que se presentan, tales como tiempos prolongados de exposición a condiciones aeróbicas o la eficiencia del sistema de extracción (venteo pasivo). Los cálculos de generación de biogás se han realizado tomando en cuenta las siguientes consideraciones en la metodología. Dichas consideraciones se han llevado a cabo en base a la literatura científica disponible (Hudgins y Harper (1999); Rendra (2007)) y a la experiencia previa del consultor[7].

- La eficiencia en la generación de base es del 100%. Para una situación real, teniendo en cuenta que el sistema de evacuación es por venteo pasivo, el biogás emitido a la atmosfera se asume el

[6] (https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-04-v6.0.1.pdf).
[7] Clausura, desgasificación y saneamiento de relleno sanitario Bordo Poniente Fase IV. México DF. Proyecto de clausura y restauración ambiental del depósito controlado de Coll Cardús Fase 1(España)

50 % del generado. En sistemas de extracción activa (con soplantes, propios de rellenos sanitarios), la eficiencia es aproximadamente del 70 % (recomendada según la metodología propuesta).

- El factor de oxidación asumido para residuo no cubierto es de OX=0.9 (se potencia la degradación anaeróbica). En los caso en los que existen cubriciones, el factor de oxidación es OX = 0.1.

En el caso del botadero Macón Sur, se ha tenido en cuenta un factor de oxidación de 0.1.

La elección de la metodología se sustenta en la necesidad de utilizar un modelo que permita introducir condicionantes y limitaciones a la generación de biogás, tales como la exposición a degradación anaeróbica de los residuos durante el tiempo en el que el residuo no está cubierto. Además, en el caso particular de Perú no existe ningún modelo aprobado a nivel estatal para la estimación del biogás generado. Otra de las razonas que han llevado al uso de esta metodología es que es la misma que se utiliza para desarrollar los proyectos bajo el mecanismo de desarrollo limpio, y por tanto la propuesta por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) de Naciones Unidas.

7.3 Parámetros de Cálculo

7.3.1 Caracterización de los residuos

La caracterización del residuo en el botadero no es necesaria debido a que el residuo se encuentra degradado y no es identificable, de realizarse un muestreo para la caracterización esta acción no garantiza la representación de la totalidad de los residuos dispuestos en el botadero debido a que no se ha llevado un registro y control de los mismos.

Para este caso específico se ha hecho uso de la información y documentación de estudios previos realizados; tales como:

- PIP “Mejoramiento y Ampliación de la gestión integral de los residuos sólidos municipales en el distrito de Yauyos, provincia de Jauja, departamento de Junín (2013)”
- Estudio de Caracterización de los Residuos Domiciliarios del distrito de Yauyos. 2012.
- Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos No Domiciliarios en la ciudad de Yauyos, provincia de Jauja, región Junín. 2014.
- Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos Municipales No Domiciliarios del distrito de Yauyos. 2010.
- Expediente Técnico de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipalidad Distrital de Yauyos 2014

Los estudios de campo previos al desarrollo del presente proyecto de inversión pública determinaron que los residuos depositados en el botadero Macón Sur desde su apertura en el año 2007 son de origen municipal, tanto domiciliario como no domiciliario (comercios, instituciones etc), quedando excluidos

los residuos hospitalarios, debido a que estos son dispuestos en el botadero de la Municipalidad Provincial de Jauja.

De acuerdo a la información suministrada por los gestores municipales durante la primera visita de evaluación del botadero por parte del equipo consultor (28/11/2014), los residuos de origen hospitalarios son gestionados por los centros sanitarios y en ningún caso depositados en el botadero Macón Sur. La información suministrada fue corroborada por el equipo consultor durante la visita al botadero, en la que no se evidencio más residuo que el de origen municipal.

- Generación de Residuos Sólido Municipales

El estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios en la ciudad de Yauyos, junto con el estudio de proyección de generación de residuos y población, ha permitido determinar la generación per cápita (GPC) para este ámbito de estudio, siendo la generación per cápita promedio de residuos sólidos municipales 0.466 kg./hab./día, para el 2015.

De acuerdo a los estudios de proyección de generación de residuos, para el año 2015 (9,795 hab.), la generación total estimada de residuos sólidos domiciliarios es de 4.06 Ton/día, mientras que la generación de residuos sólidos no domiciliarios es de 0.512 Ton/día, lo que hace un total de residuos sólidos municipales de 4.58 Ton/ día, representando los residuos sólidos domiciliarios el 88.8% del total de residuos generados.

Los datos de proyección de generación de residuos sólidos reportados en el proyecto consultoría para la elaboración de estudios, expedientes y especificaciones técnicas, diseño e implementación de planes y supervisión de obras de los servicios de gestión integral de residuos sólidos municipales, indican un incremento anual medio de generación de RSM del 2.2%.

Tabla 2. Proyección generación de RSM

	Año	Población Total Hab	Gpc Domiciliaria Kg/Hab/Día	Rsd T/Día	Rsnd T /Día	Rsm T /Día	Gpc Municipal Kg/Hab/Día	Rsm T/Año
0	2014	9,666	0.41	3.96	0.51	4.47	0.462	1,631.55
1	2015	9,795	0.414	4.06	0.517	4.58	0.468	1,671.7
2	2016	9,924	0.418	4.15	0.525	4.68	0.472	1,708.2
3	2017	10,053	0.423	4.25	0.533	4.78	0.475	1,744.7
4	2018	10,182	0.427	4.35	0.541	4.89	0.480	1,784.85
5	2019	10,311	0.431	4.44	0.549	4.99	0.484	1,821.35
6	2020	10,439	0.435	4.54	0.557	5.1	0.489	1,861.5
7	2021	10,568	0.44	4.65	0.565	5.22	0.494	1,905.3
8	2022	10,697	0.444	4.75	0.573	5.32	0.497	1,941.8
9	2023	10,826	0.448	4.85	0.582	5.43	0.502	1,981.95
10	2024	10,955	0.453	4.96	0.59	5.55	0.507	2,025.75

Año	Población Total	Gpc Domiciliaria	Rsd	Rsnd	Rsm	Gpc Municipal	Rsm
					Media		1,825

Fuente: Expediente Técnico de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipalidad Distrital de Yauyos 2014

- Composición física de los residuos sólidos domiciliarios

En la Tabla 3 se presenta la información desglosada de la composición de los residuos sólidos domiciliarios para la zona de estudio en caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Yauyos.

Tabla 3. Composición de los residuos sólidos domiciliarios

Tipo de residuo	%
Materia Orgánica	50.7%
Madera, follaje	4.4%
Papel	3.3%
Cartón	4.5%
Vidrio	2.8%
Plástico PET	1.5%
Plástico Duro	1.6%
Bolsas	6.4%
Tecnopor y sim	0.4%
Metal	1.4%
Telas y textiles	1.0%
Caucho, cuero y jebe	2.2%
Pilas	0.0%
Restos de medicinas	0.2%
Residuos sanitarios (papel higiénico…)	8.8%
Residuos inertes	10.4%
Tetrapack	0.2%
Otros	0.1%

Fuente: Estudio de Caracterización de los Residuos Domiciliarios del distrito de Yauyos. 2012

- Composición física de los residuos sólidos no domiciliarios

En la Tabla 4 se presenta la información desglosada de la composición de los residuos sólidos no domiciliarios en la ciudad de Yauyos.

Tabla 4. Composición de los residuos sólidos no domiciliarios

Tipo de residuo	%
Residuos compostables	73 %
Materia orgánica	67%
Madera y maleza	7%
Residuos reciclables	12%
Papel	3%
Cartón	3%
Vidrio	2%
Latas y aluminio	1%
PET(1)	2%
PEAD (2)	0%
PVC (3)	0%
Residuos inservibles	15%
PEBD (4)	8%
PP (5)	1%
PS (6)	2%
Telas	0%
Tetra pack	0%
Pañales y toallas higiénicas	2%
Pilas y baterías	0%
Fluorescente y focos	0%
Otros (Cuero, ceniza, porcelana, teknopor)	1%

Fuente: Elaboración propia, 2015

- **Composición física de los residuos sólidos municipales (domiciliarios + no domiciliarios)**

El objetivo último de la caracterización de los residuos es llevar a cabo una estimación de la generación de biogás en el botadero. Se acordó que el modelo a utilizar para la estimación, es el indicado por el IPPC - Panel Intergubernamental de Cambio Climático de las Naciones Unidas. Para la estimación de la generación se tomó en cuenta los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios, agrupados en residuos sólidos municipales.

Tabla 5. Generación de Residuos Sólidos Municipales según tipología IPCC

	Residuos Sólidos Domiciliarios (t/día)	Residuos Sólidos No Domiciliarios (t/día)	Residuos Sólidos Municipales (t/día)
Papel; cartón etc	0.67	0.05	0.72
Textil	0.04	0.00	0.04
Madera y productos de la madera	0.12	0.02	0.15

	Residuos Sólidos Domiciliarios (t/día)	Residuos Sólidos No Domiciliarios (t/día)	Residuos Sólidos Municipales (t/día)
Residuos de jardín etc	0.05	0.01	0.06
Restos de comida, cocina, etc	2.06	0.34	2.40
Cristal, plástico, goma,cerámica etc	1.10	0.09	1.19
Total	**4.06**	**0.51**	**4.57**

Fuente: Elaboración propia, 2015

En función de los datos de la tabla anterior, se obtienen las proporciones en el botadero según tipología de residuo.

Tabla 6. Composición de los Residuos Sólidos Municipales

	Residuos Sólidos Municipales (%)
Papel; cartón etc	15.8%
Textil	0.9%
Madera y productos de la madera	3.3%
Residuos de jardín etc	1.4%
Restos de comida, cocina, etc	52.5%
Cristal, plástico, goma, cerámica etc	26.1%
Total	**100 %**

Fuente: Elaboración propia, 2015

- Humedad de los residuos municipales

En cuanto al contenido de humedad de los residuos, se reportó un 62% (base húmeda + base seca) en los residuos sólidos municipales según el "Estudio de caracterización de residuos sólidos de la de la municipalidad en la Ciudad De Yauyos, Provincia Jaujas, Región Junín. 2014".

- Densidad de los residuos municipales

De acuerdo con los resultados del estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Yauyos (2012) la densidad sin compactar de los residuos sólidos es de 127.111 kg/m^3. Sin embargo este valor no tiene en cuenta las densidad combinada de residuos domiciliarios + no domiciliarios.

Las densidades que presentan los residuo dispuestos en el botadero pueden variar mucho de unas muestras a otras debido a compactación durante el transporte, nivel de humedad la variación de la

densidad en el tiempo. A nivel internacional existen ratios de algunas densidades promedio para residuos sólidos, la densidad se altera a medida que se avanzan las etapas de su manejo como se muestra en el cuadro a continuación:

Tabla 7. Densidades Promedio de Residuos Sólidos a nivel Internacional

Etapa	Densidad (kg/m3)
Residuos Sólidos sueltos en recipientes	200
Residuos Sólidos compactados en camiones compactadores	500
Residuos Sólidos sueltos descargados en los rellenos	400
Residuos Sólidos recién rellenados	600
Residuos Sólidos estabilizados en los rellenos (2 años después del rellenamiento)	900

Fuente: Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos, Dr. Kunitoshi Sakurai, CEPIS/OPS-OMS

En el presente documento, la densidad asumida para los residuos dispuestos en el botadero es de 900 kg/m^3 para residuos dispuesto con antigüedad igual o mayor a dos años (donde la columna de residuo es mayor a 10 metros) y 400kg/m^3 para residuos sueltos descargados en el botadero.

Dicha densidad permite determinar el volumen a lo largo de los años de operación y obtener el volumen final del botadero actual. El volumen final se valida a partir del el volumen obtenido de la reconstrucción del cuerpo del residuos a partir de las tomografías eléctricas 2D.

- Características mecánicas de los residuos

Los estudios de características mecánicas de los residuos no son comunes en la literatura disponible, y son aún más escasos para los casos de sitios de disposición final a nivel latino americano. Por todo ello, los parámetros mecánicos utilizados para la caracterización de los residuos han sido obtenidos a partir de la investigación desarrollada en el Relleno Sanitario Doña Juana de Bogotá Colombia en el año 1998-1999. El uso de dichos parámetros se justifica por ser los mismos que los utilizados en el proyecto de construcción del nuevo relleno sanitario de Yauyos[8]. En dicho estudio se midieron directamente los parámetros de resistencia del relleno para falla drenada a partir de ensayos triaxiales de gran formato con medición de presión de poros y corte directo CD de diámetro 1.20m. Estas condiciones hacen que los parámetros sean altamente confiables pues no provienen de correlaciones sino de ensayos reales sobre residuos sólidos municipales.

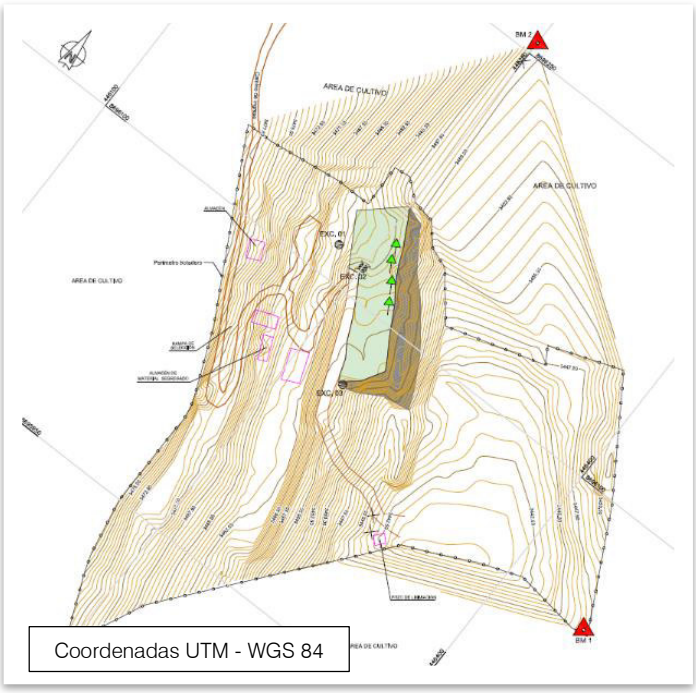
Adicionalmente, los valores obtenidos han sido comparados con los valores típicos reportados en la bibliografía especializada y en otros proyectos desarrollados por el consultor, aportando mayor fiabilidad a los datos empleados[9].

[8] Expediente Técnico de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipalidad Distrital de Yauyos. 2014
[9] Geotechnical Characterization, Field Measurement and Laboratory Testing of Municipal Solid Waste. Proceedings of the 2008 International Symposium on Waste Mechanics. ASCE 2008.

7.3.2 Geometría del botadero. Volumen de residuos

La geometría del botadero ha sido evaluada a partir del levantamiento topográfico llevado a cabo en el botadero durante el mes de Enero de 2015.

Figura 16. Levantamiento topográfico botadero Macón Sur



Fuente: Memoria descriptiva del levantamiento topográfico y establecimiento de 02 puntos de control geodésicos botadero Macón Sur. Yauyos. 2015

El volumen de residuo estimado en la tabla anterior a fecha del levantamiento topográfico (enero 2015) se ha comparado y validado con el volumen de residuo calculado a partir del modelado topográfico 3D del terreno actual descrito en el apartado 5.1 y la geometría de la celda reconstruida a partir de las tomografías 2D recogidas en el correspondiente anexo.

De acuerdo a los estudios de proyección de generación de residuos[10], para el año 2015 (9,795 hab.), la generación de residuos sólidos municipales será de 4.58 Ton/ día, y un total de 1,672 Tn/año, siendo el incremente anual medio del 2.18%, de acuerdo al estudio de proyección de generación de residuos sólido municipales elaborado en el expediente técnico del nuevo relleno.

A efectos de cálculo de generación no se ha tenido en cuenta el "% de cobertura de recolección", de manera que tanto las estimaciones de generación de residuos como de generación de lixiviado y biogás se han llevado a cabo suponiendo el escenario más desfavorable posible.

Tabla 8. Proyección de la generación de RSM Relleno Sanitario Macón Sur

Año	Generación (Tn/año)	Incremento anual
2014	1,632	
2015	1,672	2.46%
2016	1,708	2.18%
2017	1,745	2.14%
2018	1,785	2.30%
2019	1,821	2.04%
2020	1,862	2.20%
2021	1,905	2.35%
2022	1,942	1.92%
2023	1,982	2.07%
2024	2,025	2.17%
Media	1,845	2.18 %

Fuente: Proyecto de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos. Municipalidad Distrital de Yauyos, 2014.

En la siguiente tabla se emplea este mismo incremento anual para determinar los volúmenes de residuos para los años anteriores al 2015 hasta el año 2007, que fue el año que el botadero inicio sus operaciones, para estimar tonelaje de disposición anual. La densidad evoluciona a medida que los residuos se estabilizan, además de otros factores como la compactación.

[10] Expediente Técnico de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipalidad Distrital de Yauyos. 2014

Ante la falta de datos fiables de densidad de los residuos, se han tomado los valores sugeridos en la Tabla 7 para "Residuos Sólidos sueltos descargados en los rellenos" (400 kg/m^3) y "Residuos Sólidos estabilizados en los rellenos (2 años después de la disposición al relleno)" (900 kg/m^3).

Tabla 9. Volumen de residuos en el botadero "Macón Sur"

Año	Generación (Tn/año)	Densidad de los RSM (Tn/m^3)	Volumen de residuos (m^3/año)
2007	1,406	0.9	1,562
2008	1,437	0.9	1,596
2009	1,468	0.9	1,631
2010	1,500	0.9	1,667
2011	1,533	0.9	1,703
2012	1,567	0.9	1,741
2013	1,601	0.4	4,002
2014	1,636	0.4	4,090
Total			17,993

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Para evaluar la magnitud de degradación del medio es necesario tener en cuenta las condiciones particulares del área degradada desde el momento del inicio de la acción degradante (apertura del botadero) hasta la ejecución de los trabajos de recuperación ambiental del área degradada (clausura del botadero y remediación ambiental).

Para ello, además de evaluar la cantidad de residuo actualmente dispuesto en el botadero, es necesario estimar el volumen de residuo que será depositado desde la fecha actual (Enero 2015) hasta el final de las obras de ejecución del nuevo relleno sanitario (25 de Agosto de 2016[11]) y por lo tanto deje de depositarse residuo en el botadero. Adicionalmente, por recomendación del MINAM, se ha tenido en cuenta un margen de 9 meses adicionales que garanticen la disposición de los residuos en caso de retrasos en la ejecución y el inicio de operación del nuevo relleno sanitario. Con todo ello, el diseño de las obras de clausura se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la disposición de residuos sólido municipales en el botadero Macón Sur hasta Junio de 2017.

La tabla a continuación muestra el volumen final de los residuos en el botadero en el momento de la clausura.

Tabla 10. Volumen de residuos en el botadero "Macón Sur" (Julio 2017)

Año	Generación (Tn/año)	Densidad de los RSM (Tn/m^3)	Volumen de residuos (m^3/año)
2007	1,402	0.9	1,562.15

[11] Información suministrada por la Unidad Ejecutora (I)

2008	1,433	0.9	1,596.33
2009	1,464	0.9	1,631.25
2010	1,496	0.9	1,666.94
2011	1,529	0.9	1,703.41
2012	1,563	0.9	1,740.68
2013	1,597	0.9	1,778.76
2014	1,632	0.9	1,817.68
2015	1,672	0.9	1,857.44
2016	1,708	0.9	1,898.00
2017	727	0.9	807.73
Total	16,254		18,060

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Para determinar la densidad de los residuos se ha tenido en consideración que la municipalidad cuenta con los medios mínimos en cuanto a maquinaria para la operación del nuevo relleno sanitario. Ello permitirá a los operarios mejorar las condiciones de compactación de los residuos municipales depositados hasta una densidad de 600 kg/m^3 (Densidad de "Residuos Sólidos Recién Rellenados"). De acuerdo a la información suministrada por la unidad ejecutora (UE03), se espera que los proyectos de recuperación de áreas degradadas que atañen al presente documento comenzarán a ejecutarse a partir del año 2018. En ese momento, la densidad de los residuos en botaderos que han sido operados disponiendo los residuos en capas horizontales y favoreciendo el crecimiento en altura, con columnas de residuos superiores a los 10 metros, es de esperar que la densidad sea alrededor de los 900 kg/m^3 (Residuos Sólidos estabilizados en los rellenos (2 años después del rellenamiento)).

