



## **PLAN NACIONAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS 2017-2027**

### **Reformulación del Relleno Sanitario Cerro Patacón**

#### **Hito 1.6.4.10**

31/07/17

### HOJA DE CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN

Título del documento				
Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón (hito 1.6.4.10).				
Código	Fecha	Clasificación		
160092	31/07/2017	Público	Restringido interno	Restringido cliente
Edición	Realizado por	(firma)		
2.0	INECO			
Tipo de documento	Revisado por	(firma)		
Documento técnico X	INECO			
Presentación				
Oferta/Propuesta/Informe				
Otros				
Estado	Aprobado por	(firma)		
Borrador				
Documento final X	INECO			
Nombre del fichero	20170731 -E 1.6.4.10 -Reformulacion_V3.pdf			
Ruta en archivo				
Estructura organizativa	Gerencia de Medio Ambiente y Territorio, Subdirección de Política, Planificación y Medio Ambiente, Dirección de Consultoría y Medio Ambiente, Dirección de Ingeniería y Servicios.			
Palabras clave	Cerro Patacón, AAUD, contaminantes, piezómetro, lixiviado, acuíferos, viales, muestra orgánica, muestra térmica, talud, inestabilidad, explotación, berma, cuneta, maquinaria, residuo, tratamiento mecánico, tratamiento biológico, rechazo, alternativa, vida útil.			
Resumen del contenido				
<p>Versión 2 del documento "Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón" (hito 1.6.4.10, entregado el 28/06/2017), incorporando los cambios derivados de la revisión de AAUD (Informe de Revisión de AAUD del 19/07/2017).</p> <p>El relleno sanitario se considera una pieza clave en la gestión de los residuos en Panamá. Por ello, y después de analizar su situación ambiental en el trabajo complementario "Diagnóstico del Relleno Sanitario de Cerro Patacón" se elaboran una propuestas de actuación inmediata para revertir la situación detectada y hacer viable el vertido de residuos en el relleno sanitario. Además, y en base a la vida útil del relleno sanitario, se proponen una serie de instalaciones para la integración del relleno sanitario dentro del Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos.</p>				

## Índice

<b>0</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>DIAGNOSTICO DEL RELLENO SANITARIO DE CERRO PATACÓN .....</b>	<b>15</b>
2.1	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	15
2.2	DIAGNÓSTICO TÉCNICO.....	20
2.2.1	Descripción del PTF vigente de 2008 .....	20
2.2.2	Análisis técnico de situación actual.....	22
2.2.3	Dictamen técnico y conclusiones .....	23
2.3	DIAGNÓSTICO DE GESTIÓN .....	26
2.4	DIAGNOSTICO DE OPERACIÓN ACTUAL (ABRIL 2017).....	31
2.4.1	Operatividad del relleno actual.....	31
2.5	TRABAJO DE CAMPO .....	38
2.5.1	Residuos que ingresan en el relleno sanitario de cerro patacón.....	38
2.5.2	Análisis de aguas subterráneas y superficiales .....	47
<b>3</b>	<b>PROGRAMA DE NECESIDADES.....</b>	<b>54</b>
3.1	PROGRAMA DE NECESIDADES AMBIENTAL.....	54
3.2	PROGRAMA DE NECESIDADES TÉCNICAS .....	59
3.3	PROGRAMA DE NECESIDADES DE GESTIÓN .....	62
<b>4</b>	<b>ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE DESARROLLO.....</b>	<b>64</b>
4.1	VIDA UTIL DEL ESPACIO DE DISPOSICIÓN FINAL .....	64
4.2	IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO.....	65
4.2.1	Tratamiento biológico de compostaje (TBC).....	66
4.2.2	Tratamiento biológico de Biometanización (TBB).....	68
4.2.3	Tratamiento mecánico biológico (TMB).....	70
4.2.4	Incineración.....	72
4.2.5	Pirólisis .....	73

4.2.6	Gasificación .....	74
4.2.7	Fabricación de CSR (Combustible Sólido Recuperado) .....	74
4.3	JUSTIFICACION DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVA VIABLE.....	75
4.3.1	Balance de Masas y diagrama de flujo de alternativas.....	77
4.3.2	Metodología de análisis de alternativas. Selección de la alternativa óptima.....	85
<b>5</b>	<b>DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA .....</b>	<b>89</b>
5.1	PLANES DE ACCIÓN INMEDIATA.....	89
5.1.1	Plan para la Optimización de la Estabilidad del relleno sanitario (P.O.E) .....	89
5.1.2	Plan de Optimización del manejo de Lixiviados (P.O.L) .....	101
5.1.3	Plan de actuación para la Optimización del manejo de Biogás (P.O.B.) .....	116
5.1.4	Plan de Acción en Operación (P.A.O.).....	116
5.1.5	Programa de extinción de incendios.....	153
5.2	DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DE GESTIÓN DE RESIDUOS. INSTALACIONES .....	155
5.2.1	Desarrollo de la solución seleccionada para tratamiento de residuos.....	155
5.3	PLAN DE ACCION .....	162
5.3.1	Fases del plan de acción.....	162
5.4	CRONOGRAMA .....	164
5.5	PROGRAMA DE NECESIDADES.....	167
5.5.1	Necesidades sobre el estado operacional del relleno sanitario.....	167
5.5.2	Necesidades sobre el estado operacional del relleno sanitario. ....	168
5.5.3	Necesidades de explotación.....	170
5.5.4	Necesidades de recursos humanos.....	170
5.5.5	Necesidades de superficie.....	172
<b>6</b>	<b>VALORACIÓN ECONÓMICA INVERSIONES EN EL RELLENO SANITARIO.....</b>	<b>172</b>
6.1	VALORACIÓN ECONÓMICA ACCIONES URGENTES DEL RELLENO SANITARIO.....	174
6.1.1	Vaso Etapa I.....	174
6.1.2	Vaso Etapa II y III Norte.....	181
6.2	RESUMEN DE PRESUPUESTO ACCIONES URGENTES ETAPA I, ETAPA II Y ETAPA III NORTE .....	188
6.2.1	Resumen de actuaciones urgentes en Etapa I .....	188
6.2.2	Resumen de actuaciones urgentes en Etapa II y Etapa III Norte .....	188
<b>7</b>	<b>ACONDICIONAMIENTO DE ACCESOS Y VIALES. ....</b>	<b>189</b>

<b>8</b>	<b>DOCUMENTACION DE APOYO A LOS PLIEGOS DE LICITACION.....</b>	<b>193</b>
8.1	PLANTAS DE TRANSFERENCIA .....	193
8.1.1	Prestaciones técnicas y tecnológicas .....	193
8.1.2	Capacidad, número y ubicación .....	193
8.2	PLANTAS DE TRATAMIENTO MECANICO BIOLÓGICO Y PLANTAS DE VOLUMINOSOS.....	194
8.2.1	Prestaciones técnicas y tecnológicas .....	194
8.2.2	Instalaciones de tratamiento mecánico.....	196
8.2.3	Instalaciones de tratamiento biológico.....	197
8.3	CENTROS DE TRATAMIENTO Y CLASIFICACIÓN DE VOLUMINOSOS.....	198
8.4	CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS DOMÉSTICOS .	199
8.4.1	Capacidad, número y ubicación .....	201
8.4.2	Otras consideraciones.....	202
ANEJO 1:	PLANOS.	
ANEJO 2:	CÁLCULO DE ESTABILIDAD	
ANEJO 3:	CÁLCULO DE LIXIVIACIÓN.	
ANEJO 4.	INFORME ANALÍTICAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES DEL RELLENO SANITARIO DE CERRO PATACÓN.	
ANEJO 5:	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS CARACTERIZADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE CERRO PATACÓN.	
ANEJO 6:	DIAGNÓSTICO DEL RELLENO SANITARIO DE CERRO PATACÓN	

## Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1. Variables del relleno sanitario consideradas en la metodología EVIAVE adaptada a Panamá para cada elemento del medio.....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 2. Resultado de la probabilidad de contaminación de Cerro Patacón .....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 3. Resultado del índice de riesgo de contaminación de Cerro Patacón .....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 4: Acumulaciones de lixiviación. Zonas de rebosamiento .....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 5: Acumulaciones de residuos fuera de lámina impermeable. Zonas de rebosamiento.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 6. Imágenes del proceso de caracterización de muestras de residuos .....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 7. Composición de los residuos generados por actividad doméstica .....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 8. Composición de los residuos generados por actividad económica .....</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 9: Macro zonas de relleno proyectadas .....</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 10: Etapas del compostaje de la fracción orgánica de residuos municipales recogida separadamente: (Fuente: Huerta et al, 2010. Guía para la recogida separada y gestión de la fracción orgánica.) .....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 11: Instalación de biometanización .....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 12: Composición CSR. ....</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 13 : Diagrama de flujo de las alternativas en estudio. Elaboración propia .....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 14: Planta de tratamiento mecánico biológico y vertedero de rechazos sin recuperación energética. Elaboración propia. ....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 15: Planta de tratamiento mecánico biológico y vertedero de rechazos con recuperación energética. Elaboración propia. ....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 16.: Planta de tratamiento mecánico biológico y planta de digestión anaeróbica de la fracción orgánica y vertedero de rechazos con recuperación energética. Elaboración propia. ....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 17: Planta de tratamiento mecánico biológico y planta de producción de Combustible Sólido Recuperado y vertedero de rechazos con recuperación energética. Elaboración propia. ....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 18: Planta de tratamiento mecánico y planta de gasificación. Elaboración propia. ....</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 19: Planta de tratamiento mecánico y planta de incineración. Elaboración propia.....</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 20: Taludes seleccionados para cálculo de estabilidad.....</i>	<i>91</i>
<i>Ilustración 21: Zonas de acondicionamiento mediante colocación de residuos.....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 22: Zonas de acondicionamiento mediante colocación de residuos.....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 23: Solape de acondicionamiento de fases Etapa III Norte - Sur.....</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 24: El revestimiento de los taludes mediante geomalla sintética antierosión.....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 25: Presencia de Lixiviados en la Etapa II y III Norte. ....</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 26: Celda Unitaria Diaria. Tipo 1. Celda de operación contra talud.....</i>	<i>110</i>
<i>Ilustración 27: Celda Unitaria Diaria. Tipo 2 sobre plataforma .....</i>	<i>110</i>
<i>Ilustración 28 Cuneta de evacuación de aguas de lluvia interna. Tipo I.....</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 29: Cuneta de evacuación de aguas de lluvia perimetral. Tipo II.....</i>	<i>113</i>
<i>Ilustración 30: Perfil de conformación de terrazas de operación. ....</i>	<i>115</i>
<i>Ilustración 31: Flujo de gestión del proceso de recepción de residuos. ....</i>	<i>118</i>
<i>Ilustración 32: Perfil tipo de relleno establecido e indicación de las tipologías de celdas previstas .....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 33: Perfil referencia construcción de bermas.....</i>	<i>129</i>

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

<i>Ilustración 34: Macro Zonas de Relleno proyectadas</i> .....	132
<i>Ilustración 35: Plan de rellenos vasos actuales</i> .....	133
<i>Ilustración 36: Relleno de solape entre vaso Etapa III Norte y Sur. Avance de rellenos</i> .....	134
<i>Ilustración 37: Vaso de ampliación de la Etapa III SUR</i> .....	135
<i>Ilustración 38: Fases de rellenos Etapa III SUR A y SUR B</i> .....	135
<i>Ilustración 39: Fases de rellenos Etapa III SUR C y vaso Norte</i> .....	136
<i>Ilustración 40: Volumen de relleno Zona Macro Norte (anejo 1)</i> .....	136
<i>Ilustración 41: Volumen de relleno Etapa II Norte con Nueva ampliación Vaso II Norte (anejo 1)</i> .....	137
<i>Ilustración 42: Volumen de relleno Vaso III Sur (A + B + C)(anejo 1)</i> .....	138
<i>Ilustración 43: Relleno de ampliación en Vaso Cantera (anejo 1).</i> .....	139
<i>Ilustración 44: Relleno del Vaso de la “Cantera” unión con Vaso Etapa I(anejo1)</i> .....	140
<i>Ilustración 45: Sistema de zanjas para el control de lixiviados (anejo 1)</i> .....	149
<i>Ilustración 46 Balance de materiales de la instalaciones</i> .....	159
<i>Ilustración 47 Ampliaciones de nuevos vasos. Programa de necesidades</i> .....	166
<i>Ilustración 48: Localización Instalaciones de tratamiento</i> .....	168
<i>Ilustración 49 Distribución de áreas en la Planta de Tratamiento</i> .....	169
<i>Ilustración 50 Instalaciones en el área de separación de materiales.</i> .....	169
<i>Ilustración 51. : Sección camino Tipo III</i> .....	191
<i>Ilustración 52. : Drenaje sección camino Tipo III</i> .....	191
<i>Ilustración 53. : Drenaje sección camino Tipo V</i> .....	192

## Índice de tablas

<i>Tabla 1 Probabilidad de contaminación en base a la explotación y ubicación.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2. Clasificación de los Valores Ambientales para cada uno de los elementos del medio adaptado a Panamá.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 3. Clasificación del índice de Riesgo de Afcción Ambiental.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 4. Clasificación del índice de Interacción Medio Vertedero.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 5. Cantidades a albergar por tipo de residuo en un período de 15 años. Fuente: PTF 2008.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 6: Gestión de lixiviados acumulados.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 7: Composición de los residuos generados por actividad doméstica.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 8: Composición de los residuos generados por actividad económica.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 9 Parámetros de análisis en laboratorio.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 10. Resultados de las analíticas de aguas subterráneas llevadas a cabo por Ineco. Septiembre de 2016. ....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 11. Resultados de las analíticas de aguas superficiales llevadas a cabo por Ineco. Septiembre de 2016. ....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 12. Resultados de las analíticas de lixiviados llevadas a cabo por Ineco. Mayo de 2017.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 13 Oportunidades de mejora en la gestión, inspección y coordinación por parte del personal de la AAUD.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 14: Proyección vida útil del relleno sanitario en Cerro Patacón.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 15: Definición de alternativas de tratamiento consideradas en el estudio. Elaboración propia.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 16: Procesos considerados para las diferentes alternativas. Elaboración propia.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 17: Composición de Alternativas con procesos de tratamiento. Elaboración propia.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 18: Porcentajes de recuperación de materiales/subproductos en tratamiento mecánico.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 19: Clasificación preliminar de objetivos (Hokkanen y Salminen, 1997).....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 20: Impactos económicos, ambientales y sociales más utilizados en el análisis de la gestión de residuos (European Commission, 2009). ....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 21: Herramientas de decisión utilizadas y aplicación a criterios. Elaboración propia.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 22. Valoración de criterios.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 23. Índice de idoneidad.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 24: Porcentaje de taludes según inclinación para cada Etapa del proceso Fuente: Elaboración propia a partir de datos del PTF 2008.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 25: Taludes con riesgo de deslizamiento. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 26: Volúmenes y vida útil de acondicionamiento por aporte de residuos en Etapa III Norte y Etapa I. ....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 27: Caudales de lixiviados y déficit de tratamiento (anexo 3). ....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 28: Cronograma de actuaciones para el control de lixiviados.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 29: Estimación del volumen de material de cobertura según celdas unitarias.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 30: Relación año de implantación de la instalación – cantidad de rechazo a relleno sanitario.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 31: Vida útil de Cerro Patacón. Ampliaciones.....</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 32: Datos de vigilancia meteorológica.....</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 33: Datos de vigilancia lixiviados y aguas superficiales.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 34: Datos de vigilancia meteorológica aguas subterráneas.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 35: Datos de vigilancia morfología del relleno.....</i>	<i>148</i>



**Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.**

<i>Tabla 36: Datos de vigilancia otros controles .....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 37: Volumen de almacenamiento de balsas .....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 38: Relación año de implantación de la instalación – cantidad de rechazo a relleno sanitario .....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 39: Volumen de residuos de rechazo según fases de implantación de la instalación de tratamiento. ...</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 40: Volumen de residuos de rechazo según fases de implantación de la instalación de tratamiento. ...</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 41: Cronograma de reformulación del relleno sanitario. ....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 42: Cronograma de actuaciones planta TMB y reformulación en relleno sanitario. ....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 43: Necesidades estado operacional del relleno sanitario. ....</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 44: Recursos humanos de planta de tratamiento. ....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 45: Superficie necesaria para implantación de Instalación de tratamiento. ....</i>	<i>172</i>
<i>Tabla 46: Plan de inversiones para el relleno sanitario de Cerro Patacón.....</i>	<i>173</i>

## Abreviaturas

RSCP: Relleno sanitario de Cerro Patacón  
AAUD: Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario  
PTF: Plan de trabajo final  
P.A.O : Plan de Acción en Operación  
P.O.L : Plan de Optimización del manejo de lixiviados  
P.O.B.: Plan de Optimización del manejo del biogás.  
P.O.E : Plan de Optimización de estabilidad  
TM: Planta de Tratamiento Mecánico  
TB: Planta de Tratamiento Biológico  
TMB: Planta de Tratamiento Mecánico-Biológico  
I.R.A: Índice de riesgo de afección ambiental  
PBC: Índice de Probabilidad de contaminación  
IMV: Índice de interacción medio-vertedero  
MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio  
MSNM: metros sobre el nivel del mar

## 0 RESUMEN EJECUTIVO

El Proyecto de reformulación del relleno sanitario de Cerro Patacón, situado en Ciudad de Panamá, determina las diferentes actuaciones a realizar para optimizar la explotación actual del relleno sanitario y rehabilitar espacios detectados de riesgos de contaminación sobre los elementos del medio y taludes con pendientes superiores a las recomendadas. El diseño de las actuaciones de acondicionamiento o reformulación contemplará las siguientes acciones:

- Redistribución topográfica de la masa de residuos, con el objeto de conseguir estabilidad de los taludes y ordenar áreas.
- Adecuación del actual control y drenaje de lixiviación.
- Adecuación del actual control y drenaje de gases.
- Definición topografía final (vida útil).
- Diseño de drenaje de escorrentía.
- Utilización de material de cobertura y estructuras de celdas diarias.
- Control de estabilidad de la masa de residuos.
- Pre-diseño de las futuras instalaciones de tratamiento

La explotación y planificación actual de los residuos en el relleno tiende a la captación incontrolada de aguas de lluvia por falta de cobertura y de infraestructuras de drenaje pluviales. Esta situación genera grandes cantidades de lixiviados que supera la capacidad de almacenamiento y los caudales de diseño de la planta de tratamiento existente. El caudal de lixiviados unido a la entrada de agua de lluvia genera situaciones de saturación hídrica en la parte inferior del relleno y vertido ocasional de “emergencia” a cauce público de los excedentes líquidos. En las visitas realizadas al relleno sanitario de Cerro Patacón se han detectado puntos de evacuación libre a los cauces hídricos. En este sentido se señala que el nivel de lixiviado en la balsa de acumulación existente durante la época estival no preserva el resguardo necesario, lo que hace prever que con la aparición de épocas de lluvia el lixiviado supere el nivel de rebose de la balsa. En este sentido se han observado aguas debajo de la balsa regueros en los que existen rasgos de calcificación debido al tránsito de lixiviados al cauce público.

En lo que se refiere a la generación de biogás se diagnostica una situación parcialmente controlada. Existen zonas extensas con coberturas deficientes y residuos expuestos que producen grandes áreas activas de evacuación libre de biogás a la atmósfera. A pesar de existir pozos verticales de drenaje de biogás estos no cubren toda la masa dispuesta. Esta situación hace que se esté produciendo afección atmosférica por emisión libre a la atmósfera de gases de efecto invernadero y calentamiento global, además de pérdida del potencial de aprovechamiento energético.

Actualmente la colocación de los residuos se está realizando en la plataforma superior de la Etapa III Norte en un frente de trabajo donde su extensión, compactación y cobertura está siendo inadecuada. Existiendo espesores superiores a los 5 metros de altura de residuos sin cubrir y taludes inestables expuestos. Los residuos, lejos de ser compactados, mediante al menos cuatro pasadas de la maquinaria pesada, son arrojados por los taludes Noroeste y Sureste generando situaciones de inestabilidad inaceptables en taludes y con elevado riesgo de deslizamiento y accidentes sobre los operarios de explotación. Esta operación en frente de vertido está generando la pérdida de espacio

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

útil y entrada incontrolada de aguas de lluvia. Se han detectado áreas en el relleno sanitario colocadas sobre el terreno sin impermeabilización de fondo.

El relleno sanitario carece de drenajes completos de lixiviación en la masa de residuos ya dispuesta y no posee drenes en altura en las áreas de relleno actuales. Al no existir separación de aguas de lluvia en ninguna etapa del relleno sanitario el caudal de lixiviado en épocas de lluvia desborda los sistemas provisionales de drenaje de lixiviados perimetrales produciéndose situaciones inaceptables de desbordamiento de lixiviados de manera incontrolada hacia diferentes áreas no habilitadas para tal fin. Al no existir un sistema de drenaje de lixiviados en la fase de explotación son numerosas las surgencias de lixiviados en diferentes zonas del relleno sanitario, teniendo una especial importancia en la zona del dique recientemente construido (Zona Norte) donde se puede apreciar que la presencia de lixiviados está debilitando la estabilidad generando riesgos de inestabilidad en las épocas de lluvia que se avecinan. Se hace necesario un estudio específico que permita construir una red separativa de las aguas limpias procedentes de la lluvia frente a la generación de lixiviados. La construcción de esta red separativa minimizará el caudal que actualmente se produce de lixiviados y el nivel de saturación del relleno, optimizando la generación y aprovechamiento de biogás.

A continuación se señala las situaciones de riesgo detectadas en la actual gestión del relleno sanitario:

- A) Presencia de residuos hospitalarios NO controlados.
- B) Presencia de lixiviados y residuos expuestos NO controlados
- C) Inestabilidad de taludes de relleno.
- D) Superficie de sellado inadecuada en plataforma superior.
- E) Habilitación de nuevas Áreas de disposición de residuos
- F) Eliminación de bolsas de biogás bajo la geomembrana de las balsas de lixiviados.

Las acciones prioritarias que se realizarán sobre el relleno sanitario se efectuarán mediante los siguientes planes de actuación.

- Plan de Acción en Operación (P.A.O.)
- Plan de Optimización del manejo de lixiviados (P.O.L.)
- Plan de Optimización del manejo del biogás. (P.O.B.).
- Plan de Optimización de estabilidad (P.O.E.)

La selección de la solución para el tratamiento de los residuos que ingresan en Cerro Patacón desarrollada en el capítulo de análisis de alternativas responde a un tratamiento mecánico biológico y aprovechamiento energético del relleno sanitario mediante desgasificación. La implantación de la

---

**Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.**

instalación de tratamiento se planifica en tres fases con capacidad nominal aproximada de 230.000 Tn/año cada una. La instalación completa de tratamiento es de 6 líneas de 40 Tn/hora cada una. Esta planta de tratamiento tendrá como relleno sanitario para el rechazo los vasos de vertido de Cerro Patacón, con capacidad superior a 20 años con sus correspondientes ampliaciones.

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca en el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos de Panamá. Dicho plan será el instrumento que vertebrará la gestión de residuos en Panamá y definirá las directrices, los objetivos y las principales líneas de actuación a ejecutar en los próximos años en materia de gestión de residuos, en concreto para el periodo comprendido entre los años 2017-2027.

Este documento supone un primer paso en la reformulación funcional del Relleno Sanitario de Cerro Patacón, con vistas a una solución permanente de la problemática de tratamiento de los residuos en el entorno de la Ciudad de Panamá.

Tiene como antecedente técnico el Informe “Diagnóstico de Cerro Patacón (Panamá). Diagnóstico de la situación actual”, elaborado por la empresa pública INECO para la Autoridad de Aseo (AAUD) del Gobierno de la República de Panamá. El citado informe se redactó en el marco del contrato No. 021-2015 “Servicio de consultoría para el diagnóstico de situación detallado y actualizado del estado del Relleno Sanitario de Cerro Patacón”.

Por último, se indica que el mencionado contrato tenía como objetivo la realización de un diagnóstico de situación detallado y actualizado del estado del RSCP que permitiera, en una fase posterior de los trabajos, la realización de un proyecto de reformulación completa y/o el planteamiento de alternativas para la ubicación de un centro de tratamiento en el país de acuerdo a las conclusiones a las que se llegaran.

## 2 DIAGNOSTICO DEL RELLENO SANITARIO DE CERRO PATACÓN

### 2.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

De forma general en un diagnóstico ambiental de un vertedero o de un relleno sanitario se diferencian el ambiente físico, el biótico y el socioeconómico. El análisis de los ambientes físico y biótico establece una visión en el momento actual de las variables ambientales: geológicas, geotécnicas, geofísicas, las características del suelo, características hidrológicas, hidrogeológicas, la calidad del aire, la vegetación, la fauna predominante, los ecosistemas frágiles y los espacios naturales protegidos.

Una vez estudiados los diferentes condicionantes ambientales se analiza además el ambiente socioeconómico como son los usos del suelo colindantes y las características de la población cercana. Otro de los aspectos analizados es la probabilidad de que acontezca algún impacto generado a partir los riesgos naturales más frecuentes en el área de estudio y que pueda tener influencia en las instalaciones.

Con objeto de poder cuantificar el efecto ambiental del RSCP de acuerdo a su ubicación y condiciones de explotación se ha valorado el empleo de algunas de las metodologías utilizadas en Europa. Finalmente se ha optado por la Metodología EVIAVE, avalada por el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Granada (España) ha sido el resultado de años de trabajo de miembros de los grupos de investigación Gestión y Tecnología Ambiental (RNM-197) y Razonamiento Aproximado e Inteligencia Artificial (TIC-11). Esta metodología cobró importancia y se empezó a implementar en varios países de Sudamérica como Colombia y Venezuela entre otros, con la intención de elaborar un diagnóstico ambiental de los rellenos sanitarios y establecer los niveles de orden de actuación para los más nocivos.

La metodología EVIAVE de diagnóstico ambiental de los rellenos sanitarios está dirigida a orientar el cierre, sellado y re inserción al medio de vertederos que no cumplen con la Directiva Europea 31/99/CE sobre eliminación de residuos en vertederos. Dada la necesidad de establecer un método de diagnóstico ambiental para la República de Panamá, dicha metodología se ha adaptado a las exigencias del contexto jurídico del país y cumple con los requerimientos legales relativos a la eliminación de sus residuos. Además permite analizar los riesgos asociados, ya que toma en cuenta las amenazas y vulnerabilidades ambientales, siendo aplicable para el seguimiento y control ambiental de estas instalaciones en Panamá.

La metodología contempla los elementos del medio como los potenciales receptores (aguas subterráneas, aguas superficiales, suelo, atmósfera, salud, flora y fauna) del impacto producido por el vertido de residuos. Dichos vertidos dependen de una serie de variables que se clasifican según su relación con la ubicación y/o diseño y explotación del relleno sanitario. A modo de resumen de las mismas y su influencia en los elementos del medio se presenta la siguiente ilustración:

### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

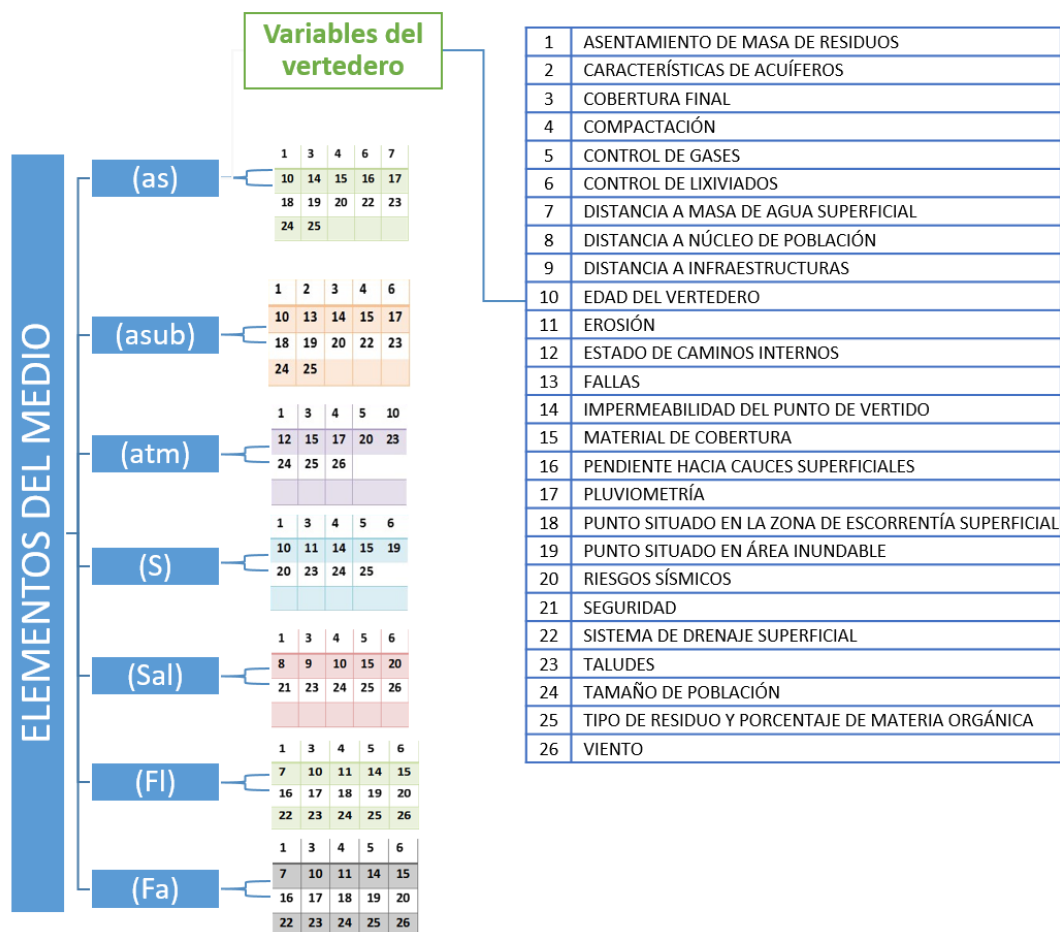


Ilustración 1. Variables del relleno sanitario consideradas en la metodología EVIAVE adaptada a Panamá para cada elemento del medio

Analizando el problema ambiental de Cerro Patacón debido a su explotación y/o ubicación, se define la *Probabilidad de Contaminación relacionada con la explotación u operación del punto de vertido (Pbc<sub>o</sub>)* y la *Probabilidad de Contaminación relacionada con la ubicación (Pbc<sub>u</sub>)*. La clasificación general de probabilidad de contaminación en base a la explotación y ubicación del relleno sanitario viene dada en la siguiente tabla:

TABLA RESUMEN	AGUAS SUPERFICIALES	AGUAS SUBTERRANEAS	ATMOSFERA	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
PBC TOTAL	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
PBC EXPLOTACION	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
PBC UBICACIÓN	Muy alto	Alto	Alto	Muy Alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto

Tabla 1 Probabilidad de contaminación en base a la explotación y ubicación



### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Como conclusión del análisis se observa que la probabilidad de contaminación por ubicación del relleno sanitario es de una clasificación **Muy alta** para las aguas subterráneas, suelo, salud, fauna y flora, mientras que recibe una clasificación **Alta** en el caso de la atmósfera y aguas subterráneas.

La probabilidad de contaminación por explotación del relleno sanitario se clasifica como **Muy alta** para todos los elementos del medio.

La *probabilidad de contaminación* de cada uno de los elementos del medio depende de las características de los residuos dispuestos en el relleno, las características de desplazamiento que poseen las emisiones del punto de vertido al entrar en contacto con el entorno y el estado de explotación del punto de vertido durante el momento analizado (Zamorano et al., 2005). En el caso que nos ocupa todos los elementos del medio tienen una probabilidad de contaminación alta o muy alta, siendo siempre mayor la probabilidad de contaminación debido a la operación como se muestra en la gráfica inferior.

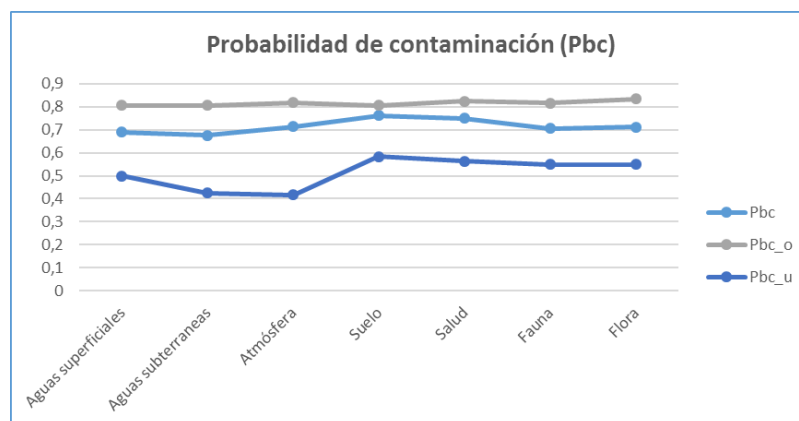


Ilustración 2. Resultado de la probabilidad de contaminación de Cerro Patacón

Otro de los valores que analiza el método EVIAVE es el *valor ambiental* ( $V_a$ ). El mismo identifica y cuantifica, desde la relación existente entre las características del elemento (ambientales y/o sociopolíticas) y las emisiones del vertedero, la consideración ambiental de cada uno de estos elementos en el entorno del vertido. Por tanto, para determinar el valor ambiental que adquieren los elementos del medio se consideran únicamente las características que puedan verse afectadas por la presencia del vertedero en el entorno inmediato. El concepto de valor ambiental va ligado en esta metodología a la vulnerabilidad ambiental del elemento del medio. Así un agua con una muy buena calidad es menos vulnerable debido a que tiene una mayor capacidad de respuesta frente a un episodio de contaminación que se presente. Mientras tanto, una masa de agua contaminada tiene menos capacidad de respuesta ante un episodio similar, pues su carga contaminante es ya alta, y por tanto más vulnerable a la contaminación.

A modo de resumen en la siguiente tabla se presentan las valoraciones ambientales para cada elemento del medio.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

ELEMENTO DEL MEDIO	VALORACIÓN AMBIENTAL (Vulnerabilidad)	
	Aguas superficiales	4.67
Aguas subterráneas	2.00	Muy bajo
Atmósfera	5.00	Muy alto
Suelo	2.33	Medio
Salud	5.00	Muy alto
Fauna	1.50	Bajo
Flora	1.00	Muy bajo

Tabla 2. Clasificación de los Valores Ambientales para cada uno de los elementos del medio adaptado a Panamá

En la anterior tabla podemos observar que las aguas superficiales, la atmósfera y la salud son los elementos más vulnerables y por tanto menos predispuestos a absorber contaminación.

El Índice de *Riesgo de Afeción Ambiental (I.R.A.)* pretende conocer cuál es el potencial de afeción ambiental que se produce para cada uno de los elementos del medio, considerando el valor ambiental del mismo. El *Riesgo de Afeción Ambiental de la ubicación de vertedero (I.R.A.<sub>u</sub>)* relaciona solo las variables que guardan relación con la ubicación del relleno sanitario, mientras que para el cálculo del *Riesgo de Afeción Ambiental desde la explotación del vertedero (I.R.A.<sub>o</sub>)* únicamente incluye aquellas variables que guardan relación con la explotación del mismo. El resumen de los valores calculados del IRA se muestra a continuación:

TABLA RESUMEN	AGUAS SUPERFICIALES	AGUAS SUBTERRANEAS	ATMOSFERA	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
IRA TOTAL	Muy alto	Medio	Muy alto	Alto	Muy alto	Medio	Medio
IRA EXPLOTACION	Muy alto	Alto	Muy alto	Alto	Muy alto	Medio	Medio
IRA UBICACIÓN	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio

Tabla 3. Clasificación del índice de Riesgo de Afeción Ambiental

Como conclusión del presente análisis observamos que el *IRA por ubicación* del relleno sanitario será de una clasificación **Alta** para las aguas superficiales, la atmósfera y la salud; mientras que para la flora, la fauna, el suelo y las aguas subterráneas tiene una clasificación **Media**. En el caso del *IRA por explotación* recibe una clasificación **Muy Alta** en el caso de aguas superficiales, atmósfera, salud; **Alta** para los elementos del medio como es el suelo y las aguas subterráneas y **Medio** para la fauna y la flora. En el caso del *IRA total* del relleno sanitario recibe una clasificación **Muy Alta** en el caso de aguas superficiales, atmósfera y salud; **Alta** para los elementos del medio como es el suelo y **Media** para las aguas subterráneas, la fauna y la flora.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

El *Índice de Interacción Medio-Vertedero (I.M.V.)* pretende valorar la interacción ambiental existente entre el estado ambiental del punto de vertido y los elementos del medio, evaluando de forma conjunta las diferentes afecciones a cada elemento del medio, las variables que guardan relación con las características de la ubicación del relleno sanitario (I.M.V<sub>u</sub>), y la interacción medio-vertedero con todas las variables que guardan relación con las características de explotación del relleno sanitario (I.M.V<sub>o</sub>). Seguidamente se presenta la tabla resumen de los valores calculados del IMV:

TABLA RESUMEN	Valoración	Clasificación
IMV TOTAL	255.51	Muy alto
IMV EXPLOTACION	293.13	Muy alto
IMV UBICACIÓN	172.13	Alto

Tabla 4. Clasificación del índice de Interacción Medio Vertedero

Una vez analizadas todas las variables y calculado el método se puede concluir que **existe un índice de Interacción Medio-Vertedero MUY ALTO**. Al analizar por separado la interacción debida a la ubicación y la que se debe a la explotación se muestra un valor aún más perjudicial debido a la **explotación** del relleno sanitario, llegando al intervalo de **MUY ALTO**.

Según el análisis realizado, la ubicación del relleno sanitario no parece un lugar ideal para acoger este tipo de instalaciones y así se manifiesta con un **IMV de ubicación ALTO**. Esta ubicación debería exigir un compromiso adicional en las tareas de operación para mitigar y corregir los posibles impactos que se deriven del proceso de vertido. El análisis de las diferentes variables del relleno ha proporcionado un diagnóstico diferente, poniendo de manifiesto que la operación/explotación del relleno no está mitigando el impacto sobre el medio, sino que se está manifestando todo el potencial contaminante de la actividad.

El análisis del índice de riesgo de contaminación permite conocer cuáles son los elementos del medio que se están viendo más afectados. Este índice revela que tanto las aguas subterráneas como la flora y la fauna son los elementos del medio con una contaminación media. El elemento suelo tiene un IRA total y de explotación alto. Por el contrario, las aguas superficiales, la atmósfera y la salud presentan un índice de riesgo de contaminación muy alto consecuencia tanto de una inadecuada explotación como ubicación.

### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

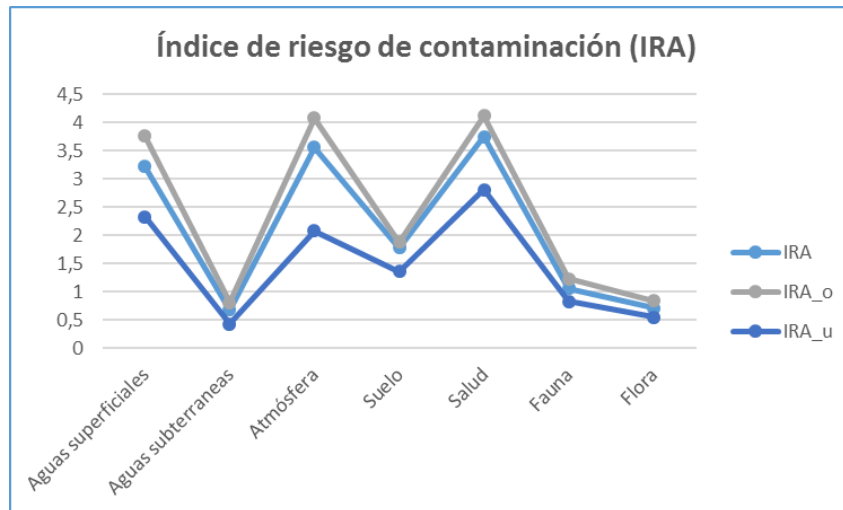


Ilustración 3. Resultado del índice de riesgo de contaminación de Cerro Patacón

Una vez obtenidos los resultados se advierte que **las acciones más urgentes deben ir encaminadas a revisar los procesos operativos y de diseño del relleno sanitario con el fin de encontrar oportunidades de mejora** que mitiguen y corrijan los impactos ambientales que ha puesto de manifiesto la metodología.

## 2.2 DIAGNÓSTICO TÉCNICO

El objetivo del diagnóstico técnico del RSCP es el análisis de los aspectos técnicos de la operación del relleno sanitario en varios apartados: en cuanto a las exigencias contractuales de la construcción y operación del RSCP, en función de cómo se llevan a la práctica dichas exigencias contractuales y la evaluación de la idoneidad de los aspectos más relevantes de la construcción y operación del relleno sanitario.

### 2.2.1 Descripción del PTF vigente de 2008

En el Plan de Trabajos Final vigente (PTF 2008) se detallan las actuaciones necesarias para la construcción y operación del RSCP de acuerdo a los documentos contractuales que definen estas actuaciones. Estos documentos contractuales son principalmente el contrato No.489-2008 y el Plan de Trabajos Final (PTF2008) aprobado en 2008, que es actualmente el último plan de trabajos aprobado.

En relación a las **instalaciones** el PTF 2008 establece prescripciones sobre los siguientes elementos, los cuales deben estar disponibles en el recinto del relleno sanitario para asegurar su correcta operación:

- Cercado perimetral.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Garitas de vigilancia.
- Área de segregación y venta.
- Oficina Administrativa.
- Básculas.
- Talleres.
- Planta de tratamiento de lixiviados y lodos.
- Sistema de recolección de lixiviados.
- Celda de residuos hospitalarios.
- Carreteras y soluciones viales.
- Alumbrado.
- Control hidrológico.
- Servicios públicos (agua, electricidad, telecomunicaciones e instalaciones sanitarias).
- Plan de biogás-MDL.
- Pozos de captación.
- ERMs (puntos de medición y regulación).

En cuanto la **maquinaria**, según el PTF 2008 el RSCP debe contar con las siguientes máquinas:

- Bulldozer D7R para 270 h/año
- Compactador de basuras 826H para 4,260 h/año
- 1 Pala Cargadora de ruedas 928H para 1,050 t/año
- 1 Pala mixta de orugas 416
- 1 Retroexcavadora de orugas 320 para 530 t/año
- 1 Motoniveladora 120H
- 1 Camión cisterna 10 m<sup>3</sup>
- 1 Depósito de gasoil
- Camión volteo 14 m<sup>3</sup>
- 1 Chasis-cabina roll-off para 2,800 h/año
- Caja abierta para residuos de 20 m<sup>3</sup>
- 2 Torre de iluminación con grupo electrógeno
- 2 Vehículo pick-up

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Antorcha de 5,000 Nm<sup>3</sup>/h
- Unidad de tratamiento de lixiviados de 200 m<sup>3</sup>/día de capacidad.

En relación a **tareas y actividades clave** del RSCP, el PTF 2008 establece un Plan de operación del relleno sanitario según el cual debe asegurarse una capacidad suficiente para albergar durante un periodo de 15 años las siguientes cantidades de residuos:

	Residuos Sólidos	Hospitalarios	Lodos
T/día	1,600	5.48	27.4
M <sup>3</sup> /día	2,000	6.85	27.4
T/año	584,000	2,000	10,000
M <sup>3</sup> /año	730,000	2,500	10,000

Tabla 5. Cantidades a albergar por tipo de residuo en un período de 15 años. Fuente: PTF 2008

En base a dicha capacidad de residuos, son determinadas las magnitudes de diseño del relleno sanitario y definidas una serie de características exigibles a la operación del mismo.

### 2.2.2 Análisis técnico de situación actual

Una vez determinados los aspectos técnicos más importantes que rigen la construcción y operación del relleno sanitario, se pasa a analizar la situación real de esos mismos aspectos. Este análisis se basa principalmente en el desarrollo real de la construcción y operación del RSCP, el Plan de Trabajos Final (PTF2014) elaborado en 2014 por la operadora, los reportes mensuales y anuales de la operación (RMO y RAO) y las visitas de campo del personal de INECO.

Se ha recopilado y analizado la información disponible respecto de las excavaciones realizadas, las actividades de relleno de residuos realizados por áreas y por años, así como la impermeabilización de celdas y vasos, drenaje, red de lixiviados, lagunas de lixiviados, red de captación del gas, instalaciones de tratamiento de lixiviados, gas, lodos, diferentes residuos, además de las fases previstas de vertido en el relleno y sus cotas. Cabe destacar que el PTF 2014 considera nuevas áreas de vertido no previstas en los diseños originales para un escenario con un horizonte temporal de agosto de 2034.

Se han estudiado también las infraestructuras existentes, señalando diferencias con lo previsto contractualmente en la infraestructura viaria externa e interna, el cerramiento, sistema de alumbrado, red de drenaje de pluviales, red de drenaje de lixiviados, red de control hidrológico y área de acopio de material de cubrición.

El análisis de la situación actual se ha completado con los siguientes aspectos técnicos:

- Operaciones de tratamiento de los residuos.
- Operación de sellado de áreas agotadas.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Aplicación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL): Cabe reseñar que las actividades de captación de biogás están fuera de los planes del MDL establecidos en el contrato original y en general no se cumple con el plan establecido en el contrato y en el plan de operación.
- Sistemas de tratamiento de lixiviados y lodos: Se destaca el cambio en el sistema de tratamiento combinado de lixiviados, biológico y fisicoquímico, propuesto en el PTF 2008 por un sistema de membranas de ósmosis inversa. Propuesto en el PTF 2014.
- Sistema de generación eléctrica con biogás a partir del biogás generado en la descomposición de los residuos.
- Sistema de tratamiento de aguas de precipitación. Capacidad de evacuación de aguas lluvias en la operación actual del relleno.
- Caminos de acceso a etapas de vertido. Estado operacional.