El diseño de las obras de clausura reportados en este documento ha tenido en cuenta un incremento de volumen mínimo es de 5,020 m^3, suficiente para dar cabida a la generación de residuo esperada hasta Junio de 2017 (1,857.44 m^3 (2015) + 1,898.00 m^3 (2016) + 807.73 m^3 (2017) = 4,563 m^3), e incluyendo además un 10% extra en volumen para cubriciones parciales o pequeños diques que sean necesarios para el recrecido de la masa de residuos. Dicho diseño prevé además la evolución de los posibles asientos diferenciales en la masa de residuo, de manera que las infraestructuras propuestas para evacuación de pluviales, lixiviados y biogás no se vean afectadas en su funcionamiento por dichas variaciones de volumen.

Debido al volumen de disposición de residuos proyectado para los años 2015, 2016 y 2017, el presente proyecto ha requerido la elaboración de una propuesta de disposición de los residuos. Dicha propuesta comprende la extensión del perímetro ocupado por el botadero, tal y como se observa en la imagen a continuación.

Figura 17. Superficie afectada por la extensión de residuo (2015-2017)

Fuente: Equipo de Formulación. 2015

Figura 18. Superficie final del área afectada

Fuente: Equipo de Formulación. 2015

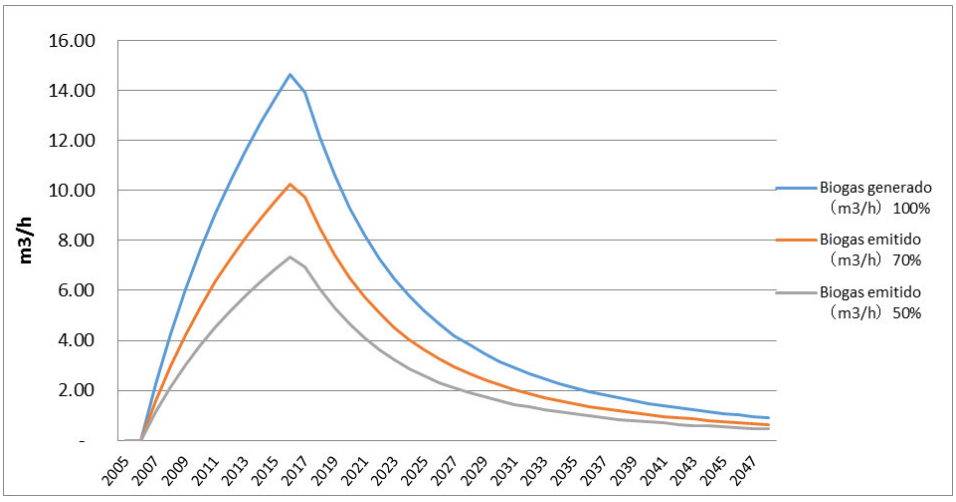
En el anexo 10 Planos, se detallan los movimientos de tierra necesarios para la conformación de la nueva trinchera para la disposición de los residuos hasta el final de la vida útil del botadero.

7.4 Resultados

A continuación se exponen los resultados de generación de biogás (50%CH_4) y emisión para el botadero “Macón Sur” para un horizonte de 20 años a partir de 2015. Los resultados se presentan para tres escenarios distintos de generación - emisión, asumiendo como los resultados más realistas los correspondientes al ratio generación/emisión de biogás 50%.

La literatura disponible en cuanta al ratio generación/emisión de biogás en sistemas de venteo pasivo es muy limitada, y depende de numerosos factores, tales como las condiciones de manejo del botadero, tipología de residuos, coberturas parciales, tiempo de exposición de los residuo etc, la mayoría de las cuales son difíciles de estimar.

Figura 19. Generación – Emisión de Biogás



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Tabla 11. Generación - Emisión de Biogás

Año	Biogas generado (m^3/h) 100%	Biogas emitido (m^3/h) 70%	Biogas emitido (m^3/h) 50%
2007	2.28	1.59	1.14
2008	4.28	3.00	2.14
2009	6.06	4.24	3.03
2010	7.65	5.36	3.83
2011	9.08	6.36	4.54
2012	10.38	7.27	5.19
2013	11.57	8.10	5.79
2014	12.67	8.87	6.34
2015	13.70	9.59	6.85
2016	14.66	10.26	7.33
2017	13.91	9.74	6.96
2018	12.12	8.49	6.06
2019	10.60	7.42	5.30
2020	9.31	6.52	4.65
2021	8.21	5.74	4.10
2022	7.27	5.09	3.63
2023	6.46	4.52	3.23
2024	5.76	4.03	2.88
2025	5.17	3.62	2.58
2026	4.65	3.25	2.32
2027	4.20	2.94	2.10
2028	3.81	2.66	1.90
2029	3.46	2.42	1.73
2030	3.16	2.21	1.58
2031	2.90	2.03	1.45
2032	2.66	1.86	1.33
2033	2.45	1.72	1.23
2034	2.27	1.59	1.13
2035	2.10	1.47	1.05
2036	1.95	1.36	0.97
2037	1.81	1.27	0.91
2038	1.69	1.18	0.85
2039	1.58	1.10	0.79
2040	1.48	1.03	0.74
2041	1.38	0.97	0.69
2042	1.30	0.91	0.65

Año	Biogas generado (m^3/h) 100%	Biogas emitido (m^3/h) 70%	Biogas emitido (m^3/h) 50%
2043	1.22	0.85	0.61
2044	1.15	0.80	0.57
2045	1.08	0.75	0.54
2046	1.02	0.71	0.51
2047	0.96	0.67	0.48
2048	0.90	0.63	0.45

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

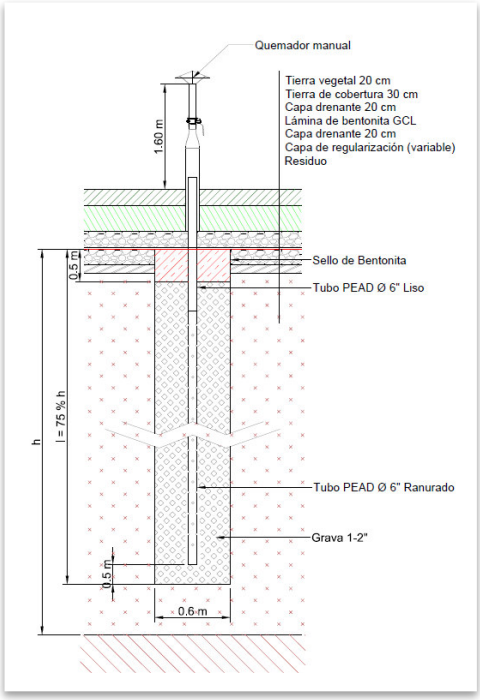
7.5 Diseño del sistema de manejo de biogás

A partir de los resultados obtenidos del modelo de biogás para la alternativa 1 de solución, se ha diseñado el sistema de manejo de biogás para el botadero Macón Sur.

El sistema de manejo de biogás estará formado por 3 pozos de venteo pasivo, los cuales funcionarán debido a los gradientes de presión que se establecen cuando son construidos. El sistema incluye la instalación de 3 quemadores manuales de biogás, uno por cada uno de los pozos

Los pozos de venteo pasivo consisten en una perforación vertical de entre 0,6 metros de diámetro en el cuerpo del residuo, donde se instala una tubería perforada de 4” tipo Polietileno de alta densidad (PEAD) en posición central, ranurada con un área libre del 5 – 7 % y grosor de las ranuras de 3 a 20 mm. La tubería estará envuelta en material granular de protección, grava de machaqueo, de bajo contenido en carbonatos, diámetro 1-2” y conductividad hidráulica > $1x10^{-3}$ m/s. La profundidad máxima del pozo será del 75% del espesor de residuos sólidos. En la parte superior del pozo se colocará un sello de bentonita (50 cm) que evite la salida descontrolada del biogás y/o la entrada de agua hacia el interior del pozo, siendo este último aspecto desfavorable para el adecuado venteo del gas, además de que se favorece la generación de lixiviados. La construcción de las chimeneas se terminará con tubería de polietileno de 4” sin perforar y la construcción de un quemador metálico que permita la oxidación del biogás y reducir de esta forma la emisión de gases de invernadero. En la figura a continuación se muestran las características de los pozos de venteo de biogás.

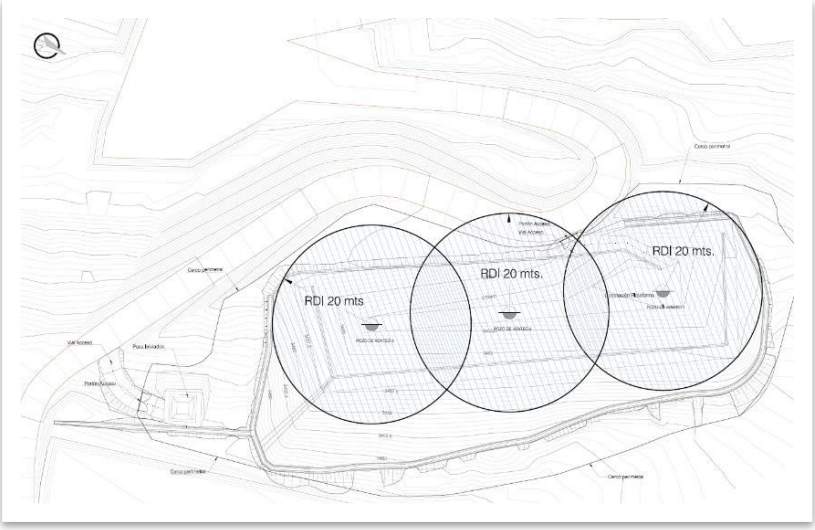
Figura 20. Pozo de venteo pasivo de biogás



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

El número de pozos a instalar depende del radio de influencia de estos. Los resultados de los estudios de Chen et al. (2003) sugieren un radio de influencia de los pozos de venteo pasivos no superiores a 20 m. Dada la configuración del botadero “Macón Sur”, se instalarán 3 pozos de venteo pasivo, con una profundidad aproximada de 7.5 metros (75% de la profundidad del botadero, 10 metros).

Figura 21. Localización de los pozos de venteo de biogás



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

8 GESTIÓN DE LIXIVIADOS

8.1 Introducción

El lixiviado de un botadero se puede definir, en términos generales, como el líquido producido a partir de la descomposición de los residuos y la infiltración de agua de lluvia en la masa de residuo. La generación de lixiviados se produce cuando la humedad penetra en la masa de residuo, disuelve los contaminantes en fase líquida y se alcanza un contenido de humedad suficiente para iniciar el flujo de líquido. Este lixiviado es un agua residual de alta resistencia que tiene un importante impacto e influencia en el diseño de vertederos y su funcionamiento, presentando altas concentraciones de amoníaco y orgánicos contaminantes (medidos en términos de demanda química de oxígeno DQO y DBO demanda bioquímica de oxígeno), hidrocarburos halogenados y metales pesados. Además, los lixiviados generalmente contienen altas concentraciones de sales inorgánicas (principalmente cloruro de sodio, carbonato y sulfato) y depende de la composición de los residuos vertidos.

La cantidad de lixiviado generado en un botadero depende de varios factores, tales como las variaciones en el clima, la hidrogeología y composición de los residuos (Keenan et al., 1984).

Uno de los principales problemas ambientales en los botaderos son la infiltración de lixiviados y su posterior contaminación de la tierra circundante y acuíferos. Las mejoras en la ingeniería de vertederos están dirigidas a reducir la producción de lixiviados, la recogida y el tratamiento antes de la descarga (Farquhar, 1989).

8.2 Composición de los lixiviados

Cuando el agua pluvial entra en contacto con los residuos favorece ciertas reacciones químicas y bioquímicas. Durante estos procesos se disuelven diversos componentes de los elementos químicos de los residuos. Además en el agua se disuelven los gases desprendidos como producto de la degradación de los residuos municipales (CH4, CO2, NH3, ….).

Es una particularidad de este líquido lixiviado contener un alto porcentaje de materia disuelta y/o en suspensión y por consiguiente sus características principales son:

- DBO5 (Demanda Biológica de Oxigeno) Alta
- DQO (Demanda Química de Oxigeno) Alta
- COT (Carbono Orgánico Total) Alto
- Iones metálicos disueltos
- Color oscuro
- Olor
- Turbiedad
- pH < 7 (ligeramente ácido)

La composición del lixiviado, y la naturaleza del material dispuesto en las celdas influirán en el tratamiento del mismo. Los líquidos percolados provenientes de sectores del módulo recientemente terminados (menos de 24 meses) tendrán, en general, un buen grado de biodegradabilidad. A medida que el líquido en el interior del botadero comienza a madurar, los compuestos orgánicos de fácil asimilación por los microorganismos presentes ya han sido consumidos y aumenta la proporción del material de difícil degradación y de ácidos húmicos.

Como ya hemos dicho, la composición del lixiviado es variable y depende también de otros muchos aspectos, uno de los cuales es la tipología de los residuos. En las tablas siguientes podemos establecer márgenes de la composición estándar de los diferentes componentes de un lixiviado de botadero.

Tabla 12. Caracterización del lixiviado de botadero

Parámetro	Intervalo de Valores (mg/l)
Sólidos Disueltos Totales	584 – 55,000
Sólidos Suspendidos Totales	2 – 140,900
Conductancia específica	480 – 72,500 mh/cm
DBO5	6.6 – 99,000
DQO	10 – 195,000
Carbono Orgánico Total	ND – 40,000
PH	3.7 - 8.9
Alcalinidad Total	ND - 15.050
Dureza	0.1 – 225,000
Cloruros	2 - 11.375
Calcio	3 - 2.5

Parámetro	Intervalo de Valores (mg/l)
Sodio	12 - 6.01
Nitrógeno Total	2 - 3.32
Hierro	ND – 40,000
Potasio	ND - 3.2
Magnesio	4 - 780
Nitrógeno Amoniacal	ND - 1.2
Sulfatos	ND - 1.85
Aluminio	ND - 85
Zinc	ND - 731
Manganeso	ND - 400
Fósforo Total	ND - 234
Boro	0.87 - 13
Bario	ND - 12.5
Níquel	ND - 7.5
Nitrógeno de Nitratos	ND - 250
Plomo	ND - 14.2
Cromo	ND - 5.6
Antimonio	ND - 3.19
Cobre	ND - 9
Talio	ND - 0.78
Cianuro	ND - 6
Arsénico	ND - 70.2
Molibdeno	0.01 - 1.43
Estaño	ND - 0.16
Nitrógeno de Nitritos	ND - 1.46
Selenio	ND - 1.85
Cadmio	ND - 0.4
Plata	ND - 1.96
Berilio	ND - 0.36
Mercurio	ND - 3
Turbiedad	40 - 500 UTJ

Fuente: Design, construction & monitoring of sanitary landfill. A. Bagchi. Willey Interscience. USA 1990

Debe resaltarse que la composición química del lixiviado tiene una variación importante con el tiempo, y depende de la etapa en que se encuentre la descomposición de los residuos. En la primera fase de la degradación biológica, el pH tendrá valores bajos, y la DQO, la DBO5, sólidos suspendidos y

concentración de metales pesados tendrán valores altos. Después de un tiempo de maduración, este mismo líquido presentará un valor de pH entre 6 y 8 (casi neutro) y valores de concentración de DQO, DBO5 y materiales nutrientes mucho más bajos.

Tabla 13. Comparación de algunas características típicas de los lixiviados.

Característica	Lixiviado joven	Lixiviado viejo
DBO	14,950 mg/L	5,000 mg/L
DQO	22,650 mg/L	8,180 mg/L
Metales pesados	Muy altos	Bajos

Fuente: Giraldo E., "Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos", 1997

8.3 Metodología generación de lixiviados

En las condiciones actuales del botadero "Macón Sur", el cuál carece de drenajes, piezómetros o puntos de recogida, y donde parte de los residuos han sido cubiertos con tierras de propiedades hidráulicas heterogéneas, no es posible medir la cantidad real de lixiviado generado.

La metodología empleada es la misma que la utilizada en el "*Expediente técnico de Disposición Final de Residuos Sólidos, Municipalidad Distrital de Yauyos*", que a su vez emplea la metodología propuesta por Tchobanoglous (1993). Tchobanoglous propone estimar la producción de lixiviados a partir de un balance hídrico de un volumen de control (área unitaria x altura del relleno) del botadero. El balance se basa en la siguiente expresión:

$$Entrada\ de\ agua\ =\ Salidas\ de\ Agua\ +\ Agua\ almacenada$$

$$Pa\ +\ Pr\ =\ Gw\ +\ Gv\ +\ CC\ +\ Lv\ (exceso\ de\ agua)$$

Donde:

- Pa: Agua presente en el interior de los residuos, Pa (inicialmente corresponde al contenido de humedad de los residuos dispuestos, Kg/m^2.
- Pr: Percolación de agua lluvia hacia el interior de la masa de residuos, Kg/m^2.
- Gw: Agua consumida en la generación de gas, Kg/m^2.
- Gv: Agua perdida como vapor de agua en el gas, Kg/m^2.
- CC: Capacidad de retención de agua del relleno (Capacidad de campo), Kg/m^2.
- Lv: Exceso de agua o producción de lixiviados, Kg/m^2.

La cantidad de agua que se infiltra al interior del botadero (Pr) se estima de acuerdo a la ecuación:

$$Pr\ =\ P\ -\ R\ -\ ETP$$

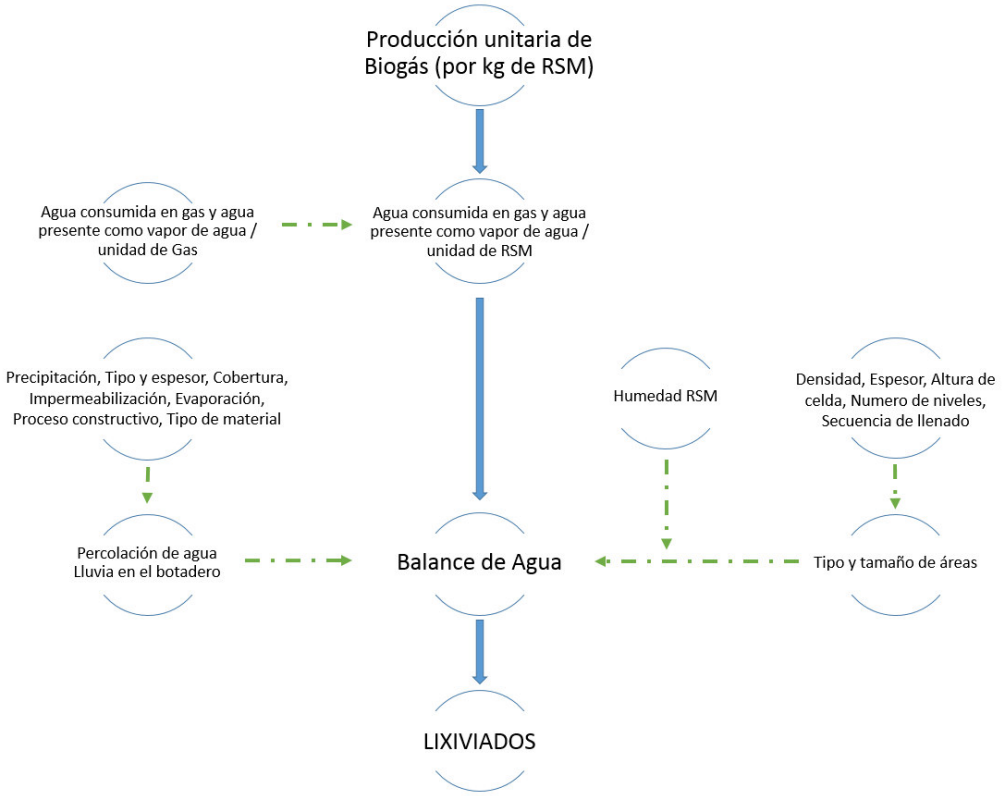
Donde:

- P: Precipitación atmosférica por unidad de área, mm/m^2. A efectos de cálculo se tomaron los valores medios anuales, de la estación del CO-Jauja.
- R: Cantidad de agua que se pierde por escorrentía superficial, por unidad de área, mm/m^2.
- ETP: Cantidad de agua que se pierde por evapotranspiración por unidad de área, mm/m^2.
- Pr: Cantidad de agua que se infiltra a través del materia de cobertura y entra hasta los residuos sólidos, por unidad de área, mm/m^2.

La cantidad de agua que se puede almacenar en el material de cobertura depende de su capacidad de campo (CC = máxima cantidad de agua que el suelo puede retener en contra de la gravedad) y del porcentaje de marchitez permanente (PMP). La diferencia entre la CC y la PMP cantidad de agua que puede almacenarse en el suelo.

En la siguiente figura se presenta de forma esquemática la metodología de Tchobanoglous para estimar la producción de lixiviados.