#### 2.2.3 Dictamen técnico y conclusiones

A continuación, se ha llevado a cabo el dictamen técnico, consistente en la evaluación de cada uno de los aspectos descritos anteriormente, de entre los cuales destacan:

- Evaluación de la vida útil del vertedero: Se han analizado varios escenarios, correspondientes a las versiones 1 y 2 del PTF 2008 y diversos condicionantes de partida.
- Análisis de la estabilidad del relleno sanitario de las etapas I y II: Realizado a partir del documento titulado “Análisis de Estabilidad del Relleno Sanitario Cerro Patacón, Etapas I y II” realizado por el Grupo Técnico Urbalia Panamá S.A. (Reporte técnico UP 0312, versión 2.0) con fecha de marzo de 2012.
- Análisis de los taludes generados: Se han comparado las pendientes existentes en los taludes de las diferentes fases mediante foto satelital y su posterior interpretación y restitución, generando un modelo digital del terreno (MDT) del relleno sanitario con fecha marzo de 2016. De este análisis se concluye que prácticamente la mitad de la superficie de los taludes del relleno sanitario tienen una inclinación superior al 50%.
- Evaluación de la densidad de los residuos.
- Evaluación del sistema de lixiviados y lodos: En primer lugar se concluye que el sistema de tratamiento de los lixiviados necesita un estudio y análisis de su operación y de sus componentes así como de los datos teóricos que deben alimentar los estudios. Además, se concluye que el sistema de gestión de lixiviados tiene deficiencias graves y no es capaz de gestionar todo el lixiviado generado, lo que provoca la contaminación de las aguas superficiales, las aguas subterráneas y el suelo.

Una vez elaborado el dictamen técnico, se han obtenido conclusiones que exponen principalmente los incumplimientos técnicos de las condiciones del contrato que se han venido produciendo en la operación del RSCP. A continuación se presentan dichas conclusiones:

**Evaluación de la vida útil del vertedero:** La evaluación, siempre bajo las premisas establecidas, pone de manifiesto que para el año 2019 en el caso más desfavorable y para el año 2022 en el año más favorable todo el volumen disponible estaría ocupado por los residuos dispuestos, habiendo agotado la vida útil del vertedero antes del plazo previsto en el contrato.

**Análisis de la estabilidad del relleno sanitario de las etapas I y II:** Del análisis del documento titulado “Análisis de Estabilidad del Relleno Sanitario Cerro Patacón, Etapas I y II”, cuyo fin era estudiar la posibilidad de la reapertura de las etapas I y II hasta alcanzar la cota final de residuos de 115 msnm y 120 msnm respectivamente, se concluye que las pendientes de los taludes existentes en la etapa I no se consideran correctas, siendo necesario acometer medidas de estabilización que proporcionen factores de seguridad adecuados.

Se concluye de la revisión de dicho documento la necesidad de obtener  $FS \geq 1,5$  en situación estática y  $FS \geq 1,1$  en situación pseudo-estática para la cota máxima de 108 msnm en la etapa II y la de 115 msnm en la etapa I; para lo cual deberán establecerse medidas para disminuir la presión de poros entre otras que deberán ser claramente indicadas cuales son, tanto las ya ejecutadas como las previstas en el futuro. Además, deberá realizarse un seguimiento de que dichas medidas están funcionando, mediante una campaña de geotécnica de investigaciones especialmente en época de lluvias.

**Análisis de los taludes generados:** De este análisis se concluye que prácticamente la mitad de la superficie de los taludes del relleno sanitario tienen una inclinación superior al 50%.

**Densidad de los residuos del relleno sanitario:** En la revisión del método de cálculo de las densidades se ha identificado que dicho método difiere del que está contemplado en el PTF2008. Actualmente el cálculo se realiza por un método topográfico. Este método compara el volumen que ocupa la basura obtenido con mediciones topográficas frente al peso de los residuos que allí están depositados, adquirido de los registros de báscula. La revisión de estos cálculos ha permitido detectar que no se eliminan de los residuos a considerar los residuos que no van al frente de residuos, como por ejemplo las llantas, por lo que el dato de densidad proporcionado por el operador es superior a la densidad real y muestra inconsistencia técnica. Esta desviación en el cálculo de las densidades puede ocasionar problemas en la gestión del relleno, así como en su planificación, al considerar unos rendimientos mayores a los que finalmente se logran.

**Proceso de aceptación de residuos en el vertedero:** La aceptación de los residuos en el relleno sanitario sigue un procedimiento laxo que no garantiza un control efectivo sobre las entradas en el RSCP.

**Evaluación de las infraestructuras existentes:** La infraestructura viaria interna presenta un deficiente estado de conservación y no se tiene constancia de que el vallado de sectorización de las distintas áreas se haya ejecutado. Además, el vallado perimetral se encuentra vandalizado y presenta una necesidad urgente de reposición y reparación.

Existe una deficiencia general en el sistema de drenaje de lixiviados, apreciándose presencia de lixiviado por toda la superficie del relleno sanitario. En adición, los sistemas de



#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

recolección de pluviales de las etapas I, II y III y el sistema de recogida de lixiviados parecen no ser independientes, produciéndose mezcla de flujos.

La situación actual de la red de drenaje de pluviales, contaminada por lixiviados, y la posible aparición de contaminación por lixiviados en la red de control hidrológico hace plantearse la posibilidad de que el suelo subyacente y el correspondiente al perímetro de las áreas de vertido se encuentren contaminados.

**Acopio de material de cubrición:** En la actualidad no se tiene constancia de que se esté acopiando material para cubrición, acopio el cual debe ser el equivalente a 10 días de trabajos de cubrición que indica el PTF 2008. En el caso de la excavación de la etapa III sur, no hay constancia de que el material extraído se haya acopiado para su uso como cubrición ni del destino final de dicho material.

**Instalaciones, equipos y maquinaria existente:** Se aprecia un mantenimiento deficiente de la planta de segregación, así como los servicios higiénicos de la misma.

La trituradora de llantas disponible actualmente se comprueba insuficiente para el volumen de llantas que se recibe.

Los viales de internos del relleno carecen del adecuado mantenimiento, así como del adecuado diseño. Esto propicia que la capa de rodadura no sea consistente y se enfanguen dichos viales. La consecuencia directa de todo esto es la pérdida de eficacia en la descarga de camiones y por tanto en la operatividad del relleno sanitario.

Se aprecian deficiencias en la señalización restrictiva, informativa y preventiva.

**Recuperación de material:** Se incumple la obligación de destinar el 10% de los residuos sólidos aceptados a reciclaje (al menos los años 2013 y 2014), contraviniendo el contrato de concesión.

**Sistema de lixiviados y lodos:** El sistema de gestión de lixiviados tiene deficiencias graves y no es capaz de gestionar todo el lixiviado generado, lo que provocan la contaminación de las aguas superficiales, las aguas subterráneas y el suelo.

No se tiene constancia de la ejecución de ninguna nueva laguna prevista para la acumulación de lixiviados.

Además, la capacidad real de depuración de la planta de tratamiento de lixiviados es superior a la propuesta técnica proporcionada por el operador, pero insuficiente para tratar todo el lixiviado generado en el relleno sanitario.

No se tiene constancia de que se haya instalado ningún equipamiento para el tratamiento de lodos, siendo vertidos directamente sin verificar su grado de humedad.

**Vertido de llantas:** Se acumulan llantas sin el tratamiento previsto. Carecen de cubrición.

**Vertido de residuos domésticos:** Se considera necesario un estudio detallado de la operación del frente de vertido de acuerdo a los nuevos volúmenes de residuos que se reciben.

El PTF 2008 considera el trabajo simultáneo en dos frentes de vertido con una longitud superior a los 20 metros para cada uno de ellos, destinando uno de los frentes a los residuos

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

domésticos. Actualmente se está operando en una época de contingencia y únicamente existe un frente de vertido para los residuos.

El PTF 2014 únicamente considera operar con un frente de aproximadamente 25 metros y con capacidad simultánea de 3-4 vehículos. Esta capacidad es muy inferior a la establecida en el PTF 2008 que además consideraba unas hipótesis de crecimiento más conservadoras. Una consecuencia de esta disminución en la capacidad del frente de vertido es un aumento de los tiempos que los vehículos pasan en el relleno sanitario, superando en los momentos punta los 30 minutos.

**Incineración de residuos hospitalarios:** Al carecer de las hipótesis de diseño de la incineradora que manejó el operador no se puede afirmar que la incineradora tenga un rendimiento suficiente para incinerar todos los residuos hospitalarios que ingresan en el RSCP. Dicha incineradora no cuenta con los permisos de la AAUD para su construcción.

**Sellado de las etapas agotadas:** El sellado propuesto se considera insuficiente, siendo necesaria al menos una capa de arcillas de 60 cm.

El sellado dispuesto también se considera insuficiente ya que es constante el olor a biogás, denotando la fuga del mismo.

**Diseño de la etapa III:** Existen una serie de aspectos a corregir en el diseño.

**Aplicación de los MDL:** La extracción de gas no está conforme a lo exigido en el PTF 2008. No hay evidencia de que se esté produciendo extracción de biogás ni generación eléctrica a través de biogás a fecha de redacción del Diagnóstico de Cerro Patacón.

### 2.3 DIAGNÓSTICO DE GESTIÓN

Desde la apertura del Relleno Sanitario de Cerro Patacón en 1986, con posterioridad al cierre del antiguo basurero de Panamá Viejo, a lo largo de su historia la titularidad ha estado en manos de diferentes Administraciones públicas. Inicialmente estuvo bajo la administración de la Dirección Metropolitana de Aseo (**DIMA**), pasando en 1999 a ser un servicio de aseo municipal con la transferencia a la Dirección Municipal de Aseo Urbano y Domiciliario (**DIMAUD**).

La administración del RCSP cambia de nuevo de titularidad el 3 de enero de 2011, a raíz de la aprobación de la Ley nº 51 de 29 de septiembre de 2010, que crea la Autoridad del Aseo Urbano y Domiciliario (**AAUD**).

Bajo el marco competencial existente en ese momento, el Municipio de Panamá lanza el 31 de enero de 2006 la licitación pública nº 2005-5-76-0-08-LP-000151, para contratar la operación del RSCP.

Tras una segunda convocatoria, el adjudicatario de la concesión resulta la Asociación Accidental **Urbaser-Plotosa**, el 3 de enero de 2008, firmándose el Contrato nº 489-2008 por un plazo de duración de 15 años el 14 de febrero del mismo año. Posteriormente, al contrato se le han adicionado dos adendas, el 21 de octubre de 2008 y el 18 de julio del 2011 respectivamente.

Tras un cambio en el accionariado como consecuencia de la ejecución de una garantía sobre el porcentaje de las acciones de Plotosa, que supuso el cambio de denominación de la concesión a

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Urbalia Panamá S.A., el 29 de abril de 2011 **Interaseo S.A.** comunica a la Administración el inicio de las negociaciones para la compra de la totalidad del capital accionariado de la empresa concesionaria, lo que posteriormente le convierte en el nuevo concesionario del RSCP manteniendo el nombre de **Urbalia Panamá S.A.**

Según el contrato de concesión firmado, la legislación de contratación específica aplicable sobre la concesión del RSCP sería la Ley nº 56 de 27 de diciembre de 1995 de contratos públicos. Sin embargo al publicarse el anuncio de la segunda convocatoria con posterioridad a la promulgación de la nueva Ley de Contrataciones públicas, la Ley nº 22 de 27 de junio de 2006 (Texto Único), se entiende que el contrato tiene un defecto formal y que la legislación de aplicación sobre el mismo sería esta última.

Asimismo, al ser un contrato de concesión, implica que también es aplicable la normativa que regula las concesiones en Panamá, especialmente la Ley nº 5 de 15 de abril de 1988, que establece y regula el sistema de ejecución de obras públicas por el sistema de concesión administrativa.

Tras analizar el contrato de concesión nº 489-2008 se considera que el municipio de Panamá en la redacción inicial del mismo podría haber contemplado las siguientes cuestiones que hubiesen mejorado la relación entre las partes:

- Diferenciación de la remuneración en función del tipo residuo dispuesto.
- Actualización de la remuneración, y de la cuantía de las multas y sanciones de manera automática.
- Establecimiento de manera precisa de la asignación de riesgos entre el concedente y el concesionario.
- Simplificación de las distintas causas de resolución administrativa que podrían esgrimirse, en especial las que se contemplan en la cláusula 19ª del contrato en relación a las multas y sanciones.
- Claridad y eficacia en el procedimiento sancionador para reconducir la situación por parte del concesionario.
- Proporcionar incentivos para que el operador maximice los niveles de servicio estableciendo penalidades y bonificaciones para hacer variable la remuneración en función de la calidad del servicio.

Del **análisis económico-financiero** efectuado, se concluye que **no existe una correlación exacta entre la facturación de Urbalia y el importe reflejado en sus Estados Financieros como ingresos.**

El operador está muy endeudado, ya que el total de su patrimonio representa en todos los casos menos de un 20% del total de los pasivos. Conviene destacar también que, desde el año 2010 hasta el año 2014, en ninguno de los ejercicios analizados se ha producido un reparto de dividendos para distribuir los beneficios generados por la compañía, de modo que los únicos intercambios monetarios con las empresas del grupo ha sido a través de relaciones comerciales intragrupo.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Por otro lado, al no existir actualmente infraestructura final para el aprovechamiento del biogás, el concesionario no ha obtenido hasta la fecha ninguna remuneración ni aprovechamiento asociada a este concepto, habiendo perdido también esta fuente de ingresos el ente concedente.

Los resultados del dictamen de gestión efectuado, determinan que se han producido los siguientes **incumplimientos por parte del concesionario**:

##### Incumplimientos del alcance del contrato (cláusula 3ª):

- Disponer residuos hospitalarios en un área no designada.
- Tratamiento de lodos sin llegar a un mínimo del 70% de sólidos.
- Remoción para reciclar o cortar las llantas o neumáticos.
- Destinar el 10% del residuo sólido (peso) a reciclaje.
- Instalación de infraestructura necesaria para biogás.

Se considera que los alcances del contrato incumplidos pueden ser causa de resolución del contrato: *“Las acciones del operador que tiendan a desvirtuar la atención del contrato”.*

##### Incumplimientos contractuales relativos a las obligaciones (cláusula 9ª):

- Incumplimiento de la cláusula 36ª relativa al cobro de la tasa de aseo.
- Construcción y mantenimiento de los caminos de acceso (tráfico en 2 vías).
- Construir los sistemas de recolección y quemado del biogás con los respectivos sistemas de medición de acuerdo con las reglas del MDL, de acuerdo a la metodología ACM001 del PDD que se registre ante las Naciones Unidas.
- Velar por la seguridad del RSCP.
- Cumplimiento plazos (en relación a la presentación de informes).

En este caso, se considera el incumplimiento de estas obligaciones podrían fundamentarse en dos causas de resolución administrativas previstas en el contrato en la cláusula 23ª. La primera de ellas proviene de la normativa de contratación *“El incumplimiento de las cláusulas pactadas”* y la segunda fue adicionada en el contrato por el municipio de Panamá: *“Las renuncia a cumplir con las indicaciones o a acatar órdenes desconociendo la autoridad del inspector o del ingeniero de la obra del municipio”.*

Además, se ha detectado la desobediencia por parte del concesionario en determinadas cuestiones a lo largo del análisis de la documentación de órdenes e instrucciones directas emanadas del ente concedente.

Por último, hay una serie de **causas de resolución específicas que se adicionan en el contrato en el apartado de multas y sanciones** asociadas a incumplimientos, pudiendo plantearse eventualmente su resolución administrativa, como son:

- Incumplimiento con regulaciones ambientales.
- Desecho no aceptable.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Sistema de recolección de lixiviados.

La admisión de desechos no aceptables fue impuesta al concesionario a través de la Resolución nº 001 de 5 de enero de 2009, modificada por la nº 26 que autorizaba, de forma temporal al municipio de Panamá, para recibir desechos hospitalarios, sustancias peligrosas (drogas) y lodos. Por tanto, si bien esta causa de resolución concurriría conforme al contrato, no prosperaría al no ser imputable al contratista, sino al seguir una instrucción directa por parte de la Administración. No obstante, al estar fuera del alcance que deberían haberse gestionado a través de una modificación contractual.

Por otro lado, además de las oportunidades de mejoras que podría haber previsto en el contrato, del estudio del dictamen de gestión también puede destacarse oportunidades de mejora, respecto a la gestión, inspección y coordinación por parte del personal de la AAUD que redundarían en una mejora de la prestación del servicio por parte del concesionario.

- El Inspector debe incidir en verificaciones de que el operador cumpla con los controles de calidad y los estándares del fabricante.
  - El Coordinador o la persona responsable asignada debería verificar y validar las cuentas presentadas por el operador, en especial los Estados financieros del concesionario.

Asimismo, no se ha cumplido con todos los periodos de pago al concesionario, ni se ha producido una revisión de la remuneración del concesionario que debe asumir el coste de la inflación.

Por último, tras descartar la alternativa de la renegociación del contrato, dada la mala gestión actual del RSCP por el concesionario, se proponen una serie de **alternativas a valorar por parte de la AAUD**, con el objetivo de mejorar la gestión del relleno sanitario:

- **Alternativa 1: Resolución del contrato y licitación de una nueva concesión**

Resolución del actual contrato con el concesionario Urbalia Panamá S.A., por considerarse beneficioso una gestión indirecta por parte de otro operador que mejore los niveles de calidad del servicio (ya sea a través de un privado o una sociedad de economía mixta).

En paralelo, se deberían estudiar los términos para la estructuración de una nueva concesión del RSCP y se deberían preparar los documentos de su licitación para adelantar al máximo su adjudicación, siendo la licitación por mejor valor con evaluación separada la que más se adecua como procedimiento de selección de contratistas.

- Alternativa 1.A: Adjudicación de una nueva concesión para la explotación del RSCP hasta el máximo de su vida útil con los servicios actuales

En este caso, analizando las ventajas e inconvenientes asociados a esta alternativa, cabe destacar que podría ser percibida por la ciudadanía negativamente, y sería una mala alternativa en cuanto a la calidad de servicio y al nuevo plazo de vida útil. Por otro lado, el consumo de recursos públicos sería bajo, mientras que el plazo para su implantación y el impacto en el clima de inversión sería moderado.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- **Alternativa 1.B:** Adjudicación de una concesión para la explotación del RSCP manteniendo inicialmente los servicios actuales mientras se implanta un nuevo centro integral de tratamiento en el RSCP

La nueva concesión incluiría la operación del RSCP incluyendo en la misma licitación la construcción y explotación por un periodo de tiempo amplio, de un nuevo centro integral de tratamiento y disposición final de residuos en el RSCP.

Esta alternativa podría ser percibida favorablemente por la ciudadanía, generaría un impacto en el clima de inversión favorable y la calidad del servicio se considera que sería la que aportaría unos índices de calidad altos. Sin embargo, incrementaría el coste en las fases de tratamiento y disposición final y su plazo de implementación sería alto.

- **Alternativa 2: Resolución del contrato y explotación en modalidad de gestión directa.**

En este caso se desarrollaría a través de una gestión directa del RSCP por parte la AAUD, para lo cual sería necesario que disponga previamente de los recursos humanos y materiales necesarios para su puesta en práctica.

- **Alternativa 2.A:** Gestión directa hasta el máximo de la vida útil del RSCP con los servicios actuales

Esta alternativa resultaría relativamente sencilla en cuanto al plazo para su implementación, si bien sería necesario asegurar la provisión de los recursos públicos necesarios. Es probable que la ciudadanía perciba favorablemente la asunción directa de la gestión, pero la calidad de servicio no sería la óptima si se compara con la posibilidad de implantar un centro integral de tratamiento, que supondría un sensible incremento de la vida útil del RSCP; por otro lado se considera que el impacto en el clima de inversión sería negativo.

- **Alternativa 2.B:** Gestión directa del RSCP con los servicios actuales hasta la adjudicación de la concesión para la implantación de un nuevo centro integral de tratamiento en el RSCP

La gestión directa de la AAUD incluiría la operación del RSCP hasta el momento de la concesión de la construcción y explotación por un periodo de tiempo amplio de un nuevo centro integral de tratamiento y disposición final de residuos.

En este caso, resultaría la alternativa más desfavorable en cuanto al consumo de recursos públicos siendo la mejor valorada en cuanto la mejora de la calidad del servicio, vida útil del relleno y percepción ciudadana. El clima de inversión puede verse resentido en un primer momento al rescindir la concesión, pero mejorará al proponer la nueva licitación del centro integral de residuos.

## 2.4 DIAGNOSTICO DE OPERACIÓN ACTUAL (ABRIL 2017).

La explotación de un relleno sanitario evidencia falta de control en variables de explotación que generan situaciones potenciales de contaminación así como el agotamiento de la vida útil del mismo.

El análisis del diagnóstico, junto con las visitas al relleno realizadas en el mes de Abril, ha permitido la toma de decisiones para la definición de las actuaciones de acondicionamiento que atenúan la contaminación del medio ambiente y los riesgos asociados a la salud de la población.

A continuación, se describen las variables que afectan a la operatividad del relleno sanitario y que repercuten directamente sobre el tipo de emisión y las características de contención.

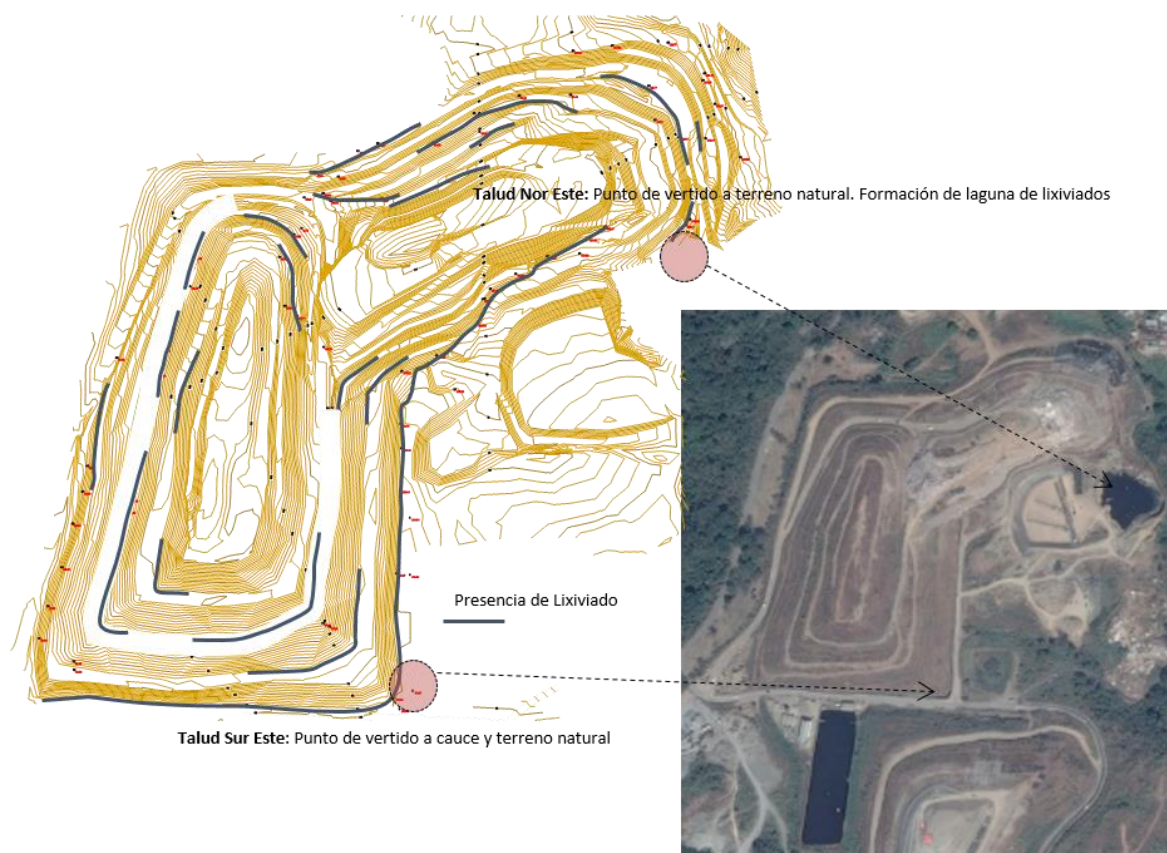
### 2.4.1 Operatividad del relleno actual

La explotación y planificación actual de los residuos en el relleno tiende a la captación incontrolada de aguas de lluvia tanto de las áreas actuales de vertido como en celdas ya explotadas. Es importante señalar que en el presente documento **se consideran activas frente a la generación de emisiones y asentamiento tanto las áreas en explotación como las ya explotadas.**

La **ausencia en el control de las aguas de lluvia** sobre el área completa del relleno es otra grave deficiencia detectada. Esta deficiencia en el procedimiento de control es consecuencia del incorrecto o nulo uso de material de cobertura, la ausencia de planificación para la conformación de celdas diarias y la ausencia de sistemas de drenaje de las aguas de lluvia. Esta situación genera mezcla entre las aguas de precipitación y los residuos generando grandes cantidades de lixiviados que ingresan en las balsas de lixiviado existentes. Se ha podido comprobar los siguientes puntos de rebosamientos de lixiviación a los cauces naturales (ilustración nº4):

- Perímetro de balsa de lixiviados
- Talud Sureste de Etapa II.
- Talud Noreste Etapa III Norte. Fuente Tosca.

## Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.



*Ilustración 4: Acumulaciones de lixiviación. Zonas de rebosamiento*

En el talud Sur Este de la etapa II (Ilustración 4), en épocas de precipitaciones elevadas, se concentra una cantidad de lixiviados proveniente de la explotación de la Etapa III Norte y de la Etapa II. Este punto de acumulación no es capaz, mediante bombeo, de eliminar la cantidad de lixiviado acumulado. A tal efecto la empresa concesionara ha habilitado una conducción de evacuación sin ningún tipo de válvula de protección, ni control, evacuando libremente y por gravedad hacia los cauces naturales. Esta conducción está compuesta por dos tubos de PVC de 200 mm de diámetro que atraviesa el camino de acceso a las celdas de la Etapa III y descarga en una quebrada natural.

Por otro lado, los lixiviados generados en la Etapa III Norte que discurren por la zona del “dique” son vertidos directamente en un área de acumulación provisional denominada “Fuente Tosca” que es considerada como futuro vaso de vertido. Esta área no posee ningún tipo de protección del suelo lo que está generando la contaminación del suelo e infiltraciones con elevados riesgos de estar contaminando las aguas subterráneas y subalveas del arroyo colindante. El volumen de lixiviado acumulado en esta área se estima cercano a los 20.000 m<sup>3</sup>, situación que no es asumible y debe ser revertida mediante el bombeo y tratamiento de este volumen.



### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Las formas de gestión que del lixiviado se están realizando por parte del operador son las siguientes:

	Tipo de Gestión	Q medio	Contaminación
Planta de tratamiento + Balsa de lixiviados (Autorizada)	ACUMULACIÓN Y TRATAMIENTO	3.9 l/sg	Ausente
Acumulación en balsa. Fuente Tosca. (No autorizada)	INADECUADA	20.000 m <sup>3</sup>	Suelo, Aguas
Acumulación Talud Sur Este (No autorizada)	INADECUADA	INDETERMINADO	Suelo, Aguas, vegetación, Población.

Tabla 6: Gestión de lixiviados acumulados.

La ausencia de sistemas de drenaje de aguas limpias y del uso correcto del material de cobertura hace que la precipitación genere situaciones de saturación hídrica del relleno en su nivel inferior y el vertido incontrolado a cauce público de los excedentes líquidos. En las visitas realizadas al Relleno Sanitario de Cerro Patacón se han detectado puntos de evacuación libre a los cauces hídricos. En este sentido se señala que el nivel de lixiviado en la balsa de acumulación existente durante la época estival no preserva el resguardo necesario, lo que hace prever que con la aparición de épocas de lluvia el lixiviado supera el nivel de rebose de la balsa. Se han observado aguas abajo de la balsa regueros líquidos con presencia de calcificaciones en los suelos, situación característica que evidencia la presencia de lixiviados y vertido a cauce natural.

En lo que se refiere a la **generación de biogás** se diagnostica una situación parcialmente controlada. Actualmente está en la fase de puesta en marcha la construcción de los pozos de desgasificación y la planta de tratamiento y aprovechamiento de biogás. Se ha observado el funcionamiento de la antorcha instalada, lo que indica la quema parcial de gases recolectados. A fecha de la redacción de este documento el sistema de aprovechamiento eléctrico ya instalado se encuentra en su fase de calibración para su puesta en marcha. Se prevé que la calidad de biogás generado actualmente por el relleno sanitario no sea óptima debido a la cantidad de saturación de la masa dispuesta que inhibe los procesos de degradación generadores de metano. Esta saturación en la masa de residuos hace que se desaproveche la capacidad de generación eléctrica haciendo inoperativo el funcionamiento de los motores actualmente instalados. Esta situación de saturación de la masa de residuos dispuesta debe ser revertida con el objeto de conseguir un aprovechamiento de biogás sostenible en el tiempo.

Se ha podido observar que existen zonas extensas con coberturas deficientes y residuos expuestos que producen grandes áreas activas de evacuación libre de biogás a la atmósfera. A pesar de existir pozos verticales de drenaje de biogás estos no cubren toda la masa dispuesta. **Esta situación hace que se esté produciendo afección atmosférica por emisión libre a la atmósfera** de gases de efecto

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

invernadero y calentamiento global, además de pérdida del potencial de aprovechamiento energético.

Es importante señalar que la saturación actual que posee la masa de residuos fruto a **la acumulación de lixiviado está inhibiendo las reacciones de generación de biogás**, situación que no es sostenible ni recomendable. La saturación de la masa de residuos por lixiviado, habitualmente genera transformaciones de los procesos de metanización de la materia orgánica dando como resultado **malas calidades en la composición del biogás para su aprovechamiento**, obligando a la quema del mismo en antorcha o a la aplicación de sistemas de depuración en ocasiones inviables económicamente. **Por otro lado, al existir áreas ausentes, siquiera de un venteo de gases**, se han detectado surgencias de lixiviados y biogás conjuntas en determinados taludes, situación no recomendada por la dificultad de control posterior y la inestabilidad asociada sobre el talud.

Actualmente la operación de los residuos se está realizando en la plataforma superior de la Etapa III Norte en un **frente de trabajo donde su extensión, compactación y cobertura no es óptima. Esta situación se debe, entre otras causas, a la falta de planificación de una celda diaria, la ausencia de cobertura, pendientes inadecuadas de operación, maquinaria en mal estado de conservación y mantenimiento.** Se ha podido observar que durante la explotación del frente de vertido diario existen espesores superiores a los 5 metros de altura de residuos sin cubrir y taludes inestables con los residuos expuestos. Los desechos, lejos de ser compactados, mediante al menos cuatro pasadas de la maquinaria pesada, son arrojados por los taludes Noroeste y Sureste generando situaciones de inestabilidad inaceptables en taludes y elevado riesgo de deslizamiento y accidentes sobre los operarios de explotación. Así mismo, la deficiencia en la operación del frente de vertido está generando la pérdida de espacio útil y la filtración de aguas de lluvia tanto en la celda diaria como en el resto de las plataformas. Fruto de esta explotación, el operador se ha visto obligado a utilizar espacios situados fuera del vaso y con ausencia de impermeabilización. Esta situación se da en los taludes del este y norte actual de la Etapa III Norte (ilustración 5).

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

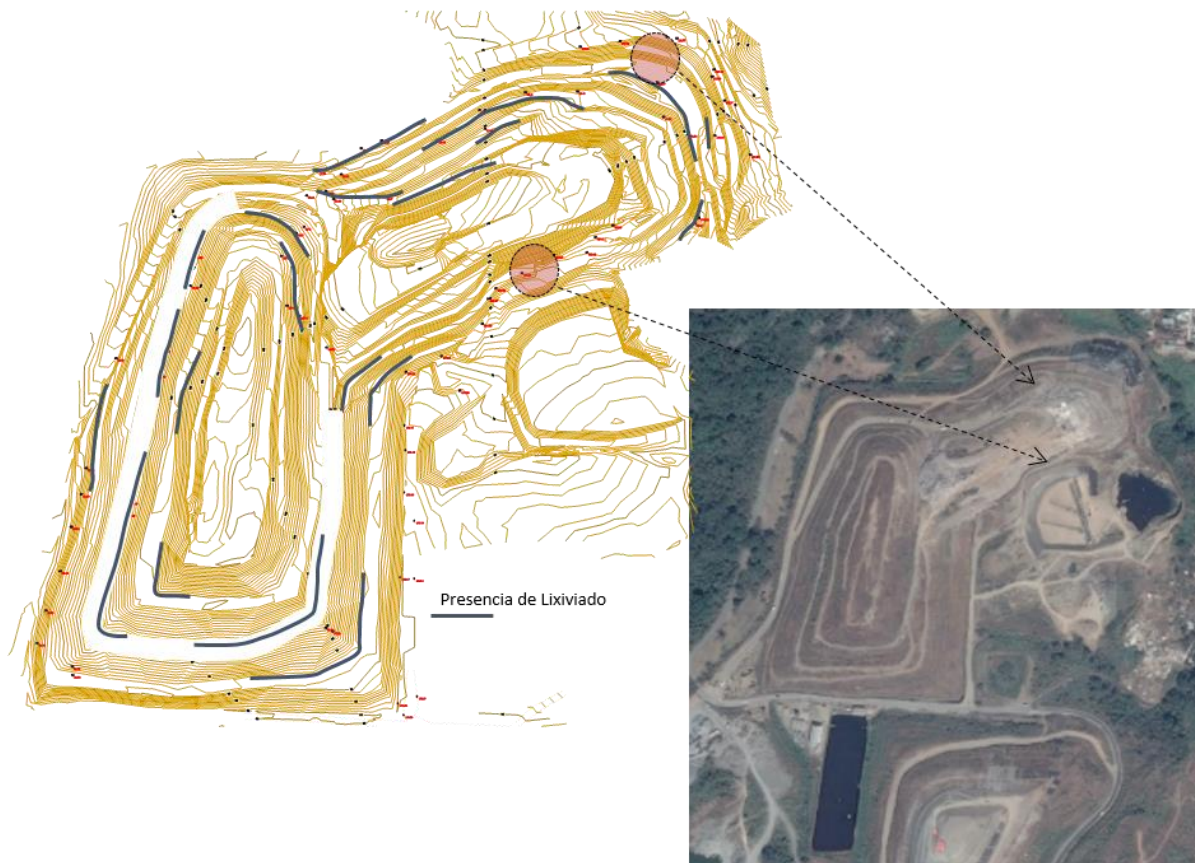


Ilustración 5: Acumulaciones de residuos fuera de lámina impermeable. Zonas de rebosamiento

El relleno sanitario carece de drenajes completos de lixiviación en la masa de residuos ya dispuesta y no posee drenes de lixiviados en altura. Al no existir separación de aguas lluvias en ninguna etapa del relleno sanitario el caudal de lixiviado en épocas de precipitaciones desborda los sistemas provisionales de drenaje de lixiviados perimetrales produciéndose situaciones inaceptables en la gestión de lixiviados, originando el vertido de manera incontrolada hacia diferentes áreas no habilitadas para tal fin. Al no existir un sistema de drenaje de lixiviados en la fase de explotación son numerosas las surgencias de lixiviados en diferentes zonas del relleno sanitario, teniendo una especial importancia en la zona del dique recientemente construido (Etapa III Norte) donde se puede apreciar la presencia de lixiviados está debilitando la estabilidad del mismo, generando riesgos de inestabilidad en las épocas de lluvia. Se hace necesario un estudio específico que permita construir una red separativa de las aguas limpias procedentes de la lluvia frente a la generación de lixiviados. La construcción de esta red separativa minimizará el caudal que actualmente se produce de lixiviados y el nivel de saturación del relleno, optimizando la generación y aprovechamiento de biogás.

Con respecto a la estabilidad del relleno sanitario, se han comparado las pendientes existentes en los taludes de las diferentes fases mediante levantamiento topográfico, generando un modelo

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

digital del terreno del relleno sanitario y detectando aquellos taludes cuya pendiente era superior a 2H:1V. De este análisis se concluye que **prácticamente la mitad de la superficie de los taludes del relleno sanitario tienen una inclinación superior a esta pendiente con lo que se están incumpliendo en gran medida las condiciones técnicas de diseño del vertedero frente a los requisitos de estabilidad**. A partir de ahí se ha realizado un estudio de estabilidad de taludes detectando aquellos cuya situación es crítica y tomando medidas de atenuación con el objeto de no hipotecar la estabilidad del relleno. Las causas de la presencia de estos taludes son coincidentes con las detectadas para la generación de lixiviados y gases y requieren de reformulaciones en operación, además de las mediadas de atenuación de estabilidad. La presencia de lixiviado y ausencia de material de cobertura junto con la falta de definición de celda de operación son las causas principales de las situaciones de inestabilidad detectadas en los taludes.

A continuación, se resumen, unido a la ya descritas, las situaciones principales de riesgo detectadas en la actual gestión del relleno sanitario:

##### *2.4.1.1 Proceso de aceptación de residuos en el vertedero*

El reglamento de aceptación de residuos del relleno sanitario que se incluye en el PTF 2008 indica las normas para la aceptación y establece un catálogo de residuos peligrosos. En la operación real de ingreso de residuos en el relleno no se realiza una inspección visual sistemática previa de residuos, caracterización que es imprescindible para verificar la composición del mismo y validar el destino de cada residuo.

El destino de los residuos no comunes debe ser en primera instancia un espacio específico habilitado según el reglamento de aceptación, que debe construirse con impermeabilización de geomembrana. No hay constancia de que dicho área esté construida conforme a las indicaciones del PTF 2008.

Cabe destacar que los residuos admisibles por contrato son distintos a los que el operador está procesando, tal y como se ha comentado ya en el diagnóstico técnico, aspecto el cual condiciona la gestión, no solo de la admisión de residuos sino de la operación de todo el RSCP.

En relación al pesaje, se realiza únicamente una pesada a la entrada del relleno en los vehículos registrados. Este registro incluye la tara del vehículo con el fin de obtener el peso neto de residuos que ingresan. Los vehículos no registrados sí que realizan doble pesada con el fin de tarar el vehículo.

##### *2.4.1.2 Presencia de residuos hospitalarios no controlados.*

El relleno ocupado en el vaso de la Etapa I se encuentra parcialmente sellado con tierra, actualmente únicamente **recibe los residuos hospitalarios que están siendo depositados en taludes sobre residuos. Estos residuos hospitalarios son vertidos por los propios transportistas sin que exista ningún tipo de actuación por parte del operador**. Durante el periodo de las visitas realizadas se ha podido observar que esos residuos han **quedado expuestos sin ningún tipo de colocación de cobertura**. Esta situación añadida a **la colocación en talud genera los siguientes riesgos en operación**:

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Al estar colocados en talud sin cobertura están expuestos a riesgos de precipitación y deslizamiento, así como la generación de lixiviados con características especialmente peligrosas que discurren por el talud aguas abajo. En el apéndice nº2, sobre documentación gráfica se observa esta situación.
- La ausencia de cobertura durante los días de la visita realizada (7 días) genera situaciones de degradación con intensos olores perjudiciales sobre los operarios transportistas y la aparición de vectores sanitarios, principalmente aves, causantes de un riesgo ambiental y sanitario alto.
- No existe un área específicamente para el vertido de estos residuos, colocándose en fosas excavadas aleatoriamente y sin las condiciones óptimas para la seguridad de este tipo de residuos..

#### 2.4.1.3 Presencia de lixiviados y residuos expuestos no controlados

Como se ha indicado anteriormente, se han observado en diferentes zonas de la Etapa II y Etapa III Norte del relleno la aparición de surgencia de lixiviación, en ocasiones junto con biogás, de entidad en los taludes (pies de talud) y en bermas de la zona en Oeste, Norte y Sur. También se ha identificado y localizado una gran masa de residuos expuesto en el talud de la Etapa III Norte A.

Las diferentes bermas conformadas en la Etapa II y Etapa III Norte, se encuentran desprovistas de sistemas de drenaje de lixiviados. **Han sido identificados los puntos de surgencia de lixiviado (Ilustración 4).** A partir de ellas **se ha diseñado y definido un conjunto de drenes de evacuación a través de bajantes y arquetas hacia los drenes perimetrales ya existente en los vasos de la Etapa I, II y III Norte.** El objeto final es poder construir un sistema separativo de escorrentía de aguas lluvia y lixiviado a diferentes niveles. Mediante las visitas se han geo-referenciado los lugares donde deben ser construidas las perforaciones horizontales para facilitar la evacuación de lixiviados, los ramales de interconexión y los bajantes hasta el drenaje perimetral de lixiviados ya existente.

Una vez construido el sistema de evacuación de lixiviados es necesario definir el sistema de drenaje de evacuación de aguas de escorrentía (lluvia) que será construido por encima de la cota de drenaje de lixiviación mediante la colocación de material de cobertura. Esta medida tiene como objetivo evacuar las aguas de escorrentía sobre de la superficie de la Etapa I y II principalmente, evitando la acumulación de caudales de agua limpia en las balsas de lixiviados.

**El sistema separativo de aguas limpias y lixiviados propuesto estará direccionado por arquetas que funcionarán a modo de by-pass en caso de que las aguas de precipitación, una vez recogidas, estén contaminadas por la mezcla con lixiviados a lo largo de su recorrido.**

Por otro lado, el sistema de drenaje de fondo de las etapas de vertido está formado por una capa de gravas situada en el fondo del vaso y en contacto con los residuos y tuberías perforadas HDPE diámetro 6" o mayor. Estas tuberías debieran de conducir los lixiviados directamente hasta un pozo desde donde se deben bombear para su tratamiento. Debido a la cantidad de lixiviado contenido en la parte inferior de los rellenos de los vasos de las etapas I, II y III Norte es posible que este dren de fondo este colmatado fruto de la presencia de materia orgánica y sólidos sedimentables en la capa

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

dren. Esta situación advierte la prioridad de construir un sistema de drenaje en altura que mitigue las deficiencias del actual drenaje de fondo.

##### 2.4.1.4 Superficie de sellado inadecuada en plataforma superior.

El **sellado de las superficies de la Etapa I y II se encuentran en condiciones deficitarias** de cobertura, existiendo pendientes y espesores inadecuados para hacer viable el drenaje de las aguas de lluvia.

**Los espesores de la cobertura dispuesta en la Etapa I son escasos y no se encuentran suficientemente compactados**, generando blandones y acumulación de aguas de lluvia en épocas de precipitación.

En la explotación de la **etapa III Norte posee un frente de trabajo escaso y deficitario a la circulación de vehículos y la maquinaria de explotación**. Esta situación se debe a la ejecución de las labores de perforación de pozos de desgasificación junto con la explotación diaria. El número de maquinaria y las condiciones de espacio necesaria para la perforadora junto con las labores de movimiento de materiales que requiere la perforación de los pozos, hace incompatibles las labores de perforación a las de colocación, extendido y compactación de los residuos en superficies inferiores a 10.000 m<sup>2</sup>. Se recomienda que se planifique la explotación de la perforación cuando las dimensiones del área de actuación sean inferiores a 10.000 m<sup>2</sup>.

## 2.5 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo se antoja fundamental para tener una imagen del estado actual del relleno sanitario, tanto desde el punto de vista de la operación y de su gestión diaria como de los problemas existentes, tanto crónicos como puntuales que se presentan en la operativa del mismo. En los siguientes puntos se pone de manifiesto los trabajos realizados sobre el relleno sanitario.

### 2.5.1 Residuos que ingresan en el relleno sanitario de cerro patacón

La tipología y cantidad de los residuos que son vertidos en las diferentes áreas establecidas en el relleno sanitario van a determinar las posibles soluciones operativas y técnicas a llevar a cabo con el fin de mejorar la situación actual, siendo más eficientes en la gestión de los mismos y disminuyendo el potencial contaminador de la actividad.}

#### 2.5.1.1 Caracterizaciones

La cantidad y composición de los residuos son considerados aspectos clave sobre los que se apoyan las estrategias diseñadas para su correcta gestión. Su conocimiento es esencial para dimensionar de forma adecuada las necesidades de los sistemas de recogida y transporte así como las capacidades de las instalaciones de tratamiento y eliminación a las que serán derivados.

La caracterización de residuos concretamente es un método de estimación estadística, basado en la selección de un número acotado de muestras. Sobre estas muestras se procede a su desagregación en los diferentes materiales que lo integran. El pesaje de esos materiales separados permite conocer

**Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.**

el porcentaje en peso que supone cada uno de ellos sobre el total de la muestra y por ende sobre el total del residuo generado en un determinado flujo.

Cabe mencionar que en la metodología utilizada se han considerado 2 tipos de origen de residuos a caracterizar: residuos de origen doméstico y los procedentes de la actividad económica. La razón de esta selección se basa en diferenciar aquellos residuos que serán susceptibles de la prestación de un servicio público (residuos domésticos) de aquellos que no lo serán por ser generados por una actividad con ánimo de lucro.