Figura 22. Representación esquematizada de la metodología de Tchobanoglous



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Adicionalmente, para el caso planteado en la alternativa 1, la metodología para el cálculo de la infiltración planteada por Tchobanoglous es difícil de implementar, por lo que se ha adoptado la propuesta por Koerner (2005) basada en la aplicación de la ley de Darcy

$$J = k_{GLC} \cdot i \cdot A = k \cdot \frac{\Delta H}{l} \cdot A$$

Donde:

- J (m^3/s) es el flujo constante
- K_{GCL} (m/S) es la conductividad de la manta GCL = $1x10^{-11}$ m/s
- ‘i’ es el gradiente hidráulico
- A (m^2) es la superficie del botadero

La aplicación de esta metodología para estimar la infiltración a través de la capa de sellado implica suponer que siempre existe una lámina de agua por encima de la lámina de bentonita. Aunque esta situación no es real, se considera que tomándola en cuenta introducimos un factor de seguridad en el cálculo.

8.4 Resultados Generación actual

La tabla a continuación muestra los resultados de generación de lixiviados desde Enero de 2015 hasta el momento en el que se espera se ejecutarán los trabajos de recuperación del área degradada (Enero de 2018).

Tabla 14. Generación mensual de lixiviados (2015 – 2018)

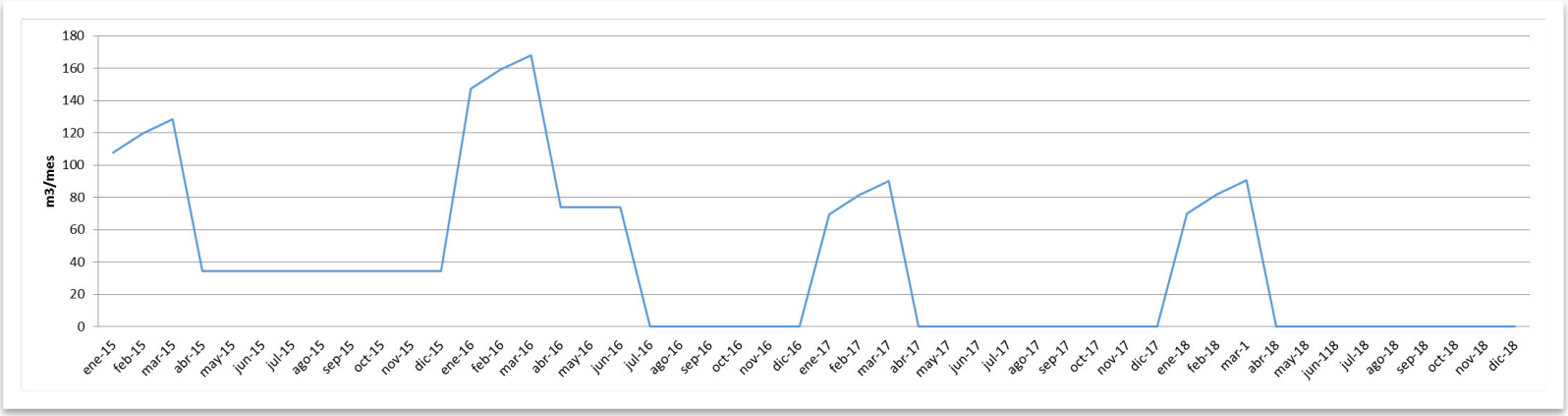
	Generación de lixiviados 2016												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
2015 Pr (m3/mes)	342.4	351.2	354.4	153.7	43.8	11.3	10.7	17.3	73.1	195.0	211.1	318.2	2,082.2
2015 Inf (m3/mes)	56.0	67.6	76.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199.7
2015 Lix (m3/mes)	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	662.0
2015 GW (m3/mes)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	45.5
2015 GV (m3/mes)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	1.38
2015 Total (m3/mes)	107.3	118.8	127.3	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3	51.3	814.8
2015 Total (m3/día)	3.46	4.24	4.11	1.71	1.65	1.71	1.65	1.65	1.71	1.65	1.71	1.65	2.23
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2016 Pr (m3/mes)	342.4	351.2	354.4	153.7	43.8	11.3	10.7	17.3	73.1	195.0	211.1	318.2	2,082.2
2016 Inf (m3/mes))	56.04	67.57	76.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199.7
2016 Lix (m3/mes)	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	56.37	676.4
2016 GW (m3/mes)	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	48.7
2016 GV (m3/mes)	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	1.5
2016 Total (m3/mes)	108.23	119.75	128.26	52.19	52.19	52.19	52.19	52.19	52.19	52.19	52.19	52.19	825.92
2016 Total (m3/día)	3.49	4.28	4.14	1.74	1.68	1.74	1.68	1.68	1.74	1.68	1.74	1.68	2.26

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2017	Pr (m3/mes)	342.4	351.2	354.4	153.7	43.8	11.3	10.7	17.3	73.1	195.0	211.1	318.2	2,082.2
	Inf (m3/mes)	56.04	67.57	76.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199.7
	Lix (m3/mes)	57.58	57.58	57.58	57.58	57.58	-	-	-	-	-	-	-	287.9
	GW (m3/mes)	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	42.3
	GV (m3/mes)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	1.3
	Total (m3/mes)	109.98	121.51	130.01	53.94	53.94	-3.64	-3.64	-3.64	-3.64	-3.64	-3.64	-3.64	443.93
	Total (m3/día)	3.55	4.34	4.19	1.80	1.74	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	-0.12	1.22

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2018	Pr (m3/mes)	342.4	351.2	354.4	153.7	43.8	11.3	10.7	17.3	73.1	195.0	211.1	318.2	2,082.2
	Inf (m3/mes)	56.04	67.57	76.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199.7
	Lix (m3/mes)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	GW (m3/mes)	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	3.08	36.9
	GV (m3/mes)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	1.1
	Total (m3/mes)	52.87	64.40	72.90	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	-3.17	161.62
	Total (m3/día)	1.71	2.30	2.35	-0.11	-0.10	-0.11	-0.10	-0.10	-0.11	-0.10	-0.11	-0.10	0.44

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Figura 23. Generación diaria de lixiviados (2015 – 2018)



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

En base al modelo aplicado, la generación de lixiviado se concentra principalmente en los meses de Enero Febrero y Marzo. Según los valores promedio desde el inicio de operación, la generación media anual de lixiviados en el botadero Macón Sur es de 751.7 m^3/año (2.06 m^3/día) con valores máximos de generación de 4.06 m3/día durante el mes de Febrero y 1.47 m3/día durante los meses de menor pluviometría.

De todo el lixiviado generado, parte de él percola por el fondo de la celda, y otra parte es recogida por el sistema de captación de lixiviados. La tasa de percolación de lixiviados en el fondo del vaso se puede estimar aplicando la ley de Darcy.

$$Percolación\ de\ lixiviados\ \left(\frac{m^3}{d}\right) = k\ \left(\frac{m^3}{m^2}\cdot s\right) x\ Superficie\ botadero(m^2)$$

Utilizando el valor de permeabilidad del subsuelo correspondiente a la calicata C5, 1.34x10^{-7} m/s, se obtiene un caudal de percolación máxima de lixiviados en condiciones de saturación de 4.22x10^{-4} m3/s (36 m^3/d), por lo que es de esperar que todo el lixiviado generado percola hacia el subsuelo, exceptuando aquel que es recogido por el sistema de recolección de lixiviados actual y dirigido a la poza existente.

8.5 Resultados Alternativa 1

A continuación se muestran los cálculo llevados a cabo para determinar la generación de lixiviado en el botadero según la alternativa 1. A diferencia del cálculo de la infiltración en rellenos sanitarios, en el caso de los botaderos restaurados solo se estudia la generación de lixiviados en la situación final, una vez se ha construido la capa de sellado, puesto que el botadero deja de estar en operación.

8.5.1 Cálculo de la cantidad de agua que se infiltra a través de la capa de sellado

El cálculo de la cantidad de agua que se infiltra se realiza sobre la capa de sellado definitiva, que en el caso del botadero "Macón Sur" está compuesta por una capa de impermeabilización a base de geocompuesto de bentonita GCL, una capa drenante construida en arenas o gravas de 20 cm, una capa de suelo orgánico de 30 cm y empradización sobre la superficie del relleno.

<u>Cálculo de la escorrentía superficial, R</u>

La escorrentía superficial corresponde a la fracción del agua lluvia que drena en forma superficial y que no se infiltra en el suelo, los residuos o la cobertura final. Para el cálculo de R se empleó la siguiente expresión:

$$R = Ce\ x\ P$$

Donde:

- R: Escorrentía superficial en mm
- Ce: Coeficiente de escorrentía superficial.
- P: Precipitación pluvial en mm.

Tabla 15. Coeficientes de escorrentía superficial para diferentes superficies, Ce

Uso Suelo / Pendiente	Textura del Suelo		
	Gruesa	Media	Fina
Bosque			
Plano (0-5% pnte)	0.1	0.3	0.4
Ondulado (6-10% pnte)	0.25	0.35	0.5
Escarpado (11-30% pnte)	0.3	0.5	0.6
Pastizales			
Plano (0-5% pnte)	0.1	0.3	0.4
Ondulado (6-10% pnte)	0.16	0.36	0.55
Escarpado (11-30% pnte)	0.22	0.42	0.6
Terrenos Cultivados			
Plano (0-5% pnte)	0.3	0.5	0.6
Ondulado (6-10% pnte)	0.4	0.6	0.7
Escarpado (11-30% pnte)	0.52	0.72	0.82

Fuente: Tchobanoglous. 1994.

Para la capa de sellado se ha asumido un valor de 0.36, correspondiente a un terreno de pastizal con pendientes entre el 6 y el 10 %.

Los cálculos de la escorrentía superficial se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 16. Cálculo de Escorrentía superficial

Parámetro	Escorrentía Superficial (R). mm												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Precipitación	108.70	111.5	112.5	48.8	13.90	3.6	3.40	5.5	23.2	61.90	67.00	101.0	661.0
R (cob. final)	39.13	40.14	40.50	17.6	5.00	1.30	1.22	1.98	8.35	22.28	24.12	36.36	237.96

Cálculo de la infiltración, Pr

Para llevar a cabo el cálculo de la infiltración a través de la capa de sellado es necesario conocer las propiedades del materia que la conforma y el espesor. Para el caso de la lámina de bentonita, se ha utilizado la metodología propuesta por Koerner (2005), la cual se basa en la ley de Darcy.

$$J = k_{GLC} \cdot i \cdot A = k \cdot \frac{\Delta H}{l} \cdot A$$

$$P_r = J = 1x10^{-11} \cdot \frac{0.208}{0.008} \cdot 0.315 = 8.19x10^{-7}\ m^3/s = 0.07\ m^3/d$$

8.5.2 Cálculo de la generación de lixiviados

Como se indicó en apartados anteriores, el cálculo de la generación de lixiviados se basa en el siguiente balance hídrico.

$$Entrada\ de\ agua\ =\ Salidas\ de\ Agua\ +\ Agua\ almacenada$$

$$Pa\ + \mathrm{Pr} =\ Gw\ +\ Gv\ +\ CC\ +\ Lv\ (exceso\ de\ agua)$$

En la tabla siguiente se muestran los resultados del cálculo del consumo de agua requerido para la formación de biogás (Gw) y el agua como vapor presente en el biogás (Gv).

Tabla 17. Cálculo de los consumos de agua y vapor de agua en el biogás

Año	Biogas emitido (Nm3/h) 50%	Biogas emitido (Nm3/año) 50%	Consumo de agua Gw (kg/año) (a)	Consumo de agua Gv (kg/año) (b)
2007	1.14	9,970.63	7,567.70	229.32
2008	2.14	18,754.51	14,234.67	431.35
2009	3.03	26,547.23	20,149.35	610.59
2010	3.83	33,512.16	25,435.73	770.78
2011	4.54	39,785.86	30,197.47	915.07
2012	5.19	45,482.57	34,521.27	1,046.10
2013	5.79	50,697.94	38,479.74	1,166.05
2014	6.34	55,512.18	42,133.74	1,276.78
2015	6.85	59,992.55	45,534.35	1,379.83
2016	7.33	64,195.12	48,724.09	1,476.49
2017	6.96	60,944.25	46,256.69	1,401.72
2018	6.06	53,095.46	40,299.45	1,221.20
2019	5.30	46,436.23	35,245.10	1,068.03

Año	Biogas emitido (Nm3/h) 50%	Biogas emitido (Nm3/año) 50%	Consumo de agua Gw (kg/año) (a)	Consumo de agua Gv (kg/año) (b)
2020	4.65	40,773.59	30,947.15	937.79
2021	4.10	35,946.66	27,283.51	826.77
2022	3.63	31,821.29	24,152.36	731.89
2023	3.23	28,285.58	21,468.76	650.57
2024	2.88	25,246.12	19,161.80	580.66
2025	2.58	22,624.90	17,172.30	520.37
2026	2.32	20,356.75	15,450.77	468.21
2027	2.10	18,387.18	13,955.87	422.91
2028	1.90	16,670.59	12,652.98	383.42
2029	1.73	15,168.79	11,513.11	348.88
2030	1.58	13,849.79	10,511.99	318.55
2031	1.45	12,686.74	9,629.24	291.80
2032	1.33	11,657.08	8,847.73	268.11
2033	1.23	10,741.85	8,153.06	247.06
2034	1.13	9,925.07	7,533.13	228.28
2035	1.05	9,193.27	6,977.69	211.45
2036	0.97	8,535.08	6,478.12	196.31
2037	0.91	7,940.85	6,027.10	182.64
2038	0.85	7,402.42	5,618.44	170.26
2039	0.79	6,912.86	5,246.86	159.00
2040	0.74	6,466.24	4,907.87	148.72
2041	0.69	6,057.51	4,597.65	139.32
2042	0.65	5,682.36	4,312.91	130.69
2043	0.61	5,337.06	4,050.83	122.75
2044	0.57	5,018.42	3,808.98	115.42
2045	0.54	4,723.68	3,585.27	108.64
2046	0.51	4,450.43	3,377.88	102.36
2047	0.48	4,196.59	3,185.21	96.52
2048	0.45	3,960.34	3,005.90	91.09

a) Calculado para un consumo unitario de agua = 0.759 Kg. Agua/m^3 gas

b) Calculado para una pérdida de agua como vapor en el gas= 0.023 Kg. Agua/m^3 gas

Fuente: Cálculos del estudio basado en la metodología de Tchobanoglous. 2014.

Como resultado del balance hídrico propuesto, se ha obtenido la siguiente generación de lixiviados en el botadero "Macón Sur".

Tabla 18. Producción de lixiviados en el botadero

Año	Infiltración (m3/a)	GW (m3/a)	GV (m3/a)	Lx m3/año
2019	8.64	35.25	1.07	-27.68
2020	8.64	30.95	0.94	-23.25
2021	8.64	27.28	0.83	-19.48
2022	8.64	24.15	0.73	-16.25
2023	8.64	21.47	0.65	-13.48
2024	8.64	19.16	0.58	-11.11
2025	8.64	17.17	0.52	-9.06
2026	8.64	15.45	0.47	-7.28
2027	8.64	13.96	0.42	-5.74
2028	8.64	12.65	0.38	-4.40
2029	8.64	11.51	0.35	-3.23
2030	8.64	10.51	0.32	-2.20
2031	8.64	9.63	0.29	-1.29
2032	8.64	8.85	0.27	-0.48
2033	8.64	8.15	0.25	0.23
2034	8.64	7.53	0.23	0.87
2035	8.64	6.98	0.21	1.45
2036	8.64	6.48	0.20	1.96
2037	8.64	6.03	0.18	2.43
2038	8.64	5.62	0.17	2.85
2039	8.64	5.25	0.16	3.23
2040	8.64	4.91	0.15	3.58
2041	8.64	4.60	0.14	3.90
2042	8.64	4.31	0.13	4.19
2043	8.64	4.05	0.12	4.46
2044	8.64	3.81	0.12	4.71
2045	8.64	3.59	0.11	4.94
2046	8.64	3.38	0.10	5.15
2047	8.64	3.19	0.10	5.35
2048	8.64	3.01	0.09	5.54

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

8.6 Resultados Alternativa 2

A continuación se muestran los cálculo llevados a cabo para determinar la generación de lixiviado en el botadero. A diferencia del cálculo de la infiltración en rellenos sanitarios, en el caso de los botaderos restaurados solo se estudia la generación de lixiviados en la situación final, una vez se ha construido la capa de sellado, puesto que el botadero deja de estar en operación.

8.6.1 Cálculo de la cantidad de agua que se infiltra a través de la capa de sellado

El cálculo de la cantidad de agua que se infiltra se realiza sobre la capa de sellado definitiva, que para el caso del botadero "Macón Sur" está compuesta por 0.60 m en material de arcilla, una capa de suelo orgánico de 20 cm y empradización sobre la superficie del relleno.

Cálculo de la escorrentía superficial, R

La escorrentía superficial corresponde a la fracción del agua lluvia que drena en forma superficial y que no se infiltra en el suelo, los residuos o la cobertura final. Para el cálculo de R se empleó la siguiente expresión:

$$R = Ce\ x\ P$$

Donde:

- R: Escorrentía superficial en mm
- Ce: Coeficiente de escorrentía superficial.
- P: Precipitación pluvial en mm.

Tabla 19. Coeficientes de escorrentía superficial para diferentes superficies, Ce

Uso Suelo / Pendiente	Textura del Suelo		
	Gruesa	Media	Fina
Bosque			
Plano (0-5% pnte)	0.1	0.3	0.4
Ondulado (6-10% pnte)	0.25	0.35	0.5
Escarpado (11-30% pnte)	0.3	0.5	0.6
Pastizales			
Plano (0-5% pnte)	0.1	0.3	0.4
Ondulado (6-10% pnte)	0.16	0.36	0.55
Escarpado (11-30% pnte)	0.22	0.42	0.6
Terrenos Cultivados			
Plano (0-5% pnte)	0.3	0.5	0.6
Ondulado (6-10% pnte)	0.4	0.6	0.7
Escarpado (11-30% pnte)	0.52	0.72	0.82

Fuente: Tchobanoglous. 1994.

Para la capa de sellado se ha asumido un valor de 0.36, correspondiente a un terreno de pastizal con pendientes entre el 6 y el 10 %.

Los cálculos de la escorrentía superficial se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 20. Cálculo de Escorrentía superficial

Parámetro	Escorrentía Superficial (R). mm												Anual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Precipitación	108.70	111.5	112.5	48.8	13.90	3.6	3.40	5.5	23.2	61.90	67.00	101.0	661.0
R (cob. final)	39.13	40.14	40.50	17.6	5.00	1.30	1.22	1.98	8.35	22.28	24.12	36.36	237.96

Cálculo de la infiltración, Pr

Para llevar a cabo el cálculo de la infiltración máxima a través de la capa de sellado es necesario conocer las propiedades del materia que la conforma y el espesor. Para el caso de la arcilla, se ha utilizado la metodología propuesta por Koerner (2005), la cual se basa en la ley de Darcy.

$$J = k_{CCL} \cdot i \cdot A = k \cdot \frac{\Delta H}{l} \cdot A$$

$$P_r = J = 1x10^{-09} \cdot \frac{0.8}{0.6} \cdot 3151 = 4.2x10^{-6}\ m^3/s = 0.36\ m^3/d$$

8.6.2 Cálculo de la generación de lixiviados

Como se indicó en apartados anteriores, el cálculo de la generación de lixiviados se basa en el siguiente balance hídrico.

$$Entrada\ de\ agua\ =\ Salidas\ de\ Agua\ +\ Agua\ almacenada$$

$$Pa\ + \mathrm{Pr} =\ Gw\ +\ Gv\ +\ CC\ +\ Lv\ (exceso\ de\ agua)$$

En la tabla siguiente se muestran los resultados del cálculo del consumo de agua requerido para la formación de biogás (Gw) y el agua como vapor presente en el biogás (Gv).