*Descarga de la muestra*



*Proceso de homogeneización y cuarteo*



*Cuarto seleccionado para su caracterización*



*Selección y separación de materiales*



*Preparación para el pesaje*



*Proceso de pesaje de materiales*



*Ilustración 6. Imágenes del proceso de caracterización de muestras de residuos*

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Una vez que un camión ha sido seleccionado y pesado, sus residuos llegan al área de stock donde el camión procede al vaciado de su carga. Esta muestra es identificada adecuadamente. Posteriormente se puede iniciar el propio proceso de caracterización de la muestra según el siguiente procedimiento:

**1. Cálculo de la densidad [D1]:** Con el fin de conocer la densidad del residuo contenido en el vehículo, se llena un cubo de al menos 120 litros con las bolsas cerradas y demás residuos que haya descargado el vehículo hasta su enrase. Una vez que el cubo esté perfectamente enrasado, se procede a su pesaje en la balanza de materiales con el fin de determinar la relación peso/volumen existente.

**2. Proceso de homogeneización y cuarteo:** Para caracterizar una muestra representativa del contenido del vehículo seleccionado, se sigue un proceso iterativo de homogeneización y cuarteo de la muestra total hasta lograr la muestra final a caracterizar.

La muestra total es volteada y mezclada (homogeneizada) utilizando medios mecánicos siempre que sea posible (en su defecto se utilizan palas manuales).

**3. Cálculo de la densidad [D2]:** Sobre la muestra conformada se procede a realizar un nuevo cálculo de densidad siguiendo el mismo procedimiento explicado anteriormente (Cálculo densidad [D1]). Así se conoce la densidad del residuo con las bolsas abiertas.

**4. Traslado de la muestra a segregar de la zona de stock a la zona de caracterización:** Este traslado se hace con medios mecánicos si se dispone de ellos o en su defecto a través de los cubos de 120 litros.

**5. Cribado de la muestra:** En este momento se procede al cribado de la muestra seleccionada aplicando un movimiento vibratorio durante 30 segundos aproximadamente. Este cribado provoca la división en dos sub-muestras; los residuos de menor tamaño que superan la luz de malla y aquellos que no superan la criba por ser superiores a 70 mm.

**6. Extendido de las sub-muestras y paso de la barra de imán:** Una vez cribados los residuos, estos son extendidos para posteriormente pasar una barra de imán sobre cada una de las sub-muestras con el fin de determinar la cantidad de residuos metálicos que son atraídos por sus propiedades magnéticas.

**7. Clasificación en grandes familias de materiales (categoría primaria) y en materiales (categoría secundaria):** Cada una de las sub-muestras formadas se clasifica en 16 grandes familias como primer paso, para facilitar la separación posterior en los 56 materiales.

**8. Pesaje de materiales:** Una vez categorizados y agrupados los materiales que conforman cada una de las sub-muestras en los 56 tipos posibles, se procede a su pesaje en la balanza de piso de acero inoxidable y a la anotación de los resultados obtenidos en una ficha diseñada para tal fin.

**9. Operaciones de validación:** Para asegurar que la toma de datos se está realizando de forma correcta y con el objetivo de detectar posibles desviaciones metodológicas, se hace un seguimiento diario de los resultados obtenidos en cada una de las caracterizaciones llevadas a cabo. Para ello, la empresa subcontratada debe enviar a diario las fichas de datos



#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

completadas. De forma adicional, se realizan fotos a lo largo de todo el proceso las cuales también son enviadas para su comprobación.

A continuación se muestra el avance de los trabajos de caracterización en el RSCP hasta la fecha de redacción de este informe.

En relación a **residuos de origen doméstico**, han sido caracterizadas un total de 364 muestras lo que supone el análisis de la composición por materiales de 85.38 toneladas de residuos. A continuación, se muestra la composición promedio de cada familia de residuos, tanto en formato tabla como en formato gráfico.

Familias	Composición Promedio	Intervalo confianza Normal
Orgánica	29.7%	2.2%
Celulosas	8.9%	1.2%
Madera	2.7%	3.2%
Papel cartón	15.6%	0.8%
Envases complejos	1.8%	1.3%
Textiles	5.9%	0.6%
Cueros	0.1%	6.1%
Plásticos	18.8%	0.5%
Vidrio	2.5%	2.6%
Metales	4.1%	1.2%
RAEES	1.0%	4.3%
Residuos peligrosos/ especiales	0.7%	4.3%
Inertes	4.0%	3.8%
Voluminosos	1.4%	1.6%
Miscelánea	2.7%	3.4%

Tabla 7: Composición de los residuos generados por actividad doméstica

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

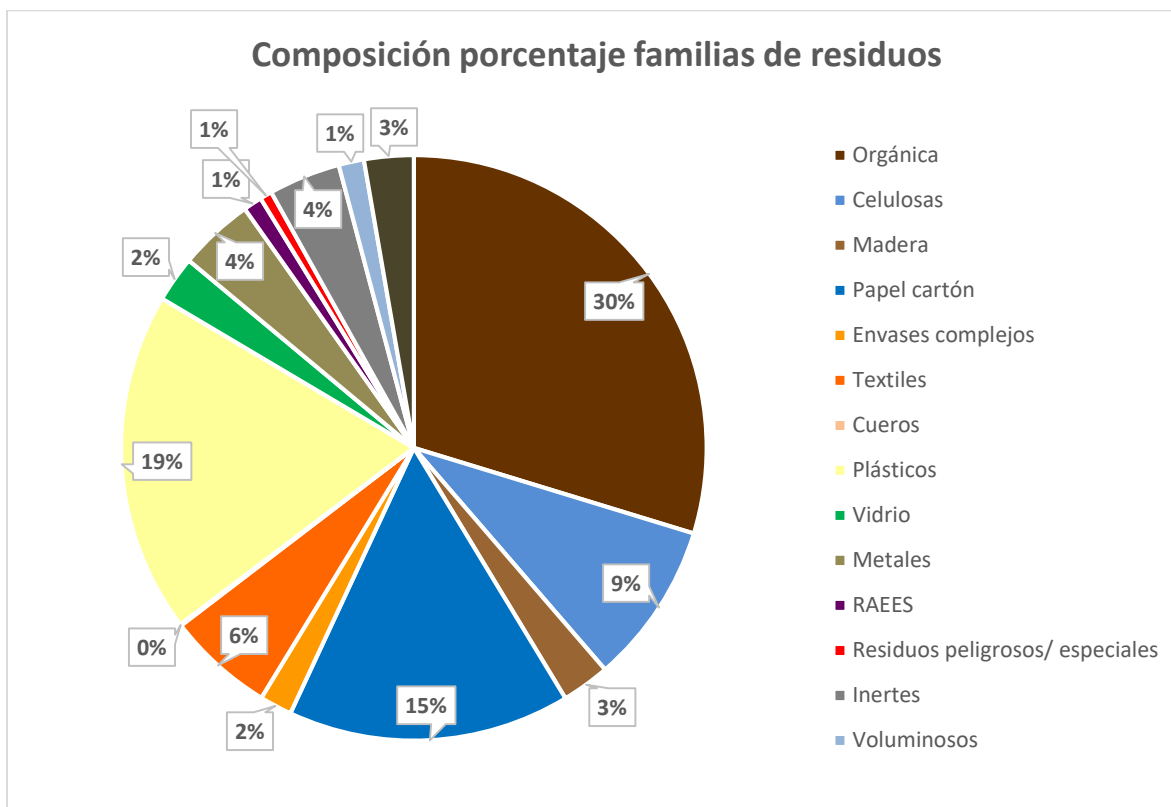


Ilustración 7. Composición de los residuos generados por actividad doméstica

En relación a **residuos procedentes de la actividad económica**, han sido caracterizadas un total de 164 muestras lo que supone el análisis de la composición por materiales de 13.79 toneladas de residuos. Seguidamente se muestra la composición promedio de cada familia de residuos, tanto en formato tabla como en formato gráfico.

Familias	Composición Promedio	Intervalo confianza Normal
Orgánica	15.3%	2.4%
Celulosas	7.9%	1.1%
Madera	5.6%	1.8%
Papel cartón	25.5%	2.2%
Envases complejos	1.2%	0.6%
Textiles	3.0%	0.8%
Cueros	0.2%	0.2%
Plásticos	22.9%	1.9%
Vidrio	2.0%	0.5%

### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Familias	Composición Promedio	Intervalo confianza Normal
Metales	3.6%	0.7%
RAEES	0.9%	0.6%
Residuos peligrosos/ especiales	2.4%	1.2%
Inertes	4.5%	1.6%
Voluminosos	3.8%	1.6%
Miscelánea	1.2%	0.5%

Tabla 8: Composición de los residuos generados por actividad económica

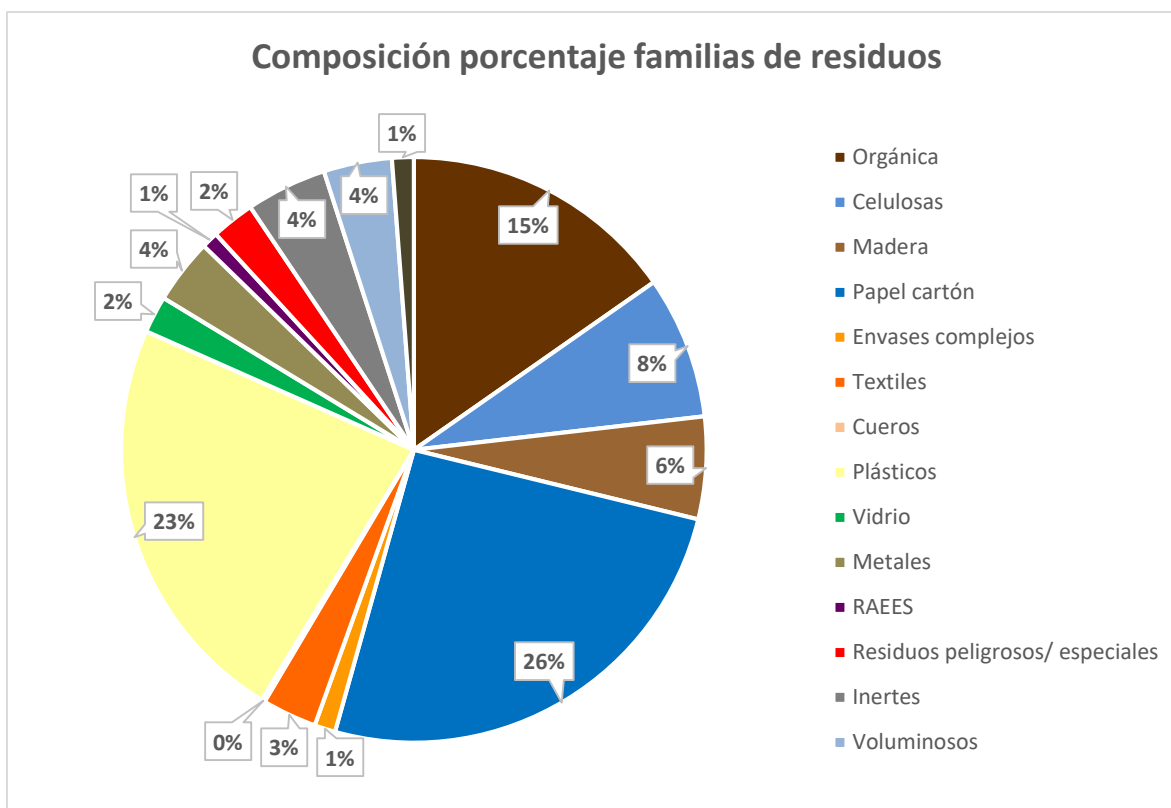


Ilustración 8. Composición de los residuos generados por actividad económica

Los resultados de las caracterizaciones revelan que existen diferencias claras en la composición, en función del origen del residuo. Principalmente los residuos generados en los hogares contienen mayores porcentajes de materia orgánica. Por su parte, los residuos generados por las actividades económicas presentan mayores cantidades de residuos de embalaje (fundamentalmente cartonajes y plásticos).

### 2.5.1.2 *Análisis de sólidos*

Conocer parámetros como la humedad y el poder calorífico inferior (PCI) de los residuos permite valorar qué tipo de tratamientos son los más adecuados para aplicar a los residuos generados.

Es por ello que dentro de los trabajos relativos a la estimación de la generación de residuos y su caracterización, se encuentre enmarcada la subcontratación de la empresa CADICSA destinada a la toma de muestras sólidas de residuos para su posterior análisis en laboratorio con el fin de determinar sus características físico-químicas. Para llevar a cabo estas analíticas, se han recogido muestras representativas de residuos de entre 2 y 4 kilos.

A continuación se explica la **metodología de preparación de la muestra**.

Se han diferenciado varias clases de muestras sólidas para el laboratorio, lo que permite obtener información muy valiosa fundamentalmente para valorar dos posibles tipos de tratamientos a los que pueden ser sometidos los residuos:

- Procesos de tratamiento de residuos orgánicos.
- Procesos de tratamiento térmico.

Estos tipos de muestras también están diseñadas para valorar diferentes escenarios posibles en cuanto a los modelos de gestión:

#### **1. Muestras para procesos de tratamiento de residuos orgánicos**

En esta opción, las muestras están diseñadas para aportar información sobre el contenido orgánico de los residuos susceptibles de ser sometidos a tratamientos de materia orgánica específicos.

La composición de las muestras para el laboratorio está formada únicamente por los residuos de materia orgánica y por los residuos biodegradables no leñosos de parques y jardines existentes, en la misma proporción. También se mantienen las relaciones existentes entre aquellos residuos orgánicos que superan el tamiz y los que no tras el proceso de cribado de la muestra caracterizada.

Las muestras tomadas se están realizando sobre los residuos domésticos debido a que normalmente no existen diferencias en la naturaleza físico-química entre los residuos orgánicos procedentes de los hogares y los generados por las actividades económicas. Únicamente pueden existir diferencias en las cantidades de residuos que se recibirían en estos tratamientos procedentes de esos 2 orígenes y en el caso de ser admitidos en las mismas instalaciones.

#### **2. Muestras para procesos de tratamientos térmicos**

Para valorar los posibles procesos térmicos, se van a componer 4 muestras diferentes permitiendo valorar así diferentes escenarios posibles en un futuro modelo de gestión. Todos los escenarios parten de la misma premisa y es que se contempla que los residuos

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

llegan a una planta de selección en la cual algunos de los materiales son separados con dos objetivos:

- El primero es evitar que algunos residuos dificulten la separación de materiales. Es por ello que se retiran los elementos voluminosos, o especiales.
- Se separan materiales que son reciclables para su valorización material permitiendo de ese modo su reintroducción de nuevo en procesos productivos.

El tipo de materiales a separar y el grado de separación (eficacia) es lo que provocará en una planta de clasificación que se origine un flujo de materiales no recuperados que denominaremos rechazo de proceso. La simulación de la composición de estas muestras de rechazo dará como resultado la muestra a analizar desde un punto de vista orientado a eliminar el rechazo en un proceso térmico.

En este tipo de muestras configuradas para conocer la calidad de ese residuo para ser sometido a procesos térmicos, se han barajado varias hipótesis en función de posibles diseños de plantas de clasificación o de diferentes posibilidades de operación en una planta.

### **3. Muestras para procesos térmicos de residuos de rechazo de procedencia doméstica**

Estas muestras aportarán información sobre la posibilidad de aplicar un proceso térmico a los residuos de rechazo (que son aquellos residuos que tras haberse sometido a un proceso de clasificación no han sido separados para su reciclaje por lo que su destino puede ser su depósito en un relleno sanitario o su valorización energética mediante un proceso térmico).

Por lo tanto, la muestra sólida para el laboratorio estará basada en los porcentajes de composición por materiales de la muestra caracterizada, aplicando unos factores de eficacia en la separación en función de cada tipo de material. Es decir, algunos materiales no llegarían a formar parte de ese rechazo, dado que serían separados para su reciclaje.

Estas muestras solo se realizarán sobre los residuos domésticos, valorando así la posibilidad de cómo se comportaría un proceso térmico si residuos de actividades económicas no llegasen a las plantas de tratamiento públicas.

### **4. Muestras para procesos térmicos de residuos de rechazo de procedencia doméstica y de actividad económica**

Este escenario contiene el mismo enfoque para la composición de las muestras para el laboratorio que el anterior, a excepción de que en esta opción, sí se contempla que tanto los residuos de origen domésticos como los procedentes de actividades económicas lleguen a plantas de tratamiento y de clasificación públicas. Por lo tanto el rechazo que sería sometido a procesos térmicos estará compuesto por materiales de ambos orígenes.

Para ello la conformación de la muestra sólida para el laboratorio, está basada en los porcentajes de composición por materiales de la muestra doméstica caracterizada, más los porcentajes de composición promedio procedentes de actividades económicas, manteniendo la relación de las toneladas de entrada de residuos domésticos frente a las toneladas generadas por actividades económicas, es decir, ponderando la cantidad

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

aportada por los residuos de cada origen (formación de la composición de forma ponderada por las toneladas de entrada de cada origen).

Los porcentajes de composición promedio de las actividades económicas, se han basado en los obtenidos tras la caracterización de 154 muestras en Cerro Patacón.

La importancia de realizar esta simulación radica en que las diferencias pueden ser notables si se contempla la entrada o no de residuos procedentes de actividades económicas, no solo por las toneladas de entrada, sino también por las características de su composición. Sumar a los residuos domésticos aquellos procedentes de actividades económicas normalmente multiplica el porcentaje en materiales plásticos y cartones; materiales que aportan un gran poder calorífico en un proceso térmico.

#### **5. Muestras para procesos térmicos de residuos de rechazo de procedencia doméstica y de actividad económica con enriquecimiento de materiales**

Las muestras para el laboratorio en esta opción simulan un escenario similar al caso anterior (también la composición contempla tanto los residuos de actividades domésticas como económicas), pero contemplando que dos materiales con un alto poder calorífico como es el cartón y el film no son separados para su reciclaje, sino que llegan el 100% de su entrada llegaría a formar parte del rechazo destinado a un proceso térmico. La elección de no recuperar el PEBD (plástico film) también obedece al escaso mercado de reciclaje existente para este tipo de material.

#### **6. Muestras para procesos térmicos de residuos en masa de procedencia doméstica y de actividad económica**

Por último, este tipo de muestras diseñadas para el laboratorio simula la opción de someter a procesos térmicos todos los residuos sin llevar a cabo una selección importante de materiales para su reciclado. En este caso, simplemente se retirarían aquellos de carácter voluminoso, especial o peligroso que puedan ocasionar problemas en un tratamiento térmico.

Una vez tomadas las muestras sólidas en el RSCP, las mismas son transportadas al laboratorio cumpliéndose en todo momento la cadena de custodia. En el laboratorio los parámetros a analizar son:

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Parámetros	Especificación
Contenido en humedad (% peso).	Contenido en humedad (%) = (Peso original-Peso seco/Peso original)*100
Análisis químico elemental: Carbono (%) Hidrógeno (%) Nitrógeno (%) Oxígeno (%) Azufre (%)	Solo de la materia combustible (desechos de cocina, papel, textil, césped y madera, plástico, y caucho y cuero).
Poder calorífico	<p>Bomba de calor. Sobre la parte combustible de los residuos.</p> <p><b>Ho = Hcvc*(100 – w/100)</b> Donde: Ho: poder calorífico superior total de la parte combustible de los desechos (kcal/kg). Hcvc: los resultados de la prueba de la “Bomba de calor” (que reflejan el poder calorífico superior de la parte combustible de los desechos en base seca) (kcal/kg). w: contenido de agua de todo el desecho combustible (%).</p> <p><b>Hu = Ho – 6(9h + W )</b> Donde: Hu: poder calorífico inferior de la parte combustible de los desechos (kcal/kg). h: contenido de hidrógeno de la parte combustible de los desechos (%). W: contenido de humedad de la parte combustible de los desechos (%).</p>

Tabla 9 Parámetros de análisis en laboratorio

En el Anejo 5 del presente documento se puede consultar el “Informe de muestreo de residuos sólidos en el Relleno Sanitario de Cerro Patacón” avanzado por la empresa CADICSA. En dicho informe, además de la descripción del procedimiento de muestreo, se presenta la composición en peso de las 61 muestras recolectadas en el RSCP.

### 2.5.2 Análisis de aguas subterráneas y superficiales

Se han realizado diferentes análisis para conocer la calidad de las aguas superficiales y subterráneas en el entorno del RSCP. En el Anejo 4 se detallan dichos análisis.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

2.5.2.1 Análisis de aguas subterráneas

La analítica realizada por Ineco incluye parámetros adicionales a los que se han monitorizado en el PAMA. A continuación se exponen la totalidad de los resultados obtenidos.

02/09/2016		Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	Pozo 5	DGNTI-COPANIT 23-395-99 "Agua Potable"	Decreto 75-2008. Con contacto directo	Decreto 75-2008. Sin contacto Directo	DGNTI-COPANIT 35-2000 "Agua. Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de	RD 140/2003 criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano
Parámetro	Unidad										
pH	-	7.87	7.39	6.12	6.57	6.61	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	5.5-9	6.5-9.5
Conductividad	μSiemens/cm	389	1106	502	991	256					2,500
Alcalinidad	mg/L	208	478	84	800	124	120				
Cloruros	mg/L	5.7	487.7	47.5	36.2	9.9	250			400	250
Nitratos	mg/L	<1.0	9.52	<1.0	<1.0	1.23	10			6	50
Nitritos	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	1			-	0.5
Carbono orgánico total	mg/L	5.9	142.2	53.4	50.3	10.5				-	
DBO5	mg/L	11.7	255	101.5	109.5	25.7		<3	3.0-5.0	35	
DQO	mgO2/L	20	459	191	185	34				100	
Relación DQO/DBO5		1.71	1.8	1.88	1.69	1.32					
Fosforo total	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00				5	
Nitrógeno orgánico total	mg/L	<1.00	2.03	<1.00	<1.00	1.82				10	
Nitrógeno amoniacal	mg/L	<2.00	<2.00	2.3	<2.00	<2.00				3	0.5
Sulfatos	mg/L	<2.00	29.94	68.76	103.7	6.08	250			1000	250



Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

02/09/2016		Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	Pozo 5	DGNTI-COPANIT 23-395-99 "Agua Potable"	Decreto 75-2008. Con contacto directo	Decreto 75-2008. Sin contacto Directo	DGNTI-COPANIT 35-2000 "Agua. Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de	RD 140/2003 criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano
Parámetro	Unidad										
Sólidos suspendidos	mg/L	216	260	408	240	230.5		<50	<50	35	
Sólidos volátiles	mg/L	183	205	195	200	190					
Cadmio	mg/L	<0.01	0.034	<0.01	<0.01	<0.01	0.003	<0.03	<0.03	0.01	0.005
Calcio	mg/L	1.46	51.63	22.65	93.72	24.04				1000	
Cobre	mg/L	<0.02	0.083	<0.02	0.089	<0.02	1			1	2
Cromo total	mg/L	<0.008	0.02	<0.008	0.023	<0.008	0.05	<0.05	<0.05	5	0.05
Hierro total	mg/L	0.073	0.147	0.169	0.097	0.044	0.3			5	0.2
Magnesio	mg/L	0.102	26.21	6.61	44.16	5.06					
Níquel	mg/L	<0.020	<0.02	<0.020	<0.020	<0.020	0.02			0.2	0.02
Plomo	mg/L	0.12	0.244	0.063	<0.05	0.08	0.01	<0.05	0.05-0.2	0.05	0.01
Potasio	mg/L	<11.07	28.33	<11.07	<11.07	<11.07					
Silicio	mg/L	29.87	21.28	28.36	35.23	44.87					
Sodio	% Na	61.97	91.25	27.52	45.03	11.02	200			35	200
Zinc	mg/L	0.015	0.059	0.011	0.082	0.018	5			3	

Tabla 10. Resultados de las analíticas de aguas subterráneas llevadas a cabo por Ineco. Septiembre de 2016.

### 2.5.2.2 Análisis de aguas superficiales

El resultado de los análisis de las muestras de aguas superficiales se presenta a continuación.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

02/09/2016 UTM WGS84 H17											
		Coord. E					Coord. N				
		Cauce 1	Cauce 2	Cauce 3	Cauce 4	Cauce 5					
Parámetro	Unidad	1002080.407	1001580.268	1001103.713	1000862.465	1000554.833	DGNTI-COPANIT 23-395-99 "Agua Potable"	Decreto 75-2008. Con contacto directo	Decreto 75-2008. Sin contacto Directo	DGNTI-COPANIT 35-2000 "Agua. Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y	RD 140/2003 criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano
pH	-	7.76	7.63	7.6	7.39	7.75	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	5.5-9	6.5-9.5
Conductividad	µSiemens/cm	169.9	210.5	3390	866	2530					2,500
Alcalinidad	mg/L	84	92	1080	308	18	120				
Cloruros	mg/L	3.9	9.6	638.1	78.7	354.5	250			400	250
Nitratos	mg/L	<1	<1	10.8	2.64	<1	10			6	50
Nitritos	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	1			-	0.5
Carbono orgánico total	mg/L	<0.3	<0.3	415	266	40.5				-	
DBO5	mg/L	<1.0	<1.0	852.8	280	74.3		<3	3.0-5.0	35	
DQO	mgO2/L	<3.0	<3.0	1244	880	132				100	
Relación DQO/DBO5		-	-	1.46	3.14	1.78					
Fosforo total	mg/L	<2.00	<2.00	<2.00	3.02	<2.00				5	
Nitrógeno orgánico total	mg/L	<1.00	<1.00	7.55	<1.00	<1.00				10	
Nitrógeno amoniacal	mg/L	<2.00	<2.00	90	35	53				3	0.5
Sulfatos	mg/L	<2.00	2.36	94.2	54.82	37.5	250			1000	250
Sólidos suspendidos	mg/L	190	136	16	124	240		<50	<50	35	
Sólidos volátiles	mg/L	80	80.4	<5.0	78.9	195					
Cadmio	mg/L	<0.010	<0.010	0.064	<0.010	<0.010	0.003	<0.03	<0.03	0.01	0.005

## Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

		02/09/2016 UTM WGS84 H17									
		Coord. E					Coord. N				
		Cauce 1	Cauce 2	Cauce 3	Cauce 4	Cauce 5	DGNTI-COPANIT 23-395-99 "Agua Potable"				
		1002080.407	1001580.268	1001103.713	1000862.465	1000554.833	Decreto 75-2008. Con contacto directo				
		657996.090	658147.694	658048.803	658413.152	657397.480	Decreto 75-2008. Sin contacto Directo				
		657996.090	658147.694	658048.803	658413.152	657397.480	DGNTI-COPANIT 35-2000 "Agua. Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y RD 140/2003 criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano				
Parámetro	Unidad	Cauce 1	Cauce 2	Cauce 3	Cauce 4	Cauce 5					
Calcio	mg/L	12.65	16.79	108.11	35.73	69.48				1000	
Cobre	mg/L	<0.020	<0.020	1.15	0.025	0.21	1			1	2
Cromo total	mg/L	<0.008	<0.008	0.052	0.014	0.056	0.05	<0.05	<0.05	5	0.05
Hierro total	mg/L	0.148	0.226	1.063	0.145	0.817	0.3			5	0.2
Magnesio	mg/L	5.22	6.98	49.9	11.99	37.56					
Níquel	mg/L	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	0.02			0.2	0.02
Plomo	mg/L	0.069	0.065	0.266	0.114	0.13	0.01	<0.05	0.05-0.2	0.05	0.01
Potasio	mg/L	<11.07	<11.07	71.23	<11.07	76.64					
Silicio	mg/L	52.53	32.9	31.87	33.19	37.19					
Sodio	% Na	6.66	9.2	234.84	43.45	207.82	200			35	200
Zinc	mg/L	0.008	0.01	0.752	0.038	0.172	5			3	

Tabla 11. Resultados de las analíticas de aguas superficiales llevadas a cabo por Ineco. Septiembre de 2016.

La acumulación del lixiviado por todo el relleno sanitario hace oportuno el análisis de su composición para poder determinar con una mayor fiabilidad los procesos de depuración necesarios. Para ello se ha procedido a tomar 2 muestras del lixiviados acumulado en la balsa de almacenamiento el día 2 de mayo de 2017, realizando su analítica en los días posteriores. A continuación se muestran los resultados de dichos análisis.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

		02/09/2016						
		UTM						
		WGS84 H17						
		Coord. E						
		Coord. N						
		Balsa 1	Balsa 2					
Parámetro	Unidad	1001058,73	1000806,72					
		657548,18	657521,69					
				DGNTI-COPANIT 23-395-99 "Agua Potable"	Decreto 75-2008. Con contacto directo	Decreto 75-2008. Sin contacto Directo	DGNTI-COPANIT 35-2000 "Agua. Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y "	RD 140/2003 criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano
pH	-	8.76	-	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	5.5-9	6.5-9.5
Conducti vidad	μSiemens/cm	8100	8090					2,500
Alcalinidad	mg/L	3200	2800	120				
Cloruros	mg/L	1790.02	1737.1	250			400	250
Nitratos	mg/L	43,2	43,1	10			6	50
Nitritos	mg/L	0.335	0.428	1			-	0.5
Carbono orgánico total	mg/L	811.30	463.7				-	
DBO5	mg/L	1262	714.8		<3	3.0-5.0	35	
DQO	mgO2/L	2460	1405				100	
Relación DQO/DBO5		1.9	1.96					
Fosforo total	mg/L	36.8	60.9				5	
Nitrógeno orgánico total	mg/L	42.92	78.88				10	
Nitrógeno amoniacoal	mg/L	242.0	182				3	0.5
Sulfatos	mg/L	46.70	33.1	250			1000	250
Sólidos suspendidos	mg/L	100	128		<50	<50	35	
Sólidos volátiles	mg/L	88	102					
Cadmio	mg/L	<0.010	<0.010	0.003	<0.03	<0.03	0.01	0.005

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

		02/09/2016						
		UTM						
		WGS84 H17						
		Coord. E						
		Coord. N						
Parámetro	Unidad	Balsa 1	Balsa 2	DGNTI-COPANIT 23-395-99 "Agua Potable"				
				Decreto 75-2008. Con contacto directo				
				Decreto 75-2008. Sin contacto Directo				
				DGNTI-COPANIT 35-2000 "Agua. Descarga de efluentes líquidos directamente a cuerpos y RD 140/2003 criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano				
Calcio	mg/L	13.62	1.657				1000	
Cobre	mg/L	<0.020	<0.020	1			1	2
Cromo total	mg/L	<0.008	<0.008	0.05	<0.05	<0.05	5	0.05
Hierro total	mg/L	0.136	0.136	0.3			5	0.2
Magnesio	mg/L	1.714	1.139					
Níquel	mg/L	<0.020	<0.020	0.02			0.2	0.02
Plomo	mg/L	<0.050	<0.050	0.01	<0.05	0.05-0.2	0.05	0.01
Potasio	mg/L	<11.07	<11.07					
Silicio	mg/L	1.398	1.360					
Sodio	% Na	8.545	8.487	200			35	200
Zinc	mg/L	0.338	0.244	5			3	

Tabla 12. Resultados de las analíticas de lixiviados llevadas a cabo por Ineco. Mayo de 2017.

### 3 PROGRAMA DE NECESIDADES

#### 3.1 PROGRAMA DE NECESIDADES AMBIENTAL

En un primer grado de avance, una vez establecidas las conclusiones derivadas de la aplicación del método EVIAVE-Panamá al RSCP, se plantean las siguientes propuestas de mejora desde una perspectiva ambiental:

##### a) Instalación de una estación meteorológica

La colocación de una estación meteorológica por parte de la Administración del relleno sanitario cerca de sus instalaciones dará la posibilidad de controlar los siguientes elementos del origen del riesgo: Precipitaciones, altas temperaturas, presencia de rayos y viento.

##### b) Tratamiento de lixiviados

La realización de un correcto monitoreo de la generación, el tratamiento y el efluente depurado de los lixiviados proporcionará los datos necesarios para poder detectar posibles problemas en origen, y plantear alternativas en la gestión global de los lixiviados del RSCP, intentando disminuir su alto potencial contaminante, minimizando los riesgos para el medioambiente y la salud pública:

- Estudio de generación: El desconocimiento del caudal de lixiviados que genera la masa de residuos acumulada en el RSCP impide una óptima gestión de los mismos, cuyas posibles consecuencias son:
  - Incorrecto dimensionamiento de las instalaciones necesarias.
  - Gran acumulación que presione los diques de contención hasta su falla estructural.
  - Limitación de cara a la aplicación de tratamientos efectivos para su descontaminación.
- Monitoreo: Se ha de establecer un monitoreo de los lixiviados generados, con la correspondiente elaboración de los informes mensuales por parte del operador del relleno sanitario:
  - Hay que controlar el volumen real generado y confrontarlo con las previsiones derivadas de los estudios teóricos con el fin de adaptar la gestión global al caudal real.
  - Se deben realizar analíticas periódicas del lixiviado en diferentes puntos del relleno sanitario (en los pozos existentes en la masa de residuos, en las lagunas de acumulación).
  - Hay que establecer los controles de los efluentes descargados de lixiviado permeado en los ríos para cumplir con los permisos de descarga a cauce natural y la toma de muestras de las aguas superficiales, aguas arriba del relleno sanitario y aguas abajo, para poder controlar el de los niveles legales.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Diseño y construcción de la red de drenaje: El diseño de una correcta red de drenaje proporcionará un control de contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas. Para ello se diseñarán con anterioridad los siguientes aspectos:
  - Los canales de captación de aguas de escorrentía superficial, mediante los cuales se evita la penetración de agua superficial al sitio del relleno sanitario.
  - Red de drenaje de lixiviados que evacúe por una línea independiente el lixiviado capturado hasta la planta de tratamiento.
  - Drenes de recolección y evacuación de lixiviados, que facilitará la evacuación del efluente desde la masa de residuos hasta el sistema de drenaje.
  - Pozos de monitoreo, habilitación y reconstrucción de aquellos pozos de monitoreo deteriorados que facilitarán el monitoreo de la calidad del agua subterráneas para detectar los posibles fallos en el sistema. Determinación de nuevos puntos de muestreo.
  - Adecuación de la planta de tratamiento de lixiviados mediante la cual se reduce el poder contaminante del lixiviado. En base a los estudio en detalle de la generación de lixiviados se puede llegar a reconfigurar el planteamiento inicial para el tratamiento de los lixiviados.
- Propuesta de gestión: A continuación se proponen diferentes métodos de tratamiento de gestión de lixiviados que pueden ser analizados para la gestión del efluente una vez hayan finalizado los estudio de detalle acerca de la generación de los mismos:
  - La recirculación del lixiviado, mediante la cual se logra un aumento en la humedad de los residuos dispuestos, que a su vez generan un aumento de la tasa de producción de biogás en el relleno. Al mismo tiempo, la evapotranspiración elimina parte del volumen de agua recirculado. De esta forma se logra una reducción significativa del volumen final a tratar. Por lo tanto se plantea con una posible propuesta de mejora las recirculaciones periódicas de los lixiviados hacia el frente de vertido.
  - Aumentar la capacidad de tratamiento de los lixiviados en la planta de depuración acorde al estudio de detalle de generación de lixiviados. Con los datos del estudio de detalle se puede rediseñar el sistema para aumentar su eficacia y depurar un volumen diario de lixiviado que permita la eliminación paulatina del lixiviado acumulado. Un buen dimensionamiento del tratamiento evitará un almacenamiento excesivo de lixiviado que en ocasiones genera el desbordamiento de las lagunas de acumulación.
  - Pulverización de los lixiviados, es otra de las posibles propuestas del tratamiento de los lixiviados. Al atomizar el lixiviado y emitirlo a la atmósfera se produce la evaporación del volumen de agua contenido y por tanto se reduce el volumen del lixiviado. Este tratamiento exige un estudio meteorológico adicional para verificar si las condiciones de temperatura y humedad harán viable este método, así como una caracterización química y biológica del mismo.

### c) Tratamiento del biogás

La realización de un correcto estudio, monitoreo y gestión de los gases proporcionará los datos necesarios para poder detectar el posible origen del problema y, por consiguiente, poder plantear el control o la solución a los efectos adversos:

- Estudio de la generación de los gases. La posible contaminación atmosférica debido a la emisión de gases de efecto invernadero, así como los malos olores que son provocados por los gases que expulsa de manera incontrolada el relleno sanitario debe ser analizada. Asimismo se debe realizar un estudio de detalle del potencial de generación de biogás y su composición.
- Monitoreo de los gases. Una de las medias de seguimiento y control de riesgos de los gases es el monitoreo periódico o en continuo de la cantidad y composición de los mismos. Además mediante la elaboración de un informe de seguimiento de generación y análisis de calidad de los mismos se puede analizar la evolución del estado de la masa de residuos y conocer los procesos internos que se están desarrollando en las diferentes etapas. El monitoreo va a permitir además verificar los cálculos teóricos que desarrollan el sistema de tratamiento de biogás, facilitando el rediseño si fuera necesario.
- Adecuación del abatimiento de los gases de efecto invernadero. La captura del gas generado en el RSCP debe ser una tarea fundamental en la prevención de impacto ambientales, ya que el metano emitido a la atmósfera tiene un potencial de efecto invernadero 21 veces superior al CO<sub>2</sub>. El primer paso será crear una capa impermeable a los gases en la superficie de las etapas a clausurar que impida la fuga del biogás. Al mismo tiempo se ha de completar la red de extracción y transporte del biogás generado hasta el tratamiento seleccionado para conseguir el abatimiento de los gases de efecto invernadero (bien mediante su quema en una antorcha, bien mediante una valorización energética que puede incluir además generación de electricidad).

### d) Cobertura diaria

La ejecución de la correcta cobertura diaria de los residuos evitaría que el aire o la fauna produzcan desplazamientos de los residuos, así como la percolación de agua de lluvia. Por tanto el control de la cobertura dará la posibilidad de examinar los siguientes elementos origen del riesgo:

- Las partículas en suspensión. La presencia de las partículas en suspensión causan la contaminación atmosférica y efectos adversos en la salud de los trabajadores. El método para mitigar la afección se plantea mediante la garantía de la cobertura óptima diaria y el regado de las zonas de deposición de los residuos en las épocas secas.

Las medias de seguimiento para poder detectar el incremento de las partículas en suspensión se establece mediante la elaboración de informes mensuales sobre la observación del entorno e informes mensuales sobre el análisis de partículas en suspensión.

- La fauna. La presencia de la fauna como riesgo ambiental puede provocar la transmisión de enfermedades, por lo que como medida de seguimiento y control de riesgo se propone la cobertura diaria de los residuos y la instalación de las trampas para capturar los roedores,



#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

además de la implantación de los programas de fumigación diarias. Para su correcta evolución se plantean las batidas de fauna hasta la clausura final del relleno sanitario. El método para mitigar y controlar la afección se plantea mediante de control de monitoreo del número de especies de fauna avistados y el número de especies de fauna en trampas.

- Lixiviados: La correcta ejecución de la cobertura diaria, con la compactación y el espesor necesario, impide que el agua de lluvia llegue a la masa de residuos contaminándose y aumentando la producción de lixiviados que posteriormente es necesario tratar.
- Residuos sólidos sin cubrir. Los residuos sólidos que afloran o se quedan sin una cobertura suficiente provocan como un posible riesgo ambiental los olores, atracción de la fauna, riesgo para la salud de los trabajadores y de la población colindante, además de incrementar el riesgo de incendios. Como medida de control de dicho riesgo se plantea garantizar la cobertura diaria de los residuos que ingresan, e implementar programas de fumigación diaria. Se plantea utilizar los siguientes indicadores de monitoreo: evolución de la superficie, localización y tipología de residuos sin cubrir, acopio del material de tapado y analizar el número de quejas por malos olores.

Por último la cobertura diaria exige una previsión del material a disponer para esta tarea. La correcta explotación del vertedero debe de contemplar un acopio de material de cobertura para al menos diez días de trabajo. Se ha de realizar un estudio de detalle de la capacidad potencial que tiene actualmente el RSCP de proveer este material y si es suficiente para completar la adecuada explotación del mismo. Se ha de analizar no solo la cantidad de material disponible, sino también la calidad del mismo.

#### e) Estudio de la densidad de los residuos compactados.

Se ha detectado como una posible propuesta de mejora realizar un estudio de densidad de compactación del residuo en cada etapa del vertedero. Los cálculos analizados presentan inconsistencias técnicas y son abordados únicamente a nivel teórico, sin verificar con análisis de campo su adecuación a la realidad del relleno sanitario. El estudio específico propuesto puede limitar los siguientes riesgos:

- Estabilidad de la masa de residuos: Una mayor densidad de los residuos, en principio, debe dar origen a una masa más estable. Es fundamental conocer las densidades obtenidas para determinar si los cálculos de estabilidad que se están contemplando siguen hipótesis realistas.
- Vida útil del relleno sanitario: Las estimaciones de la vida útil del RSCP se han llevado a cabo con unas hipótesis que incluyen como variable la densidad de los residuos. Cuanto menor sea la densidad finalmente obtenida, mayor será la necesidad de terreno para eliminar los residuos.
- Otras componentes afectadas: la densidad de los residuos también afecta a la velocidad de generación de lixiviados y de biogás. Otra componente secundaria afectada es la capacidad portante final del relleno sanitario, que condiciona el uso posterior que se le puede dar al relleno sanitario.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Una vez realizado el estudio de densidades y verificado el método teórico para el cálculo de la misma se deberá realizar un monitoreo semanal que debe ser apoyado con análisis de campo de contraste de frecuencia trimestral.

#### **f) Quema clandestina o accidental de residuos**

La quema clandestina provoca riesgo de incendios y la combustión de gases peligrosos que afectan a la salud de los trabajadores y de la población colindante.

Para llevar a cabo las medidas de seguimiento y control de riesgos de la quema clandestina se propone: Colocar rótulos de prohibido fumar en sitios aledaños al frente de trabajo, prohibir a los recuperadores la técnica de quemado de residuos para recuperar algún metal pesado (Ej: Quema de cable para obtener cobre.) y capacitar al personal acerca del riesgo de incendio en el vertedero. Una buena ejecución de la cobertura diaria también va a disminuir el riesgo de incendios. Como posibles indicadores de monitoreo se plantea: Control de evidencia de quemas en el relleno sanitario, controlar el cumplimiento de las normas de seguridad y salud; y realizar la capacitación del personal vinculado a las actividades del vertedero. El responsable de llevar a cabo dicho seguimiento será el responsable de la seguridad y salud.

#### **g) Seguridad maquinaria/equipo de protección individual y salud pública.**

La realización de unos correctos controles diarios del estado de la maquinaria o del equipo de protección individual y de su buen uso, proporcionará los datos necesarios para poder detectar el posible origen del problema de seguridad y salud de los trabajadores. Los efectos adversos que puedan provocar la seguridad y la salud como el origen del riesgo, viene definido a continuación:

- Área de lavado de vehículos. Puesta en marcha. En el caso de no realizar un correcto lavado de los vehículos se produce el riesgo ambiental de la afección a la salud pública debido a la posible dispersión de vectores infecciosos o contaminantes. La medida de seguimiento y control de riesgos se establece con el lavado de camiones y desinfección de ropa de trabajadores en las instalaciones de salida. Los responsables de seguridad y salud deben establecer controles de acceso diarios, donde se produce un control de la maquinaria y de la ropa de los trabajadores.
- Residuos peligrosos no asimilables a domésticos. Los riesgos ambientales generados por los residuos peligrosos no asimilables a domésticos son de afección de salud pública y contaminación ambiental. Como medida de control de dicho riesgo se plantea el control de entrada de residuos, registro de transportista y de su origen. Se propone realizar como indicador de monitoreo inspecciones visuales y sancionar a aquellos que los incumplan. Dichas inspecciones se deben de hacer tanto en la entrada del RSCP como en el frente de vertido.
- Transporte de residuos al vertedero. Los riesgos ambientales generados por el deterioro y suciedad de las vías de acceso al vertedero, debido a los derrames en el transporte de los residuos, son de afección de salud pública. Como medida de control de dicho riesgo se propone realizar, como indicador de monitoreo, inspecciones visuales de los accesos y elaboración de informes de evaluación del estado de las vías de acceso al vertedero.

#### h) Plan de monitoreo independiente por parte del Administrador del RSCP.

Actualmente se ejecuta en la operación del RSCP las actuaciones indicadas en el PAMA aprobado. El responsable de la redacción de dicho documento es el operador del RSCP y por tanto es el responsable de realizar las analíticas necesarias. A pesar de que no se pone en duda la buena fe del operador se cree necesario un monitoreo independiente por parte del Administrador del RSCP que pueda hacer de contraste frente al monitoreo obligado en el PAMA.

Además, el monitoreo independiente puede recoger variables no incluidas en el PAMA y que son importantes para la correcta operación del RSCP, como por ejemplo la compactación de los residuos, calidad de los lixiviados, aguas superficiales, etc.

El Administrador determinará las variables claves a monitorear y su frecuencia, siendo responsable de su ejecución la Coordinación del RSCP. El Administrador debe comprometer medios y recursos para el desarrollo de este plan.