Tabla 21. Cálculo de los consumos de agua y vapor de agua en el biogás

Año	Biogas emitido (Nm3/h) 50%	Biogas emitido (Nm3/año) 50%	Consumo de agua Gw (kg/año) (a)	Consumo de agua Gv (kg/año) (b)
2007	1.14	9,970.63	7,567.70	229.32
2008	2.14	18,754.51	14,234.67	431.35
2009	3.03	26,547.23	20,149.35	610.59
2010	3.83	33,512.16	25,435.73	770.78
2011	4.54	39,785.86	30,197.47	915.07
2012	5.19	45,482.57	34,521.27	1,046.10
2013	5.79	50,697.94	38,479.74	1,166.05

Año	Biogas emitido (Nm3/h) 50%	Biogas emitido (Nm3/año) 50%	Consumo de agua Gw (kg/año) (a)	Consumo de agua Gv (kg/año) (b)
2014	6.34	55,512.18	42,133.74	1,276.78
2015	6.85	59,992.55	45,534.35	1,379.83
2016	7.33	64,195.12	48,724.09	1,476.49
2017	6.96	60,944.25	46,256.69	1,401.72
2018	6.06	53,095.46	40,299.45	1,221.20
2019	5.30	46,436.23	35,245.10	1,068.03
2020	4.65	40,773.59	30,947.15	937.79
2021	4.10	35,946.66	27,283.51	826.77
2022	3.63	31,821.29	24,152.36	731.89
2023	3.23	28,285.58	21,468.76	650.57
2024	2.88	25,246.12	19,161.80	580.66
2025	2.58	22,624.90	17,172.30	520.37
2026	2.32	20,356.75	15,450.77	468.21
2027	2.10	18,387.18	13,955.87	422.91
2028	1.90	16,670.59	12,652.98	383.42
2029	1.73	15,168.79	11,513.11	348.88
2030	1.58	13,849.79	10,511.99	318.55
2031	1.45	12,686.74	9,629.24	291.80
2032	1.33	11,657.08	8,847.73	268.11
2033	1.23	10,741.85	8,153.06	247.06
2034	1.13	9,925.07	7,533.13	228.28
2035	1.05	9,193.27	6,977.69	211.45
2036	0.97	8,535.08	6,478.12	196.31
2037	0.91	7,940.85	6,027.10	182.64
2038	0.85	7,402.42	5,618.44	170.26
2039	0.79	6,912.86	5,246.86	159.00
2040	0.74	6,466.24	4,907.87	148.72
2041	0.69	6,057.51	4,597.65	139.32
2042	0.65	5,682.36	4,312.91	130.69
2043	0.61	5,337.06	4,050.83	122.75
2044	0.57	5,018.42	3,808.98	115.42
2045	0.54	4,723.68	3,585.27	108.64
2046	0.51	4,450.43	3,377.88	102.36
2047	0.48	4,196.59	3,185.21	96.52
2048	0.45	3,960.34	3,005.90	91.09

a) Calculado para un consumo unitario de agua = 0.759 Kg. Agua/m^3 gas

b) Calculado para una pérdida de agua como vapor en el gas= 0.023 Kg. Agua/m^3 gas

Fuente: Cálculos del estudio basado en la metodología de Tchobanoglous. 2014.

Como resultado del balance hídrico propuesto, se ha obtenido la siguiente generación de lixiviados en el botadero “Macón Sur”.

Tabla 22. Producción de lixiviados en el botadero

Año	Infiltración (m3/a)	GW (m3/a)	GV (m3/a)	Lx m3/año
2019	44.3	32.35	0.98	10.95
2020	44.3	28.44	0.86	14.97
2021	44.3	25.11	0.76	18.41
2022	44.3	22.26	0.67	21.34
2023	44.3	19.81	0.60	23.86
2024	44.3	17.71	0.54	26.03
2025	44.3	15.89	0.48	27.90
2026	44.3	14.32	0.43	29.53
2027	44.3	12.95	0.39	30.94
2028	44.3	11.75	0.36	32.17
2029	44.3	10.71	0.32	33.25
2030	44.3	9.79	0.30	34.19
2031	44.3	8.97	0.27	35.03
2032	44.3	8.25	0.25	35.77
2033	44.3	7.61	0.23	36.43
2034	44.3	7.04	0.21	37.02
2035	44.3	6.53	0.20	37.55
2036	44.3	6.06	0.18	38.03
2037	44.3	5.64	0.17	38.46
2038	44.3	5.27	0.16	38.85
2039	44.3	4.92	0.15	39.21
2040	44.3	4.60	0.14	39.53
2041	44.3	4.32	0.13	39.83
2042	44.3	4.05	0.12	40.10
2043	44.3	3.81	0.12	40.36
2044	44.3	3.58	0.11	40.59
2045	44.3	3.37	0.10	40.80
2046	44.3	3.18	0.10	41.00
2047	44.3	3.00	0.09	41.19
2048	44.3	2.83	0.09	41.36

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

8.7 Dimensionado de la poza de lixiviados

Según los resultados obtenidos del estudio de generación de lixiviados para la Alternativa 1, se espera una generación de máxima de lixiviados de 1.17 m^3/año.

Para estimar el volumen de la poza de lixiviados, se ha utilizado la metodología propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario.

$$V = Q \cdot TR$$

Donde:

V: Volumen total de la poza. m3

Q: Caudal de lixiviados, m3/d

TR: Tiempo de retención hidráulica, en días.

Al igual que para el nuevo relleno sanitario, el tiempo de retención adoptado para diseño correspondió a 40 días, el cual corresponde a un periodo en el cual se puede atender una posible emergencia.

Según la metodología propuesta, la poza de lixiviados tendrá una capacidad de 0.42 m^3.

Dadas las condiciones particulares de emplazamiento del botadero, unido a que no existe impermeabilización del fondo ni las paredes de las celdas, podría ocurrir la entrada de agua lateral infiltrada en el terreno anexo al botadero.

Ello podría derivar en un incremento no predecible de la cantidad de lixiviado generado, por lo que la poza propuesta se ha dimensionado con una capacidad de 11.52 m^3 (poza de 4.4x4.4x3 m).

9 ESTUDIO DE ESTABILIDAD

9.1 Descripción de alternativas

9.1.1 Descripción de la capa de clausura Alternativa 1

La Alternativa 1 escogida para la recuperación del área degradada incluye la construcción de una capa de cobertura final de acuerdo a la configuración descrita a continuación (en sentido descendente):

- Cubierta de tierra vegetal de 20 cm de espesor.
- Cubierta de suelo tolerable de 30 cm de espesor.
- Capa drenante, para el drenaje de agua lluvia infiltrada. Capa drenante continua de un grosor mínimo de 20 cm constituida arenas o gravas con una permeabilidad superior o igual a 10^{-3} m/s.
- Capa de impermeabilización a base de geocompuesto de bentonita GCL con un coeficiente de permeabilidad inferior o igual a 10^{-9} m/s.

- Capa de regularización de espesor variable. La capa de regulación de espesor variable tiene el objetivo de proporcionar a la capa de clausura una pendiente mínima del 4%, la cual garantice la correcta evacuación del agua infiltrada y almacenada sobre la capa de sellado.
- Residuos.

9.1.2 Descripción de la capa de clausura Alternativa 2

La Alternativa 2 escogida para la recuperación del área degradada incluye la construcción de una capa de cobertura final de acuerdo a la configuración descrita a continuación (en sentido descendente):

- Cubierta de tierra vegetal de 20 cm de espesor.
- Cubierta de suelo tolerable de 30 cm de espesor.
- Capa drenante, para el drenaje de agua lluvia infiltrada. Capa drenante continua de un grosor mínimo de 20 cm constituida arenas o gravas con una permeabilidad superior o igual a 10^{-3} m/s.
- Capa de impermeabilización a base capa de arcilla de 0.60 m de espesor en material de arcilla con un coeficiente de permeabilidad inferior o igual a 10^{-9} m/s.
- Capa de regularización de espesor variable. La capa de regulación de espesor variable tiene el objetivo de proporcionar a la capa de clausura una pendiente mínima del 4%, la cual garantice la correcta evacuación del agua infiltrada y almacenada sobre la capa de sellado.
- Residuos.

9.2 Parámetros geotécnicos

Para llevar a cabo el estudio de estabilidad tanto de la masa de residuo como de la capa de sellado es necesario conocer los parámetros geotécnicos de los materiales que intervienen en el sistema.

En relación a los parámetros del suelo y del residuo, es necesario conocer su peso específico natural y sus parámetros resistentes tales como ángulo de rozamiento y cohesión. Los valores de caracterización del suelo de la cobertura adoptados son los siguientes:

9.2.1 Residuos

Los estudios de características mecánicas de los residuos no son comunes en la literatura disponible, y son aún más escasos para los casos de sitios de disposición final a nivel latino americano. Por todo ello, los parámetros mecánicos utilizados para la caracterización de los residuos han sido obtenidos a partir de la investigación desarrollada en el Relleno Sanitario Doña Juana de Bogotá Colombia en el año 1998-1999. El uso de dichos parámetros se justifica por ser los mismos que los utilizados en el proyecto de construcción del nuevo relleno sanitario de Oxapampa. En dicho estudio se midieron directamente los parámetros de resistencia del relleno para falla drenada a partir de ensayos triaxiales de gran formato

con medición de presión de poros y corte directo CD de diámetro 1.20m. Estas condiciones hacen que los parámetros sean altamente confiables pues no provienen de correlaciones sino de ensayos reales sobre residuos sólidos municipales.

Adicionalmente, los valores obtenidos han sido comparados con los valores típicos reportados en la bibliografía especializada y en otros proyectos desarrollados por el consultor, aportando mayor fiabilidad a los datos empleados.

El valor de cohesión empleado es de 12.58 kN/m^2 y ángulo de fricción interna 29.81°. La densidad es de 11.5 Kn/m^3.

9.2.2 Terreno Natural

Los valores necesarios para determinar las propiedades geotécnicas del terreno natural se han obtenido a partir de los resultados del estudio de suelos. El botadero se encuentra sobre la formación Condorsinga la cual se caracteriza por tener un grosor que varía entre 500 y 1500 m. Consiste de calizas en bancos regulares cuyo grosor varía comúnmente entre 0,2 y 1 m. Las lutitas son escasas. Los cherts están comunes en la parte inferior, donde pueden formar lechos continuos, o concreciones cuya frecuencia decrece cuando se sube en la secuencia. Las calizas comúnmente contienen oolitos y pellets cementados por micrita. Se cargan progresivamente de diminutos granos de cuarzo que pueden constituir hasta 20% de la roca cerca al tope de la formación. Los bioclastos son frecuentes y sus núcleos están formados por restos de crinoideos y pelecípodos. En algunas arenas de grano grueso frecuentes en la parte alta se nota estratificación oblicua y ondulaciones de olas. Estas descripciones son coincidentes con lo observado en las calicatas C-01 y C-02.

Se han adoptado las características del material muestreado en la calicata situada más próxima al botadero (C-2), adoptando un valor de cohesión de 19.12 KN/m^2 (0.195 kg/cm^2) y ángulo de fricción de 34^o.

9.2.3 Capa de sellado

1) Ángulo de rozamiento de la capa de regularización: se desconoce el valor de este ángulo de rozamiento al ser un material mezclado con el residuo. En consecuencia, para el caso de la alternativa 1, el anclaje de la lámina de bentonita con la capa de regularización se supone que resiste los esfuerzos necesarios. Para el caso de la alternativa 2, se estudiará la interfase regularización-arcilla con el ángulo correspondiente a la arcilla. Por norma general este valor es bajo y suele ser el más desfavorable.

2) Ángulo de rozamiento geotextil agujado-arena gruesa (alternativa 1): 28^o

Tabla 23. Tabla: valores de ángulo de rozamiento entre capas (UNE 104425:2001)

Φ °	ARCILLA	ARENA	GRAVA	GEOTEXTIL AGUJADO	GEOTEXTIL TERMOSOLDADO	PEAD RUGOSO	PEAD LISO	GEOCOMPUESTO IMPERMEABILIZANTE	RESIDUOS
ARCILLA	18								
ARENA	22	26							
GRAVA	24	30	35						
GEOTEXTIL AGUJADO	28	28	27	20					
GEOTEXTIL TERMOSOLDADO	23	21	21	20	17				
PEAD RUGOSO	21	24	35	27	21	30			
PEAD LISO	15	18	18	9	8	24	15		
GEOCOMPUESTO IMPERMEABILIZANTE	30	30	28	22	20	30	16	25	
RESIDUOS	30	30	32	25	19	30	12	25	35

Fuente: UNE 104425:2001

3) Ángulo de rozamiento de la arcilla (alternativa 2): este material deberá cumplir la función de barrera de igual modo que lo hace la lámina de bentonita de la alternativa 1. Su permeabilidad deberá ser baja y su composición homogénea para asegurar dicha permeabilidad. Un valor habitual del ángulo de rozamiento para arcillas puede situarse alrededor de los 22º [12]. Las siglas OC hacen referencia a una arcilla sobre consolidada correspondiente, en este caso, a la arcilla compactada de la capa de clausura.

4) Ángulo de rozamiento de la arena gruesa (alternativa 1 y 2): en el caso de la arena, deberá estar exenta de finos (o muy poca proporción) para poder realizar la función de dren de las capas superiores y evitar la acumulación de agua en dichas capas de modo que las tensiones efectivas en el suelo no se vean alteradas. Valores habituales de este tipo de material están entre 33º y 45º en función de su densidad relativa[13]. Dadas las características que deberá cumplir este material (arena sin finos), se supone que proviene de cantera y se asume que se compactará hasta situarse cerca de sus condiciones óptimas (densidad seca y humedad entre el 95% y el 100% del próctor modificado). En consecuencia, se asume que este material puede alcanzar fácilmente un valor de ángulo de rozamiento interno de 35º [14]. Este valor encaja dentro del rango citado anteriormente y es coherente con otros valores que pueden encontrarse en la bibliografía geotécnica (fuente: Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras (2002). Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera. España)

[12] Sarsby, R. W. (2000). Environmental Geotechnics. Tomas Telford Publishing
[13] Sarsby, R. W. (2000). Environmental Geotechnics. Tomas Telford Publishing
[14] Carter, M. and Bentley, S. (1991). Correlations of soil properties. Penetech Press Publishers, London

Tabla 24. Valores de ángulo de rozamiento habituales

Tipo de Suelo	Ø’ (º)
Arena uniforme, partículas redondeadas	28 (suelto) a 36 (denso)
Arena bien graduada, partículas angulares	33 (suelto) a 45 (denso)
Arena-grava	38 (suelto) a 55 (denso)
Limo	27 (suelto) a 36 (denso)
Arenoso – arcilloso	25 (NC) a 29 (OC)
Arcillo – limoso	20 (NC) a 25 (OC)
“Fatty” Clay	15 (NC) a 22 (OC)

Fuente: Equipo de Formulación (Adaptado Sarsby, R. W. (2000))

5) Capa de cobertura (alternativas 1 y 2): material de descapote extraído durante las labores de construcción del nuevo relleno y del movimiento de tierras para la conformación de la capa de clausura. Este material debe permitir almacenar el agua suficiente para el crecimiento de plantas pero al mismo tiempo debe drenar lo suficiente de modo que la cantidad de agua retenida no altere las tensiones efectivas en el terreno. En consecuencia, se considera apto el siguiente material según el informe de los resultados de laboratorio:

- C2-M1: suelo SM (arena limosa) con ángulo de rozamiento de 34º. El parámetro de la cohesión habitualmente tiene una gran dependencia de la humedad, el grado de compactación, cementación entre partículas, tipo de muestra, etc. Condiciones que no son constantes a lo largo del tiempo y en consecuencia, hacen aconsejable despreciar su valor (0.195 kg/cm2) para quedar del lado de la seguridad.

  En los informes de laboratorio no se indica la humedad de saturación de los ensayos, por lo que se ha supuesto que se ha obtenido con la muestra saturada. En caso contrario, los valores de cohesión y ángulo de rozamiento son difícilmente interpretables y probablemente incorrectos. De ser así, el valor que se ve más afectado por la realización de ensayos no saturados es el de la cohesión, por lo que despreciarla puede ayudar a reducir el error en la obtención de los parámetros pero en ningún caso los elimina.

6) El valor de peso específico para todos los materiales será de 19 kPa. Este valor es común para suelos y muy recurrente en la bibliografía existente (ejemplos: J.A. Jiménez Salas et al. Geotecnia y Cimientos, Tomo I (1981). Ed. Rueda; Sarsby, R. W. (2000). Environmental Geotechnics. Tomas Telford Publishing).

7) Pendiente y longitud del talud: la sección de cálculo más desfavorable es de 23º con un desarrollo del talud de 18 m.

9.3 Factor de seguridad

Los coeficientes de seguridad para la estabilidad de los botaderos serán los mismos que los empleados en casos de rellenos sanitarios. A falta de una normativa específica en materia de estabilidad de rellenos sanitarios, los coeficientes de seguridad mínimos recomendados en función de las consecuencias de una potencial inestabilidad y en situación estática, serán los propuestos en la normativa vigente española y europea[15,16].

Tabla 25. Coeficientes de seguridad para la estabilidad de los rellenos sanitario

	Tipo de Vertedero		
Riesgo	Inerte	No Peligroso	Peligroso
Bajo	1,3	1,4	1,5
Medio	1,4	1,5	1,6
Alto	1,5	1,6	1,8

Las situaciones de bajo riesgo son aquéllas en las que una potencial inestabilidad provocaría exclusivamente daños materiales sin consecuencias significativas ambientales ni para la seguridad de las personas. El botadero Cerro Las Tres Tetas se engloba dentro de este grupo, por lo que el coeficiente de seguridad a tomar en consideración será de **1,4.**

Aunque en un caso de análisis a corto plazo no es estrictamente necesario, se deberá tener en cuenta los criterios de sismicidad de acuerdo a los criterios de análisis incluidos en la Normativa Peruana en vigor. Además considerará los datos y criterios de referencia del Instituto Geográfico Nacional del Perú.

Se recomienda el empleo de las aceleraciones efectivas del sismo de diseño. Para el método de diseño pseudo-estático de taludes y muros, se recomienda un valor de 0.15 para el coeficiente lateral sísmico.

9.4 Estabilidad global

El Análisis de estabilidad 2D se ha realizado sobre la sección crítica del botadero según la geometría descrita en el punto siguiente. Dicha sección crítica se corresponde con el talud frontal y zona de máxima pendiente.

9.4.1 Metodología

Para la modelización de la estabilidad del botadero Macón Sur se ha empleado el software Slide 6.0. Este programa es un software disponible para el análisis de taludes y laderas en 2D. Tiene un CAD

[15] Normativa española: Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
[16] EU Landfill Directive 1999/31/EC

basado en una interfaz gráfica con una amplia variedad de modelos y tiene opciones de interpretación de datos que permiten realizar un análisis complejo y rápido.

Slide ofrece la posibilidad de utilizar todos los métodos estándar de equilibrio límite vertical para el análisis de estabilidad de taludes (Bishop simplificado, Corps of Engineers 1 y 2, Morgenstern-Price, Jambu simplificado, Jambu modificado, Lowe-Karafiath, Fellenius y Spencer).

De todos ellos se recomiendan los de Morgenstern-Price y el de Spencer, ya que tienen en cuenta dos factores de seguridad en las ecuaciones, uno con respecto al momento de equilibrio y otro con respecto a la fuerza horizontal de equilibrio.

El método de Spencer adopta una relación constante entre las fuerzas normales y tangenciales en las dovelas, de modo que a través de un proceso iterativo se van variando las fuerzas tangenciales y normales hasta que los dos factores de seguridad son el mismo. Encontrar el ratio tangente-normal que hace que los dos factores de seguridad sean el mismo, significa que tanto momentos como fuerzas de equilibrio cumplen las ecuaciones

El método de Morgenstern-Price es muy similar al de Spencer, pero además de la relación constante entre fuerzas normales y de tangenciales en las dovelas, permite otras relaciones: Constante, Semi-sinusoide, Clipped-sine, Trapezoidal, Especificando dato y punto.

Empleando la selección de método constante tendríamos las ecuaciones del método de Spencer. Como conclusión, y por lo expuesto anteriormente, se emplea el método de Morgenstern - Price ya que:

- Considera tanto fuerzas tangenciales como normales en las dovelas.
- Satisface tanto momentos como fuerzas de equilibrio.
- Permite una variedad de funciones de fuerza entre las dovelas.

En los resultados finales se presentan los cálculos para los tres métodos de tanteo (Janbu modificado, Spencer y Morgenstern - Price), que pueden dar valores superiores o inferiores de factor de seguridad, no obstante, el dato fiable es el del método Morgenstern-Price.

9.4.2 Parámetros geotécnicos

A continuación se muestran los valores de los parámetros utilizados tanto para la masa de residuo (Residuo), como para la superficie de soporte del depósito (Arena limosa con grava).