### 3.2 PROGRAMA DE NECESIDADES TÉCNICAS

En un primer grado de avance, se plantean las siguientes necesidades derivadas de las conclusiones del diagnóstico técnico:

- **Estabilidad de las masas de residuos:**
  - Estabilidad del relleno sanitario de las etapas I y II: deberán establecerse medidas para disminuir la presión de poros. Además deberá realizarse un seguimiento de que dichas medidas están funcionando, mediante una campaña de geotécnica de investigaciones especialmente en época de lluvias.
  - Estabilidad de los taludes de las etapas I, II y III norte: Los análisis efectuados han puesto de manifiesto que una gran mayoría de los taludes conformados en la actualidad presentan una verticalidad superior a la permitida en el Decreto 275/2004 y en el PTF 2008. Se debe emprender un retaluzado de los mismos hasta conseguir las pendientes estipuladas.
  - Estabilidad del dique perimetral Etapa III-1. Sector C:
    - Debe aumentarse el bombeo de agua-lixiviados del trasdós del dique para disminuir la presión a la que está sometida el dique. Con el mismo objetivo, se deberá detener de manera inmediata la reinyección del agua-lixiviado dentro del vaso del relleno sanitario.
    - Debe reconstruirse el dique con una pendiente máxima 3H-2V o 33.7º, en lugar del talud 1H-2V que presenta actualmente.
    - Deben seguir retirándose residuos del trasdós del muro, para reducir el peso de residuos que está soportando el dique. Entre la coronación del dique y el inicio del talud de residuos se dispondrá una berma de al menos 6.0 m de ancho.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- De cara a reducir las presiones de agua y lixiviados sobre el dique actual, se deberán disponer una fila de drenes subhorizontales que atraviesen la totalidad del dique y alcancen la masa de vertido con una separación entre ellos de unos 3 metros y a una altura aproximada de 25-30 cm sobre el pie del dique. La pendiente de los drenes será de unos 3-4º en sentido ascendente hacia la masa de residuos.
  
- **Recepción y clasificación de los residuos:**
  - Se deben analizar los horarios de entrada al RSCP, así como las tipologías de vehículos permitidos en cada franja horaria. De esta manera se debe conseguir laminar la entrada de vehículos y liberar el frente de vertido de atascos.
  - El proceso de recepción y clasificación de los residuos se puede mejorar estableciendo un programa para la inspección sistemática de los residuos previa a su acceso al RSCP, exigiendo una frecuencia de revisión, comparando el resultado de la revisión con la información sobre los residuos que indican los albaranes de cada camiones y manteniendo un registro del resultado de estas revisiones. Se debe también elaborar un plan de recepción y clasificación de residuos conforme al volumen y tipología de residuos que se reciben actualmente.
  
- **Instalaciones:**
  - Infraestructura viaria: Es necesario un análisis de las pendientes argumentadas como impedimento para la ejecución de los desvíos de las carreteras públicas que cruzan el relleno. Ambos itinerarios, desvío de la carretera de acceso a Kuna Nega que interfiere en el relleno sanitario y desvío de la carretera acceso a Mocambo arriba, deberían ser ejecutados una vez analizado en detalle el exceso de pendientes que se argumenta en el PTF 2014.
  - Cerramiento: Se debe acometer la reparación inmediata del vallado perimetral y la construcción del vallado de sectorización interna conforme a los términos del PTF2008. Además, para el cerramiento perimetral, más allá de la necesidad urgente de reposición y reparación, se debe incluir una malla de ocultación artificial verde compuesta por una tela de polipropileno de alta resistencia además de enterrar la parte inferior del vallado. Finalmente se debe elaborar e implementar un plan de mantenimiento de los cerramientos.
  - Alumbrado: Se debe ejecutar el alumbrado previsto por el PTF2008 una vez ejecutados los desvíos de la carretera de acceso a Kuna Nega y acceso a Mocambo arriba.
  - Red de drenaje de lixiviados: Se debe realizar un estudio hidrológico que determine si el suelo se encuentra contaminado por lixiviados. En caso de existir contaminación por lixiviados del suelo y para evitar la migración de ese

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

contaminante y la consiguiente afección a acuíferos, se debe estudiar la posibilidad de ejecución de pantallas verticales impermeables de suelo-bentonita que permitan aislar el suelo contaminado y el lixiviado que este contenga. También es recomendable un estudio hidrogeológico en detalle del área del relleno sanitario, con la intención de conocer por una parte la capacidad portante, identificación de fallas y características del material subyacente (permeable-impermeable), y por otro definir los flujos de aguas subterráneas para prevenir cualquier tipo de contaminación.

- Sistema de lixiviados y lodos: El sistema de tratamiento de los lixiviados necesita un estudio y análisis de su operación y de sus componentes así como de los datos teóricos que deben alimentar los estudios.
  - Acopio de material de cubrición: Plan de trazabilidad del material de excavación y designación de áreas de acopio.
  - Oficinas, vestuarios y edificios administrativos y de personal: Se debe garantizar un buen mantenimiento y limpieza de dichos edificios.
  - Parque de maquinaria: Se debe habilitar zona específica de lavado de maquinaria.
  - Garitas de vigilancia: Se deben adecuar las garitas a las características que define el PTF 2008 vigente.
  - Planta de segregación: Se debe realizar el mantenimiento del firme y la señalización.
  - Instalaciones sanitarias: Se debe elaborar e implementar un plan de mantenimiento de las instalaciones sanitarias.
  - Trituradora de llantas: Adquisición de una segunda máquina trituradora de llantas.
- **Sellado de las etapas agotadas:**
    - Se propone el aumento de los 30 cm de espesor de capa de tierra vegetal que se proponen en el PTF 2008, ya que la producción de biogás puede prolongarse durante decenios y el enraizamiento de las especies empleadas en la restauración paisajística puede afectar a la red de biogás.
    - Como mejora del sellado, para conseguir una mejor captación y conducción del biogás, además de los sopladores que producirán presiones negativas, sería conveniente disponer una capa drenante a base de gravas entre la masa de residuo y la capa de arcillas de sellado, que permitiría captar y conducir el biogás generados hasta los pozos de extracción de biogás.

### 3.3 PROGRAMA DE NECESIDADES DE GESTIÓN

Del estudio del dictamen de gestión se destacan aspectos de mejora, respecto a la gestión, inspección y coordinación por parte del personal de la AAUD que redundarían en una mejora de la prestación del servicio por parte del concesionario.

En relación a las obligaciones de la Administración contempladas en la cláusula 10ª del contrato, se quiere resaltar que el equipo consultor no puede verificar si se comprobó que los objetivos y cronograma del Plan de Preparación de Trabajo se cumplieron, por no disponer del mismo.

Asimismo, tampoco se tiene constancia que el operador cumpliera con el diseño del RSCP en concordancia con el Plan de Trabajo Final, ni que el Operador en su momento suministrara los planos para la construcción.

En cambio, sí se ha comprobado que se puede mejorar en la fiscalización de las siguientes cuestiones:

- Verificaciones de que el operador cumpla con los controles de calidad y los estándares del fabricante.
- Verificar y validar en detalle las cuentas presentadas por el operador, en especial los Estados financieros del concesionario.

El resto de verificaciones que tiene que realizar tanto el Inspector como el Coordinador del Proyecto en el RSCP sí se tiene constancia de que el personal de la AAUD está ejerciendo una adecuada labor fiscalizadora.

Por otro lado, el objeto del contrato y los distintos alcances estaban perfectamente definidos y determinados en el contrato de concesión. Sin embargo, a lo largo de la concesión se han ido aceptando la recepción de una serie de residuos por orden del Ministerio de Salud (MINSa) que están fuera del alcance y que deberían haberse tramitado a través de una modificación contractual.

Asimismo, se quiere destacar que el cumplimiento en el periodo de pago al concesionario es una cuestión fundamental para que el concesionario tenga incentivos a la buena operación del RSCP. Además, no se ha producido una revisión de la remuneración del concesionario que debe asumir el coste de la inflación.

Adicionalmente, se quiere incidir que podrían haberse incoado numerosos expedientes sancionadores ante los incumplimientos detectados del operador y que en los expedientes sancionadores que se han estudiado, el equipo consultor desconoce si se ha finalizado el procedimiento sancionador. Solamente se tiene constancia del cobro de una sanción relativa a la cláusula 19 numeral 13 (seguridad: libre admisión de personas no autorizadas al área). Por tanto, se debe incidir en la tramitación administrativa para finalizar todos los procedimientos sancionadores que se tramiten.

En relación al régimen de responsabilidad debería haberse establecido de manera precisa la asignación de riesgos entre el concedente y el concesionario. El concesionario es totalmente responsable, por lo que la asunción por parte de la AAUD de los pasivos ambientales tras la entrada en la operación de Interaseo S.A. contraviene el contrato.

**Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.**

Por último, como cuestiones generales también podría mejorarse la coordinación entre administraciones, entre la AAUD, el Ministerio de Sanidad y el Ministerio de Ambiente, además de mejorar en la trazabilidad documental, separando las distintas cuestiones por temáticas y llevando un registro cronológico.

El resumen de los aspectos de mejora y pasos a seguir por parte de la AAUD se presenta de forma gráfica en la siguiente tabla:

MEJORAS Y PASOS A SEGUIR	
OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LA GESTIÓN, INSPECCIÓN Y COORDINACIÓN	CONTROL DE CALIDAD*
	FISCALIZACIÓN ESTADOS FINANCIEROS DEL CONCESIONARIO*
	ALCANCE Y TIPOS DE RESIDUOS ADMITIDOS (MODIFICACIÓN CONTRACTUAL)
	CUMPLIMIENTO CON EL PERIODO DE PAGO
	ACTUALIZACIÓN DE REMUNERACIÓN DEL CONCESIONARIO
	RÉGIMEN DE RESPONSABILIDAD (PASIVOS AMBIENTALES)
	COORDINACIÓN ENTRE ADMINISTRACIONES (MINSA/MiAMBIENTE)
	MEJORA EN LA TRAZABILIDAD DOCUMENTAL
IMPOSICIÓN DE MULTAS Y SANCIONES	FINALIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO SANCIONADOR
SEGUIMIENTO PROCEDIMIENTO DE RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA (ARTÍCULO 116 LEY Nº 22 DE 2006)	ACTUACIONES FORMALES
* Obligaciones de la cláusula 10ª del contrato	

*Tabla 13 Oportunidades de mejora en la gestión, inspección y coordinación por parte del personal de la AAUD*

## 4 ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE DESARROLLO

A partir del diagnóstico realizado y del programa de necesidades se presenta a continuación las alternativas para el desarrollo de soluciones a implantar para el tratamiento y la disposición final en el relleno sanitario de Cerro Patacón. Para ello se analizarán los siguientes apartados:

- Vida útil del espacio para la disposición final.
- Identificación de alternativas de tratamiento.
- Identificación de instalaciones necesarias.
- Justificación de la elección de alternativa viable.

### 4.1 VIDA UTIL DEL ESPACIO DE DISPOSICIÓN FINAL

En el desarrollo del Plan de Operación se ha determinado la planificación de rellenos para el futuro de la disposición final del Relleno Sanitario de Cerro Patacón. Se planifican dos áreas diferenciadas, denominadas macro áreas de vertido, Norte Completa y Sur Completa, separadas por la vía denominada Mocambo (Ilustración 9). Se habilita un área para la colocación de las futuras instalaciones de tratamiento de los residuos antes de su disposición en el relleno sanitario.

Los volúmenes de residuos que se van a gestionar en el relleno sanitario, se han dividido en función de las dos regiones previstas como grandes áreas de vertido, denominadas macro zona Norte y Sur. Tomando como base la topografía del estado actual del vaso a fecha de **Mayo de 2017**, se han realizado una proyección sobre la vida útil, obteniendo las siguientes previsiones:

Vida Útil	Áreas	Vida Útil (años)	Total (años)
Macro Zona Norte	Acondicionamiento <sup>1</sup>	0.477	28.66
	Vaso III Norte (ampliación)	17.66	
	Vaso III Sur (ampliación)	10.51	
Macro Zona Sur	Vaso Cantera	27.59	35.65
	Unión Cantera - Etapa I	8.06	
			<b>64.31</b>

Tabla 14: Proyección vida útil del relleno sanitario en Cerro Patacón.

<sup>1</sup> El acondicionamiento hace referencia al aprovechamiento de espacio en los actuales vasos vertido, respetando la cota máxima actual de vertido (126 m.s.n.m.).



### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.



*Ilustración 9: Macro zonas de relleno proyectadas*

Estas áreas de ampliación quedan reflejadas en el anejo 1 referido a planos de la reformulación. Como puede observarse la proyección de la vida útil en la actual zona de explotación (Macro Zona Norte) es superior a 20 años, año horizonte del presente estudio. Si bien, para ello es necesario la ampliación de los vaso III Sur y Norte.

#### 4.2 IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Una vez conocida la vida útil del vertedero y su capacidad de albergar residuos en el tiempo proyectado (> 20años) a continuación se identifican los sistemas de tratamiento de los residuos antes de entrar en el relleno sanitario como material de rechazo.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Los sistemas de tratamiento incluyen las operación o conjunto de operaciones que tienen por objetivo modificar las características físicas, químicas o biológicas de un residuo para reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contiene, recuperar materias o sustancias valorizables, facilitar el uso como fuente de energía o adecuar el rechazo para su posterior tratamiento finalista.

#### Procesos de tratamiento:

- A) Valorización y Reciclaje del Material.
  - I. Tratamiento Biológicos: Compostaje
  - II. Tratamiento Biológicos: Biometanización.
  - III. Tratamiento Mecánicos Biológicos.
  
- B) Valorización Energética / Tratamiento Térmicos.
  - I. Incineración.
  - II. Pirólisis
  - III. Gasificación.
  - IV. Fabricación de CSR.

A continuación, se describen los procesos a partir de los cuales se identifican las alternativas a evaluar.

#### *4.2.1 Tratamiento biológico de compostaje (TBC)*

Los tratamientos biológicos son operaciones de tratamiento por biodegradación de materia orgánica tanto recogida de forma separada (FORS) como de la presente en la fracción resto donde no hay dicha recogida separada, combinándose en este último caso con tratamientos mecánicos complementarios.

El compostaje es un proceso biológico aerobio (con presencia de oxígeno) que, bajo condiciones de ventilación, humedad y temperatura controladas, transforma los residuos orgánicos degradables en un material estable e higienizado llamado compost, que se puede utilizar como enmienda orgánica.

El proceso de compostaje imita la transformación de la materia orgánica en la naturaleza, y permite homogenizar los materiales, reducir su masa y el volumen e higienizarlos. Este tratamiento favorece el retorno de la materia orgánica al suelo y su reinsertión en los ciclos naturales.

El proceso de descomposición se basa en la actividad de microorganismos como los hongos y las bacterias y su duración puede oscilar, dependiendo de distintos factores (sistema, tecnología, disponibilidad de espacio, etc.), entre 10 y 16 semanas.

El proceso de compostaje se desarrolla en dos fases: descomposición y maduración. En la primera fase, desaparecen las moléculas más fácilmente degradables liberando energía (se alcanzan temperatura de 60-70°C), agua, anhídrido carbónico y amoníaco; biopolímeros como la celulosa y la lignina quedan parcialmente alterados y pasan a ser, en la posterior fase de maduración, las

### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

estructuras básicas de las macromoléculas que incluirán parte del nitrógeno contenido en los materiales iniciales dando lugar a materia orgánica parecida a las sustancias húmicas del suelo. La duración de esta primera fase suele ser de 4-6 semanas, aunque si se lleva a cabo de forma intensiva (recintos cerrados y aireación forzada) puede reducirse a 2-4 semanas.

Después se pasa a la etapa de maduración, donde el residuo se estabiliza y madura, para ello se requiere de 6-10 semanas, y finalmente se obtiene un producto, el compost, con distinta estabilidad, según la duración de esta fase.

En el proceso es importante conseguir una higienización del material resultante. El incremento de la temperatura alcanzado durante el proceso de compostaje, especialmente en su fase de descomposición, unido a la competencia y el antagonismo entre los grupos de microorganismos y la formación de antibióticos de la fase de maduración son elementos que minimizan el número de agentes patógenos animales y vegetales en el producto final.

Si se tratan cantidades importantes de residuos y dependiendo de las características de los materiales, se necesitan etapas de pre y post tratamiento, las primeras para adecuar los materiales a la transformación biológica, y las segundas para ajustar el producto a sus destinos.

Las etapas de post-tratamiento pueden tener distintas finalidades: fraccionar según granulometría, separar según posibles usos, mezclar con otros productos para mejorar alguna de sus características. En el caso del tratamiento de la FORS normalmente se instalan para eliminar impurezas derivadas de los impropios iniciales no separados y recuperar la parte de restos vegetales más gruesa y menos transformada (reciclado vegetal).

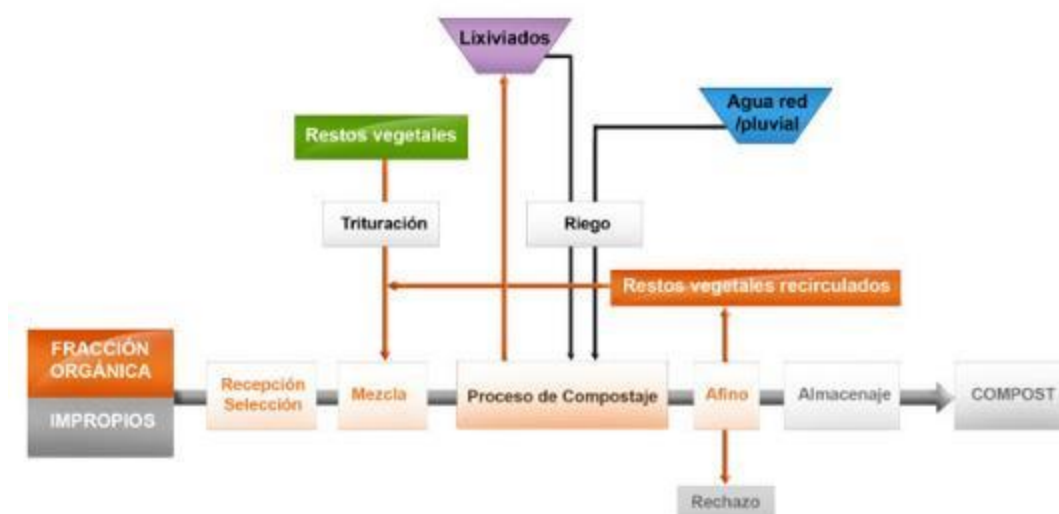


Ilustración 10: Etapas del compostaje de la fracción orgánica de residuos municipales recogida separadamente: (Fuente: Huerta et al, 2010. Guía para la recogida separada y gestión de la fracción orgánica.)

Los principales sistemas de compostaje / bioestabilización son los siguientes:

- Pilas.
- Túneles de compostaje.
- Tambores de compostaje.
- Compostaje en nave cerrada con volteo automático.
- Estabilización en trincheras.

Otro tipo de tratamiento biológico que se puede aplicar a los residuos orgánicos es el biosecado. Este consiste en la evaporación de parte de la humedad contenida en los residuos y en su estabilización. Se lleva a cabo mediante la circulación de una corriente de aire forzada, a través de las pilas formadas con los residuos triturados. El aire aplicado y el calor producido en las reacciones de degradación aeróbica de la materia orgánica favorecen la evaporación del agua contenida en el residuo, de manera que se elimina una parte importante de la humedad y de los patógenos, así como una parte de la materia orgánica contenida en los residuos.

Este sistema se puede utilizar con fracciones mezcladas sin tratamiento mecánico de selección previo o para conseguir cierta estabilización de los rechazos con contenido orgánico y de la materia orgánica no recogida separadamente. La reducción del grado de humedad por debajo del 20% del peso, genera un material de alto PCI que podría llegar a ser valorizado como combustible.

#### 4.2.2 *Tratamiento biológico de Biometanización (TBB)*

Los tratamientos biológicos son operaciones de tratamiento por biodegradación de materia orgánica tanto recogida de forma separada como de la presentes en la fracción resto donde no hay dicha recogida separada, combinándose en este último caso con tratamientos mecánicos complementarios.

La biometanización o digestión anaerobia es un proceso biológico que, en ausencia de oxígeno y a lo largo de varias etapas en las que intervienen una población heterogénea de microorganismos, permite transformar la fracción más degradable de la materia orgánica en biogás, una mezcla de gases formada principalmente por metano y dióxido de carbono y por otros gases en menor proporción (vapor de agua, CO, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S,...).

El biogás es una fuente de energía secundaria ya que es un gas combustible de elevada capacidad calorífica (5.750 Kcal/m<sup>3</sup>), lo que le confiere características combustibles ideales para su aprovechamiento energético en motores de cogeneración, calderas y turbinas (generando electricidad, calor o biocombustible).

La digestión anaerobia se desarrolla en múltiples etapas, donde las fases principales son una primera hidrolítica fermentativa y una final metanogénica. En esta última, se transforman los productos

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

finales de la misma en metano y dióxido de carbono, mediante las bacterias metanogénicas que son anaeróbicas estrictas.



*Ilustración 11: Instalación de biometanización*

El tipo de sustrato a digerir influye en gran medida en el rendimiento y en la composición del biogás obtenido. Para una producción máxima es preferible utilizar sustratos ricos en grasas, proteínas e hidratos de carbono ya que su degradación conlleva la formación de cantidades importantes de ácidos grasos volátiles, precursores del metano. Por ello, es aconsejable que se trate la materia orgánica procedente de recogida separada para evitar muchos de los problemas producidos por la acumulación de impropios o evitar colmataciones de ciertas partes del circuito de digestión. Y es necesario además optimizar la mezcla de materiales a digerir para aumentar el rendimiento en metano.

Las tecnologías de biometanización se clasifican en dos grandes grupos atendiendo al contenido en sólidos en el proceso: digestión anaerobia vía húmeda (se prepara una suspensión añadiendo agua previamente a la digestión) y digestión anaerobia vía seca (el movimiento del residuo dentro del digestor con acción mecánica o mediante la recirculación del propio biogás). En el primer caso, el contenido en materia seca del residuo está por debajo del 20%, generalmente entre el 3-15% y, en el segundo, el contenido está entre el 20% y el 40%. Ambas tecnologías, disponen de referencias para el tratamiento de la materia orgánica, tanto si se trata de recogida separadamente como no.

Los diagramas de flujo de las instalaciones de biometanización de los residuos de competencia municipal presentan fundamentalmente las etapas de:

- Selección más o menos compleja según el origen de los residuos y el tipo de recogida establecido y que coincide con la realizada en las instalaciones de compostaje.
- Acondicionamiento del material para su digestión (reducción de su granulometría, ajuste del contenido en sólidos totales, mezcla con efluente recirculado, ...).

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Digestión anaerobia.
- Deshidratación, separación de fases líquida/sólida.
- Tratamiento de la fracción líquida del digestato y de otras aguas residuales generadas.
- Estabilización aerobia de la fracción sólida del digestato.
- Recogida y aprovechamiento del biogás producido, que puede ser utilizado para la cogeneración de calor y electricidad, además de poderse purificar e inyectar en la red de distribución de gas o ser utilizado en vehículos.

Si el material orgánico a tratar no procede de recogida separada en origen, o la calidad del material separado no es adecuada por su alto contenido en materiales no solicitados (impropios) las instalaciones de biometanización se encuentran con graves problemas y con rendimientos que no justifican su coste ni su instalación.

#### 4.2.3 Tratamiento mecánico biológico (TMB)

##### 4.2.3.1 Selección y clasificación de materiales

La función de las instalaciones de clasificación es seleccionar el contenido del material entrante mediante una combinación de procesos de separación mecánicos o automatizados y procesos manuales con el fin de recuperar las fracciones valorizables y prepararlas para su posterior comercialización. Los materiales no separados se preparan para ser procesados mediante tratamiento térmico o depósito en vertedero.

Este tipo de tratamiento se aplica especialmente para la clasificación de los residuos de envases ligeros recogidos separadamente, aunque también se utiliza para la selección de estos materiales contenidos en la fracción resto.

Las instalaciones de clasificación de residuos se podrían clasificar en tres grandes grupos dependiendo del grado de automatización: manuales, semiautomáticas y automáticas.

A continuación se muestran las áreas básicas de una instalación semiautomática de selección de residuos de envases ligeros:

1. Zona de recepción de residuos
2. Área de alimentación de residuos y sistema de apertura de bolsas (abrebolsas).
3. Preclasificación manual.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

4. Preclasificación mecánica.
5. Clasificación automática de materiales reciclables.
6. Clasificación manual de materiales reciclables.
7. Preparación (prensado y embalaje), almacenamiento y expedición de materiales.

Habitualmente los residuos se reciben en un foso y son alimentados al proceso mediante una pala cargadora. El abrebolsas es uno de los principales equipos de este tipo de plantas ya que se debe asegurar la apertura de un alto porcentaje de bolsas (95-98%) de todo tipo y tamaño para extraer su contenido, y garantizar que los procesos de selección posteriores se realicen con una mayor eficacia.

Una vez que las bolsas han sido abiertas, se dirigen a un proceso previo de clasificación donde se extraen aquellos elementos voluminosos y de gran tamaño que puedan dificultar los procesos de selección posteriores. Esta preclasificación es manual, ya que debido al tamaño de los residuos a separar, es difícil aplicar algún tipo de automatización. En algunas instalaciones se implementa un sistema de aspiración de bolsas y plástico film, donde el seleccionador acerca el material y este es aspirado hasta su lugar de almacenaje.

La etapa de preselección mecánica normalmente consiste en una criba rotatoria o trómel, cuya función básica es distribuir los residuos por tamaño, con el fin de que la selección manual posterior se realice de una manera más eficaz. Los tamaños de la malla del trómel dependen de las características de los residuos que se tratarán. Es habitual que el primer paso de malla del trómel tenga un tamaño de 40-60 mm para separar tierras, pequeños trozos de vidrio, materia orgánica, etc., es decir, aquellas fracciones que puedan considerarse no clasificables o rechazo, de tal manera que no lleguen a los clasificadores manuales. No todas las instalaciones incorporan esta etapa de preclasificación mecánica, sobre todo aquellas que tienen una baja capacidad de tratamiento.

La clasificación mecánica automática consta básicamente de los mismos equipos que se utilizan para clasificar residuos procedentes de recogida no separada con la particularidad de que en una planta de clasificación de envases su eficacia en cuanto a recuperación de materiales es muy superior. Los equipos y procesos utilizados suelen ser los siguientes: segregación en corrientes mediante separación por medida con trómeles o separación por forma con sistemas balísticos y recuperación mediante separadores magnéticos (metales férreos), separadores de Foucault (metales no férreos), separadores automáticos por infrarrojos (plásticos y cartón para bebidas) y captación con aspiración automática (plástico film).

Una variante de las instalaciones de clasificación de envases ligeros, sería las plantas de selección de multiproducto (envases ligeros y papel-cartón recogidos conjuntamente) que son instalaciones que tienen las mismas características técnicas que las plantas de selección de envases, pero con el añadido de que deben seleccionar una gran cantidad de papel y cartón (prioritariamente

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

extrayéndolo en las primeras fases del proceso para facilitar la separación de los residuos de envases ligeros), que puede ser superior al 50 % en peso del material entrante.

Los tratamientos mecánico-biológico, TMB, (o biológico-mecánico, TBM) son la combinación de procesos físicos y biológicos para el tratamiento de los residuos o fracciones de residuos con contenido significativo de materia orgánica procedente de la fracción resto o la fracción inorgánica/seca (fracción resto y envases ligeros recogidos conjuntamente), si esta última presenta cantidades importantes de orgánica.

Los objetivos del tratamiento mecánico-biológico en las instalaciones de tratamiento de residuos municipales son:

- Extraer de los residuos de entrada, los materiales impropios voluminosos o que pueden producir problemas en los procesos posteriores de tratamiento.
- Separación y recuperación de materiales valorizables.
- Preparar y acondicionar los residuos para el tratamiento biológico posterior y finalmente estabilizar la materia orgánica. En el caso de la biometanización, obtener biogás que puede tener un aprovechamiento energético.
- Acondicionar los flujos de salida de los procesos para su destino final o valorización.
- Como consecuencia de los dos puntos anteriores, disminuir el rechazo saliente de planta y su biodegradabilidad.

Las instalaciones TMB/TBM pueden funcionar con diferentes líneas y tecnologías en función de las necesidades. En las instalaciones más comunes, la primera etapa está conformada por el tratamiento mecánico (aunque algunas instalaciones pueden invertir los procesos), que incluye además de la recuperación de materiales valorizables, la separación de la materia orgánica contenida en la fracción de entrada. Los procesos biológicos que integran pueden utilizar las distintas tecnologías existentes, con las siguientes posibles combinaciones:

- Tratamiento mecánico (+Acondicionamiento rechazo). No se da la segunda fase de tratamiento biológico.
- Tratamiento mecánico +Bioestabilización de la materia orgánica (compostaje) (+Acondicionamiento rechazo).
- Tratamiento mecánico +Biometanización de materia orgánica +Bioestabilización del digestato (+Acondicionamiento rechazo).
- Tratamiento mecánico + Biosecado de materia orgánica (+Acondicionamiento rechazo).
- Bioestabilización/Biosecado +Tratamiento mecánico (+Acondicionamiento rechazo).

#### 4.2.4 Incineración

En la incineración tiene lugar la combustión, reacción química que se basa en una oxidación térmica total en exceso de oxígeno. Las características generales de la incineración de residuos, son las siguientes:



#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Se requiere un exceso de oxígeno durante la combustión, para asegurar una completa oxidación.
- La temperatura de combustión está, típicamente, comprendida entre los 900°C y 1200°C.
- Como resultado del proceso de incineración se obtiene:
  1. Gases de combustión, compuestos principalmente por CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub> no reaccionado, N<sub>2</sub> del aire empleado para la combustión y otros compuestos en menores proporciones procedentes de los diferentes elementos que formaban parte de los residuos. Los componentes minoritarios presentes dependerán de la composición de los residuos tratados. Así pues, pueden contener gases ácidos derivados de reacciones de halógenos, azufre, metales volátiles o compuestos orgánicos (como dioxinas y furanos) que no se hayan oxidado. Finalmente, los gases de combustión contendrán partículas, que son arrastradas por los gases.
  2. Residuo sólido, compuesto fundamentalmente por escorias inertes, cenizas y residuos del sistema de depuración de los gases de combustión. El calor que llevan los gases a la salida de la cámara de postcombustión, se puede aprovechar para calentar agua, que se utiliza como calefacción o como generador de vapor para usos industriales o para generar energía eléctrica mediante un conjunto de turbina de vapor y alternador.

#### 4.2.5 Pirólisis

La pirólisis es una degradación térmica de una sustancia en ausencia de oxígeno, por lo que dichas sustancias se descomponen mediante calor, sin que se produzcan las reacciones de combustión. Las características básicas de dicho proceso son las siguientes:

- El único oxígeno presente es el contenido en el residuo a tratar.
- Las temperaturas de trabajo son inferiores a las de la gasificación, oscilando entre 300°C y 800°C.
- Como resultado del proceso se obtiene:
  1. Gas, cuyos componentes básicos son CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y compuestos más volátiles procedentes del cracking de las moléculas orgánicas, conjuntamente con los ya existentes en los residuos. Este gas es muy similar al gas de síntesis obtenido en la gasificación, pero hay una mayor presencia de alquitranes, ceras, etc. en detrimento de gases, debido a que la pirólisis trabaja a temperaturas inferiores a la gasificación.
  2. Residuo líquido, compuesto básicamente por hidrocarburos de cadenas largas como alquitranes, aceites, fenoles, ceras formados al condensar a temperatura ambiente.
  3. Residuo sólido, compuesto por todos aquellos materiales no combustibles, los cuales o bien no han sido transformados o proceden de una condensación molecular con un alto contenido en carbón, metales pesados y otros componentes inertes de los residuos.

Los residuos líquidos y gaseosos pueden aprovecharse mediante combustión a través de un ciclo de vapor para la producción de energía eléctrica. El residuo sólido puede utilizarse como combustible en instalaciones industriales, como por ejemplo, en plantas cementeras.

#### 4.2.6 Gasificación

La gasificación es un proceso de oxidación parcial de la materia, en presencia de cantidades de oxígeno inferiores a las requeridas estequiométricamente. En términos generales, las características para el proceso de gasificación de una corriente de residuos son las siguientes:

- Se usa aire, oxígeno o vapor como fuente de oxígeno, y en ocasiones como portador en la eliminación de los productos de reacción.
- La temperatura de trabajo es típicamente superior a los 750°C.
- Como resultado del proceso de gasificación se obtiene:
  1. Gas, denominado gas de síntesis, compuesto principalmente por monóxido de carbono, hidrógeno, dióxido de carbono, nitrógeno (si se emplea aire como gasificante) y metano en menor proporción. Como productos secundarios se encuentran alquitranes, compuestos halogenados y partículas.
  2. Residuo sólido, compuesto por materiales no combustibles e inertes presentes en el residuo alimentado; generalmente contiene parte del carbono sin gasificar. Las características de este residuo son similares a las escorias de los hornos en las instalaciones de incineración.

#### 4.2.7 Fabricación de CSR (Combustible Sólido Recuperado)

Obtención de un material combustible a partir del procesamiento mecánico de los residuos sólidos domésticos. Es un tratamiento que requiere de la tecnología previa de separación y selección de materiales. A partir del rechazo de este tratamiento mecánico y en ausencia de materia orgánica se genera un material con alto poder calorífico utilizado en procesos de fabricación por hornos de co-combustión. En sí mismo, no es un proceso unitario, requiere del proceso mecánico y separación de materiales para su fabricación.



Ilustración 12: Composición CSR.

### 4.3 JUSTIFICACION DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVA VIABLE.

Respecto a la solución óptima para la continuidad de operación y vida útil superior a 20 años del relleno sanitario queda definida en los correspondientes planes de actuación sobre reformulación del relleno sanitario de Cerro Patacón indicados en los apartados posteriores. Esta viabilidad de vertido durante más de 20 años facilita enormemente la elección del sistema de tratamiento correspondiente, haciendo viable la aceptación del rechazo para el año horizonte planificado.

En este estudio se ha realizado un análisis de diferentes tecnologías, en el que se considera tanto el tratamiento previo pasando por una planta de valorización material o energética, y la eliminación posterior con depósito en vertedero. Por ello las soluciones que se plantean se agrupan en las seis alternativas (La alternativa 0 es el escenario base correspondiente a la situación actual de gestión de residuos en el vertedero más la implantación de una planta de tratamiento mecánico biológico) recogidas en la *Tabla 15* y diseñadas de acuerdo a las tecnologías actualmente disponibles y descritas anteriormente.

Las alternativas 0, A, B y C incluyen una planta de tratamiento mecánico y biológico de residuos urbanos previo compuesta por:

- i) la recuperación mecánica de materiales reciclables, como papel, vidrio<sup>2</sup>, los metales y los plásticos.
- ii) el tratamiento biológico destinado a reducir y estabilizar la fracción orgánica biodegradable bajo condiciones anaeróbicas y/o aeróbicas.

En el caso de las alternativas D y E sólo hay una recuperación mecánica de materiales reciclables, como el papel, los metales, el vidrio y los plásticos.

La elección de las diferentes alternativas se ha hecho teniendo en cuenta la comparativa económica, ambiental y técnica de los procesos WtE (Waste to Energy) realizada por diferentes autores (Tan, et al., 2014); (Panepinto, et al., 2015); (Bayard, et al., 2009); (Server Akdag, et al., 2016)).

Se recogen en este estudio las tecnologías propuestas, a la vez que se incluye una nueva alternativa correspondiente a una planta de producción de Combustible Sólido Recuperado (CSR).

La tabla recoge la definición de las alternativas de tratamiento consideradas, especificando el tratamiento previo a la valorización, la tecnología de recuperación de energía y el proceso de eliminación.

---

<sup>2</sup> la cantidad de entrada de este material se considera mínima por la existencia de un sistema de gestión específico de depósito, devolución y retorno. En caso de que este sistema diera cantidades susceptible de aprovechamiento en planta (> 6 % en peso) se acondicionaría la planta para este fin, debido a la flexibilidad de procesos que posee este sistema.

### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Alternativa	Definición de la Alternativa	Tratamiento previo a la valorización	Tecnología para recuperación de energía	Eliminación
Alternativa 0	Planta de tratamiento mecánico biológico y relleno sanitario de rechazos sin recuperación energética (situación actual)	Mecánico Biológico	Sin recuperación	Relleno sanitario
Alternativa A	Planta de tratamiento mecánico biológico y vertedero de rechazos con recuperación energética	Mecánico Biológico	Sin recuperación	Relleno sanitario con desgasificación
Alternativa B	Planta de tratamiento mecánico biológico y planta de digestión anaeróbica de la fracción orgánica y relleno sanitario de rechazos con recuperación energética	Mecánico Biológico	Biometanización	Relleno Sanitario con desgasificación
Alternativa C	Planta de tratamiento mecánico biológico y planta de producción de Combustible Sólido Recuperado y relleno sanitario de rechazos con recuperación energética	Mecánico Biológico	Combustible sólido recuperado	Relleno sanitario con desgasificación
Alternativa D	Planta de tratamiento mecánico y planta de gasificación	Mecánico	Gasificación	Relleno sanitario Cenizas
Alternativa E	Planta de tratamiento mecánico y planta de incineración	Mecánico	Incineración	Relleno sanitario Cenizas

Tabla 15: Definición de alternativas de tratamiento consideradas en el estudio. Elaboración propia.

Cada una de las alternativas se compone de una serie de procesos unitarios, y en base a la combinación de esos procesos, recogidos en la [Tabla 16](#) se ha determinado el diagrama de flujo para cada una de las alternativas (balance de masas); la [Ilustración 13](#) los presenta de forma conjunta, y desde [Ilustración 14](#) a la [Ilustración 19](#) de forma individualizada.

PROCESO DE TRATAMIENTO	ABREVIATURA (DENOMINACIÓN)
Pretratamiento o tratamiento mecánico	TM
Tratamiento biológico	TB
Digestión anaeróbica de materia orgánica	DA
Producción de combustible sólido recuperado	CSR
Gasificación	GF
Incineración con recuperación de energía	IRE
Disposición en vertedero	VSRE
Desgasificación de vertedero	VCRE
Disposición de cenizas de proceso térmico	VC

Tabla 16: Procesos considerados para las diferentes alternativas. Elaboración propia.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

ALTERATIVA	PROCESOS
Alternativa BASE	TM + TB + VSRE
Alternativa A	TM + TB + VCRE
Alternativa B	TM + DA + TB + VCRE
Alternativa C	TM + TB + CSR + VCRE
Alternativa D	TM + GF + VC
Alternativa E	TM + IRE + VC

Tabla 17: Composición de Alternativas con procesos de tratamiento. Elaboración propia.

#### 4.3.1 Balance de Masas y diagrama de flujo de alternativas

La Ilustración 13 recoge el esquema descriptivo de cada una de las alternativas planteadas en base a las cuales se determinará su diagrama de flujo. Para ello se ha estimado un volumen de comparación de alternativa de residuos tratados de 230,000 Tn/año (tratamiento mecánico 1ª fase) y unos rendimientos en el tratamiento mecánico del 10.61% (escenario tendencial), mostrados en la [Tabla 18](#), basados en los ratios de recuperación conocidos de planta de tratamiento existentes en España.

MATERIALES/SUBPRODUCTOS	PORCENTAJE RECUPERADO (%)
Envases ligeros	6.39
Papel y cartón	2.43
Vidrio	0.18
Metales férricos	1.45
Metales no férricos	0.16
<b>TOTAL</b>	<b>10.61</b>

Tabla 18: Porcentajes de recuperación de materiales/subproductos en tratamiento mecánico.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

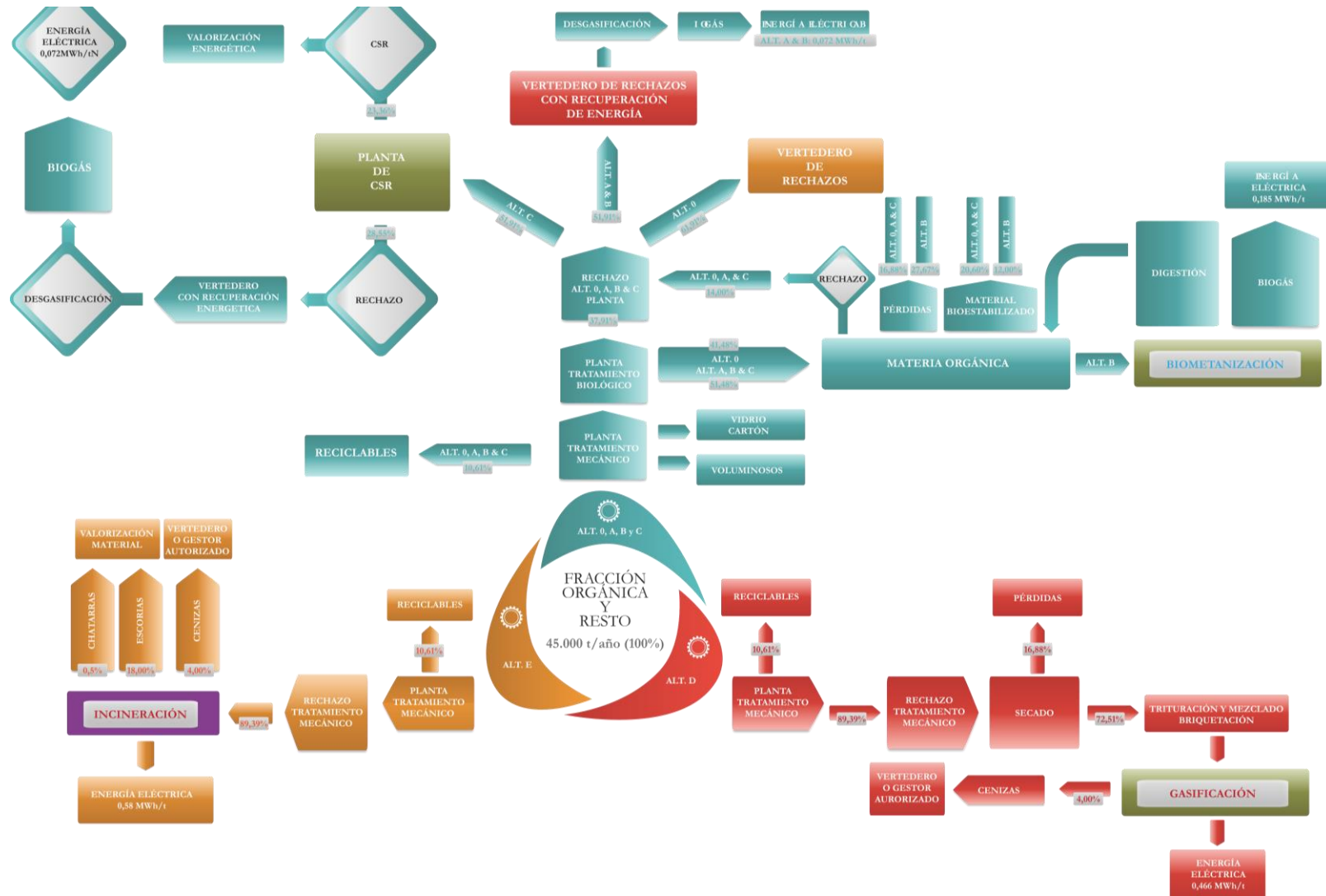


Ilustración 13 : Diagrama de flujo de las alternativas en estudio. Elaboración propia

**Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.**

Como resultado se obtiene un volumen de rechazo del 51.91% en el caso de las alternativas 0 (alt. Base), A, B y C y por último, en las alternativas D y E la cantidad de rechazos se ve reducida significativamente respecto a las anteriores, con unos porcentajes de rechazo del 4%.

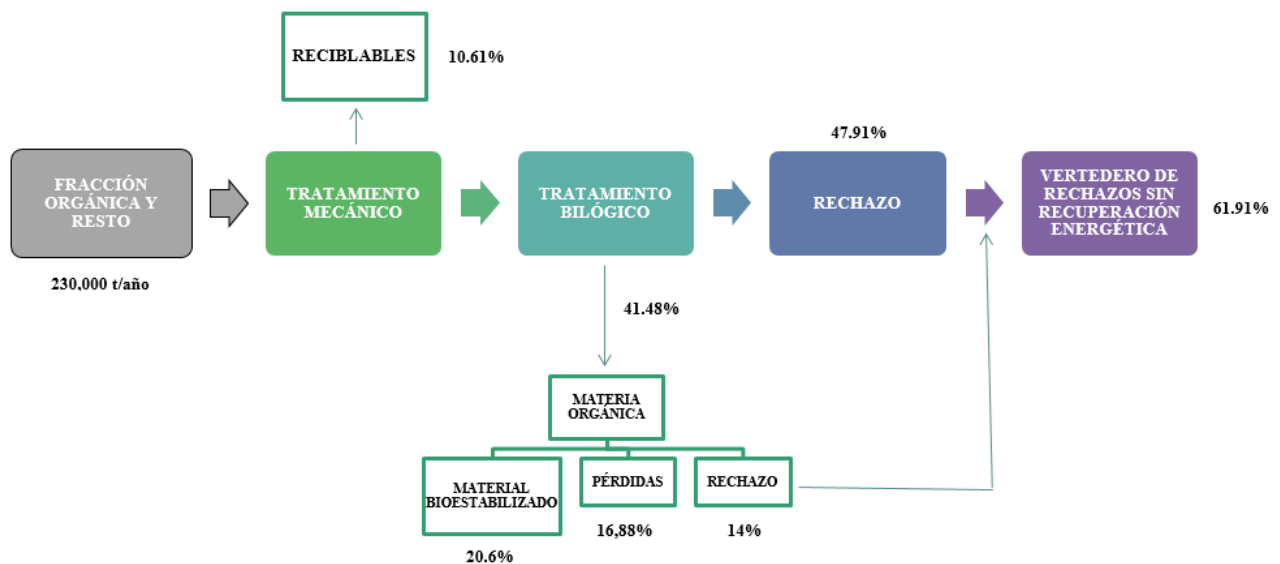
Los rendimientos de los procesos de valorización energética se han determinado de acuerdo a las estimaciones de las empresas que operan las distintas tecnologías.