Tabla 26. Parámetros geotécnicos

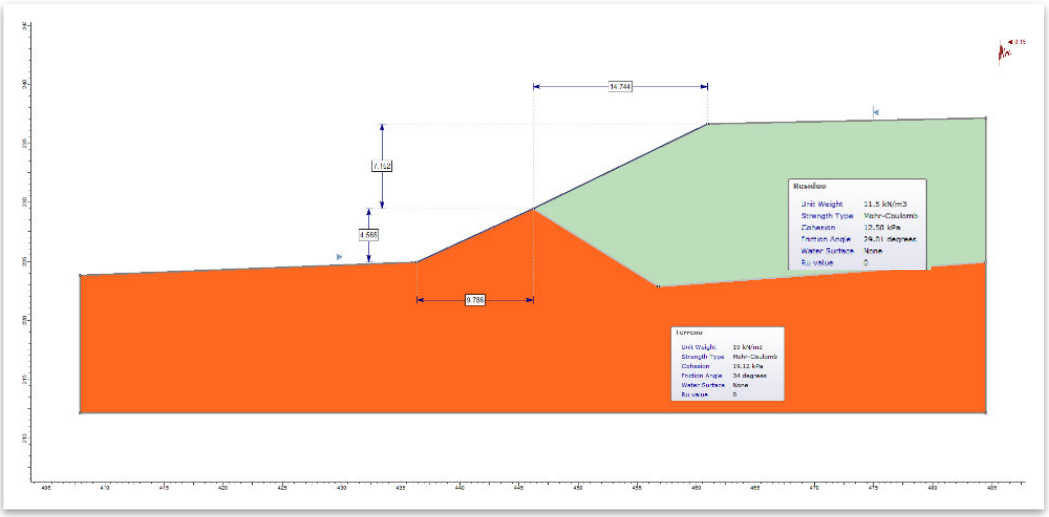
Material	Densidad “d(Kn/m3)”	Cohesión “c(KPa)”	Ángulo de rozamiento ”φ(º)”
Residuo	11.5	12.58	29.83
Terreno (suelo SM (arena limosa))	19	19.12	34

Fuente: Equipo de Formulación , 2015

9.4.3 Geometría

La geometría a continuación se corresponde a la geometría del talud con sección crítica del botadero.

Figura 24. Sección Crítica – Cálculo de estabilidad Slide 6.0



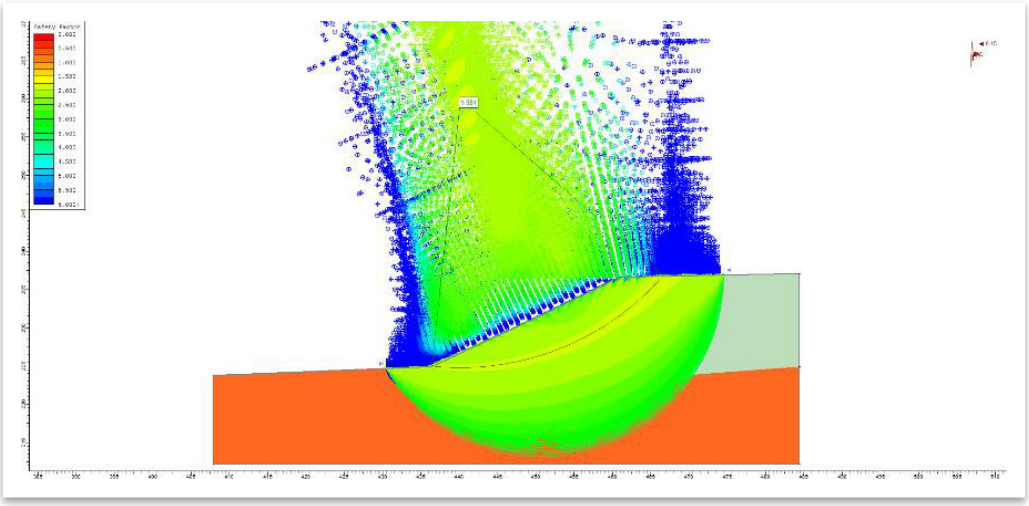
Fuente: Equipo de Formulación , 2015

9.4.4 Análisis de estabilidad

El Análisis de estabilidad se ha realizado sobre la sección crítica del botadero según la geometría descrita en el punto anterior.

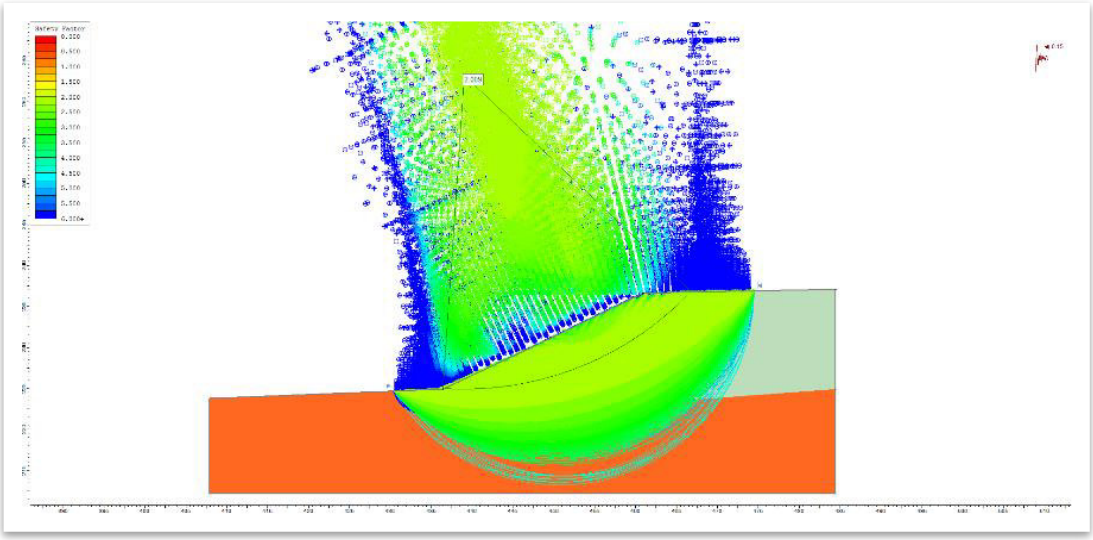
En las figuras siguientes se muestran los resultados obtenidos de las simulaciones para la sección crítica del botadero.

Figura 25. Resultados Simulación Modelo Jambu Corrected



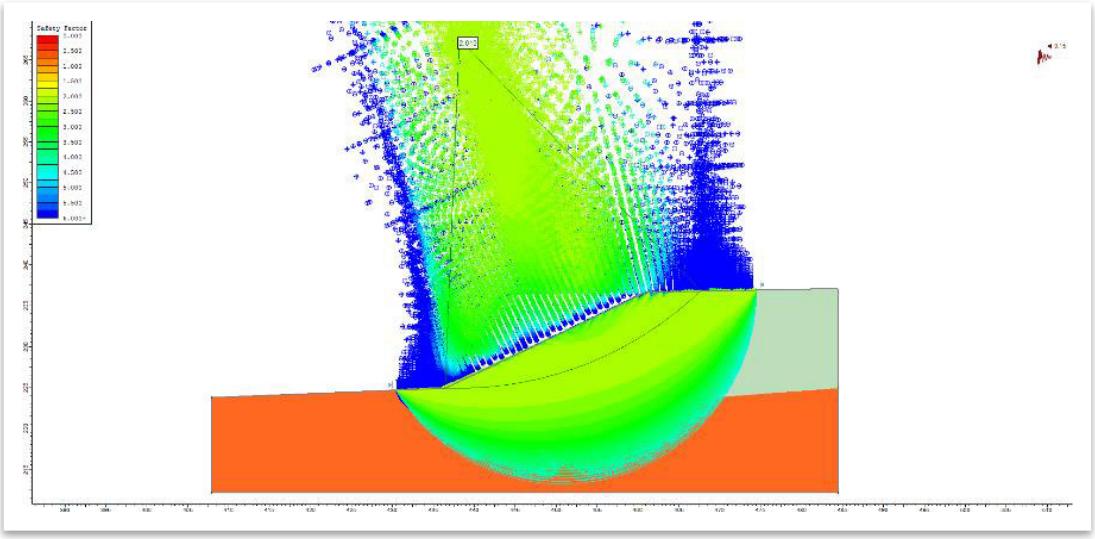
Fuente: Equipo de Formulación , 2015

Figura 26. Resultados Simulación Modelo Spencer



Fuente: Equipo de Formulación , 2015

Figura 27. Resultados Simulación Modelo Morgenstern-Price



Fuente: Equipo de Formulación , 2015

En la sección de cálculo analizada se observa que el factor mínimo de seguridad FS es de 1.984. El modelo utilizado para la simulación ha sido Jambu Corrected. Otros modelos también utilizados como Spencer o Morgenstern-Price reportan valores de FS superiores (2.009 y 2.010 respectivamente).

9.5 Estabilidad de la capa de sellado

9.5.1 Introducción

En el presente documento se muestra el análisis de la estabilidad de la capa de clausura del botadero Macón Sur. El cálculo de la estabilidad se ha realizado mediante un método analítico de equilibrio límite con distintas hipótesis de cálculo y geometría del talud.

El objetivo de este estudio es determinar el factor de seguridad (FS) de un talud genérico de modo que se pueda tener una guía para conocer la viabilidad o no de la morfología final de la capa de clausura. En los casos en los que el FS obtenido es inferior al valor de 1.4 establecido, se han determinado dos posibles soluciones basadas en la utilización de una geomalla de refuerzo o bien suponiendo la ejecución de un talud en forma de cuña.

La estructura del documento refleja el procedimiento empleado para determinar la estabilidad de la capa de clausura.

9.5.2 Antecedentes y datos de partida

El sistema de sellado consiste en distintas subcapas de materiales tipo suelo y geosintéticos. A continuación se describe el orden de las subcapas desde la base (masa de vertido) hasta la superficie (contacto con la atmósfera):

- Residuos
- Capa de regularización de espesor variable
- Capa de impermeabilización a base de compuestos sintéticos (GCL) o capa de arcilla compactada de 60 cm (CCL)
- Capa drenante, para el drenaje de agua lluvia infiltrada(20 cm)
- Tierra de cobertura similar a la presente en el entorno, de 50 cm de espesor

El sistema de capa de clausura descrito está previsto que sea paralelo a la masa del vertido y capa de regularización existente que hace de base, por lo que estudiar la estabilidad de la capa de clausura resulta imprescindible ya que es obligado adaptarse a la morfología existente.

9.5.3 Hipótesis

En este apartado se describe las hipótesis de partida y la base teórica del cálculo empleado para determinar la estabilidad del talud.

En primer lugar se justifica o se hacen hipótesis sobre la adopción de los distintos valores necesarios para el cálculo.

Por otro lado, los cálculos realizados están basados en la Norma UNE 104425:2001 "Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización de vertederos de residuos con láminas de polietileno de alta densidad (P.E.A.D)", que establece distintos tipos de cálculo basados en el artículo técnico "Analysis and design of Veneer Cover Soils (Koerner R. and Soong T. 1998 Sixth International Conference on Geosynthetics)".

Modo de rotura

Según se especifica en la norma UNE 104425:2001 es necesario estudiar la estabilidad de un talud teniendo en cuenta los siguientes aspectos (fuente: intermas geosynthetics):

a) Riesgo de pérdida de finos en la coronación del talud al golpear la geomembrana contra el terreno. En este caso se recurrirá al uso de un geotextil o geocompuesto.

b) Riesgo de deslizamiento del material que forma el talud. En este caso se realizará un cálculo de deslizamiento por círculos de Mohr, método de deslizamiento en bloques, etc.

c) Riesgo de deslizamiento, fundamentalmente en sellados, por pérdida de rozamiento entre las diferentes capas de geosintéticos y de contacto geosintético-suelo de cobertura.

En el presente documento se analizan los puntos b) y c) de manera conjunta adoptando la hipótesis de que tanto el suelo como los geosintéticos rompen por el mismo plano, que es la superficie de apoyo de la capa de clausura. Este aspecto se justifica por las siguientes hipótesis:

- El espesor de la capa de clausura es pequeño en comparación con el desarrollo del talud.
- Las roturas circulares de radio elevado que pasen por la base de la capa pueden asimilarse al caso de talud indefinido.
- Roturas circulares de radio pequeño o roturas superficiales se supone que la cobertura vegetal u otros efectos como la cohesión o la succión son suficiente para contenerlos tal y como sucede en la realidad.

9.5.4 Cálculos realizados

Según el artículo "*Analysis and design of Veneer Cover Soils (Koerner R. and Soong T. 1998 Sixth International Conference on Geosynthetics*)" al que hace referencia la norma *UNE 104425:200*, la metodología de cálculo se basa en un análisis en equilibrio límite de distintos casos aplicables al estudio de la estabilidad de una capa de clausura que contiene geosintéticos.

El factor de seguridad a alcanzar en el cálculo de estabilidad es de 1.4 según los siguientes métodos:

- (Caso 1) TALUD PARALELO INDEFINIDO: se trata del cálculo del factor de seguridad más conservador para el caso de superficie de deslizamiento paralela a la superficie. En caso de que el valor obtenido no sea el deseado (1.4), se procede al cálculo del caso 2.

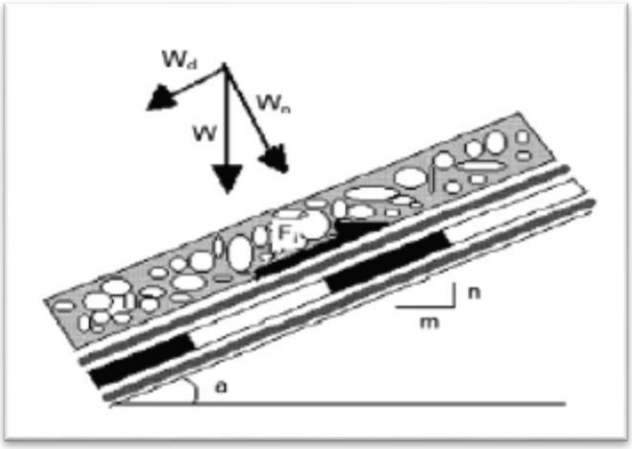
- (Caso 2) TALUD PARALELO DEFINIDO: consiste en el cálculo de un talud cuya rotura es por un plano paralelo a la superficie. En esta ocasión el talud viene definido por su longitud de desarrollo (L). A diferencia del caso 1, este cálculo tiene en cuenta los empujes activos y pasivos del suelo y permite considerar las características del talud, por lo que el cálculo se ajusta más a la realidad y es menos conservador.

A continuación se describe el desarrollo de cada uno de los casos:

Talud paralelo indefinido

Este caso contempla la estabilidad de un talud indefinido según se muestra en la siguiente figura.

Figura 28. Equilibrio en talud paralelo indefinido



Fuente: Koerner R. and Soong T. 1998

Tal y como se ha descrito en apartados anteriores, en el cálculo del equilibrio sólo interviene el ángulo de rozamiento más desfavorable de las distintas interfases y el ángulo de la pendiente del talud según se desprende del siguiente desarrollo:

En primer lugar se calcula la fuerza tangencial que resiste la interfase (F_i, criterio de rotura de Mohr-Coulomb). Debido a que la componente normal del peso (W_n) debe ser igual a la componente normal de la fuerza resultante que actúa en la base, se calcula multiplicándola por la tangente del ángulo de rozamiento en la interfase ($\emptyset_i$).

$$F_i = W_n \times \tan \emptyset_i = W \times cos\beta \times \tan \emptyset_i \quad (1)$$

En donde el ángulo (β) define la pendiente del talud.

Por otro lado, la resistencia que ofrece la interfase según la ec.1, debe ser igual a la componente del peso paralela al plano de deslizamiento (W_d).

$$W_d = W \times sen\beta \tag{2}$$

Finalmente, para que el sistema esté en equilibrio, el factor de seguridad debe ser superior o igual a la unidad y se calcula como el cociente entre las ecuaciones 1 y 2, de modo que se obtiene:

$$FS = \frac{F_i}{W_d} = \frac{W \times cos\beta \times \tan \emptyset_i}{W \times sen\beta} = \frac{\tan \emptyset_i}{tan\beta} \tag{3}$$

Según puede observarse en la ecuación 3, el resultado no depende del peso del terreno que tiene por encima y sólo lo hace del ángulo de la interfase. En consecuencia, cuanto mayor sea el FS deseado, para un ángulo $\emptyset_i$ determinado, menos verticales podrán ser los taludes a proyectar.

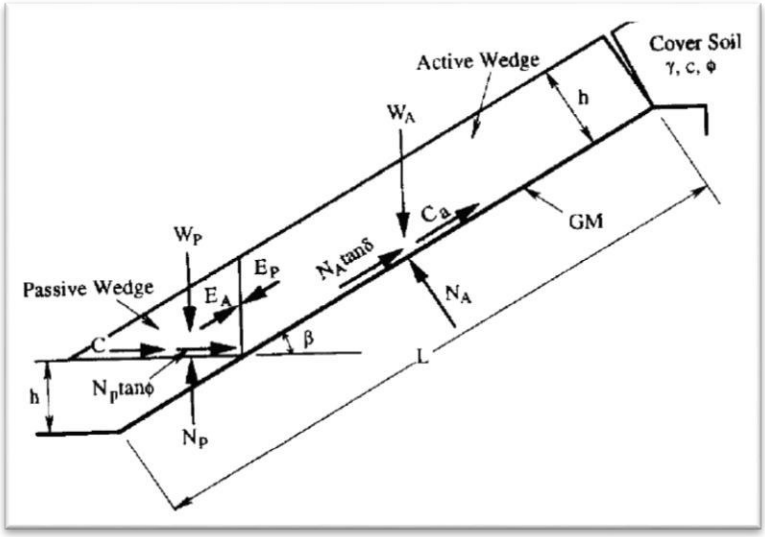
Los valores de este FS se muestran en el apartado de resultados para cada alternativa de la capa de clausura.

Talud paralelo definido

Este cálculo, y según indica la norma UNE 104425:200, puede efectuarse en las situaciones en las que el caso 1 no cumple con el FS objetivo deseado. Consiste en el cálculo de un talud paralelo a la base pero, en esta ocasión, el talud viene definido por su longitud de desarrollo (*L*). Considerando los empujes activos y pasivos del suelo se obtiene el FS. Si el valor del FS es menor a 1.4, se procede al cálculo de estabilidad con mallas de refuerzo.

El desarrollo de cálculo de este caso se basa en la obtención del equilibrio límite de la siguiente figura extraída del artículo técnico citado en este documento:

Figura 29. Equilibrio en talud paralelo definido



Fuente: Koerner R. and Soong T. 1998

En donde:

- γ,c,Ø : son el peso específico, la cohesión y el ángulo de rozamiento interno del suelo
- Active Wedge: cuña activa de rotura
- W_A: peso de la cuña activa de rotura
- N_A: componente normal del peso de la cuña activa
- C_A: fuerza a lo largo de la cuña activa debido a la adherencia
- δ: ángulo de rozamiento de la interfase
- E_P: empuje pasivo
- Passive Wedge: cuña pasiva de rotura
- E_A: empuje activo
- W_P: peso de la cuña pasiva de rotura
- C:fuerza resistente debido a la cohesión en la base de la cuña pasiva de rotura
- N_P: componente normal del peso de la cuña pasiva de rotura
- L : longitud de desarrollo del talud

Tal y como puede verse en la figura anterior, este método de cálculo tiene en cuenta el efecto del empuje pasivo y del empuje activo del talud.

En líneas generales, este cálculo parte de las siguientes hipótesis:

- Existe una grieta de rotura en la parte superior de la que se desprende la masa deslizante activa.

- No existe presión hidrostática, por lo que debe de asegurarse un correcto dimensionamiento del geodren y debe colocarse un material suficientemente drenante para evitar presiones de agua.

- No existe presión ejercida por el gas, por lo que debe de asegurarse un correcto dimensionamiento del dren inferior como capa de captación y drenaje del gas.

- El empuje pasivo que se genera en el pie de talud proporciona una fuerza estabilizadora, por lo que debe de asegurarse que este empuje pasivo se produce en la realidad.

- El empuje activo y pasivo actúan con la misma inclinación β del talud como corresponde a la teoría de Rankine para trasdós vertical. Esta hipótesis tiene sentido en tanto que no se contempla el vuelco de la masa de terreno en estado activo.

A partir de estas hipótesis, la masa deslizada se encuentra en estado activo y es parcialmente contenida por el rozamiento y la cuña de empuje pasivo.

La aparición del empuje pasivo se justifica por el área de terreno que se apoya sobre la superficie horizontal de la berma. El ángulo de rozamiento en esta interfase ofrece mejor resistencia al deslizamiento dado que se trata del ángulo de rozamiento interno del terreno ($\emptyset$) y no el ángulo de la interfase más desfavorable (δ).