**4.3.1.1 Alternativa base**

Esta alternativa es el escenario base, en la que no se desarrolla ningún tipo de valorización energética de residuos ni aprovechamiento energético en el relleno sanitario. Se depositan en relleno sanitario cantidades superiores al 50% de los residuos entrantes a la planta.

Esta alternativa incluye la valorización material de: reciclables (10.61%) y material bioestabilizado (20.60%).

La Ilustración 14 muestra el diagrama de proceso y el balance de masas de la alternativa Base.



*Ilustración 14: Planta de tratamiento mecánico biológico y vertedero de rechazos sin recuperación energética. Elaboración propia.*

4.3.1.2 Alternativa A

Coincide con la Alternativa Base pero teniendo en cuenta la recuperación de energía por desgasificación del vertedero de rechazos, con una producción media de 0.072 MWh/Tn.

La Ilustración 15 muestra el diagrama de proceso y el balance de masas de la alternativa A.

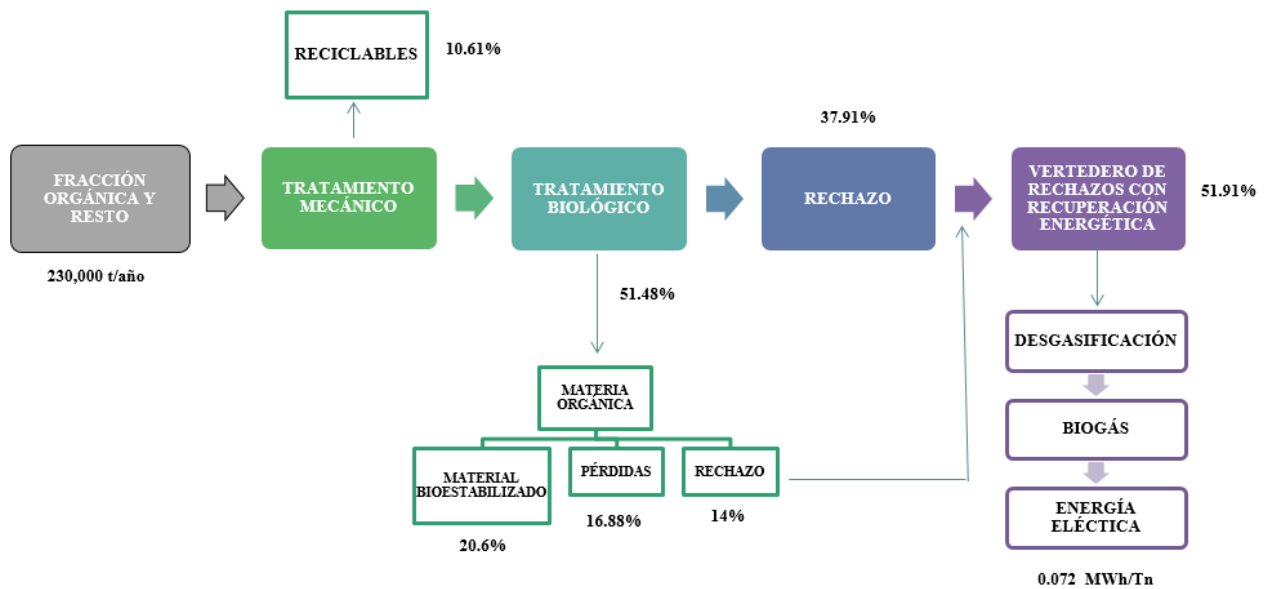


Ilustración 15: Planta de tratamiento mecánico biológico y vertedero de rechazos con recuperación energética. Elaboración propia.



4.3.1.3 Alternativa B

Esta alternativa se diferencia de la Alternativa A en la incorporación de una planta de biometanización que permite obtener energía eléctrica por la descomposición de la materia orgánica mediante un proceso de digestión anaeróbica y termófila. De este modo, del 51.48% del material biodegradable destinado a digestión anaeróbica, se pueden obtener 0.185 MWh/Tn de energía eléctrica. Al fomentar esta fase previa a la digestión aeróbica de la materia biodegradable, el porcentaje de material bioestabilizado se ve reducido a un 12%.

En este caso el rechazo total que resultaría se encuentra alrededor del 52%, que será destinado a vertedero con la opción de desgaseificación, lo que permitiría la recuperación de 0.072 MWh/Tn.

La Ilustración 16 muestra el diagrama de proceso y el balance de masas de la alternativa B.

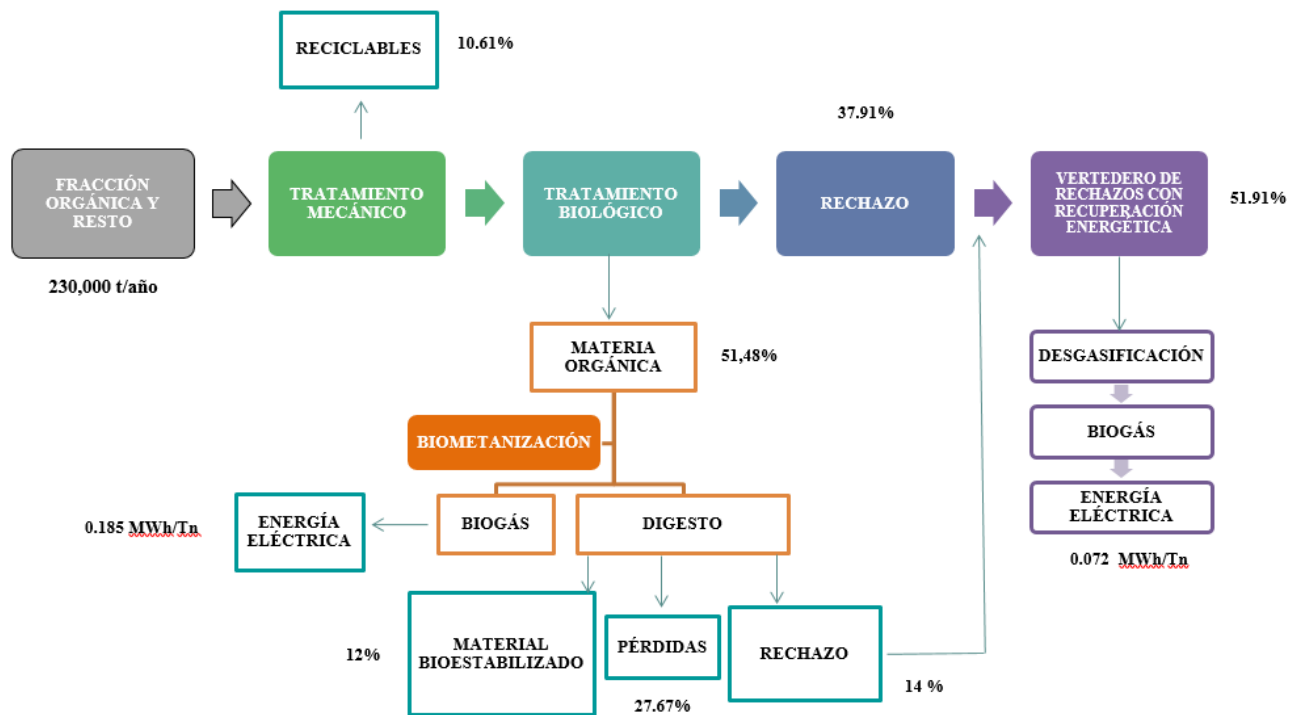


Ilustración 16.: Planta de tratamiento mecánico biológico y planta de digestión anaeróbica de la fracción orgánica y vertedero de rechazos con recuperación energética. Elaboración propia.

4.3.1.4 Alternativa C

Esta alternativa incorpora una instalación de fabricación de CSR que procesa el 51.91% de rechazo que resultaría de una planta de tratamiento mecánico biológico, descrita para la alternativa A. De esta forma, se puede llegar a convertir un 23.36% de residuos urbanos en un combustible valorizable energéticamente. La fabricación de CSR conlleva un rechazo de aproximadamente el 28.55% de las entradas iniciales, que tendrían como destino un vertedero de rechazos con recuperación de energía del que se obtendrían 0.072 MWh/Tn por desgasificación.

La Ilustración 17 muestra el diagrama de proceso y el balance de masas de la alternativa C.

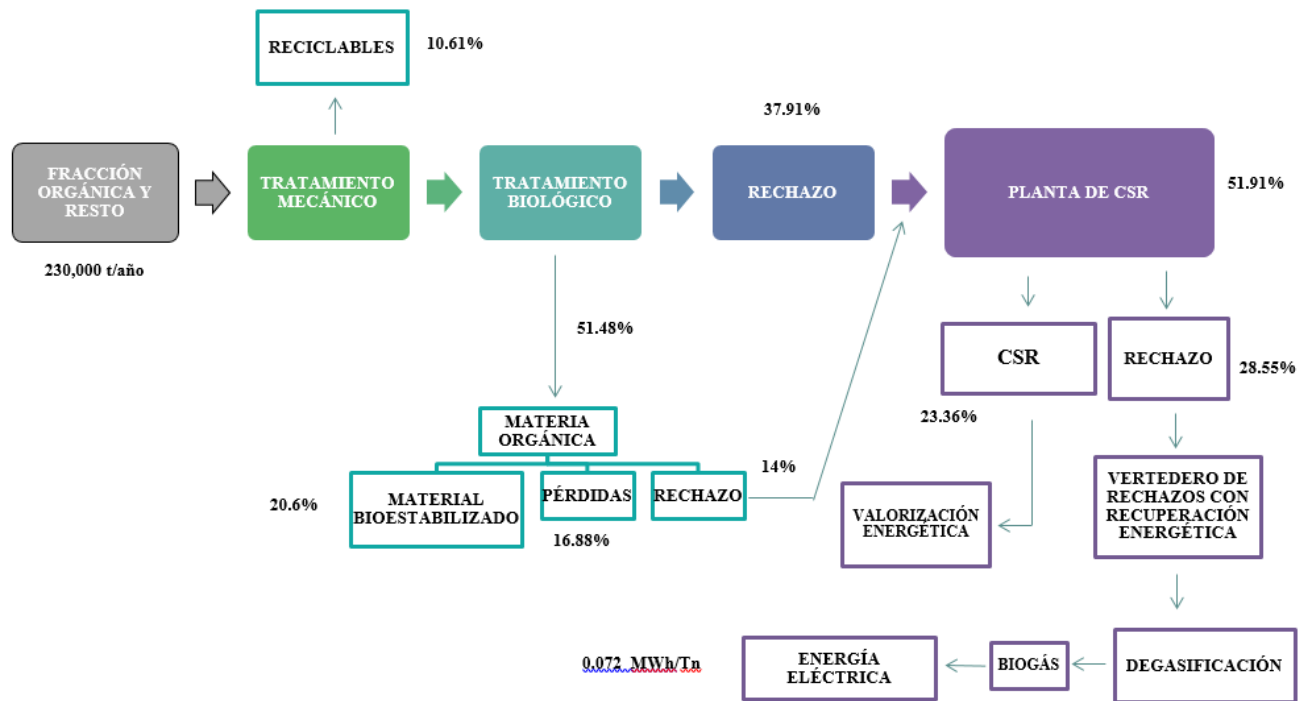


Ilustración 17: Planta de tratamiento mecánico biológico y planta de producción de Combustible Sólido Recuperado y vertedero de rechazos con recuperación energética. Elaboración propia.

#### 4.3.1.5 Alternativa D

Consiste en una planta de gasificación que valoriza energéticamente los residuos urbanos a partir de la generación de energía eléctrica obtenida del proceso en reactores.

Tras una fase de tratamiento mecánico de los residuos y de acondicionamiento de la fracción biodegradable con sistemas de secado provenientes de la energía térmica liberada en el proceso, se introduce la fracción gasificable (sin materiales clorados) en el reactor generando alrededor de 0.466 MWh/Tn de energía eléctrica.

El rechazo que supone la implantación de esta alternativa es del 4% y serán principalmente cenizas, que se destinarán a vertedero.

Esta alternativa incluye además de la valorización material de reciclables (10.61%).

La Ilustración 18 muestra el diagrama de proceso y el balance de masas de la alternativa D.

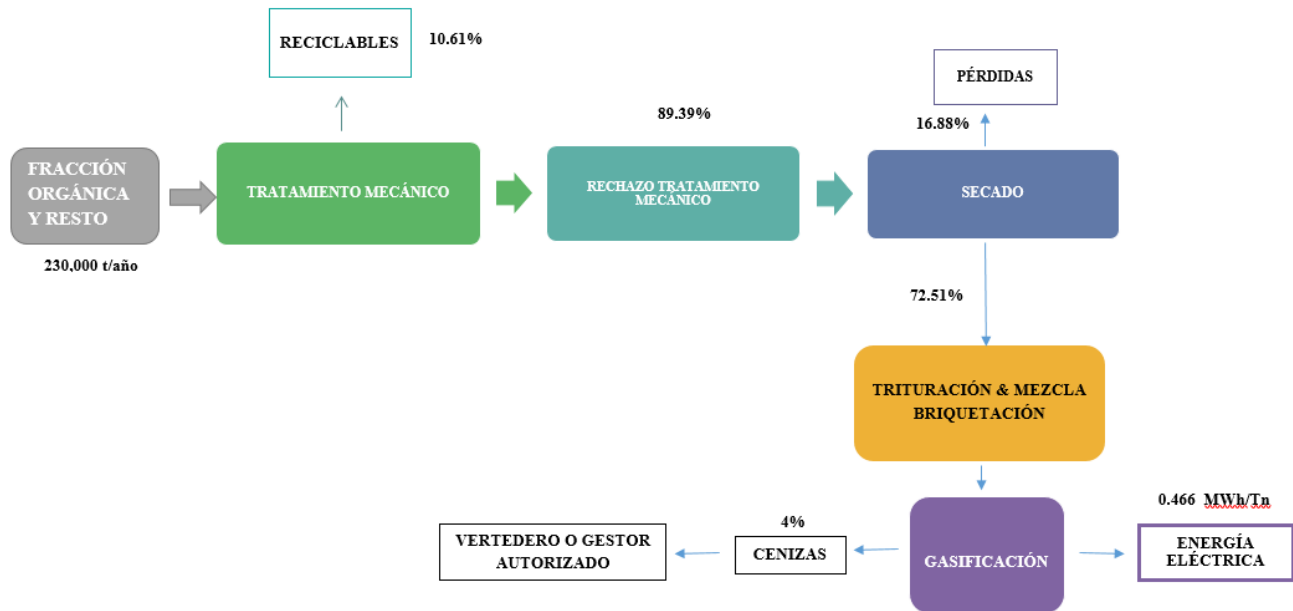


Ilustración 18: Planta de tratamiento mecánico y planta de gasificación. Elaboración propia.

4.3.1.6 Alternativa E

La última alternativa que se propone consiste en una planta de incineración que valoriza energéticamente los residuos urbanos a partir de la generación de energía eléctrica obtenida del proceso en hornos de incineración. Tras una fase de tratamiento mecánico de los residuos urbanos, se introduce la fracción resto (sin materiales reciclables) en el horno, generando alrededor de 0.58 MWh/Tn de energía eléctrica.

El rechazo que supone la implantación de esta alternativa se sitúa en el 3% y serán principalmente cenizas, que se destinarán a vertedero.

Esta alternativa incluye la valorización material de: reciclables (10.61%), chatarras (0.5%) y escorias (18%).

La Ilustración 19 muestra el diagrama de proceso y el balance de masas de la alternativa E.

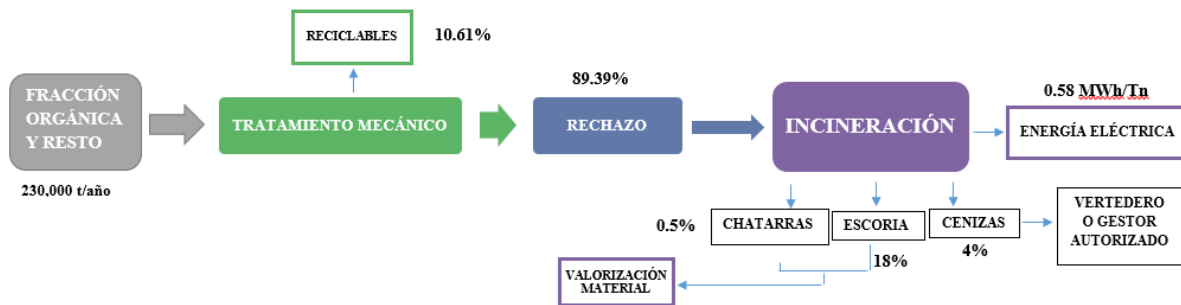


Ilustración 19: Planta de tratamiento mecánico y planta de incineración. Elaboración propia.

#### 4.3.2 Metodología de análisis de alternativas. Selección de la alternativa óptima

La elección óptima para una tecnología de procesamiento de residuos está sujeta no sólo a las necesidades económicas, sino que está especialmente limitada por los requisitos de cumplimiento de la regulación sanitaria y ambiental existente. Por lo tanto, es necesario combinar todos estos factores con el fin de hacer ponderaciones.

Aunque los estudios o valoraciones económicas abarcan un conjunto de cuestiones que exceden a las puramente comerciales, tales como los costes y beneficios sociales y externos (Massarutto, 2015), es necesario evaluar en profundidad otros criterios para la toma de decisiones.

Desde el punto de vista del análisis económico, la mayoría de los modelos se centran en aspectos estrictamente operacionales, mientras que otros estudios incluyen también aspectos ambientales

Herramientas basadas en el Pensamiento de Ciclo de Vida (LCT) se utilizan habitualmente para la evaluación ambiental, económica y social de los sistemas de gestión de residuos municipales, buscando su sostenibilidad (Manfredi, et al., 2011). Así, mientras el ACV se utiliza para cuantificar los impactos ambientales, el Ciclo de Vida de Costes (LCC) permite estudiar la viabilidad financiera y económica. Estas herramientas requieren experiencia y conocimientos específicos, y procesar una gran cantidad de datos (Rigamonti, et al., 2016).

Además de estos criterios fundamentales, existen otros criterios o variables que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar la mejor alternativa de valorización energética de los residuos generados en un determinado territorio:

- Tipo de recogida de los residuos urbanos.
- Caracterización de los residuos urbanos.
- Cantidad de residuos urbanos a tratar.
- Disponibilidad de suelos aptos para infraestructuras de tratamiento.
- Sistemas de gestión e infraestructuras de tratamiento existente en el territorio.
- Infraestructuras de transporte, energéticas e industriales existentes en el territorio.
- Normativa vigente.
- Aceptación pública.
- Generación de puestos de trabajo.

Es complicado determinar a priori las mejores tecnologías para la eliminación de los residuos, independientemente de la composición de los residuos, el tamaño de la planta y la ubicación en el territorio. Un análisis ambiental ayuda a definir qué tecnologías en conjunto tienen un impacto menor. Un análisis de energía ayuda a determinar la forma más eficiente para recuperar la energía contenida en los residuos. Y un análisis de masas es necesario para determinar las dimensiones correctas de las diversas plantas. Por lo tanto, todos estos análisis (junto con la viabilidad económico-financiera) son necesarios para determinar el mejor sistema de gestión de residuos urbanos. Además, el sistema propuesto debe tener en cuenta criterios sociales y el contexto geográfico (Rada, et al., 2014).

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Se han de evaluar por tanto una serie de condicionantes económicos, tecnológicos, ambientales, sociales y territoriales, para tener todo el espectro de variables que permitan tomar la decisión más acertada.

Hokkanen y Salminen (1997), apuntan hacia esas mismas variables en su análisis multicriterio mediante la aplicación del método ELECTRE III, para la elección del sistema más adecuado de gestión de residuos en una determinada región de Finlandia.

OBJETIVOS	
ECONÓMICOS	Costes de inversión, de operación, de mantenimiento, coste por tonelada, coste por hogar, financiación
TÉCNICOS	Viabilidad técnica, experiencia, adaptabilidad a condicionantes locales, confiabilidad, potencialidad de desarrollo futuro
AMBIENTALES ESCALA GLOBAL	Efecto invernadero
AMBIENTALES ESCALA REGIONAL	Acidificación de suelos, contaminación de aguas superficiales, emisiones al aire y al agua con efectos sobre la salud
AMBIENTALES ESCALA LOCAL	Higiene ambiental, contaminación de aguas superficiales, emisiones al aire y al agua con efectos sobre la salud
POLÍTICOS	Aceptación pública
EMPLEO	Número de empleos generados
RECUPERACIÓN DE RECURSOS	Recuperación de productos, energía requerida, energía primaria suplida, potencial de mercado, ocupación de terrenos

Tabla 19: Clasificación preliminar de objetivos (Hokkanen y Salminen, 1997)

Los impactos económicos, ambientales y sociales más utilizados en el análisis de la gestión de residuos se presentan en la [Tabla 20](#)

ECONÓMICOS	AMBIENTALES	SOCIALES
Cuota de mercado	Clima	Empleo
Costes de inversión	Energía	Protección exclusión social
Costes de operación	Calidad el aire	No discriminación
Costes administrativos	Biodiversidad (flora, fauna y paisaje)	Datos de familias
Autoridades públicas	Calidad del aire	Gobernanza, buen gobierno, participación pública
Costes de innovación e investigación	Contaminación de suelos	Salud pública
Efectos económicos en usuarios y hogares	Recursos renovables	Seguridad
Efectos económicos en la industria	Consecuencias ambientales para empresas y consumidores	Acceso y efectos sobre protección social y el sistema educativo

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

ECONÓMICOS	AMBIENTALES	SOCIALES
	Probabilidad de riesgos ambientales	Cultura
	Bienestar animal	

Tabla 20: Impactos económicos, ambientales y sociales más utilizados en el análisis de la gestión de residuos (European Commission, 2009).

En el presente trabajo se ha optado por llevar a cabo una combinación de diferentes herramientas de decisión para conocer la mejor alternativa de una forma científica, holística y objetiva. La *Tabla 21* resume las herramientas seleccionadas y la aplicación a criterios efectuada.

HERRAMIENTA DE DECISIÓN	APLICACIÓN A CRITERIOS
Análisis Económico-financiero	Criterios económicos
Análisis del ciclo de vida	Criterios ambientales
Sistemas de información geográfica	Criterios territoriales
Análisis multicriterio	Todos

Tabla 21: Herramientas de decisión utilizadas y aplicación a criterios. Elaboración propia.

A continuación se realiza una valoración en base a los criterios señalados y según alternativas evaluadas. Siendo el 1 el caso más favorable y el 6 el caso menos favorable.

Alternativas	Economico	Ambientales	Territoriales
<b>Base</b>	2	5	2
<b>Alt. A</b>	2	1	2
<b>Alt. B</b>	3	2	2
<b>Alt. C</b>	4	4	3
<b>Alt. D</b>	5	6	3
<b>Alt E</b>	6	5	3

Tabla 22. Valoración de criterios

Los criterios de aplicación territoriales, ambientales y económicos no tiene todos el mismo peso en la valoración de alternativas. Se considera la siguiente ponderación para evaluar el índice de idoneidad de implantación de alternativas. Este índice de idoneidad será el producto entre la valoración de criterios y la ponderación de importancia de cada uno de ellos.

La ponderación de importancia de cada uno de los criterios seleccionada ha sido la siguiente:

- Económico = 1,2
- Ambiental = 1

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Territorial = 1,8

A partir de esta valoración, se obtiene el siguiente índice de idoneidad de alternativa. Esta valoración señala la alternativa A: Tratamiento Mecánico Biológico con Aprovechamiento energético del Biogás del relleno Sanitario como la más idónea para la implantación en Cerro Patacón.

Alternativas	Economico	Ambientales	Territoriales	Indice de Idoneidad
Base	2,4	5	3,6	11
Alt. A	2,4	1	3,6	7
Alt. B	3,6	2	3,6	9,2
Alt. C	4,8	4	5,4	14,2
Alt. D	6	6	5,4	17,4
Alt E	7,2	5	5,4	17,6
Ponderación	1,2	1	1,8	

Tabla 23. Índice de idoneidad

La alternativa seleccionada de aplicación es por tanto la alternativa A:

<b>ALTERNATIVA A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tratamiento Mecánico</b></li> <li>• <b>Tratamiento Biológico</b></li> <li>• <b>Relleno Sanitario con recuperación de energía</b></li> </ul>
----------------------	---

La alternativa A seleccionada está acorde con la elección del futuro modelo propuesto en la Plan Nacional de Residuos.



## 5 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

En el desarrollo de este punto se van a tratar dos aspectos diferenciados y complementarios que deben de abordarse de manera conjunta priorizando las acciones más urgentes.

Por una parte se describen las acciones más inmediatas relativas a la recuperación del relleno sanitario, mediante los planes de actuación. Estas actuaciones permiten reconvertir el relleno sanitario a una situación de estabilidad y control ambiental que permita el depósito de los residuos de rechazo. Por otro lado se definen las instalaciones necesarias para el futuro centro de tratamiento previsto en el relleno sanitario de Cerro Patacón. La implantación de la instalación de tratamiento mecánico biológica se realizará progresivamente a través de tres fases cuyo caudal de diseño por fases se estima en 230.000 Tn /año aproximadamente.

Las acciones prioritarias para la reformulación se realizarán sobre el relleno sanitario se efectuarán mediante los siguientes planes de actuación:

- Plan de Acción en Operación (P.A.O.)
- Plan de Optimización del manejo de lixiviados (P.O.L.)
- Plan de Optimización del manejo del biogás. (P.O.B.)
- Plan de Optimización de estabilidad (P.O.E.)

### 5.1 PLANES DE ACCIÓN INMEDIATA.

A continuación se describen cada uno de las actuaciones necesarias para llevar a cabo los Planes de acción de reformulación de la situación operacional del relleno sanitario.

#### 5.1.1 *Plan para la Optimización de la Estabilidad del relleno sanitario (P.O.E)*

El **plan de acción sobre la optimización de la estabilidad en el relleno sanitario** contemplará los aspectos operativos detectados como deficientes y que son necesarios reformular para la continuidad del relleno sanitario en Cerro Patacón en condiciones de seguridad estructural. A partir de estas actuaciones se dará respuesta técnica para minimizar los aspectos relacionados con la inestabilidad, proporcionando escenarios sostenibles con las futuras ampliaciones.

El análisis de la estabilidad desarrollado para el Relleno Sanitario de Cerro Patacón debe garantizar las condiciones de seguridad frente al deslizamiento durante el periodo de operación y posterior al cierre. Su colapso supondría un grave perjuicio para la seguridad de las personas y para el medioambiente del entorno y además implicaría unas reparaciones con un alto coste económico.

Se ha verificado el grado de estabilidad de la masa de residuos en los diferentes taludes que conforman el relleno actual. La selección de taludes para el análisis de estabilidad se ha realizado comparando las pendientes existentes en los taludes de las diferentes fases mediante foto satelital y su posterior interpretación y restitución con las visitas realizadas en Abril de 2017. El análisis de este MDT ha permitido categorizar los

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

diferentes tipos de pendientes que se dan en el relleno sanitario, permitiendo la evaluación del cumplimiento del PTF 2008.

Con el fin de obtener una clasificación de los taludes del relleno sanitario se han definido dos intervalos, por una parte los que presentan una inclinación inferior al 50% (2H:1V) y por otro los que su inclinación es mayor de ese 50%. La elección de este límite se debe a que es la máxima inclinación que permite el PTF 2008 para los taludes. Una vez establecida esta premisa se ha analizado el relieve de cada etapa con los siguientes resultados:

	Etapa 1. Porcentaje de taludes	Etapa 2. Porcentaje de taludes	Etapa 3 Norte. Porcentaje de taludes
Inclinación <=50%	46	50	54
Inclinación >50%	54	50	46

Tabla 24: Porcentaje de taludes según inclinación para cada Etapa del proceso Fuente: Elaboración propia a partir de datos del PTF 2008

Tal y como se desprende de la tabla **prácticamente la mitad de la superficie de los taludes del relleno sanitario tienen una inclinación superior al 50%** incumpliendo en gran medida las condiciones técnicas de diseño del relleno, hipotecando la estabilidad del mismo y la vida útil del mismo.

Se ha incluido dentro del anejo 1 una serie de planos sobre las pendientes según etapas de explotación, señalando los taludes objetos de estudio (*Ilustración 20*).

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

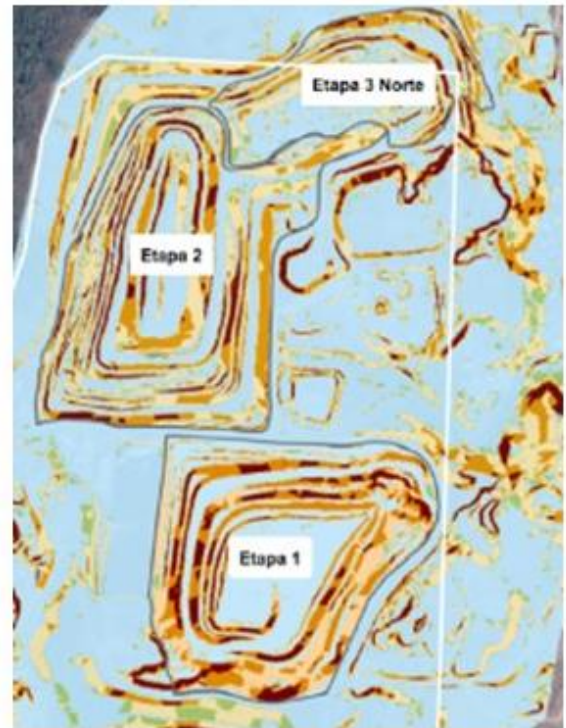
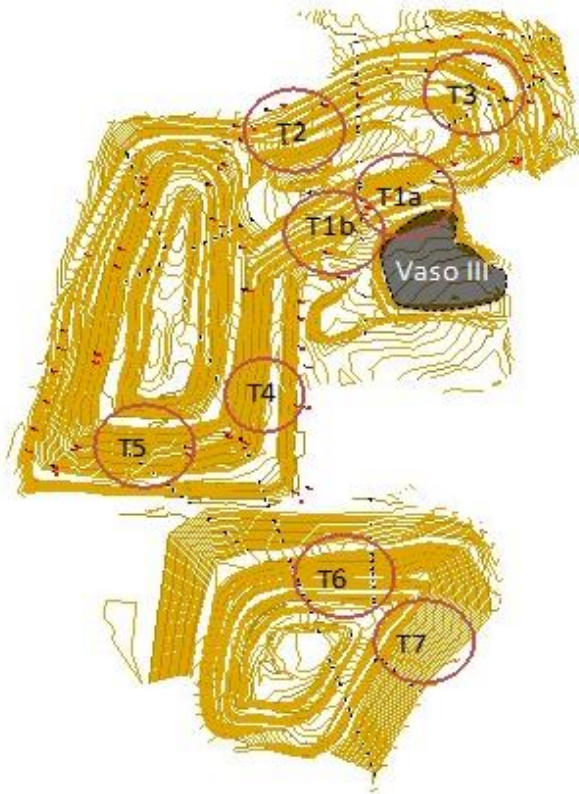


Ilustración 20: Taludes seleccionados para cálculo de estabilidad.

Para el cálculo de los factores de estabilidad de los taludes seleccionados se ha empleado la aplicación informática GEOESTUDIO (SLOPE / W), que permite el análisis de estabilidad de los taludes proporcionando un factor de seguridad en función de las características geométricas y las propiedades mecánicas de los materiales. Esto ha permitido modelar los taludes tipo definiendo convenientemente la distribución interna y la geometría.

Una vez realizado el cálculo de estabilidad, presentado en el anexo 2, se determinan las actuaciones sobre los taludes inestables y se define una sección tipo en el Plan de Operación del relleno (P.O.) con objeto de que el crecimiento de nuevas ampliaciones mantenga las condiciones límite de estabilidad. La conformación de nuevos taludes deberá cumplir el plan de operación definido hasta la cota de cierre, sellado y reinsertión. Respecto a esta capa última se deberá redactar el correspondiente proyecto de cierre, sellado y reinsertión en base a la morfología definitiva del relleno. Este proyecto de definición de la capa de sellado no es parte de este documento de reformulación pero es considerado una necesidad en el tiempo. La implantación de las capas de

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

sellado definitiva son consideradas de vital importancia para mantener la evacuación de aguas de lluvia y la estabilidad del relleno realizado.

Es importante señalar que el relleno sanitario se encuentra en su tercio inferior saturado por lixiviación, situación que no favorece a la estabilidad del conjunto del relleno. Los cálculos realizados se han hecho con la hipótesis de no saturación o ausencia de nivel freático de lixiviación, pues se considera condición necesaria para la estabilidad de un relleno sanitario independientemente de las pendientes de los taludes alcanzada. En este sentido **se requiere que se priorice el drenaje de lixiviado del relleno definido mediante el Plan de Optimización para el drenaje de lixiviados (P.O.L) a las actuaciones de estabilidad**. Las medidas de control de lixiviados y drenaje de aguas de lluvia sobre el relleno sanitario conseguirá ir disminuyendo la cota del nivel freático interno de lixiviados hasta su desaparición total. Esta situación actualmente no se produce debido a la acumulación de agua de lluvia en la masa de residuos, a pesar de ello se estima que la implantación de los sistemas de drenaje de lixiviados, evacuación de aguas de lluvia y sellado de superficies con material de cobertura eliminará la consideración de saturación para garantizar el cálculo de estabilidad realizado .

Como indicaciones complementarias a los cálculos contenidos en Anejo 2 y debido a la situación del relleno sanitario se determinan las siguientes actuaciones referidas a la explotación y direccionadas a mantener las hipótesis desarrolladas.

- Evitar deslizamientos profundos debido a la elevada pendiente de los taludes y a la escasa compactación y cohesión de los materiales que los constituyen. Ello indica una explotación manteniendo los taludes de celda unitaria descritos en la reformulación.
- Asimismo, la presión por los lixiviados existente ha rebajado el coeficiente de seguridad de forma generalizada, con lo que el riesgo de deslizamiento se incrementa, situación que debe ser mejorada con la ejecución de los drenes diseñados, haciendo especial hincapié en mantener pendientes que drenen los lixiviados. Estas pendientes serán del 2%.

Mediante las visitas realizadas al relleno sanitario, abril de 2017, se han detectado situaciones de inestabilidad en diferentes taludes conformados. Estas condiciones de inestabilidad se deben principalmente a la conformación de taludes con pendientes superiores a 2:1, la falta de compactación y de material de cobertura, así como la acumulación de lixiviados dentro de la masa de residuos depositada.

En la *Ilustración 20* se muestra la localización de los taludes sobre los cuales se han realizado el cálculo de estabilidad<sup>3</sup> indicando el coeficiente de seguridad que poseen y el riesgo de deslizamiento. A continuación, se indican los valores obtenidos en el estudio de estabilidad de los taludes. En base a estos resultados se seleccionan áreas de acondicionamiento frente a la estabilidad. Por todo ello, si bien el talud es estable en

---

<sup>3</sup> Software Geo-Slope. Análisis de estabilidad de taludes. Geo estudio 2016 ®

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

condiciones estáticas ( $FS > 1$ ), las pendientes de los taludes existentes en la etapa I no se consideran correctas, siendo necesario acometer medidas de estabilización que proporcionen factores de seguridad adecuados ( $FS \geq 1,5$  en condiciones estáticas y  $FS \geq 1.1$  en condiciones pseudo-estáticas).

Talud	Cof. Seguridad	Riesgo de Deslizamiento	Actuación de estabilidad
T1a	FS < 1.5 (estática). FS < 1.1 (dinámica)	SI	Adecuación mediante aporte de residuos. Necesidad de solape de lámina impermeabilización
T1b	FS < 1.5 (estática). FS < 1.1 (dinámica)	SI	Adecuación mediante aporte de residuos. Necesidad de solape de lámina impermeabilización
T2	FS < 1.5 (estática). FS > 1.1 (dinámica)	No	Adecuación mediante aporte de residuos.
T3	FS > 1.5 (estática). FS > 1.1 (dinámica)	NO	Adecuación mediante Plan de Optimización del manejo de lixiviados (P.O.L)
T4	FS > 1.5 (estática). FS > 1.1 (dinámica)	No	Adecuación mediante Plan de Optimización del manejo de lixiviados (P.O.L) Colocación de Geomalla estructural.
T5	FS < 1.5 (estática). FS < 1.1 (dinámica)	SI	Adecuación mediante Plan de Optimización del manejo de lixiviados (P.O.L) Colocación de Geomalla estructural.
T6	FS < 1.5 (estática). FS < 1.1 (dinámica)	SI	Adecuación mediante Plan de Optimización del manejo de lixiviados (P.O.L) Colocación de Geomalla estructural.
T7	FS < 1.5 (estática). FS < 1.1 (dinámica)	SI	Adecuación mediante Plan de Optimización del manejo de lixiviados (P.O.L)

Tabla 25: Taludes con riesgo de deslizamiento. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, existen taludes seleccionado poseen condiciones de riesgo de deslizamiento y son inestables frente a la explotación. Para ello se reformulan las actuaciones de acondicionamiento de las áreas inestables, la colocación de geomallas y la eliminación del lixiviado mediante un sistema de control y drenaje del mismo conformado por zanjas de drenaje horizontales sobre la masa de residuos y perforaciones horizontales en puntos estratégicos.

De los cálculos de estabilidad realizados es importante señalar que la Etapa más crítica es la III, la cual fue planificada, diseñada, construida y operada por UPSA, operador del RSCP.

En el Talud Sur de la Etapa III que conforma el acceso a la plataforma superior se han realizado los análisis de estabilidad correspondientes y se detecta que los perfiles de taludes T1a y T1b (*Ilustración 20*) son inestables, con lo que se compromete la seguridad del acceso por desplome o deslizamiento del talud. Esta situación hace que se determine el relleno de zonas habilitadas, denominadas A1a y A1b en el Plan de Optimización de

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Estabilidad del relleno sanitario (P.O.E.). La conformación de este volumen de residuos en A1a y A1b se realizará conforme al Plan de Acción en Operación (P.A.O.). Para llevar a cabo el relleno de estas áreas (A1a y A1b) será necesario que entre estas áreas y el vaso de la Etapa III Sur recientemente construido se realicen las siguientes actuaciones:

- Construcción de solape (*Ilustración 23*).
- Construcción del drenaje de lixiviado entre fondo (plano nº2 del anejo 1).
- Conformación de celdas de relleno según Plan de Acción en Operación (*Ilustración 36*). La conformación de estas celdas se realizarán contra el actual talud Sur de la Etapa III Norte.

El relleno de las áreas A1a y A1b conformará un nuevo acceso estable a la plataforma superior evitando el riesgo existente de deslizamiento.

##### 5.1.1.1 Acondicionamiento de áreas inestables

En el acondicionamiento de las áreas inestables se diferencian tres tipos de actuaciones:

- Acondicionamiento de estabilidad por aporte de residuos
- Acondicionamiento de estabilidad por drenaje de lixiviación e implantación de red separativa de aguas.
- Acondicionamiento por instalación de una geomalla o estructura a tracción frente a la erosión.

La secuencia de iteraciones del cálculo de estabilidad sobre taludes se realiza en seco, suponiendo que el relleno no posee nivel de lixiviación interno. Esta primera iteración discrimina entre aquellos taludes que geoméricamente son estables a los que son inestables, sin considerar el nivel interno de líquidos. La presencia de lixiviado en el interior del relleno no permite verificar la estabilidad de los taludes aun cuando estos sean geoméricamente óptimos. Esto se debe a que el lixiviado conforma un plano de deslizamiento que junto con las reacciones internas ocurridas entre el gas y el lixiviado en ese plano debilita la capacidad estructural del relleno, independientemente de la geometría de talud. Luego independientemente de la conformación geométrica del talud es necesario eliminar la cantidad de lixiviado hasta al menos  $2/3$  de la altura del relleno.

Esta actuación de reducción de lixiviados en el interior del relleno queda especificada en el Programa para la operación del manejo de lixiviados (P.O.L) y se considera la primera medida de reformulación para la consecución de la estabilidad de taludes del relleno sanitario de Cerro Patacón. Una vez disminuido el nivel de lixiviados se debe actuar sobre aquellos taludes que poseen una pendiente y altura superior a los factores de seguridad requeridos para este tipo de rellenos. Es un buen ejemplo el análisis del talud del “dique” situado en el área A3 cuya conformación geométrica es estable al deslizamiento según los cálculos y sin embargo la presencia de lixiviado hace que esa estabilidad esté sujeta al drenaje de los mismos.

Este control y evacuación del lixiviado evitará dos fenómenos de inestabilidad de prioritaria importancia en rellenos sanitarios. Por un lado, eliminará las presiones intersticiales en los poros como consecuencia de la presencia del líquido, y por otro lado, y más importante, evitará la surgencia conjunta de vapor, gas y lixiviado cuya capacidad de deterioro del talud es insostenible en el tiempo.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

En este sentido los dos tipos de actuaciones sobre los taludes inestables son el acondicionamiento de su topografía mediante el aporte de residuos y la colocación de estructuras resistentes ancladas en las bermas o terrazas superiores. Previamente se deberá ejecutar el Plan de acción para la optimización del manejo de lixiviados (P.O.L)

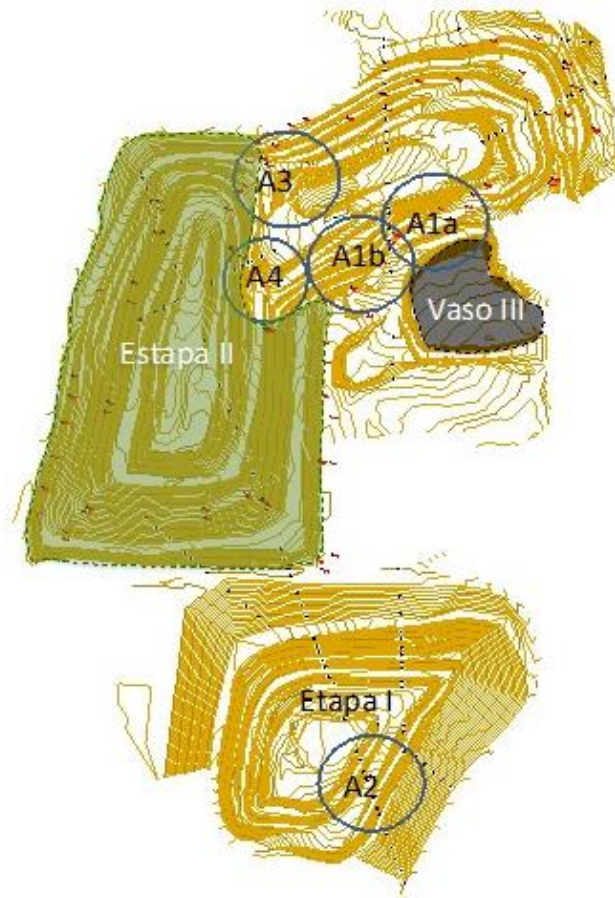
##### 5.1.1.2 *Habilitación de nuevas Áreas de disposición de residuos*

El actual estado de operatividad del relleno sanitario posee un problema de espacio para la acumulación de los residuos que ingresan diariamente al relleno sanitario. La Etapa III Norte, aunque actualmente no ha llegado a la cota última autorizada en altura (145 m.s.n.m.) tiene limitada su explotación en altura debido a las pendientes que han adquirido los taludes noroeste y sureste de la Etapa III Norte. Por otro lado, debido a las pendientes de los taludes principales de la Etapa III Norte no es recomendable el vertido de residuos en la plataforma superior, aumentando la cota en altura. Esta situación requiere de la búsqueda y habilitación de nuevas áreas de vertido.

Durante las visitas realizadas, la explotación tenía lugar sobre la plataforma superior de la Etapa III Norte. La limitación de espacio para la circulación de los vehículos de descarga en esta zona, la presencia de pendiente superiores a las recomendables en los taludes y la acumulación de grandes volúmenes de residuos sin compactar hacen que sean necesario habilitar nuevas áreas de disposición para eliminar el riesgo que supone explotar en la plataforma superior de la Etapa III Norte. Estas nuevas áreas de disposición se localizan sobre los vasos de las Etapas III y Etapa I y complementan la disposición de los residuos sobre el vaso de la Etapa III Sur (Tina 2B) recientemente construido.

Las áreas detectadas como inmediatas y con seguridad frente al deslizamiento y acceso en épocas de lluvia son las siguientes:

- Etapa III Sur (Fase I); Actualmente en fase de construcción. Esta obra se encuentra próxima a su finalización.
- Etapa I; La cota a la que se encuentra (120 m.s.n.m. aprox) permite poder aumentar en altura, lo que generaría un periodo de vida útil considerable. Si bien los taludes poseen, tanto en su orientación Norte como Sur, pendientes elevadas y por encima del índice de seguridad en algunas secciones. Esta situación hace recomendable no utilizar el vaso de la Etapa I para el relleno con residuos en la superficie superior para aumentar en altura. Por el contrario, sí es viable rellenar espacios disponibles en el talud Sur (A2, *Ilustración 21*).
- También son áreas de disposición a corto plazo de los residuos las áreas denominadas A1a, A1b, A3 y A4 (*Ilustración 21*). En caso de proceder a la ocupación de estas áreas se requiere de obras de acondicionamiento que consisten principalmente en el solape de geomembrana al vaso de la Etapa III Sur . El relleno de estas áreas (A1a, A1b) repercutirá positivamente en la estabilidad de los taludes de la Etapa III Norte



*Ilustración 21: Zonas de acondicionamiento mediante colocación de residuos.*

El volumen de estas áreas, los perfiles y su capacidad de almacenamiento están recogida en los apartados posteriores. Estos volúmenes se encuentran recogidos en el plan de relleno, perteneciente al Plan de Operación del presente documento. Así mismo, en el anejo 1 de planos se presentan los perfiles que conforman estas áreas del relleno.

#### *5.1.1.3 Eliminación de bolsas de biogás bajo la geomembrana de las balsas de lixiviados.*

En el trabajo de campo se detectaron acumulaciones de **biogás bajo la geomembrana** de las balsas de lixiviados. Estas acumulaciones de biogás se han producido por la migración de biogás desde el vaso de la Etapa I. Esta situación detecta la falta de control de biogás de la Etapa I y manifiesta sus consecuencias debido a la migración libre hacia el exterior del vaso. Las acumulaciones de biogás detectadas bajo la geomembrana de las balsas tienen como consecuencia la pérdida de volumen efectivo de acumulación, el deterioro de la balsa y el riesgo de escape, además de la posibilidad de explosión repentina del biogás acumulado. El control de estas bolsas de biogás detectadas pasan por evitar que aumenten de tamaño favoreciendo la migración del gas fuera



#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

de las mismas. Para ello se deberá construir la fase de desgasificación de la Etapa I, pendiente de ejecutar. Se recomienda una nueva ubicación de los pozos considerados en el proyecto de desgasificación de la Etapa I realizado por UPSA, operador del relleno sanitario.

Los nuevos pozos de desgasificación reubicados estarán separados con un radio de influencia de 25 metros y situados en el primer talud conformado por el relleno de la Etapa I orientado hacia la balsa actual de lixiviados (Talud Oeste).

##### 5.1.1.4 Eliminación de llantas y lodos.

Con respecto a los neumáticos se debe proceder al troceado de los mismos, colocándolos mezclados con tierra para conformar un relleno estable. En caso de que los neumáticos queden enteros deberán ser colocados y utilizados en la conformación de muros y estructuras de contención de caminos y taludes. Existen otras aplicaciones viables como son :

- Uso en el trasdós de los muros de contención. Ya que poseen elevada permeabilidad y actúan como drenes.
- Rellenos de gaviones. En el caso de utilizarse NFU troceados, esos son comprimidos al introducirlos en los gaviones, mientras que si se utiliza NFU enteros son rellenos con caliche machacado a la par que se apilan.



*Ilustración 22: Zonas de acondicionamiento mediante colocación de residuos.*

Se debe evaluar estos usos alternativos como elementos estructurales para su aplicación en los caminos perimetrales de la Etapa II y Etapa I como elementos de contención del relleno de residuos.

### 5.1.1.5 Acondicionamiento de estabilidad por aporte de residuos

Se han detectado cuatro áreas en relleno actual que deben ser acondicionadas mediante la colocación de residuos con el objeto de garantizar la estabilidad. La necesidad de acondicionamiento se deben principalmente al riesgo de deslizamiento por la presencia de taludes superiores a 2:1 (H:V) en las áreas detectadas en la Etapa III Norte denominadas A1, A3 y A4 (*Ilustración 21*).

En la Etapa I (zona A2) aparece un área que posee potencial de recrecimiento y por lo tanto de aumento de la vida útil en esa zona.

El relleno de estas áreas se realizará mediante la conformación de terrazas de 8 metros de altura, con pendientes máximas de 2H:1V y bermas de 5 metros de anchura.

- Las zonas “A1”, “A3”, y “A4”: tienen como objetivo estabilizar los taludes existentes frente al deslizamiento mediante la conformación de celdas contra los actuales taludes (T1a, T1b, T2). La estructura de relleno en estas áreas se realizará operando de abajo a arriba. En el documento de planos se presentan los perfiles y la planta de cada una de las zonas de acondicionamiento. Esta actuación requiere del acondicionamiento y solape del vaso de la Etapa III Norte con el actualmente en construcción de la Etapa III Sur.
- Zona “A2”, perteneciente a la Etapa I pretende almacenar los residuos con idea de configurar un nuevo espacio que permita aumentar la vida útil del relleno manteniendo pendientes estables.

Las prioridades de actuación de estas áreas pasan por combinar el relleno del área “A2” con las actuaciones de ampliación mediante solapes de geomembranas de la zona A1a y A1b hacia las ampliaciones de los vasos III Sur actualmente en construcción.

La conformación de las terrazas que conformarán estos rellenos se realizará mediante el aporte de 15 cm de material de cobertura. Este material de cobertura tendrá una frecuencia diaria. A continuación se presentan los volúmenes de residuos de aporte que conformarían estas actuaciones de rehabilitación de la estabilidad.

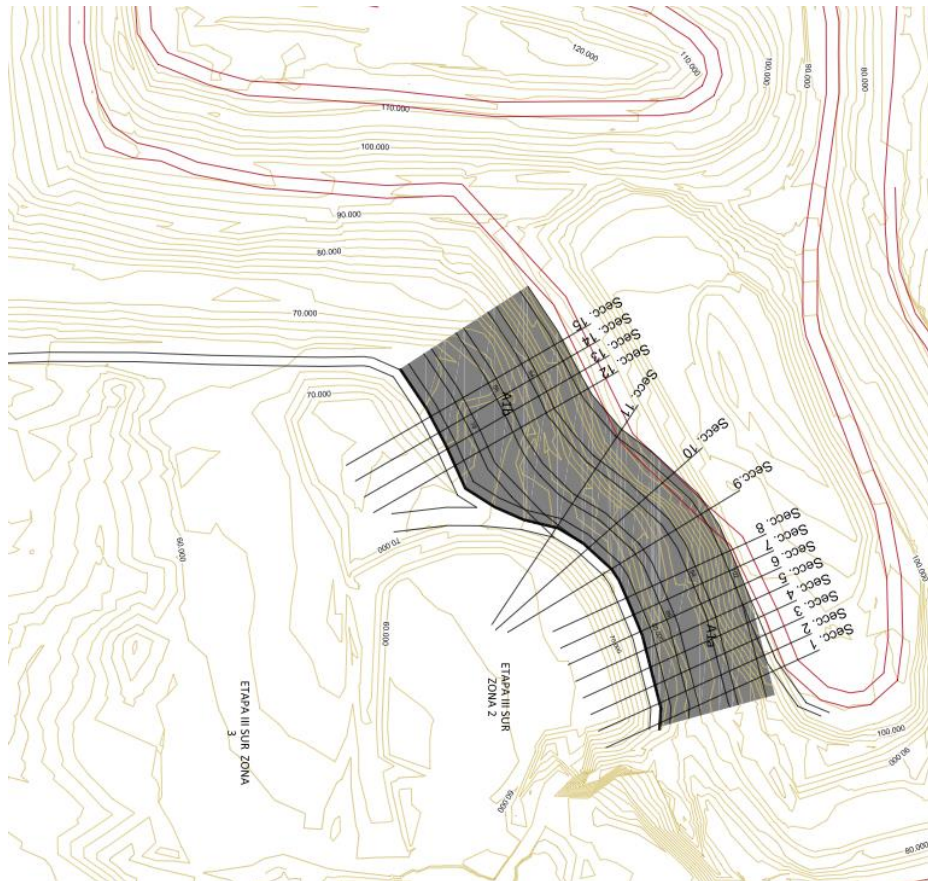
Los volúmenes de aporte de residuos sobre cada una de estas áreas de actuación son los siguientes:

Vasos de ampliación	Area de Relleno	Volumen Total (m <sup>3</sup> )	Volumen de R.S.U.(m <sup>3</sup> )
Zona de acondicionamiento de Etapa I.	A2	10,342	10,016
Zonas de acondicionamiento de la Etapa III. Zona Solape	A1a	22,395	21,689
	A1b	398,160	385,604
	A1a-A1b	23,200	22,468
Zona de acondicionamiento Etapa III Norte - Etapa II	A3	12,200	11,815
	A4	6,710	6,498
Relleno de acondicionamiento		449,807	435,623

*Tabla 26: Volúmenes y vida útil de acondicionamiento por aporte de residuos en Etapa III Norte y Etapa I.*

### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Estas zonas detectadas de ampliación, requiere de la ampliación de lámina en las áreas A1a y A1b en su conexión con el vaso III Sur actualmente en fase de construcción. La dimensión de la lámina a ampliar es de 10.000 m<sup>2</sup> de vaso. En el anejo 2 se presentan los planos de detalle de esta actuación.



*Ilustración 23: Solape de acondicionamiento de fases Etapa III Norte - Sur*

La explotación y conformación de estos rellenos queda reflejada en el Plan de Operación y mostrada con los correspondientes perfiles en el documento de planos. La consecución de estos rellenos dotarán a estos taludes con estabilidad puesto que quedarán inmersos dentro de la masa de residuos, en el caso de los localizados en las áreas A1a y A1b, o serán conformados con pendientes de estabilidad en base a un perfil limite frente a la estabilidad. Este perfil limitante posee las siguientes características operativas:

- Pendientes máxima de los taludes definitivos = 2H: 1V
- Drenaje de fondo del lixiviado y en altura.
- Compactación de residuo con capas de cobertura de 15 cm diaria.
- Conformación de cunetas de evacuación de aguas de lluvia internas en los pies de los taludes de las terrazas configuradas.
- Cobertura de sellado último de 60 cm de espesor con pendientes de evacuación de aguas sobre cunetas.

#### 5.1.1.6 Acondicionamiento de lámina estructural.

En los taludes T4, T5, T6 y T7 (*Ilustración 20*) y debido a que el cálculo de estabilidad refleja factores de seguridad inferiores a los recomendados, será necesario aumentar la estabilidad mediante la colocación de una geomalla. Esta geomalla siempre que la pendiente parcial del talud lo permita será recubierta con material pétreo y se realizará una hidrosiembra.

La geomalla sintética es el resultado de la fabricación de una estructura reticular formada por hilos de poliéster de alto módulo elástico (PET) recubiertos con PVC para proteger el producto de la radiación UV, los microorganismos y los ataques medioambientales. Estas láminas por su composición y fabricación poseen las siguientes características:

- Elevadas resistencias a tracción en rotura a corto plazo serán de de 250 kN/m.
- Baja deformación a corto plazo.
- Interacción óptima con todo tipo de suelos gracias a su estructura.
- Excelente comportamiento a fluencia.
- Fácil y rápida instalación.
- La unión entre la trama y la urdimbre es de alta resistencia evitando desgarros.



*Ilustración 24:* El revestimiento de los taludes mediante geomalla sintética antierosión

La extensión y colocación de geomallas se realizará de forma continua y requiere de un posterior aporte de suelo o tierra vegetal, para hidrosembrado. Así mismo se realizarán los taludes y la base de forma diferenciada e independiente.

Esta geomalla se trata de una estera flexible de estructura tridimensional de filamentos de poliamida (nylon) soldados en sus puntos de contacto, correspondiéndole de su volumen total un 95 % de espacio libre.

Este material consigue que el ángulo de fricción entre los materiales que constituyen la cobertura y el relleno de residuos, situado inmediatamente por debajo, sea de 0,9 a 1 veces el ángulo de rozamiento interno de las propias tierras.

Las especificaciones técnicas que deberá cumplir serán las siguientes:

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Tipo de polímero: Poliamida 6
- Densidad del polímero: 1140 kg/m<sup>3</sup>
- Punto de fusión : 214 °C
- Densidad Aprox. 25 kg/m<sup>3</sup>
- Fuerza de los filamentos: Excelente debido a la fusión total de los filamentos allí donde se cruzan en los entrecruzamientos
- Envejecimiento: Buena resistencia a las inclemencias del tiempo y radiaciones UV dada la estabilización con negro de humo y estabilizadores UV.
- Resistencia química: Resistencia a todos los elementos químicos en aquellas concentraciones que normalmente contiene el suelo y la superficie del agua
- Temperaturas: Desde -30 °C a +40 °C; no existen cambios en la flexibilidad o fuerza y puede ser instalado fácilmente en los periodos invernales.

En cuanto a las características mecánicas, deberá cumplir al menos lo siguiente:

- Resistencia a la tracción MD: 250 KN/m ( ISO 10319).
- Resistencia a la tracción CMD: 50 KN/m (ISO 10319).
- Alargamiento a la rotura MD: 12% (ISO 10319).
- Alargamiento a la rotura CMD: 12% (ISO 10319).
- Resistencia al punzonamiento: 2 kN ( ISO 12236)

#### 5.1.2 Plan de Optimización del manejo de Lixiviados (P.O.L)

Como se ha indicado en el documento, las superficies de las etapas I, II y III Norte no poseen sistema de drenaje de aguas de lluvia, situación que genera grandes cantidades de lixiviado. Es prioritario la aplicación de una planificación de actuaciones orientadas a determinar redes diferenciadas de aguas de lluvia y escorrentía frente a la generación de lixiviación. En este apartado se determinarán las condiciones y el diseño del sistema de drenaje para el control y evacuación de lixiviados. Esta actuación facilitará la implantación de una red separativa de aguas de lluvia y lixiviados, facilitando la eliminación de la saturación actual de la masa de residuos en su tercio inferior. Con objeto de definir la red de drenaje y el cronograma de actuaciones se determina el caudal de lixiviación generado según etapas de relleno.

##### 5.1.2.1 Cálculo de generación de lixiviado.

En el cálculo de la producción de lixiviados (Anejo 3) intervienen diferentes factores, siendo el más relevante la cantidad de aguas de lluvia que se infiltra en el relleno sanitario y reacciona con los residuos dispuestos. La cantidad de agua que se infiltra en la masa de residuos está directamente relacionada con la superficie sellada que posee drenaje de escorrentía. Cuanto menor es esta superficie mayor es la generación de lixiviados en un relleno sanitario. En el balance hídrico de un relleno sanitario, además de la superficie también son parámetros de elevada importancia la precipitación, la evapotranspiración de la zona y la cantidad de materia orgánica presente en el relleno por degradar. Para obtener los datos de precipitación y evapotranspiración a partir de los cuales se ha calculado el caudal de lixiviado se han recopilado los datos de las estaciones climatológicas más cercanas al relleno sanitario y recopilada por Hidromet (ETESA. 2017).

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Actualmente la explotación del relleno sanitario se está realizando en la Etapa III Norte, encontrándose a las Etapas I y II selladas parcialmente y sin ningún tipo de drenaje de aguas lluvia. En el apéndice correspondiente al cálculo de lixiviado se calculan y justifican los siguientes caudales de diseño, según los escenarios de sellado de las diferentes superficies de exposición a las aguas de lluvia.

En la Tabla 27 se presentan los resultados de los cálculos realizados. Como se puede observar, actualmente la superficie de filtración de aguas de lluvia es muy elevada, siendo la suma de las superficies de filtración de las etapas I, II y III. **La suma de estas superficies de captación es del orden del 78.5% de la superficie del relleno sanitario donde se han depositado residuos y adquiere un valor del orden de 331.800 m<sup>2</sup>. Este elevado porcentaje de superficie de aportación hace que se filtren grandes cantidades de agua de lluvia con la consecuente transformación en lixiviados, dando lugar a que se produzcan caudales de lixiviados inadmisibles por los sistemas de tratamiento existentes.** Las cantidades anuales de lixiviados acumulados pueden llegar a ser del orden de los 363.164 m<sup>3</sup>. Esta cantidad debieran ser almacenados en las balsas de acumulación existentes y posteriormente tratados por el sistema de depuración. **Las dimensiones de almacenamiento y tratamiento de lixiviado existentes actualmente en el relleno de Cerro Patacón no poseen capacidad para el almacenamiento y tratamiento** de estos volúmenes anuales, dándose situaciones puntuales de vertido directo a los cauces de aguas naturales, especialmente en los periodos de precipitación. En la Tabla 27 se ha cuantificado el déficit de tratamiento estimado para la gestión actual de los lixiviados, concluyendo que el tratamiento actual de lixiviados es deficitario para admitir los volúmenes generados. Únicamente posee capacidad para el tratamiento de los lixiviados en el caso de que se opere con una celda unitaria diaria y se realice el sellado de las superficies no operativas.

SUPERFICIES	Etapa I	Etapa II	Etapa III Norte	Celda de diseño
Cuenca de generacion (m2)	164,720	163,007	94,906	1200
Superficie sellada (m2)	16,472	40,752	23,727	
Superficie con sellado inadecuado (m2)	138,365	122,255	71,180	
Superficie con residuos expuestos (m2)	9,883	105,955	45,317	
Superficie con drenaje de aguas lluvia(m2)	16,472	-	-	
Superficie de filtración de aguas al R.S.U.	<b>138,365</b>	<b>122,255</b>	<b>71,180</b>	
Superficie en explotación actual	-	-	-	
Q Lixiviado (l/sg)	10.64	9.52	5.97	1.10
Q Acumulado (m3/año)	143,536	130,492	89,135	32,472
Capacidad actual de la planta (m3/año)	46774	46774	46774	46774
Deficit (m3/año)	- 96,762	- 83,718	- 42,361	14,302

Tabla 27: Caudales de lixiviados y déficit de tratamiento (anejo 3).

En la Tabla 27 se observa que estando las superficies no activas de explotación selladas y drenadas frente a la precipitación, únicamente estaría abierta a la filtración de aguas de lluvia la celda de explotación diaria lo que supondría un caudal medio de 1.10 (l/sg) y una acumulación anual de 32.472 m<sup>3</sup>. Estas cantidades sí son asumibles por los actuales sistemas de almacenamiento y tratamiento existentes en el relleno sanitario de Cerro Patacón. Las características medias de explotación de la actual planta de tratamiento de lixiviado son las siguientes:

- Capacidad de Tratamiento : 2 – 3 l/sg. Teóricamente la planta tiene capacidad actualmente para cantidades entre 7 – 9 l/sg pero según los datos aportados por el operador y las horas actuales de

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

funcionamiento se considera para el cálculo este caudal inferior con el objeto de estar del lado de la seguridad.

- Promedio de lixiviado tratado:
  - 149 m<sup>3</sup>/día.
  - 3897.84 m<sup>3</sup>/mes.
  - 46.774 m<sup>3</sup>/año.

Se han realizado, mayo de 2017, una toma de muestras de lixiviados en el relleno de cerro Patacón. Las muestras realizadas en dos puntos seleccionados de la balsa de lixiviado. Los resultados de las muestras (2.5.2.2) dan parámetros óptimos para el sistema de tratamiento existente y actualmente en funcionamiento por la operadora.

El operador actual tiene comprometido la proyección de ampliación bi-modulares, hasta llegar a un máximo de 8 módulos VSEP<sup>4</sup> (3 y 4 año 2018; 5 y 6 Año 2020; 7 y 8 año 2022). Esta situación prevé un aumento considerable en la capacidad de tratamiento, lo que revierte en una mayor capacidad de gestión del lixiviado generado y la posibilidad de tratar caudales que a pesar de la red separativa queden contaminados.

Como se puede observar la capacidad de tratamiento de la planta actual es deficitaria para los caudales de lixiviados que se están generando actualmente en la Etapa I, II y III, más aún si esta generación en ocasiones es simultánea en el tiempo.

Esta situación hace que **sea prioritario el diseño y construcción de un sistema separativo de aguas limpias en las etapas I, II y III**. Esta actuación consiste en el sellado de la superficie con material de cobertura<sup>5</sup> y construcción de cunetas provisionales de evacuación de aguas de lluvia. Previamente a esta instalación se deberá construir un sistema de control y drenaje de lixiviados que quedará inmerso en la capa de sellado propuesta. Esta construcción permite que el relleno sanitario pueda seguir evacuando lixiviados hasta la cota del drenaje construido y no en cotas superiores. De esta manera la **red de control y drenaje de lixiviado actuará como red de “rebosamiento” interno del lixiviados** generado y acumulado en la masa dispuesta. Por otro lado, la colocación de la capa de sellado y la construcción de la red de drenaje de las aguas de precipitación impedirá la entrada de agua en la masa de residuos e imposibilitará la generación de lixiviados en las superficies externas a la celda definida como celda de explotación.

A continuación, se muestra un cronograma de actuaciones para revertir la gestión actual de lixiviados, considerada insuficiente y de elevado riesgo, a una situación sostenible en el tiempo.

---

<sup>4</sup> Tecnología de depuración existente: marca registrada; tratamiento basado en un sistema de filtración dinámica (vibratoria) por medio de membranas de nano filtración u osmosis inversa (VSEP ®)

<sup>5</sup> Las características requeridas son: espesor 15 cm después de compactación; homogeneidad granulométrica (No tener más de un 10% de partículas mayores de 2” siendo inferior siempre a 3”); tipología de suelo GC (mezcla de gravas con arcilla) y GM (mezcla de gravas con limos). % finos > 12%. Coeficiente de permeabilidad cercano a  $K = 1 \cdot 10^{-7}$  cm/sg

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

CONTROL DE LIXIVIADOS	MESES											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
<b>ETAPA I</b>												
Construcción del sistema de drenaje de Lixiviados	[Bar chart: Months 1-2]											
Sellado de la superficie	[Bar chart: Months 3-4]											
Construcción de sistema de cunetas provisionales	[Bar chart: Months 5-6]											
Q Lixiviado (l/sg)	10.64		2.13				0.64					0.03
Q Acumulado m3	23,923		4,785				1,435.36					71.77
<b>ETAPA II</b>												
Construcción del sistema de drenaje de Lixiviados	[Bar chart: Months 3-4]											
Sellado de la superficie	[Bar chart: Months 5-6]											
Construcción de sistema de cunetas provisionales	[Bar chart: Months 7-8]											
Q Lixiviado (l/sg)	9.52		1.90				0.57					0.03
Q Acumulado (m3)	21,749		4,350				1,304.92					65.25
<b>ETAPA III</b>												
Construcción del sistema de drenaje de Lixiviados	[Bar chart: Months 5-6]											
Sellado de la superficie	[Bar chart: Months 7-8]											
Construcción de sistema de cunetas provisionales	[Bar chart: Months 9-10]											
Q Lixiviado (l/sg)	5.97		1.19				0.36					0.02
Q Acumulado (m3)	14,856		2,971				891.35					44.57
<b>OPERACIÓN CON CELDA DE DISEÑO</b>												
Q Lixiviado (l/sg)	1.10		1.10				1.10					1.10
Q Acumulado (m3)	5,412		5,412				5,412					5,412
Déficit de Tratamiento (m3)	-43,288		-4,310				-1,248					2,247
Riesgo de contaminación	ALTO		ALTO		MEDIO				ÓPTIMO			
Q tratamiento de la planta cada 2 meses	7796		3898									
Ampliación de nº Módulos de la Planta			1									
Gestión Alternativa para el déficit	Recirculación mediante bombeo a la red de humectación del residuo											

Tabla 28: Cronograma de actuaciones para el control de lixiviados.



#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Como se puede observar en cronograma de la tabla anterior la construcción de las diferentes partidas de actuación esta secuenciada de tal manera que disminuya la generación de lixiviado fruto a la entrada de precipitación en el relleno. La planta de tratamiento existente tiene una capacidad media aproximada de tratamiento de lixiviados de 7.796 m<sup>3</sup> cada dos meses (43.193 m<sup>3</sup>/año).

**En los dos primeros meses no se consigue reducir el déficit de capacidad de tratamiento puesto que la construcción del sistema de drenaje de la Etapa I no impide la generación de lixiviados, sino únicamente el control de evacuación. Es a partir del sellado de la Etapa I y construcción de las cunetas, sexto mes, a partir del cual se produce una reacción en la generación de lixiviados considerable y con ello se disminuye el déficit hasta ser de 4.310 m<sup>3</sup> cada dos meses.** Esta situación de déficit en el mes 6 se puede revertir con el adelanto de la ampliación de un módulo de VSEP® previsto para su implantación en 2018. Esto supondría un aumento de la capacidad de tratamiento de 3.898 m<sup>3</sup> cada dos meses, con lo que se daría respuesta a la necesidad de tratamiento del lixiviado generado.

En caso de no producirse la implantación de este nuevo módulo, el sistema será deficitario hasta su implantación en 2018. Las actuaciones para el control de lixiviados y conducción de aguas de lluvia finalizarían en el mes (10) desde el comienzo de las actuaciones en la Etapa III Norte. Como puede observarse con el sellado de todas las áreas externas a la celda de diseño la cantidad de lixiviado generado es asumible por el diseño actual de balsas de almacenamiento y planta de tratamiento, produciéndose un caudal de lixiviado acumulado en dos meses de 5.317 m<sup>3</sup> y teniendo la planta capacidad de tratamiento de 7.796 m<sup>3</sup> sin necesidad de ampliación de módulos.

Del análisis realizado se concluyen los siguientes puntos:

- Las balsas de almacenamiento existentes y la capacidad de tratamiento de la planta de lixiviados en Cerro Patacón son insuficientes actualmente para la cantidad de lixiviado generado. El déficit se estima en 43.193 m<sup>3</sup> cada dos meses. Esta situación se debe a la contaminación de las aguas de lluvia y no a la generación interna de lixiviado del propio residuo.
- Las obras de adecuación tendrán una duración máxima de 6 meses.
- A partir del sexto mes y con la implantación de un nuevo módulo de filtración en la planta de tratamiento se neutralizará el actual déficit de gestión de lixiviados.
- En caso de no ampliarse el sistema de tratamiento de lixiviados será a partir del mes 24 cuando se regulará la cantidad de lixiviado generada con la almacenada y tratada, siendo el balance sostenible.
- Esta situación requiere de la implantación de una celda de explotación única y de dimensiones geométricas especificadas en el Plan de Operación (P.O.)
- Los lixiviados generados en la Etapa III Norte que discurren por la zona del “dique” son vertidos directamente en un área de acumulación provisional denominada “Fuente Tosca” deben ser eliminados debido a que esta área es considerada como futuro vaso de vertido. Esta área no posee ningún tipo de protección del suelo lo que está generando la contaminación del suelo e infiltraciones con elevados riesgos de estar contaminando las aguas subterráneas y subalveas del arroyo colindante. El volumen de lixiviado acumulado en esta área se estima cercano a los 20.000 m<sup>3</sup>, situación que no es asumible y debe ser revertida mediante el bombeo y tratamiento de este volumen en el sistema actual de tratamiento de lixiviados de osmosis inversa existente.

### 5.1.2.2 Red de drenaje de lixiviados.

La red de drenaje es quizás la actuación de mayor prioridad para poder evacuar las aguas de lluvia y con ello hacer viable el planteamiento realizado. Este control y drenaje de los lixiviados pretende:

- Minimizar el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas de la zona.
- Mejorar las condiciones de explotación, estabilidad estructural y biológica gracias a la eliminación de parte de la saturación de la masa de residuos.
- Dotar al relleno de viabilidad en la desgasificación y con ello cumplir la planificación definida como alternativa "A" en la selección de alternativas realizada.
- Eliminar el caudal de aguas de lluvia del flujo de lixiviación .

El estudio y control de los lixiviados está basado en la localización de las zonas de mayor saturación y acumulación de lixiviados en el relleno sanitario. Estas zonas de aparición de lixiviados se muestran en ocasiones con fluencia de líquidos, almacenamiento, cárcavas y/o chorreras fruto de la aparición de lixiviación durante el periodo de operación del relleno sanitario. Estas zonas "débiles" identificadas como áreas con ausencia de control de lixiviados han permitido diseñar la red de drenaje de evacuación.

A partir de la cota de colocación, parte del lixiviado existente será dirigido por gravedad hacia la balsa de acumulación.

La construcción de un sistema de drenaje se realizará a la cota del residuo actual, descubriendo la basura en caso de estar cubierta parcialmente por material de cobertura. Esta red de control y drenaje actuará por capilaridad y presión sobre los 3 primeros metros de profundidad. El lixiviado será evacuado por gravedad mediante caminos preferenciales conformados por cordones de drenaje de grava.

Paralelamente se realizarán 10 perforaciones horizontales en ubicaciones estratégicas para facilitar la evacuación y formación de caminos preferenciales. Toda esta red de drenaje estará conectada entre sí mediante arquetas y será evacuadas a hacia la balsa de lixiviados correspondientes.

**El objetivo último de este sistema de drenaje de lixiviados en altura es evacuar los lixiviados en la parte superior saturada y generar un camino preferencial de los lixiviados con el objeto de que no broten en superficie y con ello poder diferenciar la caída de agua de lluvia de la surgencia de lixiviados mediante conducciones paralelas independientes, separadas por la capa de cobertura.**

Estos drenes construidos conforme se opere en el relleno sanitario quedarán inmersos en la masa de residuos y conformarán un flujo o camino preferencial de evacuación de lixiviado interno.

Estos drenajes, se realizarán mediante zanjas de grava, geotextil y tubo dren de 100 a 150 mm de diámetro perforado en 3/4 partes de PEAD. La eliminación del lixiviado de la zona saturada reactivará la posibilidad de degradación de los residuos en cuanto la generación de biogás aumentando las condiciones de seguridad y estabilidad de la dinámica de relleno sanitario.

Este sistema de drenaje será interno y a diferentes niveles, construyéndose según se conforme cada una de las zonas y su secuencia de llenado. La ubicación en planta y detalles del drenaje de lixiviados se señala en el anejo planos. El control de los lixiviados se realizará mediante el almacenamiento en las actuales balsas para su posterior tratamiento mediante recirculación planificada y/o tratamiento de depuración.

En las visitas realizadas se han observado la aparición de lixiviados en las siguientes áreas.

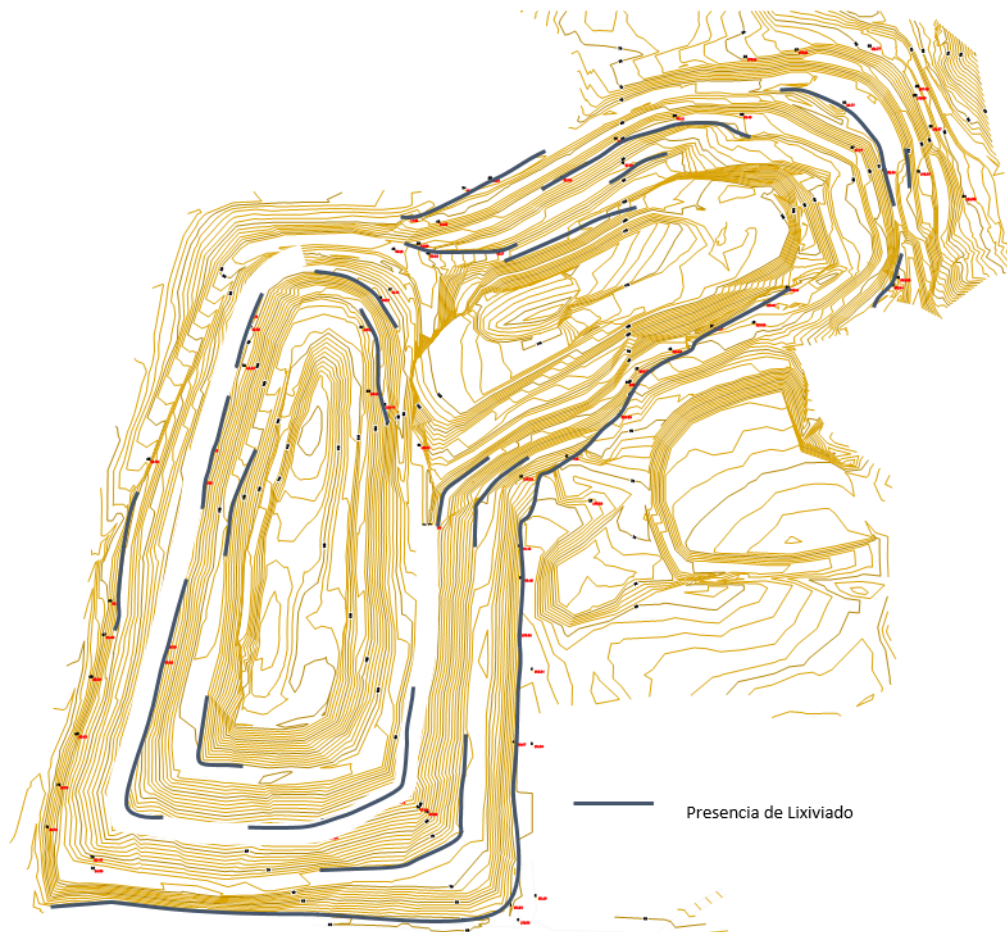


Ilustración 25: Presencia de Lixiviados en la Etapa II y III Norte.

Los taludes T3, T5, T6 y T7 (*Ilustración 20*) son taludes en los que existe presencia de lixiviados generando socavaciones en los pies de talud, niveles de saturación de la masa dispuesta y presión de los poros que intervienen directamente en la estabilidad de los mismos. Como se ha señalado anteriormente esta situación hace que estos taludes presenten situaciones de riesgo de inestabilidad y se superen los coeficientes de seguridad necesarios (Anejo 2).

### 5.1.2.3 Construcción de la red de drenaje.

El control del drenaje de lixiviación se realizará mediante la construcción de drenes sobre la actual superficie del relleno sanitario e insertos en el residuo. Estos drenes conforme se explote el relleno sanitario quedarán inmersos en la masa de residuos salvo en el talud del dique, denominado “T3” que conformará la capa de sellado provisional al sellado definitivo y los taludes Noroeste y Sur que conforman la Etapa II y sobre los cuales no está prevista ampliación.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Los drenajes serán realizados mediante zanjas de grava, geotextil y tubo dren, eliminarán parte de los lixiviados estancados en el relleno sanitario y abrirán la posibilidad de degradación de los residuos en cuanto su generación de biogás aumentando las condiciones de seguridad y estabilidad de taludes.

Los drenes poseerán las siguientes características:

- Conformados con grava rodada o de cantos no angulosos y con conductividad hidráulica mínima de, una vez colocada,  $1 \times 10^{-2}$  m/seg. y con las siguientes características mínimas:
  - El contenido de finos < 5%.
  - El coeficiente de uniformidad será menor de tres.
  - De modo preferente se utilizará grava de tipo no caliza, con un contenido de carbonatos menor de un 30% en peso. Se justificará en caso contrario, evaluando su estabilidad frente al ataque químico potencial de los lixiviados.
  - Granulometría: 150 – 450 mm
- Zanjas de dimensiones aproximadas de 0,5 \* 0,5 metros. Estas dimensiones se ajustarán a la aparición del lixiviado para su canalización con pendientes de evacuación del 2%. Nunca serán superiores a 0,5 metros de profundidad.
- Las zanjas podrán llevar tubos drenes con objeto de evacuar lixiviados con una pendiente media del 2%
- Recubrimiento de zanja mediante geotextil para evitar la colmatación del dren de grava.
- Tubo dren. El tubo dren cumplirá los siguientes requisitos:
  - Perforado en la  $\frac{3}{4}$  superior,
  - La pendiente mínima de dichas tuberías será del 2% después de los asentamientos previsibles.
  - Diámetros 100 a 150 mm
  - PEAD corrugado
  - El material con que esté fabricado el tubo garantizará que el sistema de drenaje no perderá su funcionalidad durante la vida útil del relleno sanitario (construcción, explotación, postclausura), debido a las acciones físicas, químicas o biológicas.
  - Los registros mantendrán un espaciado que permita la limpieza de las instalaciones de los canales de lixiviado. El acceso a la red de las conducciones de drenaje deberá estar accesible desde ambos extremos de los colectores de drenaje.

Los registros, arquetas o conexiones entre ramales de lixiviación aumentarán en altura según aumente el relleno de residuos en el área. Los detalles constructivos y localización del sistema de drenaje de lixiviados se encuentran en los planos correspondientes.

El sistema de drenaje de lixiviados de la Etapa II y III, contiene un dren perimetral que recoge los lixiviados generados en las Etapa II y III Sur. Este dren perimetral tiene un punto de bombeo y un punto de drenaje por gravedad a la balsa de lixiviados. Los lixiviados generados por el área de la Etapa III Norte son drenados hacia dos puntos de bombeo, uno de los cuales está situado para el bombeo de los lixiviados acumulados en el caballón de contención en la zona de “fuente Tosca”. Todos los sistemas de bombeo tendrán como destino último la balsa de lixiviados construida. El dren perimetral podrá admitir caudales de bombeo de los puntos de drenaje de la Etapa III Norte con el objeto de disminuir la distancia de bombeo. Esta situación será evaluada

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

según la capacidad de admisión de caudales de este dren, siendo mayor en épocas de ausencia de precipitación. En el plano 2, sobre el control de drenaje de lixiviados de la etapa II y III Norte se han especificado estos puntos señalando los recorridos que realizará el lixiviado hasta llegar a balsa de almacenamiento.

##### 5.1.2.4 Red separativa de aguas de lluvia y lixiviado.

La explotación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón debe estar orientada durante toda su vida útil a la evacuación directa de las aguas de lluvia, de forma que no entren en contacto con los residuos ni con los lixiviados generados. Las actuaciones de explotación necesarias para conseguir este objetivo que deben implementarse en el relleno para la separación de las aguas limpias (precipitación) y sucias (lixiviación) son las siguientes:

- Necesidad de un dimensionamiento geométrico de celda diaria de vertido. Las dimensiones de la celda responderán a la siguiente figura geométrica diaria:
  - Altura máxima: 8 metros,
  - pendiente del talud principal de la celda 2H:1V.
- Cubrición diaria de la celda de vertido diaria.
- Construcción de cunetas provisionales para evacuación de aguas de lluvia.

##### 5.1.2.5 Celda unitaria diaria operacional.

El dimensionamiento de la celda unitaria se calcula en base a las toneladas estimadas de disposición final en un periodo máximo de un día de operación. El objeto principal de la definición de esta unidad de operación es la de reducir al máximo la superficie de contacto entre el residuo dispuesto y la precipitación. Además, la explotación en celdas unitarias genera beneficios en todos los procesos de afección diagnosticados (anexo 4). Para el dimensionamiento se han considerado como datos de entrada los metros cúbicos de residuo y de material de cobertura necesarios diariamente. El material de cobertura<sup>6</sup> que se utilizara será el proveniente de las excavaciones que se deben efectuar en el sitio para la adecuación de cada nivel y el cálculo del mismo se estima siguiendo el desarrollo que se presenta en la siguiente tabla, anotándose que la capa de cobertura a aplicar será del espesor necesario para impedir la percolación del agua de lluvia. Este espesor después del proceso de compactación tendrá un espesor compactado de 0.15 m. Este material tendrá las características señaladas anteriormente.

---

<sup>6</sup> La ampliación de los diferentes vasos de vertido (excavación de construcción del vaso) y la existencia de la actual zona de excavación de material de cobertura se considera suficiente para las labores de cobertura diaria necesarias.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Material de Cobertura	Anchura (m)	Fondo (m)	Espesor (m)	V. Celda Tipo 1 (m3)	V. Celda Tipo 2 (m3)
Cantidad de residuo en celda (m3)				<b>2650</b>	3520
Cobertura a emplear parte superior	20	20	0.15	60	60
Cobertura a emplear en parte frontal	20	17	0.15	51	51
Material de cobertura requerido			0.15	111	111
% material de cobertura				4.19%	3.15%

Tabla 29: Estimación del volumen de material de cobertura según celdas unitarias

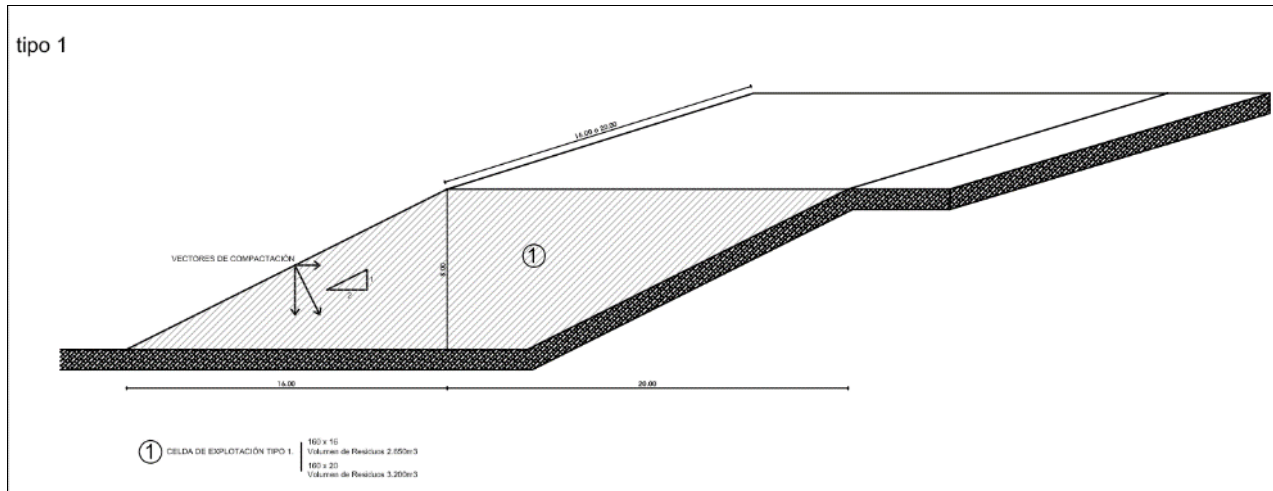


Ilustración 26: Celda Unitaria Diaria. Tipo 1. Celda de operación contra talud

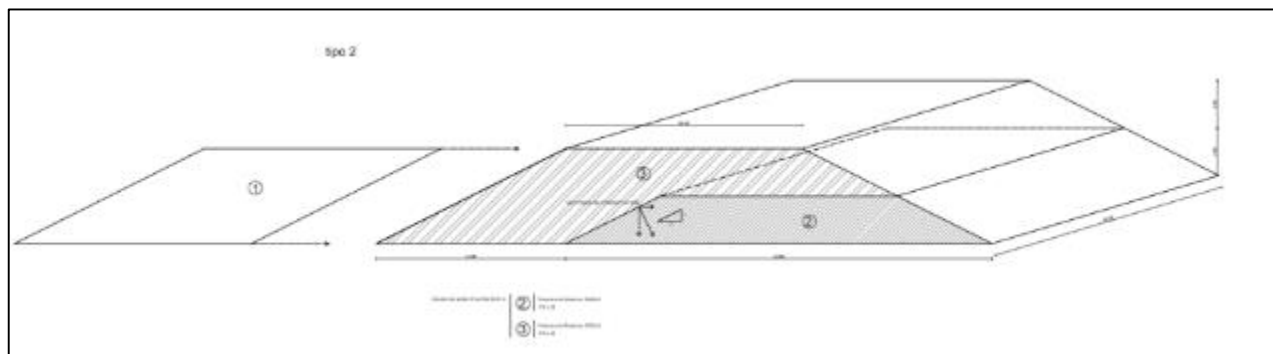


Ilustración 27: Celda Unitaria Diaria. Tipo 2 sobre plataforma

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

La formación de una célula diaria de vertido requerirá, al menos, de tres operaciones:

- a) Extendido de los residuos.
- b) Compactación – trituración in situ de los residuos hasta alcanzar la densidad prevista de 850 Kg/m<sup>3</sup>. Será necesario que la maquinaria no solo compacte sino que triture el residuo in situ. Para ello se depondrá de maquinarias especializada para este fin y de su correcto mantenimiento.
- c) Aportación, extendido y compactación del material de recubrimiento de espesor mínimo de 15 cm (aproximadamente 3.15% en peso de las toneladas de residuo ingresadas).

El material de cobertura de la celda unitaria tendrá un espesor ya compactado de 15 cm, pendientes adecuadas de drenaje y poseerá las siguientes características físicas:

- homogeneidad granulométrica: No tener más de un 10% de partículas mayores de 2" siendo inferior siempre a 3"
- Tipología de suelo GC (mezcla de gravas con arcilla) y GM (mezcla de gravas con limos).
- % finos > 12%.
- Coeficiente de permeabilidad cercano a  $K = 1 \cdot 10^{-7}$  cm/sg

La compactación de los residuos depositados en la celda de explotación diaria debe realizarse inmediatamente después de su colocación. El número de pasadas por cada capa de colocación en celda será de cuatro, no siendo adecuado superar este número de pasadas.

Las superficies sobre las cuales no se dispongan residuos en periodos superiores a 3 meses deben ser consideradas como áreas no operacionales. Estas superficies deben estar selladas parcialmente mediante una cobertura de material arcillosos homogéneo con espesores mínimos de 25 cm una vez compactado. Este sellado debe poseer pendientes adecuadas para evacuar el agua de escorrentía. Estas áreas contendrán un sistema de drenaje conformado por cunetas provisionales y/o definitivas para la evacuación de aguas de lluvia antes de su filtración en la masa del relleno de residuos.

Se requiere del control de la descarga y habilitación de los caminos de acceso al frente de vertido, de manera que no se produzcan vertidos fuera del área habilitada para ello y siempre estén operativos los caminos de acceso. Esta situación necesita de una planificación de áreas de explotación y circuito de acceso de los vehículos de recogida.

##### 5.1.2.6 Red de drenaje de aguas de precipitación.

Con el objeto de canalizar posibles filtraciones y evitar que se produzcan arrastres y erosiones de las terrazas conformadas, se ha previsto un drenaje de aguas de escorrentía en toda la superficie de sellado conformado por cunetas de evacuación de aguas lluvia y bajantes. Este sistema de drenaje estará conformado por lineamiento de cunetas de dirección de evacuación. Sobre ellas evacuará las aguas de las plataformas y taludes del área sellada temporalmente.