A partir de estas hipótesis, las ecuaciones de equilibrio extraídas del artículo técnico citado en el documento se establecen de la siguiente manera:

Para la zona activa se tiene que:

$$W_A = \gamma h^2 \left(\frac{L}{h} - \frac{1}{sen\beta}\frac{tan\beta}{2}\right) \quad (4)$$

$$N_A = W_A cos\beta \quad (5)$$

$$C_A = c_a \left(L - \frac{h}{sen\beta}\right) \quad (6)$$

Y para la zona pasiva se tiene:

$$W_P = \frac{\gamma h^2}{sen(2\beta)} \quad (7)$$

$$N_A = W_P + E_P sen\beta \quad (8)$$

$$C = \frac{ch}{sen\beta} \quad (9)$$

A partir de este punto, se determina el equilibrio de fuerzas verticales para la zona activa y se obtiene el empuje activo mientras que el equilibrio de fuerzas horizontales para la zona pasiva resulta en el empuje pasivo.

$$E_A = \frac{(FS)(W_A - N_A cos\beta) - (N_A tan\delta + C_a)sen\beta}{sen\beta \times (FS)} \quad (10)$$

$$E_P = \frac{C + W_P tan\emptyset}{cos\beta(FS) - sen\beta tan\emptyset} \quad (11)$$

A partir de igualar 10 y 11 se obtiene una ecuación de segundo grado cuya incógnita es el FS (ec.12).

$$0 = a(FS)^2 + b(FS) + c \quad (12)$$

La resolución de la ec. anterior proporciona el factor de seguridad para este caso.

Otros valores de cálculo relevantes que no aparecen mencionados anteriormente han sido:

- γ(peso específico del terreno): 19.1 *kN/m*^{3}.
- h(potencia de la cobertura): 0.7 *m* en todos los casos.
- C: fuerza nula debido a la cohesión del suelo.
- Ca: fuerza nula debido a la adherencia.
- $Nivel\ freático$: no se ha considerado carga hidráulica en ninguno de los casos planteados. Se supone que el suelo y los geodrenes funcionan correctamente sin que se produzca presiones intersticiales.

9.5.5 Resultados ALTERNATIVA 1

En función de los parámetros definidos con anterioridad, la interfase más desfavorable es la capa de bentonita (geotextil agujado) en contacto con la arena gruesa (dren). El ángulo de rozamiento entre estas dos capas es de 28º y el menor del conjunto de capas. En consecuencia, si se asegura la estabilidad entre estas dos capas, queda asegurada la estabilidad entre el resto de capas.

Caso 1. Talud paralelo indefinido

ESTABILIDAD DE LA CAPA DE COBERTURA ALTERNATIVA 1 - TALUD INDEFINIDO

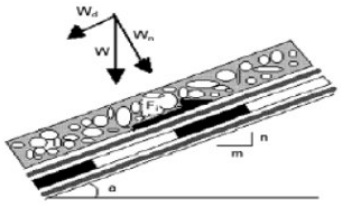
Proyecto:	Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos en el Botadero "Macón Sur"
Cliente:	Banco InterAmericano de Desarrollo (BID)
Metodología:	Koerner

Geometría del talud

Inclinación de la pendiente (ß)		23.0	°

Geotecnia

Densidad saturada (γ)		19.1	kN/m3
Angulo de fricción entre capas (δ)		28.0	°



Cálculos:

Factor de seguridad	1.25

$$FS = \frac{F_i}{W_d} = \frac{W \times cos\beta \times \tan \emptyset_i}{W \times sen\beta} = \frac{\tan \emptyset_i}{tan\beta}$$

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Tal y como se puede observar en la figura anterior, el valor del FS no alcanza el deseado de 1.4. Se procede a aplicar el caso de cálculo 2.

Caso 2. Talud paralelo definido

En este caso, la altura de tierras por encima del geotextil es de 0.7m y como ángulo de rozamiento representativo de las distintas capas se ha escogido el menor de ellos (34º). Escoger el menor de los valores siempre deja del lado de la seguridad al suponer que el conjunto de capas tiene la misma resistencia que la capa menos resistente. Como ángulo de interfase desfavorable se ha escogido el del contacto geotextil-arena gruesa (28º)

ESTABILIDAD DE LA CAPA DE COBERTURA ALTERNATIVA 1 - TALUD DEFINIDO

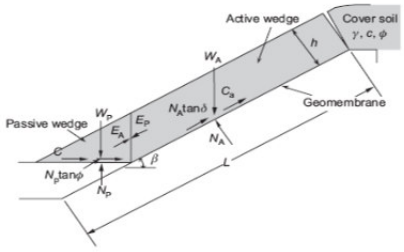
Proyecto:	Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos en el Botadero "Macón Sur"
Cliente:	Banco InterAmericano de Desarrollo (BID)
Metodología:	Koerner

Geometría del talud

Inclinación de la pendiente (ß)		23.0	°
Longitud (L)		18.0	m
Potencia de la cobertura (h)		0.7	m

Geotecnia

Densidad saturada (γ)		19.1	kN/m3
Angulo de rozamiento interna (Φ)		34.0	°
Angulo de fricción entre capas (δ)		28.0	°



Cálculos:

Wp	13.01054105	kN/m
Wa	214.7211377	kN/m
Na	197.6518494	kN/m
Ca	0	
c	0	
a	30.17566889	kN/m
b	-49.86751533	kN/m
c	10.82227854	kN/m

$$a = (W_A - N_A \cos\beta)\cos\beta$$
$$b = -[(W_A - N_A \cos\beta)\sin\beta \tan\phi + (N_A \tan\delta + C_a)\sin\beta\cos\beta + \sin\beta(C + W_P \tan\phi)]$$
$$c = (N_A \tan\delta + C_a)\sin^2\beta \tan\phi$$

$$W_A = \gamma h^2\left(\frac{L}{h} - \frac{1}{\sin\beta} - \frac{\tan\beta}{2}\right)$$
$$W_P = \frac{\gamma h^2}{\sin 2\beta}$$
$$N_A = W_A \cos\beta$$
$$C_a = c_a\left(L - \frac{h}{\sin\beta}\right)$$
$$C = \frac{ch}{\sin\beta}$$

Resultados

$$FS = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Factor de seguridad	1.40

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Los resultados del cálculo de estabilidad de la capa de clausura del talud crítico del botadero, de 23º, aporta un factor de seguridad de 1.4, por lo que lo consideramos estable y no es necesario implementar medidas adicionales de estabilización.

9.5.6 Resultados ALTERNATIVA 2

En función de los parámetros definidos con anterioridad, la interfase más desfavorable es la capa de arcilla en contacto con la capa de cobertura. El ángulo de rozamiento entre estas dos capas es de 22º y el menor del conjunto de capas. En consecuencia, si se asegura la estabilidad entre estas dos capas, queda asegurada la estabilidad entre el resto de capas.

Caso 1. Talud paralelo indefinido

ESTABILIDAD DE LA CAPA DE COBERTURA ALTERNATIVA 2 - TALUD INDEFINIDO

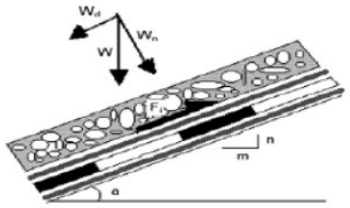
Proyecto:	Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos en el Botadero "Macón Sur"
Cliente:	Banco InterAmericano de Desarrollo (BID)
Metodología:	Koerner

Geometría del talud

Inclinación de la pendiente (ß)		23.0	°

Geotecnia

Densidad saturada (γ)		19.1	kN/m3
Angulo de fricción entre capas (δ)		22.0	°



Cálculos:

Factor de seguridad	0.95

$$FS = \frac{F_i}{W_d} = \frac{W \times cos\beta \times \tan \emptyset_i}{W \times sen\beta} = \frac{\tan \emptyset_i}{tan\beta}$$

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Tal y como se puede observar en la figura anterior, el valor del FS no alcanza el deseado de 1.4. Se procede a aplicar el caso de cálculo 2.

Caso 2. Talud paralelo definido

En este caso, la altura de tierras por encima de la capa de regularización es de 1.3 m y como ángulo de rozamiento representativo de las distintas capas se ha escogido el menor de ellos (22º) correspondiente a la arcilla. Escoger el menor de los valores siempre deja del lado de la seguridad al suponer que el conjunto de capas tiene la misma resistencia que la capa menos resistente. Como ángulo de interfase desfavorable se ha escogido el menor del contacto regularización-arcilla (22º).

ESTABILIDAD DE LA CAPA DE COBERTURA ALTERNATIVA 2 - TALUD DEFINIDO

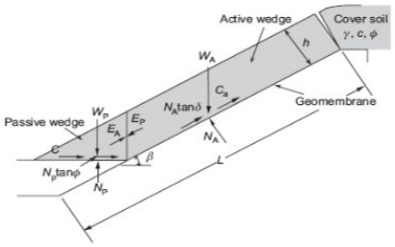
Proyecto:	Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos en el Botadero "Macón Sur"
Cliente:	Banco InterAmericano de Desarrollo (BID)
Metodología:	Koerner

Geometría del talud

Inclinación de la pendiente (ß)	23.0	°
Longitud (L)	18.0	m
Potencia de la cobertura (h)	1.3	m

Geotecnia

Densidad saturada (γ)	19.0	kN/m3
Angulo de rozamiento interna (Φ)	22.0	°
Angulo de fricción entre capas (δ)	22.0	°



Cálculos:

Wp	44.63815291	kN/m
Wa	355.605784	kN/m
Na	327.3368501	kN/m
Ca	0	
c	0	
a	49.97478361	kN/m
b	-63.18475852	kN/m
c	8.157743306	kN/m

$$a = (W_A - N_A\cos\beta)\cos\beta$$
$$b = -[(W_A - N_A\cos\beta)\sin\beta\tan\phi + (N_A\tan\delta + C_a)\sin\beta\cos\beta + \sin\beta(C + W_P\tan\phi)]$$
$$c = (N_A\tan\delta + C_a)\sin^2\beta\tan\phi$$

$$W_A = \gamma h^2\left(\frac{L}{h} - \frac{1}{\sin\beta} - \frac{\tan\beta}{2}\right)$$
$$W_P = \frac{\gamma h^2}{\sin 2\beta}$$
$$N_A = W_A\cos\beta$$
$$C_a = c_a\left(L - \frac{h}{\sin\beta}\right)$$
$$C = \frac{ch}{\sin\beta}$$

Resultados

$$FS = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Factor de seguridad	1.12

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Los resultados muestra un coeficiente de 1.12 de FS, por debajo de 1.4 de FS marcado como límite. Finalmente, para obtener 1.4 de FS el valor de la pendiente máxima tendría que ser de 17.8º o emplear geotextiles de refuerzo para garantizar la estabilidad de la capa de cobertura.

ESTABILIDAD DE LA CAPA DE COBERTURA ALTERNATIVA 2 - TALUD DEFINIDO

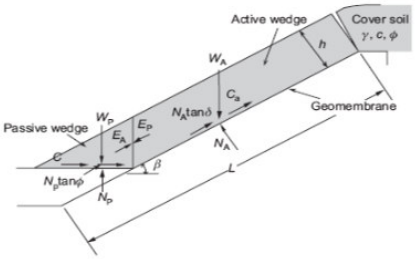
Proyecto:	Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos en el Botadero "Macón Sur"
Cliente:	Banco InterAmericano de Desarrollo (BID)
Metodología:	Koerner

Geometría del talud

Inclinación de la pendiente (ß)	19.0	°
Longitud (L)	18.0	m
Potencia de la cobertura (h)	1.3	m

Geotecnia

Densidad saturada (γ)	19.0	kN/m3
Angulo de rozamiento interna (Φ)	22.0	°
Angulo de fricción entre capas (δ)	22.0	°



Cálculos:

Wp	52.15528547	kN/m
Wa	340.4442377	kN/m
Na	321.8963507	kN/m
Ca	0	
c	0	
a	34.1192824	kN/m
b	-51.64178462	kN/m
c	5.569535824	kN/m

$$a = (W_A - N_A\cos\beta)\cos\beta$$
$$b = -[(W_A - N_A\cos\beta)\sin\beta\tan\phi + (N_A\tan\delta + C_a)\sin\beta\cos\beta + \sin\beta(C + W_P\tan\phi)]$$
$$c = (N_A\tan\delta + C_a)\sin^2\beta\tan\phi$$

$$W_A = \gamma h^2\left(\frac{L}{h} - \frac{1}{\sin\beta} - \frac{\tan\beta}{2}\right)$$
$$W_P = \frac{\gamma h^2}{\sin 2\beta}$$
$$N_A = W_A\cos\beta$$
$$C_a = c_a\left(L - \frac{h}{\sin\beta}\right)$$
$$C = \frac{ch}{\sin\beta}$$

Resultados

$$FS = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Factor de seguridad	1.40

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

10 ESTUDIO HIDROLÓGICO

El objetivo de este anejo es definir la red de canalización de aguas pluviales que permitan la evacuación efectiva de éstas a la capa de cobertura.

Para el diseño de los canales se subdivide la cuenca vertiente en función de la superficie a drenar por cada uno de los canales perimetrales que se proyectan y comprueban la capacidad de desagüe. El cálculo de los caudales máximos a desaguar por los canales se realiza mediante un método hidrometeorológico para un periodo de retorno de 25 años según las recomendaciones técnicas del “Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje”, Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2011).

Mediante este modelo de cálculo, se obtienen los caudales punta asociados a cada una de las sub-cuencas definidas en la zona del proyecto. (Ver plano de subcuencas). Dichos caudales se comparan con el caudal máximo en función de la naturaleza del material de la superficie del canal en cada uno de los canales o cunetas según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Los canales se dimensionan para el caudal más desfavorable.

10.1 Antecedentes

El proyecto de construcción del nuevo relleno de Yauyos incluye un estudio hidrológico de la zona de estudio. La metodología y el modelo de distribución que define la precipitación máxima en 24 horas en la zona de estudio es la misma.

- Estudio hidrológico e hidrogeológico para el proyecto “relleno sanitario de Yauyos” (2014)

10.2 Metodología

La metodología utilizada para determinar el caudal de cada una de las cuencas tributarias es la que ofrece el Método Racional Modificado, siguiendo las recomendaciones técnicas del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2011) y adaptado a las condiciones del área de estudio y disponibilidad de información meteorológica.

El Método Racional permite calcular el caudal Q de escorrentía superficial, para una lluvia de intensidad I que cae sobre una cuenca de superficie A. Esta precipitación comienza de manera instantánea, siendo constante durante un tiempo mínimo igual al tiempo de concentración de la cuenca Tc, que corresponde al tiempo que tarda en llegar al punto de desagüe una gota caída en el punto de la cuenca más distante de la anterior.

La expresión es:

$$Q = \frac{C * I * A}{3{,}6} * K$$

Dónde:

- Q , caudal (m3/s)
- I : Intensidad de lluvia (mm/h)
- C , coeficiente de escorrentía (adimensional)
- A , Àrea de la cuenca de aportación (km^2)
- K , coeficiente de uniformidad (adimensional)

10.2.1 Coeficiente de uniformidad (K)

La hipótesis de intensidad de lluvia limpia constante no es real y, en la práctica, es muy improbable que en toda la extensión de la cuenca se dé una distribución uniforme de lluvia durante un tiempo igual al tiempo de concentración.

El hecho de considerar esta variación espacial de la lluvia conlleva un aumento del caudal punta drenante de la cuenca. Consecuentemente, hay que aplicar a la expresión del Método Racional un coeficiente de mayoración (K) del caudal punta calculado para corregir el error mencionado.

Del análisis múltiple de lluvias en numerosas cuencas, Témez dedujo la siguiente fórmula para el cálculo del coeficiente de uniformidad::

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

Dónde:

- K , coeficiente de uniformidad (adimensional)
- TC , tiempo de concentración (h)

10.2.2 Tiempo de concentración (Tc)

Asumiendo las hipótesis del Método Racional, se considera que el valor de este parámetro equivale al tiempo que transcurre entre el comienzo de la lluvia y el instante en que se concentra el caudal máximo, es decir, el instante en que toda la cuenca contribuye a la escorrentía.

Para las cuencas de carácter natural se considera la expresión propuesta por Témez (1978):

$$T_c = 0{,}3 * \left(L/J^{0,25}\right)^{0,76}$$

Dónde:

- TC , tiempo de concentración (h)
- L , longitud del cauce principal (km)

- J , pendiente media de la cuenca principal (m/m)

10.2.3 Precipitación máxima diaria (Pd)

Debido a la falta de pluviógrafos en las estaciones próximas al ámbito de proyecto que permitan una determinación directa de las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se realizó un estudio con la base de registros de máximas precipitaciones diárias.

Los diversos procedimientos de estimación de la precipitación máxima probable no estan normalizados, ya que varían con la cantidad y calidad de los datos disponibles; además cambian con el tamaño de la cuenca, su emplazamiento y su topografía.

En este proyecto se ha empleado la distribución de Gumbel con la serie anual de máximos de la estación de Jauja, la cual cuenta con un registro desde 1996 hasta 2013.

Tabla 27. Precipitación Máxima en 24 h. Promedio de los Modelos de distribución Gumbel Extremal Type I y Log Pearson Tipo III

Periodo de Retorno (años)	PPM_{24H} (mm)
5	37.7
10	42.4
25	48.2
50	52.4
100	56.6
200	60.7

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Cabe resaltar que la precipitación máxima en 24 horas utilizada en la fórmula es afectada por 2 factores de corrección (por lectura y por área), obteniéndose de ésta manera la precipitación máxima de diseño para cada período de retorno. Por otra parte, para la duración D, se consideró un valor igual al tiempo de concentración, asunción válida para cuencas pequeñas según Villón (2002).

10.2.4 Intensidad de lluvia (I)

Basándose en los resultados anteriores y los tiempos de duración adoptados, la intensidad de la lluvia se calcula según:

$$I = \frac{P_d}{D}$$

Dónde:

- P = Precipitación total para la duración D (mm)
- I = Intensidad de la precipitación (mm/h)
- D = Duración de la lluvia o duración en exceso (horas)

La representación matemática de las curvas de Intensidad – Duración – Periodo de retorno según Bernard es:

$$I = \frac{a * T^b}{t^c}$$

Dónde:

- I = Intensidad de la precipitación (mm/h)
- t = Duración de la lluvia o duración en exceso (min)
- T = Período de retorno (años)
- a, b, c = parámetros de ajuste

10.2.5 Coeficiente de escorrentía (C)

Tabla 28. Coeficientes de escorrentía para la fórmula racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC

Para los presentes taludes se han tomado diferentes valores de escorrentía en función de la pendiente de estos. Según los valores de la tabla anterior, los coeficientes de escorrentia correspondientes a un suelo semipermeable, con cobertura vegetal tipo pastos, vegetación ligera y para las pendientes que nos encontramos (38.39%;43.47%;33.87%) en la microcuenca 1; (54.68%; 43.26%) en la microcuenca

2; (75%) en la microcuenca 3, (60.92%) en la microcuenca 4 y (41.17%) en la microcuenca 5, son los siguientes:

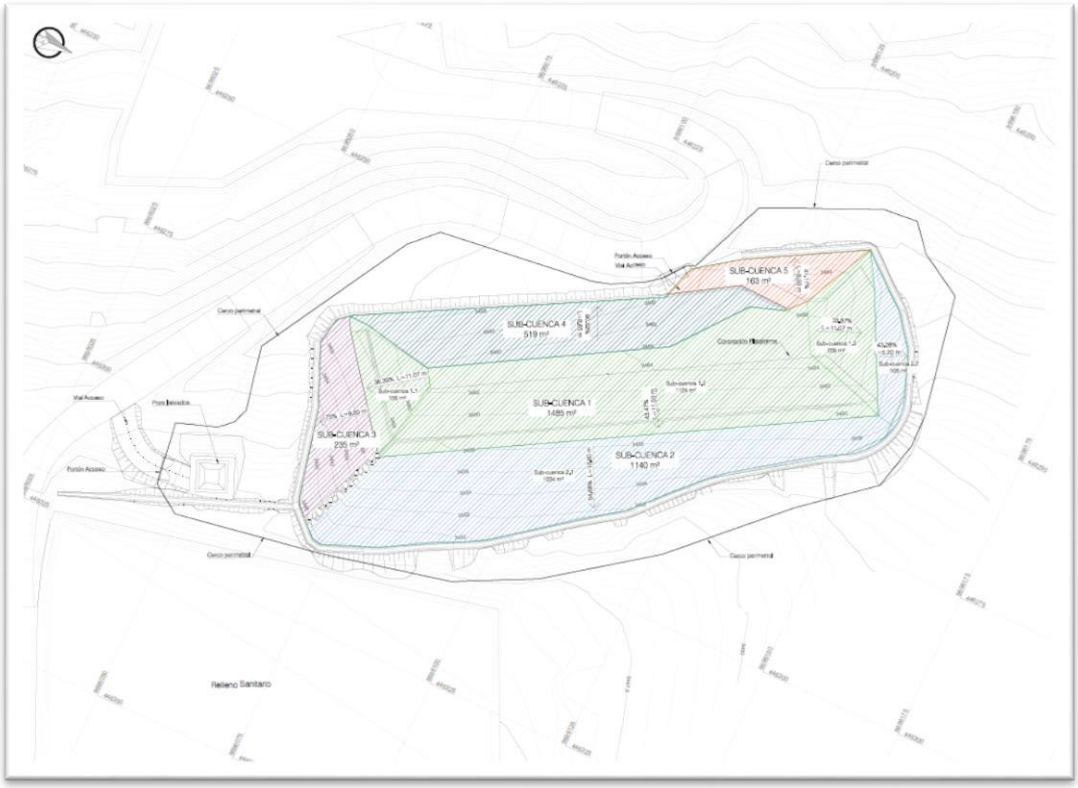
- $C_{iprom1=38,58\%} = 0,50$
- $C_{iprom2=48,97\%} = 0,50$
- $C_{i3=75\%} = 0,55$
- $C_{i4=60,92\ \%} = 0,55$
- $C_{i5=41,17\ \%} = 0,50$

Dados los valores considerados en el informe hidrológico para el relleno sanitario de la ciudad de Yauyos, y los valores anteriormente citados y obtenidos según las características del terreno objeto, se ha tomado un coeficiente de escorrentía global de 0,55 de tal forma que nos quedemos del lado de la seguridad.