El cálculo de saneamiento de aguas lluvia mediante cunetas y bajantes se ha realizado en base a las características hidrológicas de la zona y las pendientes conformadas en la capa de sellado. Debido a la elevada precipitación, los cálculos obtenidos obligan a la construcción de cunetas hormigonadas perimetrales y con secciones elevadas que se hacen inoperativas para la fase de explotación en la que se encuentra el relleno

**Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.**

sanitario (anejo 1). La falta de homogeneidad topográfica hacen que no sean operativas cunetas superiores a un metro de anchura en la mayoría de las bermas. Por otro lado, es importante indicar que la cota actual del relleno va a ser ampliada en el futuro con lo que estas cunetas quedarían inmersas, en la mayoría de los casos en la masa de residuos.

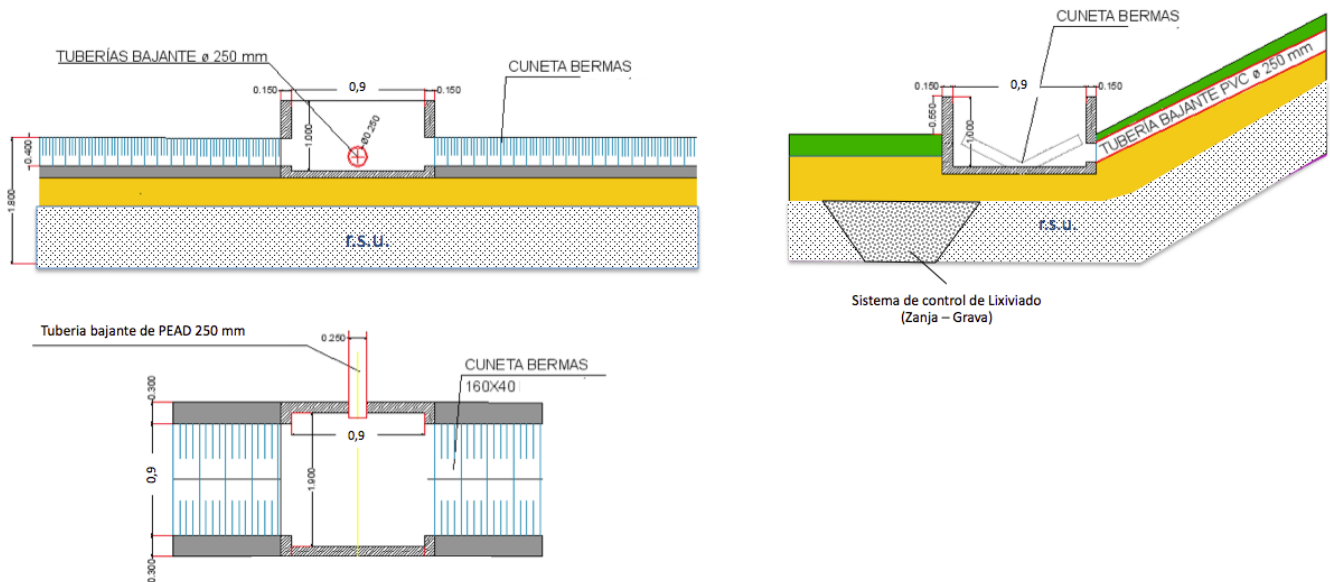
A partir de estos condicionantes se han seleccionado dos tipologías de cunetas. Una cuneta interior (Tipo I) que drenará en pies de taludes y una cuneta externa (Tipo II) a las zonas de talud que drenará perimetralmente hacia los cauces naturales (anejo 1). Todas las cunetas se ejecutarán en tierra sobre la capa de material de cobertura a disponer para el caso de las cunetas del tipo I. Las perimetrales externas, Tipo II, se ejecutarán de hormigón siempre y cuando el plan de relleno futuro no las deje inmersas en la masa vertida.

Debido a los condicionantes constructivos, parte del agua de escorrentía en periodos puntuales puede no ser drenada por el sistema de drenaje y acabe asumiéndose como lixiviado a almacenar y tratar.

Los lineamientos de las cunetas serán conectados mediante arquetas de registro de derivación de dirección hasta el vertido a cauce natural. De estas arquetas las que deriven directamente al cauce tendrán una válvula de derivación y un by pass hacia el dren de lixiviado perimetral. En caso de que las aguas de escorrentía se encuentran contaminadas esta derivación impedirá el vertido a cauce natural, reintroduciendo el líquido en el sistema de drenaje de lixiviados perimetral dispuesto.

En el apéndice de planos se presenta la localización y tipología de cunetas así como los detalles constructivos asociados.

**CUNETAS TIPO I**



*Ilustración 28 Cuneta de evacuación de aguas de lluvia interna. Tipo I*



CUNETA TIPO II

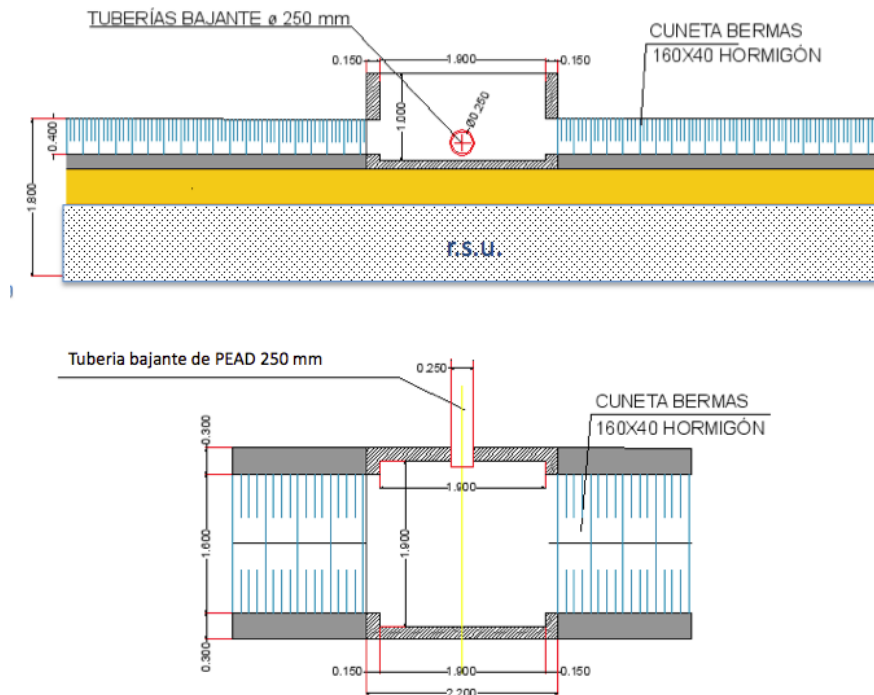


Ilustración 29: Cuneta de evacuación de aguas de lluvia perimetral. Tipo II

Una vez estas cunetas internas (Tipo I) han realizado su labor de drenaje durante la operación, éstas quedarán inmersas dentro de la masa de residuos convirtiéndose en drenes preferenciales de evacuación de lixiviados en altura. Previamente a que estas cunetas queden inmersas en el residuo se rellenarán con material dren (grava de tamaño 40- 60 mm) y se colocará un geotextil de 250 – 350Kg/m<sup>2</sup> que protegerá el dren frente a la colmatación. De esta manera la explotación transformará el sistema de drenaje de aguas de lluvia definido en la reformulación en un sistema de drenaje de lixiviación en altura. Esta forma de operación garantiza la posibilidad de separar aguas lluvias de lixiviado y permite al relleno sanitario poseer drenajes internos para la evacuación del lixiviado durante su vida útil permitiendo mayor estabilidad en la conformación de los taludes.

El sistema de drenaje de las aguas pluviales se construirá una vez realizado la cobertura sobre toda las áreas inactivas o externas a la celda de diseño. Las cunetas no se considerarán definitivas puesto que la cota alcanzada en la actualidad (126 m.s.n.m) no es la cota máxima.

El tratamiento de las pendientes de las superficies del relleno sanitario, logrará que la escorrentía de las aguas pluviales se dirija directamente a los colectores perimetrales. Estas pendientes no serán en ningún caso menores al 2%, con el fin de garantizar que no se generen procesos de estancamiento de agua sobre las capas de sellado.

El sistema de drenaje de aguas pluviales constará de dos tipos de canaletas, bajantes y conexiones a cauces o

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

a balsa de lixiviación existente (se puede apreciar el detalle en el anejo 1 Planos).

- Canaleta Tipo I: Se colocarán en los pies de talud definitivos será triangular de  $h=50$  cm y 1,2 metros de anchura, con taludes 1H/1V, sobre tierra compactada. Recogerá el agua de precipitación generada por las terrazas en su zona talud. Se comprobará que da continuidad a la capa de sellado de 0,4 cm para evacuar aguas de lluvia.
- Canaleta de Tipo II: Recogerá el agua de escorrentía del último talud y la entrada de aguas lluvias de las zonas exteriores al vaso de vertido. Hará de cuneta perimetral evitando entrada de aguas lluvia de terrenos colindantes. Serán de forma triangular de  $h=70$  cm y anchura 2,2 mts., con taludes 1H/1V, revestidas de hormigón armado HM-20, siempre que no queden inmersas en futuras ampliaciones y de espesor 12 cm.
- Bajantes: Conductos corrugados cerrados de PEAD de 250 mm de diámetro. Su función es evacuar las aguas de escorrentía recogidas por las canaletas de tipo I y II.
- Registros: Arqueta de hormigón armado 100 x 100 x 100 cm. Que servirán de enlace entre canaletas, bajantes y by pass a drenes perimetrales de lixiviados.

De este modo, el conjunto capa de sellado temporal y sistema de drenaje de escorrentía diseñado forman la estructura de eliminación separativa de aguas de lluvia y control las emisiones líquidas

La superficie ocupada diariamente por los residuos vertidos guardará relación con el volumen de los mismos, teniendo en cuenta que el espesor máximo de la capa, en el momento de proceder al extendido no superará los 1.25 metros. El factor de compactación  $-fc-$  será igual o superior a 3; de modo que la capa de residuos extendida, reduzca su espesor hasta 0.15 metros o menos, una vez acabados los trabajos de compactación. Tanto el extendido como la compactación se realizará por capas sucesivas, hasta alcanzar el espesor señalado por la célula de vertido, según se contempla en el punto anterior.

#### 5.1.2.7 Formación de las terrazas

Cada una de las terrazas (*Ilustración 30*) habrá de formarse mediante la superposición de celdas diarias de vertido hasta alcanzar la cota de 145 metros, cota de cierre autorizada. Para la definición del número de terrazas y su localización dentro de la masa última de relleno, deberá desarrollarse un plan de explotación que contemple la superposición y conformación de terrazas desde la topografía actual de relleno a la topografía de cierre, sellado y reinserción. Actualmente, esta topografía última se desconoce con lo que las terrazas no pueden contener definición espacial en el presente documento de reformulación. En cualquier caso estas terrazas seguirán los siguientes condicionantes mínimos:

1. Las terrazas estarán separadas por bermas de espesores máximos de 5 metros.
2. El recubrimiento de sellado correspondiente a cada terraza se extenderá una vez alcanzada la superposición de células hasta obtener la altura señalada.
3. La inclinación de los taludes de las terrazas no superará en ningún caso la relación 2:1. Y respetará la señalada para la capa de sellado y reinserción que se defina
4. Dicha pendiente no superará un desnivel superior a 16 metros entre el pie y la coronación del talud.
5. El retranqueo medio de las terrazas, formación de bermas, será de 5 metros.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

6. El relleno avanzará desde las terrazas inferiores hasta las superiores.
7. Las terrazas se formarán de modo que el vertido avance desde el fondo de aquellas hacia su frente. Alcanzada la superficie prevista para la terraza, ésta se finalizará mediante el reperfilado de su talud, formando transversalmente al sentido de avance del relleno.
8. Con la formación de la terraza se crea a su vez el fondo de explotación para la terraza superior.

La estructura geométrica orientativa para la conformación de las terrazas responde al siguiente esquema de relleno. La diferencia de altura entre bermas de 5 metros será de 8 metros.

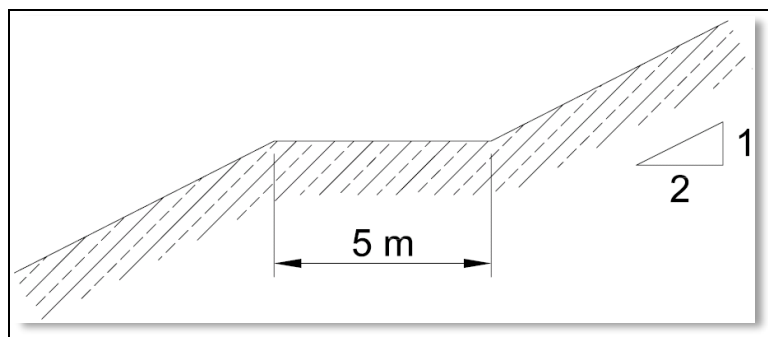


Ilustración 30: Perfil de conformación de terrazas de operación.

#### 5.1.2.8 Sellado de las terrazas

Para el sellado de acondicionamiento de la masa de residuos se dispondrá una combinación de capas que permiten minimizar la exposición de los residuos a los agentes atmosféricos y ambientales, y al tiempo controlar las emanaciones provenientes del interior del cuerpo del relleno sanitario, evitando la filtración de agua de lluvia. Los principales objetivos de las capas de sellado son:

- Evitar la emisión incontrolada de gases procedentes del relleno sanitario y la infiltración de las aguas pluviales, y con ello reducir o limitar la producción de lixiviados.
- Permitir la formación de biogás, al aislar los residuos de la atmósfera, y su captación a través de la capa de drenaje de gases.
- Favorecer el drenaje de las aguas pluviales hacia el exterior de la superficie ocupada por el relleno sanitario, sin afectar su calidad.
- Proporcionar una superficie óptima para el cierre, sellado y reinserción a través del cual se pueda llevar a cabo una reinserción y revegetación del emplazamiento, integrándolo en su entorno.

Para el sellado de las áreas que no están activas por periodos superiores a 6 meses por la presencia de la celda unitaria diaria, se utilizarán tierras seleccionadas, teniendo un espesor de 40 cm una vez compactado. Las características físicas serán las mismas que las requeridas para la cobertura de la celda unitaria. En ningún caso se emplearán para el sellado materiales residuales tales como: escombros, restos cerámicos, gravas o materiales excesivamente pulverulentos. La capacidad de campo de la capa de sellado de las terrazas se

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

determinará en que pueda retener el 90% de la precipitación media característica de la zona, y al menos el 60% de la precipitación máxima media registrada mensualmente junto con el drenaje .

La capa de sellado ofrecerá un desnivel acorde con pendientes del 2% y orientada a la eliminación de las aguas de lluvia por lo que se secuenciará la construcción de drenajes de agua lluvia con la clausura de las terrazas.

#### 5.1.3 Plan de actuación para la Optimización del manejo de Biogás (P.O.B.)

Los objetivos del drenaje y control de gases son:

- Evitar la emisión incontrolada de los gases procedentes de la masa de residuos.
- Eliminar los parámetros contaminantes del biogás, previo a su emisión a la atmósfera.
- Evitar procesos de inestabilidad del relleno sanitario por la retención de gases bajo las capas de sellado.
- Garantizar la normal evolución del relleno sanitario y su masa de residuos, permitiendo la biodegradación de residuos en el interior del cuerpo del relleno sanitario.
- Reducir los niveles de olor en el área de influencia del relleno sanitario.

El flujo del biogás que se origine dentro del relleno sanitario, debe extraerse a través de una red de chimeneas o pozos de desgasificación verticales, que es uno de los sistemas más habitualmente utilizados (Willumsen en Christensen, 1996).

Entre las actuaciones incluidas en la reformulación del relleno y que repercute sobre el control y aprovechamiento de biogás se encuentra la necesidad de continuidad y homogeneidad en la colocación de la capa de sellado provisional de las superficies de la Etapa I, II y III Norte. Esta cobertura, descrita en apartados anteriores, posee un espesor de 15 cm e impedirá la salida de biogás libremente a la atmosfera haciendo efectivo el sistema de drenaje de biogás que se está implantando. Así mismo la construcción como parte de la reformulación del sistema de drenaje de las aguas de escorrentía de aguas de lluvia y de lixiviados ya descritos repercute positivamente sobre los procesos de degradación de los residuos, eliminando la saturación de los mismos y optimizando los procesos de degradación óptimos para la generación de biogás con calidad para ser aprovechado energéticamente.

Se puede concluir que aun siendo el sistema implantado para el control, evacuación y aprovechamiento de biogás optimo requiere de la ejecución de las siguientes actuaciones pertenecientes a la reformulación propuesta:

- Construcción de sistema de drenaje de lixiviados.
- Construcción de capa de cobertura.
- Construcción de sistema de drenaje de aguas de precipitación.

#### 5.1.4 Plan de Acción en Operación (P.A.O.)

El objetivo del presente plan de explotación u operación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón consiste en regular la gestión de la disposición final de los residuos que ingresan, garantizando que el relleno se realice bajo

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

las mejores condiciones técnicas y administrativas existentes para las actividades de eliminación de residuos mediante disposición final. Todo ello teniendo en cuenta el principio de jerarquía en la gestión de los residuos marcado en el Plan Nacional (2017 – 2027), y con la finalidad de proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

El plan de acción en operación fija las condiciones de operación que serán de obligado cumplimiento para todos los agentes que intervienen en la explotación del relleno sanitario, dicho régimen de gestión será única y será la operadora la que velará por su cumplimiento.

Las condiciones de explotación serán las mismas tanto para el actual vaso de vertido, como para sus correspondientes ampliaciones.

El plan de explotación definirá los aspectos relacionados con las siguientes operaciones y controles:

- Procesos de recepción, autorización y admisión de los residuos.
- Circulación de vehículos.
- Descarga de residuos y determinación de áreas de descarga.
- Acondicionamiento de los accesos a la descarga.
- Extendido y compactación de los residuos.
- Maquinaria a emplear para la explotación del relleno sanitario.
- Formación de la celda diaria (indicando dimensiones y métodos de extendido y compactación).
- Formación de las terrazas.
- Determinación de áreas con cobertura de sellado. Diferenciando entre áreas de cobertura diaria, de sellado temporal y de clausura. Indicando espesores y características de la capa de sellado.
- Plan de rellenos.
- Limpieza y control de dispersiones.
- Sistemas de evacuación de las aguas de lluvia. Características del sistema de drenaje y las medidas de protección frente a la erosión.
- Seguimiento de los trabajos de explotación.
- Controles ambientales especificados por PAMA
- Plan de extinción de incendios.
- Planos de explotación

#### 5.1.4.1 Admisión de residuos

##### 5.1.4.1.1 Autorización

Todos los residuos que ingresan al relleno sanitario, deberán contar con una autorización previa otorgada por la AAUD. Una vez sea aprobado y construido el sistema de tratamiento de los residuos, todos los residuos deberán ser sometidos a los procesos de tratamientos diseñados, salvo que el tratamiento de los mismos no sea técnicamente viable o quede justificado por razones de protección de la salud humana y del medio ambiente.

#### 5.1.4.1.2 Proceso de recepción

Un correcto proceso de recepción de residuos en el relleno sanitario, apoya las tareas de planificación de las operaciones diarias y periódicas, destinadas a optimizar la utilización del emplazamiento, circulación interior en el área de vertido y las operaciones de extendido y compactado de los residuos. En el siguiente diagrama de flujo se presenta la gestión del proceso de recepción, incluyendo los controles de pesajes en carga – vacío.



Ilustración 31: Flujo de gestión del proceso de recepción de residuos.

El personal encargado de la recepción de residuos, en el relleno sanitario, rechazará los vehículos que transporten residuos para su descarga en el relleno sanitario y que rehúsen proceder a su identificación.

Los residuos, con independencia de su procedencia (pública o privada), deberán identificar de forma clara su procedencia y naturaleza. Esto se gestionará identificando cada carga entrante al relleno sanitario con un albarán de identificación de los residuos.

#### 5.1.4.1.3 Admisión de residuos

Los residuos admitidos en relleno sanitario deberán ser objeto de una caracterización básica de cada tipo de residuo. La empresa titular de la operación del relleno sanitario, realizará las pruebas de conformidad correspondientes y acreditará por medio de la documentación pertinente, que los residuos pueden ser admitidos en el relleno sanitario por sus adecuadas características de presentación y contenido.

Los residuos admisibles en relleno sanitario serán los autorizados. Actualmente y según el contrato No 489-2008 los residuos aceptados en el vertedero son los inmersos en las siguientes categorías:

- Residuos Sólidos Urbanos.
- Residuo industrial
- Residuo Hospitalario.
- Lodos.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Es necesario definir los residuos que son considerados como “aceptables” como los “no aceptables”. No se aceptarán para su descarga los residuos que presenten alguna de las siguientes circunstancias:

- Que se presenten en estado de ignición.
- Que presenten una temperatura superior en 10°C a la temperatura ambiente.
- Los que presenten una humedad superior al 65% o que no superen el test rápido de contenido en humedad, según el ensayo verificado por la AAUD .
- Aquellos residuos que manifiestamente en el momento de su descarga puedan producir riesgo a las personas, a las cosas o el medio ambiente, o causar trastornos importantes en la organización de los trabajos del relleno sanitario.
- No se admitirán residuos presentados en volúmenes compactos, o bloques, resistentes a la compactación de los medios asignados al relleno sanitario y/o con dimensiones superiores a 50 x 50 x 50 cm.
- Residuos líquidos.
- Residuos que, en condiciones de vertido, sean explosivos, corrosivos, oxidantes o fácilmente inflamables.

Para el caso de residuos infecciosos admitidos, una vez que se garantice que están desactivados, deberán ser depositados en celdas aisladas y cubiertas diariamente hasta la puesta en marcha de las instalaciones de tratamiento complementarias para este tipo de residuos.

Antes de admitir cualquier tipo de residuo, la empresa titular de los mismos deberá acreditar que los residuos cumplen los criterios de admisión establecidos.

En caso de duda la AAUD decidirá sobre la aceptación o rechazo de una partida de residuos en el relleno sanitario, en cuyo caso será necesaria una caracterización básica del tipo de residuo, realizándose las pruebas de conformidad.

Durante el proceso de recepción y admisión de residuos se desarrollará un registro de las cantidades y características de los residuos depositados en el relleno sanitario, con indicación del origen, su codificación con arreglo al código, la fecha de entrega y el nombre del productor.

Las entradas al relleno sanitario quedarán registradas en un programa de control de pesajes que podrá ser consultado de forma periódica y en tiempo real, llegado el caso, y a disposición permanentemente la AAUD

Para un correcto control de los residuos admitidos en relleno sanitario, se verificarán todos los camiones, controlando la documentación correspondiente a procedencia y naturaleza del residuo y el peso del camión lleno y vacío. Así mismo los técnicos responsables del relleno sanitario inspeccionarán de forma visual tanto en entrada como área de vertido de cada carga.

Se establecerán distintos niveles de intervención para todos los residuos a admitir en el Relleno Sanitario Cerro Patacón:

- Nivel 1. CARACTERIZACIÓN BÁSICA. Consiste en la averiguación completa del comportamiento del residuo, y requiere conocer:
  - El origen del residuo y el proceso industrial que lo genera.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Las propiedades y características que permiten comprobar que el residuo no incumple alguno de los criterios de admisión recogidos en la normativa.
- La composición química del residuo y sus propiedades físico - químicas.
- La identificación del residuo según la categoría de origen.

Todo ello obliga al productor de residuos a notificar al gestor de centro de tratamiento cualquier cambio que signifique una variación de la anterior información.

- Nivel 2. VERIFICACIÓN “IN SITU”. Para confirmar que los residuos que lleguen al Complejo en un cargamento son los mismos que han sido sometidos a pruebas de cumplimiento (NIVEL 1) y que coinciden con los reflejados en los documentos que acompañan a los residuos, se aplicarían métodos de comprobación rápida, que consistirán en una inspección visual del cargamento de residuos antes y después de su descarga, en áreas habilitadas para tal fin, preferiblemente la zona habilitada para emergencias<sup>7</sup>.

#### 5.1.4.1.4 Volumen de residuos admitidos en relleno sanitario.

Se prevén dos producciones distintas, en función de la entrada en servicio de la nueva instalación de tratamiento que se ha planificado en el Plan Nacional:

- Desde junio de 2017 hasta la inauguración de la implantación de la instalación de tratamiento: **730,000.00 t/año;**
- De manera escalonada y según la implantación de las instalaciones de tratamiento (estimadas en tres fases) se reducirá la disposición de residuos en el relleno sanitario hasta 467,200 Tn/año. Esta cantidades se encuentran justificadas a continuación en el balance de masas realizado y reflejado en la ilustración 38

#### 5.1.4.1.5 Producción de residuos años: 2017 -2027.

Las cantidades de rechazo planificadas como aproximadas en la implantación del tratamiento a disposición final en el relleno sanitario son a las siguientes:

---

<sup>7</sup> Las áreas de emergencia tendrán una capacidad mínima de 16.000 m<sup>3</sup> y contará con sistema de control de lixiviación y de aguas de lluvia, así como material de cobertura. Los accesos serán transitables incluso en épocas de fuertes precipitaciones. Una vez ha sido utilizada esta área quedará sellada y drenada frente a las aguas de lluvia. Con la colmatación del área se seleccionará una nueva con las mismas características de servicio.



Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Año de explotación	Año de explotación										
	2017	2018	2019	2010	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Año de implantación de instalación de tratamiento		Fase I			Fase II				Fase III		
Residuo en relleno sanitario ( Tn/año)	730,000	642,400	642,400	642,400	642,400	554,800	554,800	554,800	554,800	467,200	467,200

Tabla 30: Relación año de implantación de la instalación – cantidad de rechazo a relleno sanitario

La cantidad de residuos que ingresan en el relleno sanitario va disminuyendo conforme se producen las distintas ampliaciones de la instalación de tratamiento. El sistema de tratamiento sobre el cual se ha evaluado este rechazo es el mecánico biológico con capacidad final de tratamiento entre 600,000 y 750,000 Tn/año. Esta capacidad se obtiene con la implantación de tres fases sucesivas en el tiempo (Caudal de diseño mínimo por fase de 230.000 Tn/año aproximadamente).

#### 5.1.4.1.6 Horario de recepción.

El relleno sanitario estará disponible en las horas en las que la frecuencia de residuos se estime según la planificación de recogida y transporte de los municipios. En principio se prevé un funcionamiento de 24 horas durante los 365 días del año.

Las horas de trabajo en la instalación de tratamiento mecánico biológico se ajustará a los turnos definidos en el proyecto (considerado para el pre dimensionamiento un turno de trabajo). Los vehículos que accedan al frente de vertido fuera de este horario deberán tener autorización expresa y disponer los residuos en los lugares habilitados para tal fin. Para ello se habilitará un área de descarga especial colindante al frente de vertido.

La recepción de los rechazos de los procesos de tratamiento en relleno sanitario se ajustará al horario de producción de la planta de tratamiento a implantar anexa al relleno sanitario.

#### 5.1.4.1.7 Control de pesaje

Previa a su recepción, deberán ser pesados todos y cada uno de los vehículos que aporten residuos para su eliminación en el relleno sanitario. Estarán obligados a realizar el control de pesada en báscula habilitada para el pasaje de los residuos a disponer en el relleno sanitario.

Esta operación se ajustará a las siguientes prescripciones:

- Se seguirán escrupulosamente las instrucciones facilitadas por el personal encargado de la explotación del relleno sanitario.
- El control de pesada se realizará en dos tiempos:

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Control del peso bruto, efectuado antes del acceso a la descarga.
- Control de la tara, efectuada previa la salida del relleno sanitario.
- Se extenderá, tanto para los usuarios públicos o privados como para los no habituales, en cada vertido de residuos descargado, el correspondiente comprobante o albarán.
- No se admitirá en ningún caso el acceso al relleno sanitario a personal no autorizado. Las visitas que accedan al relleno sanitario estarán acompañadas por un responsable cualificado del mismo y recibirán las prescripciones oportunas por parte del responsable de seguridad y salud ambiental. Cualquier persona ajena que acceda al relleno sanitario, incluso los conductores habituales de entrega de residuos, están obligados a seguir puntualmente cuantas indicaciones les sean facilitadas por los responsables del mismo. El personal que acceda al relleno sanitario tendrá que poseer las consiguientes autorizaciones y permisos según la operación que realice.
- Todas las entradas y salidas de residuos y materiales quedarán registradas de en el programa de gestión. Se identificará al menos:
  - Matricula del camión.
  - Pesada del camión (lleno, vacío) mediante báscula.
  - Volumen.
  - Fecha y Hora.
  - Tipo de residuo
  - Procedencia del residuo.
  - Empresa que realiza la entrega
  - Firma del transportista.
  - Firma del responsable de admisión en vertedero.

Cuando los vehículos de transporte, utilicen toldos para proteger la carga, estos accederán con la carga protegida hasta la entrada al relleno sanitario, donde, previamente a la operación de pesaje, el conductor procederá a destapar la caja para facilitar su inspección visual.

Para los vehículos compactadores, la inspección visual se realizará en la zona delimitada como área de emergencia. La inspección se realizará únicamente para aquellos vehículos compactadores sobre los que se tenga duda de la tipología de residuos o sobre los que se esté realizando controles periódicos de caracterización de residuos para la autorización de entrada.

#### 5.1.4.2 *Circulación de vehículos*

Una vez cumplimentado el protocolo de autorización de vertido, incluidas en las operaciones de admisión y control realizado el correspondiente pesaje en la báscula, se procederá a la descarga o vertido del residuo, incluido el control visual.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

En las áreas de descarga no se admitirá la circulación de vehículos no adscritos a los trabajos de explotación, a excepción de los camiones cuya descarga de residuos vaya a realizarse.

Los caminos de circulación interior estarán adecuadamente señalizados tanto en la entrada y salida, como en las áreas y accesos a las descargas.

Se dispondrá de un área especialmente destinada a la espera de camiones de residuos cuya carga deba ser examinada, o deban esperar a la descarga mientras se autoriza la misma.

Los vehículos estarán dotados de todas y cuantas señalizaciones sean necesarias para acceder al frente de trabajo. Una vez allí dispondrán de los accesos habilitados y la señalización por parte de los operarios de explotación para la descarga en el frente de vertido.

En el horario en el que sea necesaria la iluminación artificial, ésta será dispuesta bajo las condiciones exigidas legalmente.

En todos los accesos al relleno sanitario se instalará un panel informativo en el que se indique como mínimo la identidad de la empresa y la inscripción de los residuos admitidos. Así mismo, indicará el horario de admisión de residuos en relleno sanitario

Se señalará el lugar del frente de trabajo, así como las vías de acceso a las diferentes áreas de trabajo, siempre referida a un plano general de las diferentes áreas de vertido.

Se procederá a la coordinación en tiempo y forma de los medios de transporte que circulen por el relleno sanitario optimizando al máximo los equipos de transporte de material y residuos.

La empresa operadora mantendrá los caminos de servicios operativos durante todo el año, especialmente en época de lluvias, ejecutando cuantos mantenimientos estime oportuno a los efectos de permitir una circulación segura de los vehículos y maquinarias adscritos a la explotación.

#### 5.1.4.3 Descarga de residuos

La descarga de los residuos debe ser ordenada y coordinada según el conocimiento de los horarios de entrega. Se deberá de realizar en las áreas habilitadas y señaladas previamente. Los lugares de descargas se regirán por el desarrollo de un plan de explotación en las celdas a disponer.

En caso de que se dispongan residuos fuera de las áreas habilitadas, se retirarán para la descarga del residuo en frente autorizado.

El área habilitada para la descarga contendrá una zona de almacenamiento perfectamente señalada y adaptada para los residuos que puedan ser dispuestos en el frente de trabajo en horario autorizado y sin que la maquinaria este en operación para su colocación, compactación y cobertura en el frente de trabajo. Esta área de almacenamiento estará colindante al frente de la celda diaria ya clausurada y tendrá una superficie máxima de 5.500 m<sup>2</sup>. Estará por lo tanto terminantemente prohibida la disposición de residuos fuera de esta área para lo cual se realizarán los controles visuales diarios pertinentes y se identificará aquellos vehículo que no cumplan el requisitos de disposición en área de almacenamiento.

Se dispondrán de los sistemas de iluminación nocturna y se minimizarán la producción de polvo y generación de ruidos y olores en las áreas de acceso y descarga.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Diariamente se replantearán las celdas de relleno con sus dimensiones limitantes. Esta zona será marcada mediante balizamiento e iluminada en caso que la condición climática así lo requiriese.

El operario encargado del control de la descarga será responsable de que se cumplan los radios de giro de los vehículos y la disposición exacta de los residuos en el talud de descarga.

Siempre que sea posible se realizará la descarga en el pie de talud correspondiente de tal forma que la maquinaria compacte los residuos desde abajo hasta la coronación del talud.

La zona de descarga será habilitada mediante el aporte de material pétreo y/o grava que facilite la estabilidad de los vehículos en épocas de lluvia. En épocas secas serán regadas para mantener las condiciones ambientales exigidas sobre estos materiales particulares.

##### 5.1.4.3.1 Descargas de emergencia

En prevención de que no se pueda acceder a la zona de descarga habitual, se habilitará una zona de descarga de emergencia alternativa, cuya superficie tenga la capacidad suficiente para albergar los residuos de una semana. **Tendrán una capacidad mínima de 16.000 m<sup>3</sup>** y contará con sistema de control de lixiviación y de aguas de lluvia. Los accesos serán accesibles incluso en épocas de fuertes precipitaciones. Con la colmatación del área se seleccionará una nueva, con las mismas características de servicio.

Esta zona poseerá los mismos requisitos de operación que la descrita para la descarga habitual. En épocas de lluvias estas áreas quedarán perfectamente localizadas y se informará a los usuarios del relleno sanitario.

De esta forma, se garantizará que los camiones puedan acceder al frente de vertido, en condiciones de seguridad, por viales preparados a tal efecto.

Una vez hecho uso de la zona de descarga de emergencia, ésta se acondicionará mediante su sellado en lo relacionado con el recubrimiento de residuos y se adecuará el drenaje de aguas lluvia al sistema implantado en el área.

##### 5.1.4.3.2 Acondicionamiento de los accesos de descarga

El sistema de explotación planteado no puede adolecer de medidas de actuación preventivas y correctivas sobre los accesos a los frentes de vertidos habilitados para el relleno de las celdas correspondientes. Los caminos de accesos, además de señalados, estarán habilitados y mantenidos de forma periódica. Se prestará especial atención a los riegos oportunos de los firmes para evitar el levantamiento de polvo que ocasiona la circulación de caminos pesados, así mismo se actuará de forma activa en el control de las aguas de escorrentías que se produzcan como consecuencia de las lluvias que se suceden anualmente en la zona.

Los sistemas de drenaje, serán mediante cunetas provisionales o definitivas y se inspeccionarán mensualmente. Los caminos temporales tendrán espesores mínimos de 15 cm de material granular procedente, si fuera posible, del reciclaje de residuos de construcción y demolición. Estos materiales cumplirán los requerimientos normativos para su uso y serán siempre aprobados por la AAUD.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

En todo el relleno sanitario se dispondrán de cunetas laterales para el drenaje superficial, no necesariamente revestidas, salvo que se traten de cunetas definitivas.

Los caminos que se distribuyen a lo largo del relleno sanitario estarán contenidos en una de estas categorías:

- Tipo I: Caminos de acceso a la instalación.
- Tipo II: Caminos de circulación interna.
- Tipo III: Camino Perimetral.
- Tipo IV: Camino de acceso a frente de trabajo
- Tipo V: Bermas

Se describen en el apartado posterior (7 ACONDICIONAMIENTO DE ACCESOS Y VIALES. referido a los accesos las características de estos viales.

#### 5.1.4.3.3 Operaciones de descarga

El punto de descarga será la celda diaria, punto que estará convenientemente señalado. El conductor del camión seguirá escrupulosamente las instrucciones que le indique el operario responsable de la operación de conformación de la celda diaria, quien le dirigirá hasta la zona preparada diariamente a tal efecto.

Las operaciones de descarga estarán orientadas a la conformación de la celda de vertido. Las celdas de vertido se operan horizontalmente, de abajo a arriba, y transversalmente abarcando toda la superficie de cada celda.

Para la descarga, en primer lugar el camión vierte el residuo justo al pie del talud conformado. Y siguiendo las instrucciones oportunas de descarga.

Las operaciones de descarga, se ajustarán a producir el mínimo de molestias a las personas o de afcción al entorno, en particular minimizarán la producción de polvo y generación de ruidos.

El relleno sanitario deberá disponer de áreas diferenciadas para la descarga de los diversos tipos de residuos autorizados. Las áreas mínimas de que habrá de disponer con las siguientes:

- Descarga Principal.
- Descarga de Emergencia
- Descarga y/o acopios de residuos voluminosos.

#### ***Descarga Principal***

Área destinada al vertido principal de residuos domiciliarios procedente de la recogida municipal. La descarga se realizará directamente sobre las superficies destinadas a soportar la célula de vertido. Se habilitarán espacios de ocupación de una superficie máxima de 5,500 metros

### ***Descarga de Emergencia***

En prevención de que no se pueda acceder a la zona descarga, se habilitará una zona de descarga alternativa cuya superficie sea la equivalente a 16,000 m<sup>3</sup>. Esta zona poseerá los mismos requisitos de operación que la descrita para la descarga habitual.

### ***Descarga y acopio de residuos voluminosos***

Se descargarán los residuos voluminosos en un área seleccionada y aprobada por la AAUD para su selección y trituración por un triturador móvil de capacidad mínima de 200 Tn/día. Una vez triturados serán depositados en el frente de trabajo.

#### ***5.1.4.4 Extendido y compactación de residuos***

La empresa operadora realizará el extendido, colocación y compactación de los residuos en el frente de vertido habilitado diariamente para tal fin, debiendo quedar éste sin residuos expuestos al finalizar la jornada de trabajo. La colocación de los residuos en el relleno sanitario se hará de manera tal que se garantice la estabilidad de la masa de residuos y estructuras asociadas, en particular para evitar los deslizamientos.

El espesor máximo de cada capa no superará los 1,5 m. Tanto el extendido como la compactación se realizarán por capas sucesivas, hasta alcanzar el espesor de la celda de vertido. Se alcanzarán densidades de compactación como mínimo 0,80 Tn/m<sup>3</sup>. Se realizará como mínimo con las siguientes unidades de maquinaria referenciales. La maquinaria mínima necesaria es la siguiente:

- 1 Compactadora Caterpillar 826 (1)
- 1 Compactadora Caterpillar 826H (3)
- 1 Bulldozer Caterpillar D7R
- 1 Bulldozer Caterpillar D6T

El extendido se realizará en tongadas de 50 cm y siempre que sea posible se empujará contra talud. El extendido y compactación nunca se realizará fuera de la zona de celda diaria.

La colocación de los residuos en el relleno sanitario se hará de manera tal que se garantice la estabilidad de la masa de residuos y los drenajes correspondiente de aguas, lixiviados y gases. Las pendientes por las celdas serán de 2:1 (H:V) conforme al siguiente perfil.

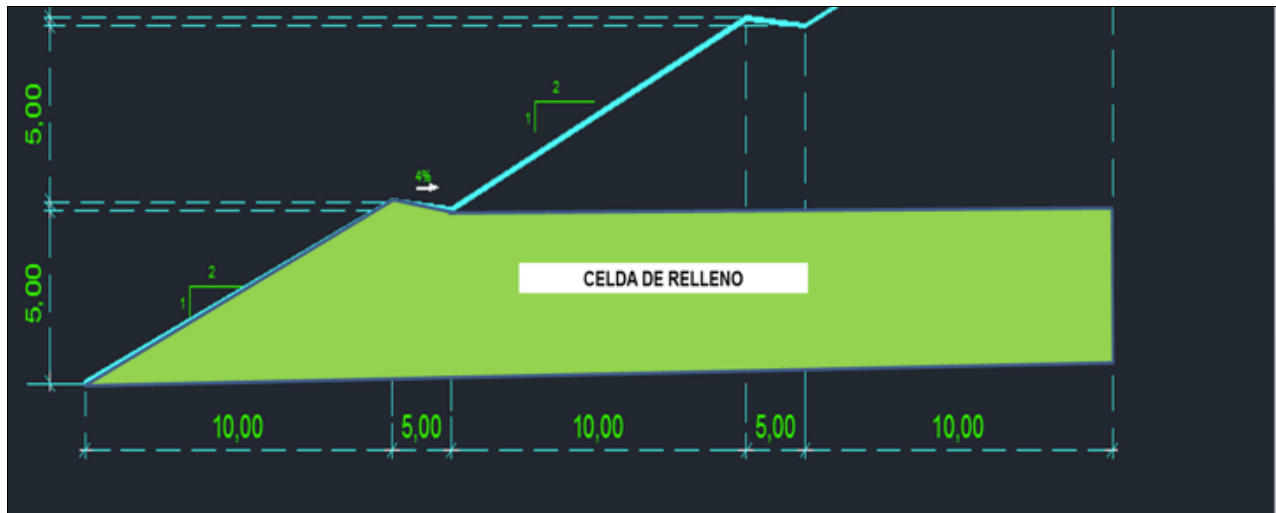


Ilustración 32: Perfil tipo de relleno establecido e indicación de las tipologías de celdas previstas

Tanto el extendido como la compactación se realizarán por capas sucesivas, hasta alcanzar el espesor señalado por la celda de vertido, en nuestro caso la conformación de la celda diaria de relleno para un volumen 3.200 m<sup>3</sup> supone ejecutar dos tipologías de celdas, ya indicadas, en función de si el relleno se explota contra talud o plataforma.

Una vez dispuestos los residuos se extenderá la cobertura de celda o cobertura diaria que tendrá un espesor de 20 cm después de realizar la compactación sobre la capa de cobertura. Este material será homogéneo y con las siguientes características:

- espesor 15 cm después de compactación;
- homogeneidad granulométrica (No tener más de un 10% de partículas mayores de 2" siendo inferior siempre a 3");
- tipología de suelo GC (mezcla de gravas con arcilla) y GM (mezcla de gravas con limos).
- % finos que pasan por el tamiz n°200 ASTM > 12%.
- Coeficiente de permeabilidad cercano a  $K = 1 \cdot 10^{-7}$  cm/sg

Las cubriciones diarias se realizarán atendiendo a las pendientes de evacuación de pluviales, asegurando con la cobertura diaria de 15 cm la no formación de cárcavas, blandones y evacuando de forma adecuada las escorrentías superficiales del área de vertido. Con estas pendientes se evacuarán las aguas de lluvia mediante cunetas provisionales y/o definitivas.

El número de pasadas de la maquinaria por cada tongada de residuos dispuesto y material de cobertura será el mínimo necesario para garantizar la compactación de 0.80 tn/m<sup>3</sup> en la tongada de 1.50 cm.

El extendido se realizará de forma que se asegure la circulación de los lixiviados generados en el área de vertido, para evitar la migración incontrolada de los lixiviados fuera de los límites del área de vertido

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

El extendido, colocación y compactado de los residuos se realizará preservando las pendientes de drenaje que serán del 2%, no permitiéndose en ningún caso la migración incontrolada de los lixiviados en las celdas diarias configuradas ni fuera de los límites del área de vertido.

De forma mensual, la empresa operadora, elaborará un informe de control planimétrico del área de vertido en explotación. Para lo cual se realizará un control topográfico que reflejará el estado de la explotación y el nivel del relleno alcanzado. Estos controles se harán mediante perfiles transversales que cuantificarán el volumen de relleno sanitario empleado en ese periodo y la vida útil tanto del área de explotación como del relleno sanitario en su conjunto.

Así mismo, los trabajos en el relleno sanitario, se organizarán de forma que no se produzca la mezcla de lixiviados con aguas pluviales no contaminadas. Para ello, se realizará la cubrición diaria de los residuos y ejecutará los taludes garantizando la correcta formación de pendientes y cunetas provisionales y/o definitivas que sean precisas para la correcta gestión de las aguas de lluvia y los lixiviados generados de forma separada, minimizando la generación de lixiviados.

##### 5.1.4.5 Formación de celda diaria

La formación de una celda diaria de vertido requerirá, al menos, de cuatro operaciones:

- Extendido de los residuos.
- Compactación in situ de los residuos hasta alcanzar la densidad prevista de 800 Kg/m<sup>3</sup>. Será necesario que la maquinaria no solo compacte, sino que triture el residuo in situ. Para ello se dispondrá de maquinaria especializada con pisones para este fin.
- Aportación, extendido y compactación de la cobertura diaria de espesor mínimo de 15 cm. El material de cobertura será homogéneo y tendrá un coeficiente de permeabilidad inferior a 10<sup>-7</sup> m/sg, debidamente compactado y libre de impurezas.
- Diariamente y al final de la jornada los residuos quedarán debidamente cubiertos y compactados por el material de cobertura diaria. La compactación final de la jornada será realizada por la maquinaria sobre el material de cubrición dispuesto con un mínimo de cuatro pasadas como se indicó anteriormente.

El material para cubierta diaria será un material procedente de la excavación del propio vaso de la ampliación proyectada. Existirá siempre un acopio de este material próximo a la zona de vertido con un volumen mínimo suficiente para abastecer 5 días de gestión. El material almacenado será cargado en camiones al final del día de operación para luego ser transportado y derramado directamente sobre el frente de residuo descubierto, o mediante pala cargadora. Una pala cargadora extenderá el material uniformemente formando una capa homogénea de 15 cm sobre el residuo. Esta capa compactada por el paso de la maquinaria se le dará una ligera inclinación para así, permitir drenar el agua en caso de precipitación.