10.2.6 Zonificación

La imagen a continuación muestra la zonificación del botadero empleada para definir las sub-cuencas de aportación, obteniendo su área, longitud de cauce y pendiente.

Figura 30. Zonificación sub cuencas



Fuente: Equipo de Formulación, 2015

10.3 Resultados

De la aplicación del método propuesto sobre las diferentes sub-cuencas que conforman la capa de cobertura del depósito, se ha obtenido el caudal máximo de avenida para el periodo de retorno de 25 años.

Las tablas a continuación muestran los resultados obtenidos para cada una de las sub-cuencas.

Microcuenca 1.1

Parámetros de la cuenca	
S: Área de la cuenca (km2)	0,0002
L: Longitud flujo principal (km)	0,0111
j: Pendiente media (m/m)	0,3839
Tc: Tiempo de concentración (h)	0,0117
	0,7044

$$Tc\ (h) = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

T (anys)	Pd (mm)	KA	P'd (mm)	I (mm/h)	C	K	Q (m3/s)	Q (l/s)	Qunit (m3/s/km2)
5	15,19	1	15,19	21,56	0,50	1,000	0,000	0,467	3,00
10	17,60	1	17,60	24,98	0,50	1,000	0,001	0,541	3,47
25	20,42	1	20,42	28,99	0,50	1,000	**0,0006**	**0,628**	**4,03**
50	22,38	1	22,38	31,77	0,50	1,000	0,001	0,688	4,41
100	24,23	1	24,23	34,40	0,50	1,000	0,001	0,746	4,78

Microcuenca 1.2

Parámetros de la cuenca	
S: Área de la cuenca (km2)	0,0011
L: Longitud flujo principal (km)	0,0115
j: Pendiente media (m/m)	0,4347
Tc: Tiempo de concentración (h)	0,0118
	0,7082

$$Tc\ (h) = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

T (anys)	Pd (mm)	KA	P'd (mm)	I (mm/h)	C	K	Q (m3/s)	Q (l/s)	Qunit (m3/s/km2)
5	15,21	1	15,21	21,47	0,50	1,000	0,003	3,353	2,98
10	17,62	1	17,62	24,88	0,50	1,000	0,004	3,886	3,46
25	20,45	1	20,45	28,87	0,50	1,000	**0,0045**	**4,508**	**4,01**
50	22,41	1	22,41	31,64	0,50	1,000	0,005	4,941	4,40
100	24,26	1	24,26	34,26	0,50	1,000	0,005	5,350	4,76

Microcuenca 1.3

Parámetros de la cuenca	
S: Área de la cuenca (km2)	0,0002
L: Longitud flujo principal (km)	0,0111
j: Pendiente media (m/m)	0,3387
Tc: Tiempo de concentración (h)	0,0120
	0,7214

$$Tc\ (h) = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

T (anys)	Pd (mm)	KA	P'd (mm)	I (mm/h)	C	K	Q (m3/s)	Q (l/s)	Qunit (m3/s/km2)
5	15,28	1	15,28	21,18	0,50	1,000	0,001	0,603	2,94
10	17,70	1	17,70	24,54	0,50	1,000	0,001	0,699	3,41
25	20,54	1	20,54	28,47	0,50	1,000	**0,0008**	**0,811**	**3,96**
50	22,51	1	22,51	31,21	0,50	1,000	0,001	0,889	4,34
100	24,38	1	24,38	33,79	0,50	1,000	0,001	0,962	4,69

Microcuenca 2.1

Parámetros de la cuenca	
S: Área de la cuenca (km2)	0,0010
L: Longitud flujo principal (km)	0,0128
j: Pendiente media (m/m)	0,5468
Tc: Tiempo de concentración (h)	0,0123
	0,7355

$$Tc\ (h) = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

T (anys)	Pd (mm)	KA	P'd (mm)	I (mm/h)	C	K	Q (m3/s)	Q (l/s)	Qunit (m3/s/km2)
5	15,35	1	15,35	20,87	0,50	1,000	0,003	2,999	2,90
10	17,79	1	17,79	24,19	0,50	1,000	0,003	3,475	3,36
25	20,64	1	20,64	28,06	0,50	1,000	**0,0040**	**4,032**	**3,90**
50	22,62	1	22,62	30,76	0,50	1,000	0,004	4,418	4,27
100	24,50	1	24,50	33,31	0,50	1,000	0,005	4,784	4,63

Microcuenca 2.2

Parámetros de la cuenca	
S: Área de la cuenca (km2)	0,0001
L: Longitud flujo principal (km)	0,0052
j: Pendiente media (m/m)	0,4326
Tc: Tiempo de concentración (h)	0,0065
	0,3878

$$Tc\ (h) = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

T (anys)	Pd (mm)	KA	P'd (mm)	I (mm/h)	C	K	Q (m3/s)	Q (l/s)	Qunit (m3/s/km2)
5	13,08	1	13,08	33,74	0,50	1,000	0,000	0,497	4,69
10	15,16	1	15,16	39,09	0,50	1,000	0,001	0,576	5,43
25	17,59	1	17,59	45,36	0,50	1,000	**0,0007**	**0,668**	**6,30**
50	19,28	1	19,28	49,71	0,50	1,000	0,001	0,732	6,90
100	20,87	1	20,87	53,83	0,50	1,000	0,001	0,793	7,48

Microcuenca 3

Parámetros de la cuenca

S: Área de la cuenca (km2)	0,0002
L: Longitud flujo principal (km)	0,0090
j: Pendiente media (m/m)	0,7500
Tc: Tiempo de concentración (h)	0,0088
	0,5300

$$Tc\ (h) = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

T (anys)	Pd (mm)	KA	P'd (mm)	I (mm/h)	C	K	Q (m3/s)	Q (l/s)	Qunit (m3/s/km2)
5	14,14	1	14,14	26,69	0,50	1,000	0,001	0,871	3,71
10	16,39	1	16,39	30,93	0,50	1,000	0,001	1,010	4,30
25	19,02	1	19,02	35,88	0,50	1,000	**0,0012**	**1,171**	**4,98**
50	20,84	1	20,84	39,33	0,50	1,000	0,001	1,284	5,46
100	22,57	1	22,57	42,59	0,50	1,000	0,001	1,390	5,92

Microcuenca 4

Parámetros de la cuenca

S: Área de la cuenca (km2)	0,0005
L: Longitud flujo principal (km)	0,0087
j: Pendiente media (m/m)	0,6092
Tc: Tiempo de concentración (h)	0,0089
	0,5349

$$Tc\ (h) = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

T (anys)	Pd (mm)	KA	P'd (mm)	I (mm/h)	C	K	Q (m3/s)	Q (l/s)	Qunit (m3/s/km2)
5	14,18	1	14,18	26,50	0,50	1,000	0,002	1,911	3,68
10	16,43	1	16,43	30,71	0,50	1,000	0,002	2,214	4,27
25	19,06	1	19,06	35,63	0,50	1,000	**0,0026**	**2,569**	**4,95**
50	20,89	1	20,89	39,05	0,50	1,000	0,003	2,815	5,42
100	22,62	1	22,62	42,29	0,50	1,000	0,003	3,049	5,87

Microcuenca 5

Parámetros de la cuenca

S: Área de la cuenca (km2)	0,0002
L: Longitud flujo principal (km)	0,0085
j: Pendiente media (m/m)	0,4117
Tc: Tiempo de concentración (h)	0,0095
	0,5687

$$Tc\ (h) = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

T (anys)	Pd (mm)	KA	P'd (mm)	I (mm/h)	C	K	Q (m3/s)	Q (l/s)	Qunit (m3/s/km2)
5	14,40	1	14,40	25,31	0,50	1,000	0,001	0,573	3,52
10	16,68	1	16,68	29,34	0,50	1,000	0,001	0,664	4,08
25	19,36	1	19,36	34,04	0,50	1,000	**0,0008**	**0,771**	**4,73**
50	21,21	1	21,21	37,30	0,50	1,000	0,001	0,845	5,18
100	22,97	1	22,97	40,39	0,50	1,000	0,001	0,915	5,61

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

10.4 Cálculo Infiltración

El valor máximo de agua de lluvia infiltrada en el talud se estima mediante la Ley de Darcy, a partir de la permeabilidad del suelo de cobertura.

Se trata de un método conservativo puesto que la permeabilidad del suelo de cobertura nos indica la màxima cantidad de agua que un suelo puede infiltrar.

$$Q = K \cdot I \cdot A$$

Dónde:

- Q = Q_{IN} = caudal de agua que atraviesa el suelo de cobertura (m^3/s)
- K = $K_{cobertura}$ = permeabilidad del suelo de cobertura (m/s)
- i = gradiente hidráulico = 1 (el flujo de infiltración es vertical y adimensional)
- A = Área = L_h * 1 (m^2)
- L_h = Proyección horizontal de la longitud del talud (m)

$$Q_{in} = K_{cobertura} \cdot i \cdot L_h \cdot 1$$

Considerando una permeabilidad del suelo de cobertura de 0,00001m/s (situación mas desfaforable – arena), se obtienen los siguientes caudales de infiltración para las cuencas anteriormente citadas:

- Q_{IN} (Microcuenca 1.1) = 0,0001107 m^3/s = 0,1107 l/s
- Q_{IN} (Microcuenca 1.2) = 0,000115 m^3/s = 0,115 l/s
- Q_{IN} (Microcuenca 1.3) = 0,0001107 m^3/s = 0,1107 l/s
- Q_{IN} (Microcuenca 2.1) = 0,000128 m^3/s = 0,128 l/s
- Q_{IN} (Microcuenca 2.2) = 0,000052 m^3/s = 0,052 l/s
- Q_{IN} (Microcuenca 3) = 0,00009 m^3/s = 0,09 l/s
- Q_{IN} (Microcuenca 4) = 0,0000865 m^3/s = 0,0865 l/s
- Q_{IN} (Microcuenca 5) = 0,000085 m^3/s = 0,085 l/s

11 DIMENSIONAMIENTO DE CUNETAS Y TUBO DREN

Una vez se ha determinado el caudal máximo a evacuar (Q) y el caudal de infiltración (Q_{IN}), se ha de delimitar la sección del canal (S) que asegure que la velocidad alcanzada por el agua esté comprendida dentro de un rango de valores admisibles para que no se produzcan problemas de erosión ni acomulación de sedimentos.

De este modo, los límites de velocidades serán los siguientes:

- Vmínima = 0,25 m/s (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC),

- Vmáxima = en función de la naturaleza del material de la superficie del canal

Para el diseño de las cunetas y el tubo dren a disponer, se ha considerado además que las cunetas a se encuentran en una zona en la que se considera importante el tratamiento de las aguas procedentes de escorrentía y que el mantenimiento en ellas no serà regular, requiriendo para su buen funcionamiento una sección mayor a la estríctamente necesaria y resultado de los métodos de cálculo.

11.1 Metodología

Para el dimensionamiento hidráulico de la sección de elementos lineales, donde la pérdida de energía es debida al rozamiento con cauces o conductos de paredes rugosas en régimen turbulento, el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, recomienda utilizar la fórmula de Manning-Strickler

Tabla 29. Límites de velocidad permitidos

Naturaleza de la superficie	V máx admisible (m/s)
Arena fina o limo	0.20-0.60
Arena arcillosa dura	0.60-0.90
Terreno parcialmente cubierto por vegetación	0.60-1.20
Arcilla, grava con cubierta vegetal	1.20-1.50
Hierba	1.20-1.80
Conglomerado, pizarras dura, rocas blandas	1.40-2.40
Mampostería, rocas duras	3.00-4.50
Hormigón	4.50-6.00

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

Las infraestructuras necesarias para la evacuación de las aguas de escorrentía de la superficie sellada del botadero son cuneta triangular en tierra de coronación para las subcuencas 1.1, 1.2 y 1.3; cuneta trapezoidal de piedra perimetral para las subcuencas 2.1, 2.2, 3 y 5; cuneta triangular en tierra de pie de talud para la subcuenca 4 y tubos dren para la recogida del agua procedente de la infiltración de agua en la totalidad del botadero.

Los cálculos hidráulicos se realizan considerando que los canales funcionan en régimen permanente y uniforme, con caudal constante en todo su trazado y con el tiempo. Además a cada tramo se le va a dar pendiente constante para evitar cambios de régimen o posibles alteraciones en la lámina libre de agua.

En esta situación, el diseño de la red de drenaje intenta asegurar un resguardo de capacidad hidráulica de la cuneta, considerando un calado máximo del 85% de la profundidad, y una velocidad máxima del agua perteneciente al intervalo 0.6 – 1.2 m / s, correspondiente al material constituyente de la cuneta triangular (terreno cubierto parcialmente por vegetación) y una velocidad máxima del agua perteneciente al intervalo 3.00 – 4.5 m / s, correspondiente a la cuneta triangular de piedra (asimilable a hormigón).Las

cunetas proyectadas se construirán con sección triangular (de tierra o de piedra) o trapezoidal (de piedra) según sean cuneta de coronación, cuneta pie de talud, cuneta perimetral y bajante respectivamente. El valor del número de Manning considerado por piedra hormigonada es de 0,02, y por tierras de 0,03.

La formulación a emplear para el cálculo de las dimensiones de los diferentes tramos será la siguiente:

$$Q = \frac{S}{n} * i^{1/2} * R_H^{2/3}$$

Dónde:

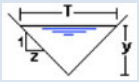
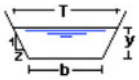
- *i*, pendiente del canal (m/m)
- *n*, coeficiente de rugosidad o número de Manning
- R_h, radio hidráulico de la sección (m)
- *S, sección mojada*

$$S = z * y^2$$

- y, calado del canal
- z, ángulo interno cuneta

El radio hidráulico viene determinado por la sección del canal, tal como se indica en la tabla a continuación.

Tabla 30. Sección genérica de una cuneta

Tipo de Sección	Área A (m2)	Perímetro Mojado P (m)	Radio Hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
Triangular 	$z \cdot y^2$	$2 \cdot y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{z \cdot y}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2 \cdot z \cdot y$
Trapezoidal 	$(b + z \cdot y) \cdot y$	$b + 2 \cdot y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b + z \cdot y) \cdot y}{b + 2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2 \cdot z \cdot y$
Circular	$\frac{(\theta - sen\theta) \cdot D^2}{8}$	$\frac{\theta \cdot D}{2}$	$\left(1 - \frac{sen\theta}{\theta}\right) \cdot \frac{D}{4}$	$\left(sen\frac{\theta}{d}\right) D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

De conformidad con lo anterior, las cunetas se dimensionan con capacidad suficiente para conducir los caudales para una lluvia de 25 años de periodo de retorno.

La cuneta C1 de coronación de la plataforma, va a ser diseñada para recoger las aguas de escorrentía de las sub-cuencas 1.1, 1.2 y 1.3, por lo que deberá ser capaz de admitir la carga hidráulica más desfavorable de la suma de las aguas de 1.2 y 1.3 o de las aguas de 1.1 para su pre dimensionamiento,

siendo finalmente la opción escogida para su comprobación hidráulica la suma de las aguas de las sub-cuencas 1.2 y 1.3, que como hemos visto en los cálculos realizados anteriormente es la alternativa que presenta un mayor caudal de aportación a dicha cuneta.

La cuneta C2 trapezoidal perimetral de piedra pegada, ubicada a lo largo de la gran totalidad del perímetro del botadero, excepto en el perímetro de la sub-cuenca 4, recogerá las aguas de las sub-cuencas 2.1; 2.2; 3;4; y 5, y la infiltración de las sub-cuencas 4 y 5, siendo la alternativa más desfavorable para su pre dimensionamiento y comprobación hidráulica la suma de la aportación de las tres sub-cuencas (2.1; 2.2 y 5) más el caudal de infiltración de 5.

Se ejecutará una cuneta C3 triangular en tierra perimetral de pie de talud, que recorre el perímetro de la sub-cuenca 4, recoge-conduce sus aguas de escorrentía y de su infiltración, hacia su evacuación del botadero.

La bajante C4, triangular en piedra, recoge las aguas de la sub-cuenca 1, con sus 3 sub-zonas.

El caudal de infiltración de las sub-cuencas 1.1 y 3 del botadero será recogido mediante un tubo dren D1, mientras que la infiltración de las sub-cuencas 1.2; 1.3; 2.1 y 2.2 serán recogidas a través de otro tubo dren D2, que recorrerá todo el flanco inferior del botadero.

Por último la cuneta C5 trapezoidal en piedra tras una arqueta de pluviales, tiene que ser capaz de acumular y conducir toda la escorrentía del botadero más toda la infiltración, extrayendo el agua definitivamente del mismo.

Las tablas a continuación muestran las características de la red de cunetas. Igualmente se especifica el caudal de diseño esperado en cada una de las estructuras según el estudio hidrológico anterior.

Tabla 31. Caracterización de la red de cunetas

Cuneta	Long (m)	h1 (m)	h2 (m)	Pnte media (%)	Q diseño (m3/sg)
C1	120.75	3462.813	3457.547	5.03	0,0053
C2	193.13	3462.740	3447.050	11.62	0,005585
C3	81.12	3465.746	3455.407	17.13	0,0026865
C4	20.16	3457.547	3447.103	32.42	0,0059
C5	39.58	3447.034	3445.404	4.16	0.0159779

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Tabla 8. Caracterización del tubo dren

Dren	Long (m)	h1 (m)	h2 (m)	Pnte media (%)	Q diseño (m3/sg)
D1	25.10	3454.621	3447.458	7.16	0.0002007
D2	122.09	3461.0.84	3447.458	10.72	0.0004057

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

11.2 Resultados

A partir de los datos anteriores y mediante el cálculo realizado con el programa HCANALES, desarrollado en la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica por Máximo Villón Béjar, se han dimensionado las cunetas y elementos necesarios para garantizar un buen drenaje superficial de la zona objeto del presente Proyecto de Recuperación de Áreas degradadas por resíduos en el Botadero de Yauyos.

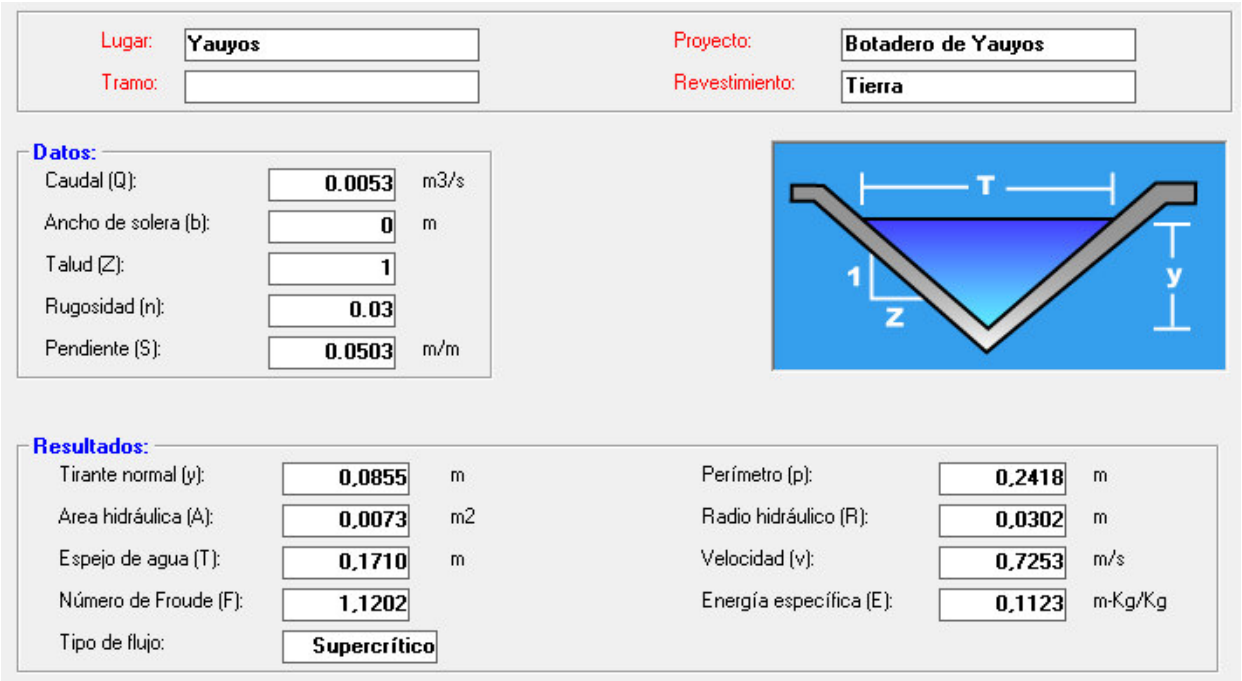
A partir de la aplicación de la metodología propuesta, se proponen la construcción de dos tipos de estructuras para la evacuación de aguas pluviales en la capa de cobertura.

- Cunetas en tierra de sección triangular en coronación de talud y de pie de talud.
- Cunetas en piedra de sección trapezoidal en prácticamente la totalidad del perímetro del botadero.
- Bajante triangular en piedra.
- Tubos dren de recogida de aguas de infiltración.

Las tablas siguientes muestran las características de diseño de las estructuras propuestas:

Tabla 9. Resultados de las cunetas triangulares y trapezoidales

Cuneta	Tipología	Material	Ancho Cuneta (m)	Alto (m)	Ancho base (m)	Talud (z)	Q d (m3/s)	Q max (m3/s)	V d (m/s)
C1	TRIANGULAR	Tierra	0,50	0,25	-	1	0,0053	0,0927	0,7253

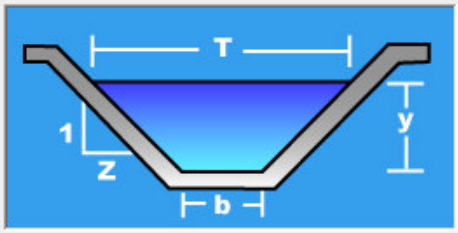


Cuneta	Tipología	Material	Ancho Cuneta (m)	Alto (m)	Ancho base (m)	Talud (z)	Q d (m3/s)	Q max (m3/s)	V d (m/s)
C2	TRAPEZOIDAL	Piedra	0,50	0,25	0.50	0.5	0,005585	2.4116	0,8887

Lugar: Yauyos
Proyecto: Botadero de Yauyos
Tramo:
Revestimiento: Piedra

Datos:

Caudal (Q):	0.005585	m3/s
Ancho de solera (b):	0.5	m
Talud (Z):	0.5	
Rugosidad (n):	0.02	
Pendiente (S):	0.1162	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0,0124	m	Perímetro (p):	0,5278	m
Area hidráulica (A):	0,0063	m2	Radio hidráulico (R):	0,0119	m
Espejo de agua (T):	0,5124	m	Velocidad (v):	0,8887	m/s
Número de Froude (F):	2,5623		Energía específica (E):	0,0527	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Cuneta	Tipología	Material	Ancho Cuneta (m)	Alto (m)	Ancho base (m)	Talud (z)	Q d (m3/s)	Q max (m3/s)	V d (m/s)
C3	TRIANGULAR	Tierra	0,50	0,25	-	1	0,0026865	0,1711	0.9690

Lugar: Yauyos
Proyecto: Botadero de Yauyos
Tramo:
Revestimiento: Tierra

Datos:

Caudal (Q):	0.0026865	m3/s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	1	
Rugosidad (n):	0.03	
Pendiente (S):	0.1713	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0,0527	m	Perímetro (p):	0,1489	m
Area hidráulica (A):	0,0028	m2	Radio hidráulico (R):	0,0186	m
Espejo de agua (T):	0,1053	m	Velocidad (v):	0,9690	m/s
Número de Froude (F):	1,9068		Energía específica (E):	0,1005	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Cuidado velocidad erosiva

Cuneta	Tipología	Material	Ancho Cuneta (m)	Alto (m)	Ancho base (m)	Talud (z)	Q d (m3/s)	Q max (m3/s)	V d (m/s)
C4	TRIANGULAR	Piedra	0,50	0,25	-	1	0,0059	0,3531	2,0311

Lugar: Yauyos
Proyecto: Botadero de Yauyos
Tramo:
Revestimiento: Piedra

Datos:

Caudal (Q):	0.0059	m3/s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	1	
Rugosidad (n):	0.02	
Pendiente (S):	0.3242	m/m

Resultados:

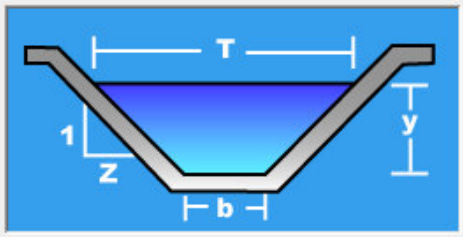
Tirante normal (y):	0,0539	m	Perímetro (p):	0,1524	m
Area hidráulica (A):	0,0029	m2	Radio hidráulico (R):	0,0191	m
Espejo de agua (T):	0,1078	m	Velocidad (v):	2,0311	m/s
Número de Froude (F):	3,9502		Energía específica (E):	0,2642	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Cuneta	Tipología	Material	Ancho Cuneta (m)	Alto (m)	Ancho base (m)	Talud (z)	Q d (m3/s)	Q max (m3/s)	V d (m/s)
C5	TRAPEZOIDAL	Piedra	0,50	0,25	0.50	0.5	0,0159779	1.4429	0,9629

Lugar: Yauyos
Proyecto: Botadero de Yauyos
Tramo:
Revestimiento: Piedra

Datos:

Caudal (Q):	0.0159779	m3/s
Ancho de solera (b):	0.5	m
Talud (Z):	0.5	
Rugosidad (n):	0.02	
Pendiente (S):	0.0416	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0,0322	m	Perímetro (p):	0,5719	m
Area hidráulica (A):	0,0166	m2	Radio hidráulico (R):	0,0290	m
Espejo de agua (T):	0,5322	m	Velocidad (v):	0,9629	m/s
Número de Froude (F):	1,7410		Energía específica (E):	0,0794	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Fuente: Equipo de Formulación, 2015

De los resultados obtenidos anteriormente para el dimensionamiento de las cunetas a disponer, se concluye que las cunetas de tierras definidas, cumplen con los criterios hidráulicos y que disponen de un margen de seguridad suficiente tanto para un eventual aumento de la pluviometria como para una

colmatación de la cuneta devido al déficit de mantenimiento. No obstante, se aconseja realizar un mantenimiento preventivo para garantizar su correcto funcionamiento en el tiempo. En la cuneta C3 el agua no sobrepasa la velocidad máxima admisible de 1,2 m/s, no obstante se puede proponer un revestimiento parcial de la cuneta, para prevenir ocasionales problemas de erosión. A pesar de ello, el funcionamiento integral del sistema de canalizaciones del agua superficial y de infiltración propuesto, está dimensionado para efectuar idóneamente la evacuación de dichas aguas del botadero.

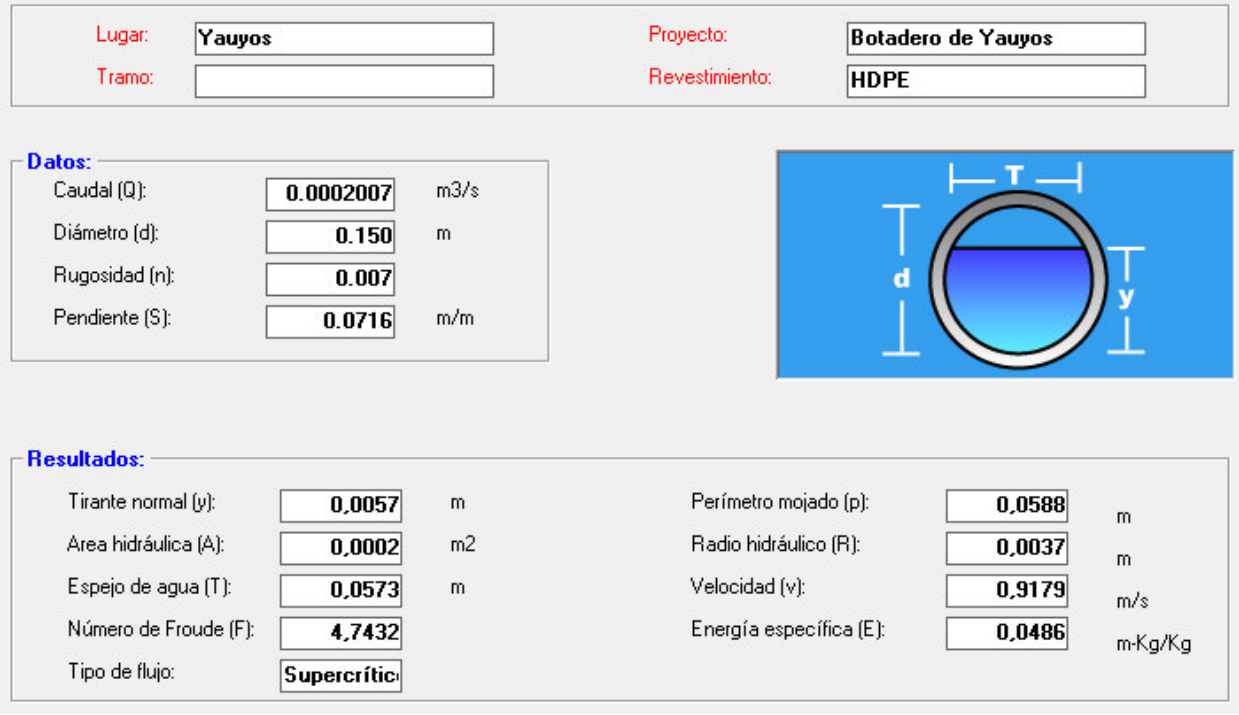
En lo que a la cuneta de piedra pegada se refiere, los resultados obtenidos denotan que la capacidad de dicha cuneta es suficiente y que en el caso de no realizar tareas de mantenimiento regularmente, su capacidad hidráulica se verá poco afectada.

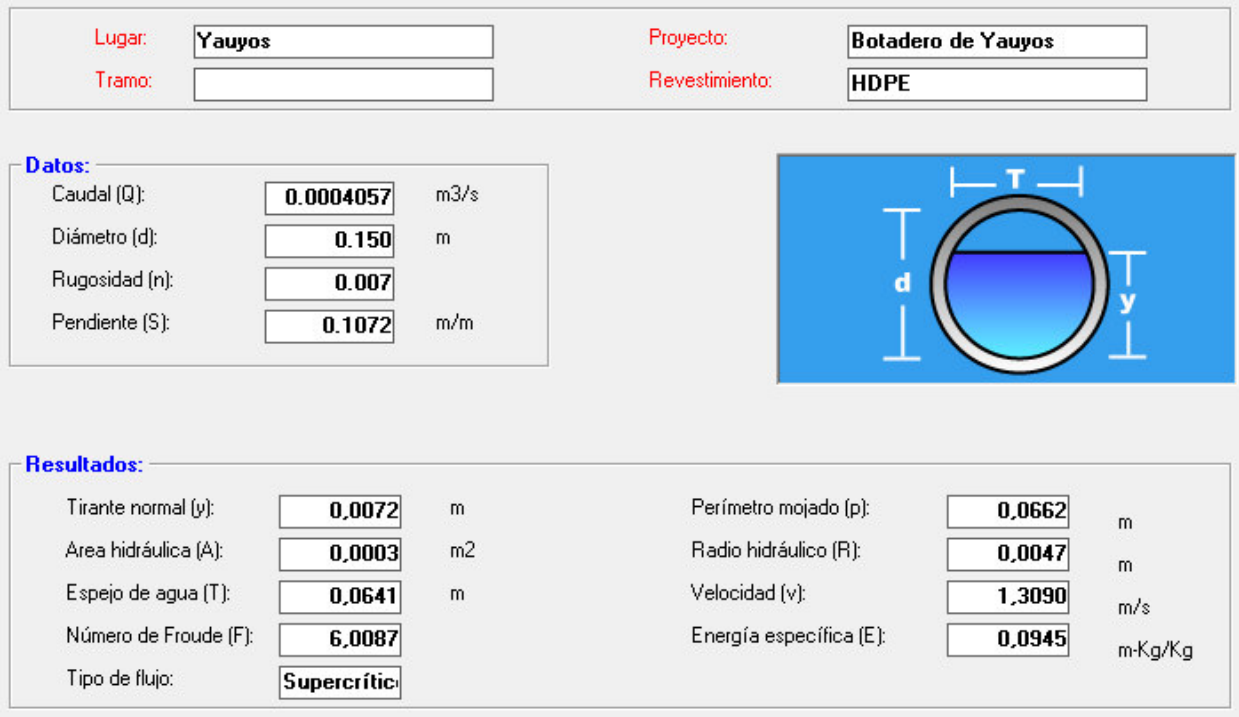
Según los cálculos realizados con el programa HCANALES, el régimen de dicha cuneta se considera supercrítico debido básicamente al calado de agua en la cuneta. No obstante, la velocidad del flujo del agua no se considera suficiente como para producir erosión en la cuneta ya que esta se encuentra recubierta de piedra.

Tabla 10. Caracterización del tubo dren de recogida del agua de infiltración

Cuneta	Tipología	Material	D (mm)	Q d (m3/s)	Q max (m3/s)	V d (m/s)
D1	Tubo dren	HDPE	150	0,0002007	0,0649	0,9179
D2	Tubo dren	HDPE	150	0.0004057	0.0925	1.3090

Fuente: Equipo de Formulación, 2015





Fuente: Equipo de Formulación, 2015

Las estructuras planteadas se complementan con estructuras adicionales que garantizan el correcto funcionamiento de la red.

12 BIBLIOGRAFÍA

- Augenstein, D. y Pacey, J. “Landfill Methane Models”. Presented at 29th SWANA International Solid Waste Conference, Cincinnati, 1991.
- Bagchi, A. “Design, construction & monitoring of sanitary landfill”. Willey Interscience. USA 1990
- Beaven, R.P., Powrie, W., Ficie and Kiriaki Zardava. “Hydrauli porperties of MSW”, in “Geotechnical characterization, field measurements and laboratory testing of MSW. Proceedings of the 2008 International Symposium on Waste Mechanics”. 2008.
- Brian A. Albrecht and Craig H. Benson (2001), Effect of desiccation on compacted natural clays. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 127(1), 67-75
- British Columbia Ministry of Environment (MOE), Landfill Criteria for Municipal Solid Waste, June 1993, Source: http://www.env.gov.bc.ca/epd/epdpa/mpp/lcmsw.html, last accessed March 25, 2009.
- Brookes, A. y D.A. Sear. (1996). “Geomorphical Principles for Restoring Channels”. En: A. Brookes y F.D. Shields (eds.), “River Channel Restoration: Guiding Principles for Sustainable Projects”:75-102. John Wiley and sons, Chichester, UK.
- Carter, M. and Bentley, S. (1991). Correlations of soil properties. Penetech Press Publishers, London.
- Christensen, T. H., & Kjeldsen, P. (1989). “Basic biochemical processes in landfills. IN: Sanitary Landfilling: Process, Technology, and Environmental Impact”. Academic Press, New York. 1989. p 29-49, 9 fig, 3 tab, 34 ref.
- Farquhar, G.J. (1989). “Leachate: Production and Characteristics”, Canadian Journal of Civil Engineering, 16: 317-325.
- Farquhar G. J., Rovers, F. A. “Gas production during refuse decomposition“. Water, Air, and Soil Pollution December 1973, Volume 2, Issue 4, pp 483-495.
- Giraldo E., "Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos", 1997.
- Ham, Robert K., and Morton A. Barlaz, "Measurement and Prediction of Landfill Gas Quality and Quantity" in Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impact“ ed. Chistensen, Thomas H., Cossu, Raffaello, and Stegmann, Rainer. (Academic Press, New York, 1989) p. 155-158
- Hillman, R.P., and Stark, T. D. 2001. Shear Strength Characteristics of Geomembrane/geosynthetic interfaces Geosynthetics international Vol 8 No.2.
- Hugins, M., and Harper, S. 1999. “Operational characteristics of two aerobic landfill systems”. Paper Presented at The Seventh International Waste Management and Landfill Symposium in Sardinia, Italy, on October 4, 1999.
- Jaramillo, J. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. OPS/CEPIS/PUB/02.93. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

- Keenan, J.D., Steiner, R. L. and Fungaroli, A.A. (1984). "Landfill Leachate Treatment", WCPF, 56(1): 33-39.
- Koerner, R.M., Quian X., and Gray, D.H. 2002. "Geotechnical Aspects of Landfill Design and Construction". Prentice Hall.
- Koener, R. M., Martin, J.P. and Koener, G. R. 1986 "Shear Strength Parameters Between Geomembranes and Cohesive Soils, "Journal of Geotextiles and Geomembranes, Vol 4 No. 1 pp 21-30.
- Koener, R. M. 2003. "Selected Papers on the Design Decision of Using Peak Versus Residual Shear Strengths" Geosynthetic Research Institute Report number 29.
- Koerner M.R. 2005. "Designing with Geosynthetics" 5th edition. Pearson Prentice Hall. New Jersey.
- Koerner R. M. and Soong T. 1998. "Analysis and design of Veneer Cover Soils" (Sixth International Conference on Geosynthetics)".
- "Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje", Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (2011).
- McBean, E.A., F.A. Rovers, and G.J. Farquhar. "Solid Waste Landfill Engineering and Design", New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- Norma UNE 104425:2001 "Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización de vertederos de residuos con láminas de polietileno de alta densidad(P.E.A.D)".
- Ramke, H.-G., 1991: Hydraulic Assessment and Calculation of Leachate Collection Systems of Sanitary Landfills - Water Balances, Hydraulic Characteristics and Methods of Calculation - Ph.D. thesis (Hydraulische Beurteilung und Dimensionierung der Basisentwässerung von Deponien fester Siedlungsabfälle - Wasserhaushalt, hydraulische Kennwerte, Berechnungsverfahren – Dissertation), Mitteilungen aus dem Leichtweiss-Institut für Wasserbau, Heft 114 Technische Universität Braunschweig.
- Ramke, H.-G., 2008: Leachate Collection Systems in: Witt, K. J.; Ramke, H.-G.; Telekes, G., Imre, E., 2008: 1st Middle European Conference on Landfill Technology International Conference, organised by the Technical Committee on Geotechnics of Landfills in the DGGT and the Hungarian National Committee of the SSMGE, Budapest, February 6- 8, 2008.
- Reinhart, D.R., and B. Al-Yousfi. "The Impact of Leachate Recirculation on Municipal Solid Waste Landfill Operating Characteristics". Waste Management & Research 14 (1996): p. 337-346.
- Rendra, S. 2007. Comparative study of biodegradation of municipal solid waste in simulated aerobic and anaerobic bioreactors landfills. UOttawa.
- Sarsby, R. W. (2000). Environmental Geotechnics. Tomas Telford Publishing
- TÉMEZ, J. R. (1987). "Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas y medianas cuencas naturales". Dirección General de Carreteras, Tecnología carreteras, MOPT, Madrid.

- Tchobanoglous, G.; Theisen, H.; Vigil, S., “Integrated Solid Waste Management” Mc Graw – Hill, 1996.
- United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC/CCNUCC. “Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site, Version 04“. 2008.
- Vaid, Y.P. and Rinne, N., 1995, “Geomembrane Coefficients of Interface Friction”, Geosynthetics International, Vol. 2, No. 1. Pp 309-325.
- Vaquero Díaz, Iván. “Manual de diseño y construcción de vertedero de residuos sólidos urbanos”. U.D. Proyectos. E.T.S.I. Minas UPM. Madrid, 2004.
- Villón Bejar, Máximo, “HIDROLOGIA”, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Agrícola, Lima, Perú, 2002.
- Zekkos, D. Geotechnical Characterization, Field Measurement and Laboratory Testing of Municipal Solid Waste. Proceedings of the 2008 International Symposium on Waste Mechanics. ASCE 2008.