#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Los residuos se extenderán en celdas de dos tipologías según se esté explotando contra talud (tipo 1) o en área (tipo 2). En caso de que la AAUD considere necesario por la necesidad del frente de trabajo podrá redefinirse las dimensiones de la celda diaria. Estas tipologías han sido descritas en párrafos anteriores.

##### 5.1.4.6 Formación de terrazas

La superposición de sub celdas diarias de vertido conforman las terrazas que configuran las bermas de sellado. El trazado y la pendiente de los taludes transversales finales de las terrazas se ajustarán al diseño previsto en el proyecto como capa de sellado definitivo del vertedero marcado por su correspondiente proyecto.

El retranqueo medio de las terrazas, formación de bermas, será de 5 metros.

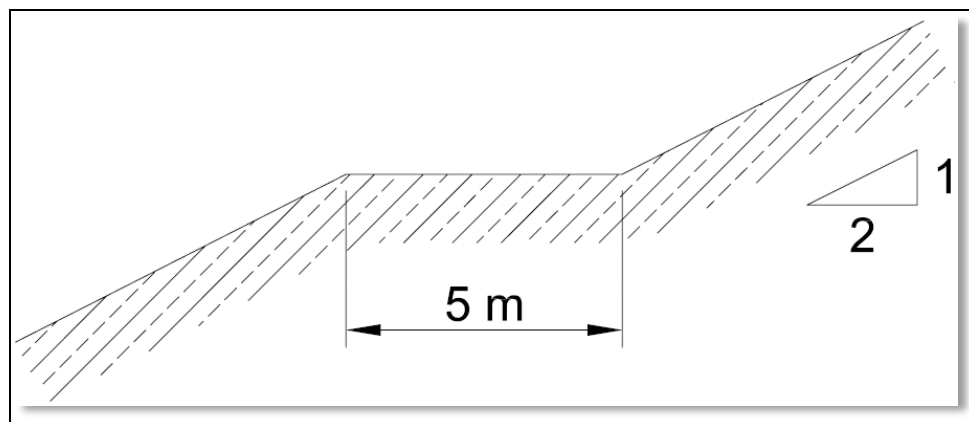


Ilustración 33: Perfil referencia construcción de bermas

Para el sellado de las terrazas que quedarán sin explotación se utilizarán tierras seleccionadas, preferentemente aquellas cuyo porcentaje en arcilla sea superior al 30%. En ningún caso se emplearán para los sellados materiales residuales tales como: escombros, restos cerámicos, gravas o materiales excesivamente pulverulentos. El material para sellado deberá ser aprobado por la AAUD. El espesor de la cobertura de sellado (mínimo 60 cm) será tal que su capacidad de campo pueda retener el 90% de la precipitación media característica de la zona, y al menos el 60% de la precipitación máxima media registrada mensualmente junto con el drenaje. Esta capa de sellado precederá a la de reinscripción. La capa de sellado ofrecerá un desnivel acorde con las pendientes del drenaje previstos.

La cobertura de sellado de los taludes de las terrazas se realizará preferentemente de modo que se suavicen las pendientes de aquellos, y de forma que discrecionalmente se aumente su espesor de la coronación al pie del talud.

La cobertura de sellado de las terrazas está orientado a la eliminación de las aguas de lluvia por lo que se secuenciará la construcción de las siguientes actuaciones:

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Sellado de terraza con 60 cm de material de cobertura compactado.
- Perfilado de taludes y plataformas de terraza para evacuar aguas de lluvia.
- Construcción de cunetas definitivas o provisionales de evacuación de aguas de lluvia.
- Ejecución de bajantes para conectar a red de evacuación a cunetas perimetrales.

El tiempo máximo para la ejecución del sistema de evacuación de las aguas de lluvia desde que se termina la terraza será de un mes.

#### 5.1.4.7 Recubrimiento de residuos

Los tres tipos de recubrimientos que se contemplan en la explotación del relleno sanitario, son los siguientes:

- **Cobertura diaria**

Se realizará sobre la celda diaria mediante la aportación de tierras cuya finalidad es proteger las celdas de vertido. Deberá compactarse siempre, extendiéndose incluso a los taludes laterales de las celdas. Su espesor no será en ningún caso inferior a los 15 centímetros una vez efectuada la compactación. El material será obtenido de la conformación de los futuros vasos de vertido.

- **Cobertura de sellado**

Constituye la protección de las superficies de las terrazas en formación, así como de los taludes frontales de las mismas. El recubrimiento de sellado se realizará sobre las superficies horizontales, así como sobre la superficie de los taludes de aquellos que se consideren como zonas de inactividad superiores a seis meses. El sellado habrá de compactarse homogéneamente, debiendo alcanzar su espesor, tras compactación de, al menos 60 centímetros. Este material debe estar libre de impurezas, ser homogéneo y poseer un coeficiente de permeabilidad mínimo de  $10^{-7}$  m/s. En caso de que un área del relleno sanitario no esté operativa durante un periodo entre 3 y 6 meses el espesor de la cobertura de sellado será de 40 cm, aumentando el espesor a 60 cm cuando el área este inactiva por periodos superiores a 6 meses.

- **Cobertura de clausura**

Se entenderá como la capa de sellado definida en el proyecto de cierre, sellado y reinsertión de cada relleno sanitario. Este recubrimiento podrá ser natural y/o artificial y se conformará según las prescripciones técnicas del proyecto de sellado y sobre a topografía final del vertido.

Se extremará la protección frente a la erosión superficial, en esencial en aquellas zonas del relleno sanitario donde se ha extendido la cobertura de clausura, o está en proceso. A tal fin se atenderá puntualmente a la observación de los fenómenos siguientes:

- Erosión superficial por abarrancamiento, en taludes.
- Formación de canales de circulación preferencial en las superficies de las terrazas.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Desplazamientos en las capas de recubrimiento, que produzcan el afloramiento de los residuos depuestos.
- Formación de roderas que puedan favorecer el deterioro de las capas de recubrimiento.
- Otras manifestaciones erosivas: polvaredas, acumulaciones anómalas de tierras y limos, etc.

Detectado cualquier efecto erosivo que pueda revestir cierta importancia, se procederá a su corrección, restituyendo la capa de recubrimiento deteriorada a su estado primitivo. Los trabajos de corrección aplicados se consignarán en el Libro de Explotación, detallando las causas, efectos y alcance de las afecciones producidas. Todas las actuaciones de restauración deberán estar aprobadas por la AAUD.

Si se reiterara la aparición de efectos erosivos en algún punto, se dará cuenta del hecho a la AAUD. Se preverá en tal caso de una actuación específica mediante la aplicación de cualquier técnica de probada eficacia contra la erosión (a título indicativo: resinas sintéticas, estabilizadores de suelo, colocación de georredes de materiales sintéticos, etc.).

#### 5.1.4.8 *Secuencia de conformación de rellenos*

En esta secuencia de formación de rellenos se van a diferenciar dos macro áreas de vertido, NORTE COMPLETA y SUR COMPLETA, separadas por la vía denominada Mocambo y las actuales instalaciones de aprovechamiento de biogás y planta de tratamiento de lixiviados (*Ilustración 34.*).

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.



*Ilustración 34: Macro Zonas de Relleno proyectadas*

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

5.1.4.8.1 Plan de rellenos Macro Zona Norte

5.1.4.8.1.1 Rellenos prioritarios

El presente plan de rellenos se establece para cualquier ampliación de áreas de vertido de residuos dentro de los vasos existentes o de nueva ampliación. Del análisis de la situación en el relleno sanitario se han detectado las siguientes áreas de ampliación.


Vaso de relleno existente	Zona	Volumen (m <sup>3</sup> )	Localización
Etapa I	A2 <sup>8</sup>	10,342	
Etapa III Norte	A1a	22,395	
Etapa III Norte	A1b	398,160	
Etapa III Norte	A1a-A1b	23,200	
Etapa III Norte	A3	12.200	
Etapa III Norte	A4	6,710	
TOTAL	SI	473,007	

Ilustración 35: Plan de rellenos vasos actuales

<sup>8</sup> Esta área pertenece a la macro área de vertido Sur, aunque ha sido considerada en este apartado por la prioridad de actuación sobre ella.

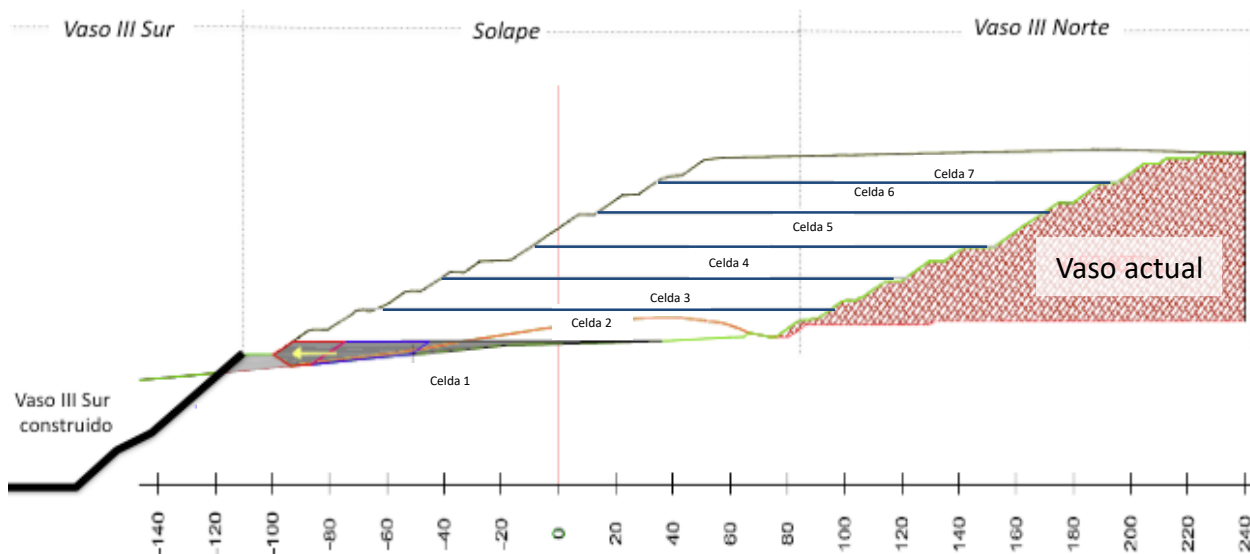
### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Estos rellenos han sido seleccionados con dos objetivos principales. El primero, proporcionar nuevos espacios para el vertido dentro de los vasos existentes. El segundo, estabilizar los taludes con elevadas pendientes que se han conformado en las zonas A1a, A1b, A3 y A4 mediante el aporte de residuos desde pie de talud hasta coronación. Por último el vertido en estas áreas permitirá concluir las labores actuales de construcción del Vaso III Sur y con ello permitir el relleno del mismo lo antes posible.

Los perfiles de levantamiento topográfico de los rellenos señalados se presentan en el en el apéndice planos.

Los taludes situados en las áreas A1a y A1b necesitan para ser estabilizados solapar la lámina de impermeabilización de la Etapa III Sur construida con la existente en la Etapa III Norte ( *Ilustración 36*). La dimensión de la lámina a ampliar es de 10.000 m<sup>2</sup> aprox.

Las celda tipo y conformación de estas áreas de relleno se realizarán en base a el siguiente diagrama de explotación



*Ilustración 36: Relleno de solape entre vaso Etapa III Norte y Sur. Avance de rellenos*

#### 5.1.4.8.1.2 Plan de rellenos Etapa III Sur

Una vez se haya realizado el relleno de estas áreas señaladas, la explotación del vertedero deberá situarse en el Etapa III Sur en su fase A, cuya impermeabilización está cercana a su finalización. Durante la explotación de esta fase se deberán realizar las obras que conforman la apertura del vaso III Sur B. Es importante señalar que la operadora actualmente tiene habilitada este vaso III Sur B como una balsa de lixiviados sin ningún tipo de impermeabilización, situación que debe revertirse cuanto antes. Una vez construido el vaso III Sur B la explotación se realizará conjuntamente en los vasos III Sur A y B y contra el vaso III Norte ya conformado. Paralelamente se desarrollarán las obras de construcción del vaso III Norte (ilustración 11). Durante la

### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

explotación del vaso III Norte se procederá a la construcción del vaso III Sur C. Una vez explotado el vaso III Sur C se alcanzará en todos los vasos, incluido el actual (III Norte) la cota máxima permitida de 145 m.s.n.m.



*Ilustración 37: Vaso de ampliación de la Etapa III SUR*

A continuación, se presenta una secuencia de explotación y llenado de vasos que indica la cronología de explotación conjunta.



*Ilustración 38: Fases de rellenos Etapa III SUR A y SUR B*

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.



Ilustración 39: Fases de rellenos Etapa III SUR C y vaso Norte

La secuencia de conformación de la macro zona norte consistirá en alcanzar la cota máxima permitida de 145 m.s.n.m uniendo los vasos descritos anteriormente. Los volúmenes capaces de ser admitidos por esta unión de vasos se muestran en la *Tabla 31*.

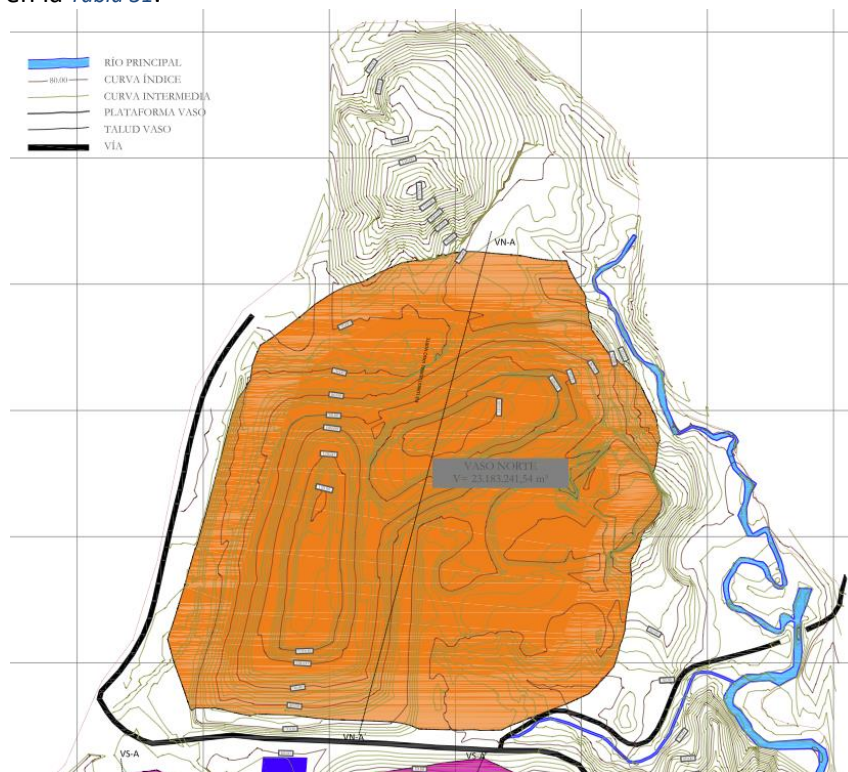


Ilustración 40: Volumen de relleno Zona Macro Norte (anejo 1)



Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

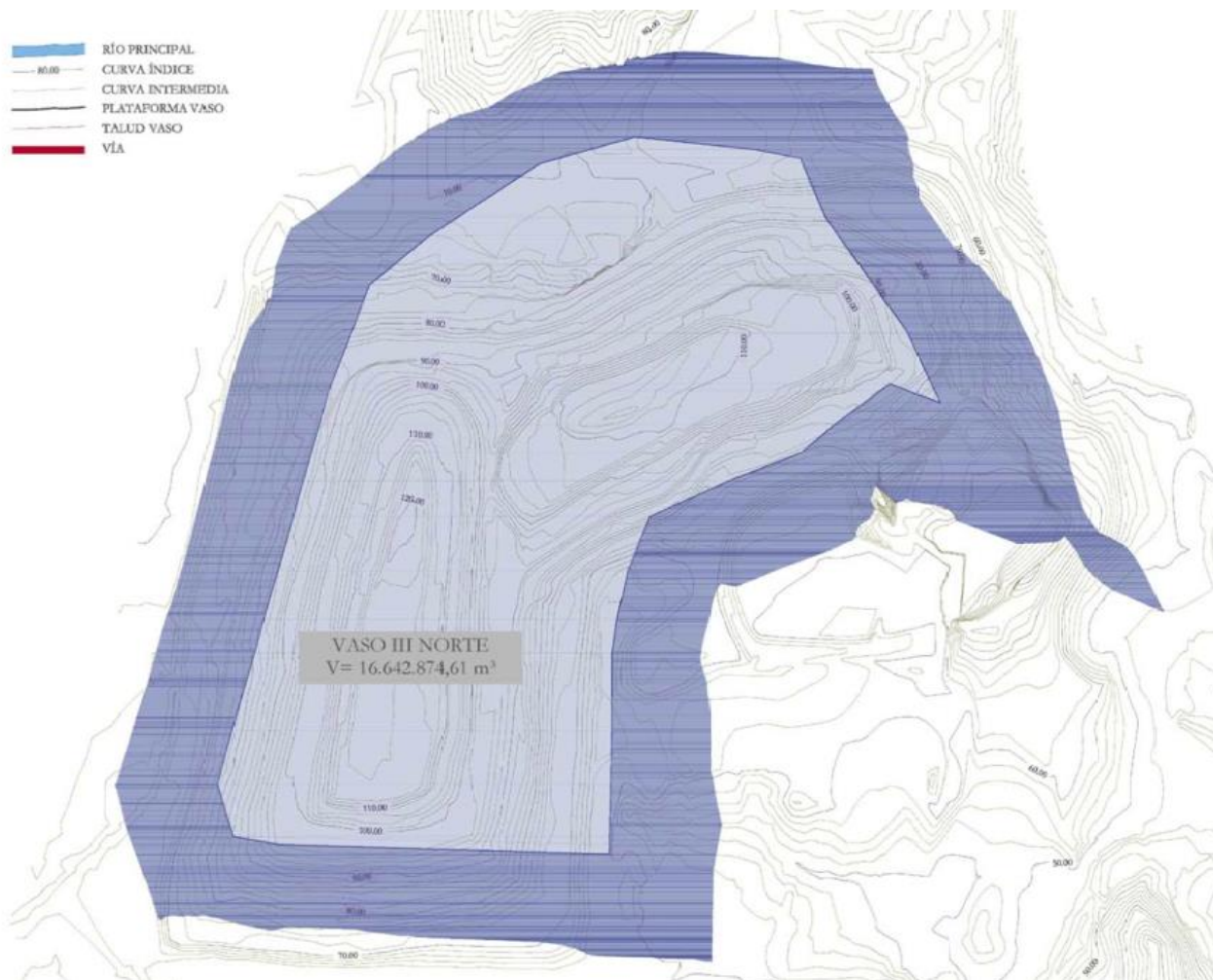


Ilustración 41: Volumen de relleno Etapa II Norte con Nueva ampliación Vaso II Norte (anejo 1)

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

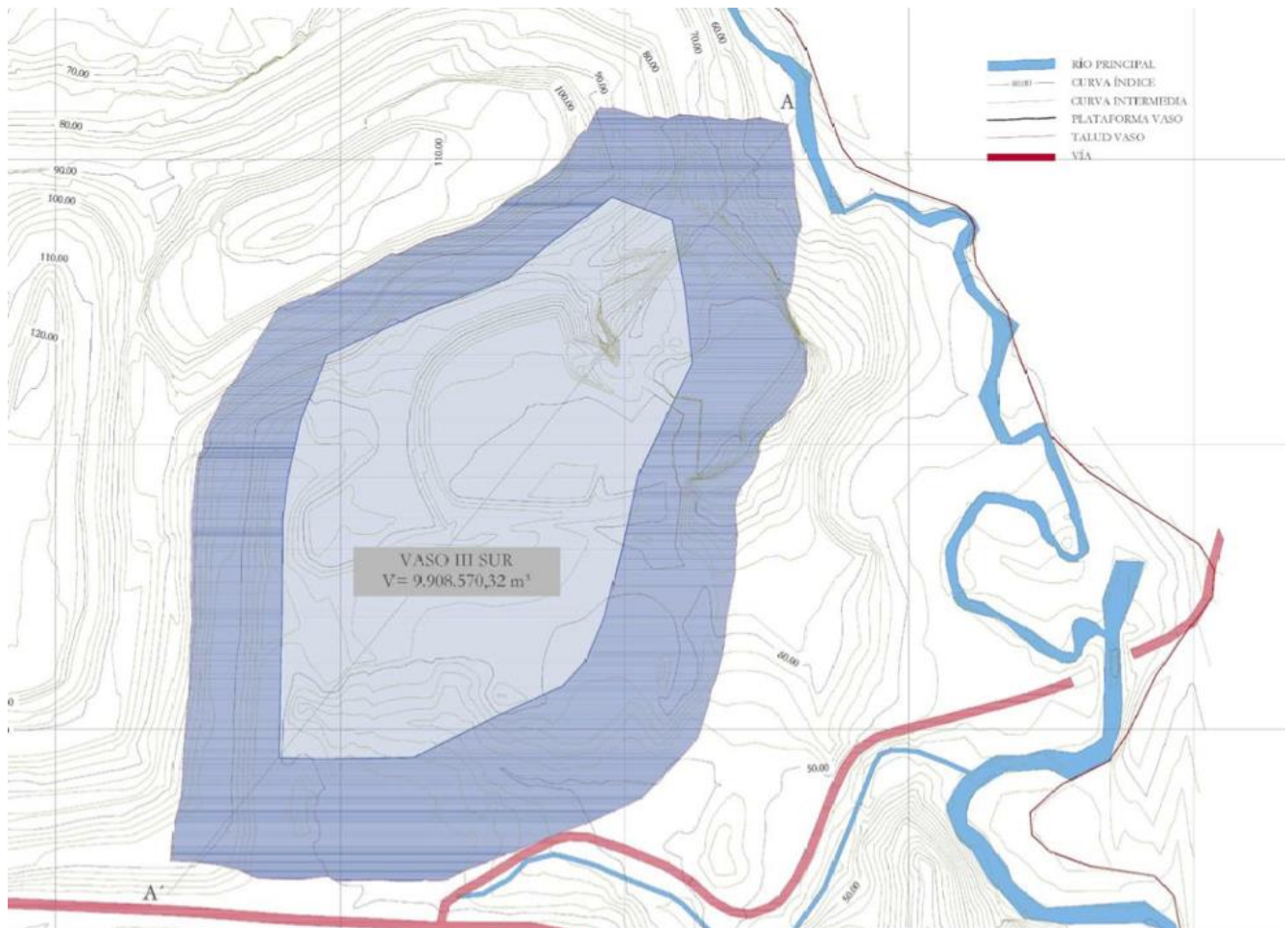


Ilustración 42: Volumen de relleno Vaso III Sur (A + B + C)(anejo 1)

#### 5.1.4.8.2 Plan de rellenos Zona Macro Sur

Entre las ampliaciones previstas en esta zona se encuentra la localización de un nuevo vaso en la actual cantera de extracción de áridos situada en la Zona Sur junto al área actualmente utilizada para el lavadero de maquinaria de la AAUD. Para la implantación de este vaso de vertido debe modificarse el actual permiso de concesión de explotación de áridos por el de disposición final de residuos no peligroso. Además, se requiere de la redacción de los correspondientes proyectos constructivos de los nuevos vasos de vertido y la ejecución de las obras.

A continuación se presenta el cálculo del volumen de relleno para esta ampliación, el cual se encuentra detallado con sus correspondientes perfiles en el documento de planos.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.



Ilustración 43: Relleno de ampliación en Vaso Cantera (anejo 1).

Una vez rellenado este vaso se procederá a la unión entre el vaso de la Etapa I con el relleno realizado sobre el vaso cantera, configurándose definitivamente el relleno de la Macro Zona Sur a la cota 145 m.s.n.m. Los volúmenes obtenidos para esta unión de vasos son los indicados en la [Tabla 31](#).

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

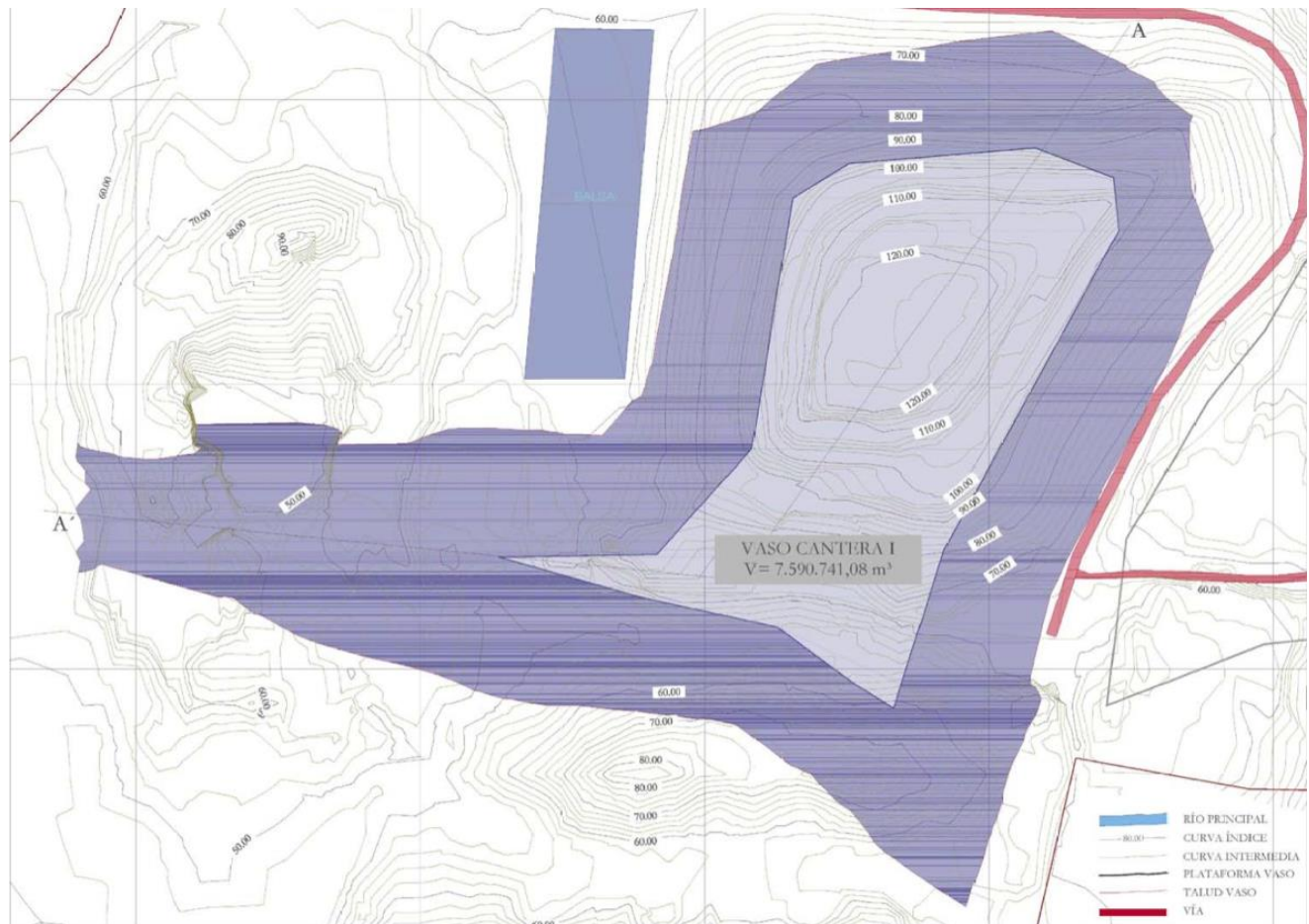


Ilustración 44: Relleno del Vaso de la "Cantera" unión con Vaso Etapa I (anejo1)

Todos los cálculos de volumen de las ampliaciones se han realizado manteniendo las siguientes características de conformación de terrazas:

- Pendiente máxima de taludes 2:1 (H:V)
- Anchura de Berma: 5 metros.
- Altura media entre bermas: 8 metros.
- Densidad del residuo: 0.8 Tn/m<sup>3</sup>
- Material de cobertura: 3.15%

#### 5.1.4.9 Volúmenes de residuos y vida útil

Los volúmenes de residuos que se van a gestionar en el relleno sanitario, los hemos dividido en función de las dos regiones previstas como grandes áreas de vertido, denominadas macro zona Norte y Sur.

Tomando como base la topografía del estado actual del vaso a fecha de **Mayo de 2017**, se ha realizado una serie de perfiles transversales según el estado actual y la sección tipo de llenado señalada en el apartado anterior, para ello ha sido necesario proceder a una regularización de residuos en algunas zonas hasta conformar el perfil previsto de sellado. Con este criterio los rellenos proyectados son los siguientes y sus vidas útiles son las siguientes:

Vasos de ampliación	Macro zona	Area de Relleno	Volumen Total (m3)	Volumen de R.S.U.(m3)	Vida Util (años)	Vida Util (días)
Zona de acondicionamiento de Etapa I.	Norte	A2	10,342	10,016	0.011	4
Zonas de acondicionamiento de la Etapa III. Zona Solape		A1a	22,395	21,689	0.024	9
		A1b	398,160	385,604	0.423	154
		A1a-A1b	23,200	22,468	0.025	9
		A3	12,200	11,815	0.013	5
Zona de acondicionamiento Etapa III Norte - Etapa II		A4	6,710	6,498	0.007	3
Relleno de acondicionamiento			449,807	435,623	0.477	174
Zona de ampliación ETAPA III Norte.		Vaso III Norte	16,642,874	16,118,056	17.66	6447
Zona de ampliación ETAPA III SUR.		Vaso III Sur	9,908,570	9,596,112	10.52	3,838
Zona de ampliación Cantera		Sur	Vaso Cantera	26,000,105	25,180,215	27.59
Zona de ampliación Cantera - Etapa I.	Vaso Cantera - Etapa I		7,590,741	7,351,374	8.06	2,941
Densidad del relleno (Tn/m3)		0.8				
Flujo de entrada a disposición final (Tn/día)		2000				
% de Material de cobertura		3.15%				
Total vida Útil Ampliaciones y acondicionamientos					64.33	

Tabla 31: Vida útil de Cerro Patacón. Ampliaciones

La empresa operadora del relleno deberá presentar, un plan detallado por celdas y una memoria justificativa de la explotación de los rellenos con los rendimientos previstos y planos del relleno sanitario con las indicaciones de celdas, y terrazas donde se indican todos los detalles topográficos de los rellenos propuestos en el tiempo de la conexión completa entre vasos. También se deberá indicar las características geométricas de la construcción de drenes de lixiviados en altura y de las perforaciones de desgasificación; tanto las de venteo (conducciones verticales que se realizan durante la explotación) como las de aprovechamiento energético.

De forma periódica, cada tres meses, se procederá, con conocimiento de los de la AAUD, a la revisión de la secuencia de llenado con objeto de mejorar y adaptar los trabajos de explotación e introducir las modificaciones o mejoras en el desarrollo de los mismos.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Todas las incidencias, modificaciones, o mejoras de los trabajos serán consignadas puntualmente en el Libro de Explotación del relleno sanitario.

Los planos que deben ser adjuntados como mínimo son los siguientes:

- Número de celdas de explotación.
- Volúmenes de las celdas
- Vida útil de explotación.
- Se indican en planos los caminos de acceso a cada una de las fases así como los drenajes de lixiviación y evacuación de aguas lluvias.
- Los drenes de lixiviados en altura
- La localización y profundidades de los pozos perforados de desgasificación y venteo durante operación.
- Las cunetas de evacuación de aguas de lluvia provisionales y definitivas.

Trimestralmente se realizará un levantamiento topográfico del relleno sanitario en su conjunto con el objeto de un control exhaustivo de las celdas explotadas, y nos permitan evaluar el avance del llenado de los frentes de vertidos abiertos. Se llevará un Registro Sistemático de los resultados de los levantamientos topográficos, como resultado del cual puede fácilmente inferirse la evolución del avance y progresión del relleno.

#### 5.1.4.10 Limpieza y control de dispersiones

La disposición de residuos en relleno sanitarios supone que, por acción del viento y otros factores meteorológicos, se pueden provocar un cúmulo de plásticos y residuos en las instalaciones, procedentes del área de vertido. Este acumulo de plásticos puede ser mucho más acusado en ciertas estaciones del año, donde las condiciones ambientales son más extremas. Es por ello que existirá una cuadrilla de limpieza que realizará labores de mantenimiento y eliminación de dispersiones en las instalaciones del relleno sanitario y en el centro de tratamiento en general. Todas las dispersiones, pueden ser controladas con la ejecución diaria del sellado de cubrición de celda. Tareas que se realizarán de forma escrupulosa.

#### 5.1.4.11 Sistema de evacuación de escorrentías

La eliminación de las aguas de escorrentía superficial será una labor primordial en la explotación planteada. Para ello se seguirá una planificación adecuada que al menos tenga en cuenta lo siguiente.

- Disposición de los residuos únicamente en frentes de trabajo.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Uso de material de cobertura diario con características impermeables y pendiente de evacuación de escorrentía. (15 cm)
- Construcción de cunetas provisionales y/o definitivas para evacuación de aguas fuera del vaso de vertido.
- Obtención de densidades máximas mediante compactación activa de los residuos.
- Se realizarán inspecciones frecuentes y periódicas de los dispositivos y elementos de control de erosión y sedimentación, con el fin de garantizar un funcionamiento correcto y eficaz.

Distinguimos dos tipos de aguas superficiales a tratar en relación con el relleno sanitario. Aguas de escorrentía superficial, procedentes de las cotas superiores de los frentes de vertido activo, y que al estar en contacto con los residuos de la explotación, podrían ser aguas contaminadas. Por ello estas aguas serán canalizadas hasta el correspondiente drenaje de lixiviados actualmente existentes en la explotación y una vez recogidas serán conducidas hasta las balsas de lixiviado operativas.

Cuando las aguas de escorrentía superficial procedan de zonas de vertido que ya han sido selladas y por lo tanto el agua que vierten no está contaminada, por no haber estado en contacto con los residuos, serán llevadas mediante cunetas excavadas en tierra hasta las bermas y desde ahí por bajantes a los cauces próximos de aguas.

Estas infraestructuras se van a mantener en el tiempo, incluso una vez sellado, ya que se pretende:

- Captar todas las aguas caídas directamente sobre la superficie del relleno sanitario en explotación, parte de las cuales, actualmente, están infiltrándose a través de la masa de residuos.
- Favorecer el drenaje de todas las aguas pluviales, ya sean interiores o exteriores, a la zona de ampliación proyectada mediante la construcción de cunetas perimetrales que discurren por el exterior del área de vertido del residuo.

La sección tipo y tipología de cunetas han sido indicadas en el Plan de Optimización de manejo de Lixiviados (P.O.L) Semestralmente se elaborará un documento que especifique:

- Situación y estado de control del drenaje de aguas de lluvia de todas y cada una de las áreas del relleno sanitarios
- Situación y estado de control del drenaje de lixiviados.
- Numero de áreas selladas y localización.
- Espesores de sellados por áreas.
- Planificación del drenaje en el área de vertido y zonas de vertido próximas.

#### 5.1.4.12 Seguimiento de los trabajos de explotación

Este plan prevé realizar vigilancias trimestrales y seguimientos periódicos de las operaciones de explotación Se vigilarán trimestralmente los asentamientos, deslizamientos y otros efectos que puedan haberse producido en la masa residual depositada. Se observarán, verificarán y registrarán al menos los siguientes fenómenos:

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Presencia de grietas transversales en la superficie de las terrazas.
- Deslizamientos localizados de cierta importancia, que puedan haberse producido en las coronaciones de los taludes.
- Excesivo asentamiento de eje del relleno en relación con el resto del mismo.
- Surgencias imprevistas de líquidos de lixiviación.
- Aparición de fumarolas a través de las capas de recubrimiento.

En caso de aparición de alguno de los síntomas a que se refiere el anterior punto, se dará cuenta inmediata a la AAUD, procediendo a continuación a intervenir en la masa residual para corregir los efectos producidos y restablecer la integridad del relleno sanitario.

Se analizarán detenidamente los efectos aparecidos, a fin de que (previa conformidad de la AAUD) se modifique la forma de desarrollar los trabajos de explotación del relleno sanitario. Al respecto se tendrán en consideración la revisión de las siguientes condiciones de operación:

- Compactación de los residuos hasta alcanzar la densidad establecida.
- Altura de las terrazas realizadas.
- Inclinación de los taludes de las terrazas definitivas.
- Pendiente de las terrazas definitivas.
- Recepción de los residuos, en especial por lo que se refiere a residuos en ignición o residuos excesivamente húmedos o pastosos.
- Desarrollo de las operaciones diarias de vertido.
- Realización efectiva de los controles de explotación (drenaje de lixiviados y de los controles ambientales).

Todas las anomalías aparecidas en el relleno sanitario, así como los trabajos y correcciones a que hayan dado lugar se consignarán en el Libro de Explotación del relleno sanitario, estableciendo fehacientemente el conocimiento de los mismos por parte de la AAUD.

Con independencia de cuanta documentación técnica o administrativa pueda establecerse por parte de la AAUD, al menos la explotación del relleno sanitario estará apoyada por los siguientes documentos:

1. **Libro de Registro de entradas de residuos**, Libro en el que de forma cronológica se volcarán todos los registros de entrada de residuos al relleno sanitario apoyado en los partes diarios de entrada. Mensualmente dicho libro será presentado a la AAUD.

2. **Libro de Incidencias**, En él se consignarán aquellas incidencias que por su importancia deban figurar en dicho registro. Este libro tendrá carácter de diario y será firmado y sellado diariamente por el responsable de la explotación del relleno sanitario. Mensualmente, será presentado a la AAUD.



#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

3. **Libro de Explotación del relleno sanitario**, En el que se consignarán diariamente los trabajos de explotación, así como las observaciones, incidencias y reconocimientos. Este Libro de Explotación deberá tener necesariamente carácter de diario y organizarse de modo que pueden incluirse fácilmente en él las partes, documentos, hoja de incidencias o cualquier otro documento que pueda producirse relativo a la explotación del relleno sanitario. Diariamente será firmado y sellado por el responsable de la explotación del relleno sanitario y presentado, al menos mensualmente a la AAUD. Este libro contendrá todos y cada uno de los documentos técnicos descritos a lo largo del presente plan de explotación.

4. **Cuaderno de Planos**, en el que se recogerá la evolución topográfica, volumétrica y morfológica del relleno del relleno sanitario. Se recogerán igualmente los gráficos correspondientes a los perfiles transversales y longitudinales de los rellenos, terrazas, taludes, y cuanta documentación técnica y topográfica exista, con especial atención al seguimiento y desarrollo del avance y evolución del relleno.

5. **Cuaderno de Consumos Energéticos**: Mensualmente se presentará ante la Autoridad de Aseo los consumos energéticos de toda la maquinaria móvil destinada a relleno sanitario y sus horas de trabajo. Se identificará al personal y los vehículos asignados directamente en el relleno sanitario así como sus horas de trabajo.

##### 5.1.4.13 Programa de vigilancia y control ambiental

Para la gestión sanitario deberán establecerse contractualmente los requerimientos sobre operadora para el cumplimiento de un Programa de Vigilancia y Control. Este programa tiene como objetivo establecer las mediciones necesarias sobre los parámetros que regulan las emisiones y riesgos de afección ambiental en el tiempo. El Programa de control y vigilancia recopilará a lo largo de la vida útil y en la fase post clausura del relleno sanitario la medición de los parámetros que garantizan el control ambiental de los siguientes aspectos:

- Emisiones a los recursos hídricos: aguas superficiales y subterráneas.
- Emisiones al suelo (derrames de residuos y/o lixiviados, contaminación edáfica e hídrica).
- Emisiones a la atmósfera: ruido, partículas, olores, etc.
- Accidentes e incidencias.

Se realizarán controles sobre los lixiviados, las aguas subterráneas y superficiales.

##### 5.1.4.13.1 Datos meteorológicos.

Se recopilará los datos meteorológicos “in situ”, a través de la estación meteorológica a instalar dentro del propio recinto o a través de la estación meteorológica más cercana

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Datos de la vigilancia	Fase de explotación	Fase de mantenimiento posterior
Volumen de precipitación	A diario	Diariamente, más los valores mensuales.
Temperatura mín., máx., 14.00 h. HCE.	A diario	Media mensual.
Dirección y fuerza del viento dominante.	A diario	No se exige
Evaporación lisímetro*.	A diario	Diariamente, más los valores mensuales.
Humedad atmosférica 14.00 h HCE.	A diario	Media mensual.
<i>*O mediante otros métodos adecuados.</i>		

Tabla 32: Datos de vigilancia meteorológica

#### 5.1.4.13.2 Lixiviados, Aguas superficiales y Aguas Subterráneas.

Se recogerá muestras de lixiviados en las balsas de la instalación y en las aguas superficiales, en aquellos puntos debidamente justificados en el oportuno estudio hidrológico. En este último caso se tomarán para cada punto, al menos dos medidas, una, aguas arriba y otra, aguas abajo de la instalación.

En cualquier caso, se comunicará a la AAUD cuáles serán los puntos de muestra.

Las balsas de lixiviados se inspeccionarán semanalmente para la prevención de cualquier tipo de deficiencia estructural. Cuando se produzcan fenómenos meteorológicos de carácter moderado-fuerte tales como lluvias excesivas y continuas, tormentas o bien fenómenos de inestabilidad tectónica se elaborará un informe especial, el cual se incorporará al cuaderno de seguimiento.

Las tomas de muestras y medición (volumen y composición) del lixiviado se realizarán por separado en cada punto en que se descargue el lixiviado de la instalación según normativa vigente a la fecha.

La frecuencia de la toma de las muestras y análisis de lixiviados y aguas superficiales figura en el siguiente cuadro:

Datos de la vigilancia	Fase de explotación	Fase de mantenimiento posterior a la clausura
Volumen de los lixiviados.	Mensualmente	Cada seis meses.
Composición de los lixiviados.	Mensualmente	Cada seis meses.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Datos de la vigilancia	Fase de explotación	Fase de mantenimiento posterior a la clausura
Volumen y composición de las aguas superficiales.	Trimestralmente	Cada seis meses.

Tabla 33: Datos de vigilancia lixiviados y aguas superficiales

Para el control de la posible afección del vertido a las aguas subterráneas, se realizarán mediciones, al menos, un punto situado aguas arriba del relleno sanitario en la dirección del flujo de aguas subterráneas entrante y en, al menos, dos puntos situados aguas abajo del relleno sanitario en la dirección del flujo saliente. Para la determinación de estos puntos se aportará estudio hidrogeológico firmado por técnico competente, en el que se justifique la ubicación de los distintos piezómetros, así como la profundidad de los mismos. El mismo informe dictaminará si es necesario ampliar el número de puntos de control sobre la base del reconocimiento hidrogeológico específico.

Se aportarán tres muestras como mínimo, que sirvan para establecer los valores de referencia.

Datos de la vigilancia	Fase de explotación	Fase de mantenimiento posterior a la clausura
Nivel de las aguas subterráneas	Cada seis meses	Cada seis meses
Composición de las aguas subterráneas	Específica del lugar	Específica del lugar

Tabla 34: Datos de vigilancia meteorológica aguas subterráneas

La toma del nivel de las aguas subterráneas se aumentará en el caso de que existan fluctuaciones. Para la composición de las aguas subterráneas, la frecuencia de muestreo se justificará sobre la base de la posibilidad de llevar a cabo medidas correctoras entre dos tomas de muestras si se alcanza un nivel de intervención, todo ello a partir del conocimiento y la velocidad del flujo de aguas subterráneas, y que nunca será superior a seis meses

En caso de que se alcance un nivel de intervención, se hará una verificación mediante la repetición de la toma de muestras. Para el caso de que se produzca un cambio significativo en la calidad del agua, se establecerá un nivel de intervención, el cual tendrá en cuenta las formaciones hidrogeológicas del lugar y la calidad de las aguas subterráneas. Para ello se utilizarán gráficos de control con normas y niveles de control para cada pozo situado aguas abajo

El estudio hidrogeológico establecerá por tanto la frecuencia en la determinación de la composición de aguas subterráneas. Asimismo, determinará los niveles de control para la intervención ante la afección de las aguas subterráneas, así como el Plan de Emergencia que se seguirá en dicho caso.

Para la determinación de la composición de los lixiviados, las aguas superficiales y las aguas subterráneas, se tomarán los siguientes parámetros: alcalinidad, azufre, Carbono Orgánico Total, Conductividad Eléctrica, DBO<sub>5</sub>, DQO, CA CO<sub>3</sub>, Fosforo, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, nitrógeno Orgánico, potencial de hidrógeno,

**Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.**

relación DQO/DBO<sub>5</sub>, Sólidos en suspensión, Sólidos volátiles, sulfatos, CD, Ca, Cu, Cr, Fe, Mg, Ni, Pb, K, Si, Na y Zn.

El control de gases será representativo de cada sección del relleno sanitario. Entre los elementos de control se dispondrá al menos de un sistema de control continuo o periódico del contenido de O<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> para detectar mezclas explosivas y poder actuar con antelación.

En la fase de explotación se vigilarán las emisiones potenciales de gas y presión atmosférica con periodicidad mensual, pasando a semestral en la fase de mantenimiento posterior a la clausura. Los parámetros a determinar serán CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, así como SH<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, y NH<sub>3</sub>.

**5.1.4.13.3 Control de la morfología y potenciales asentamientos.**

Se llevará a cabo un control de la topografía de la zona a partir de los siguientes datos sobre el vaso de vertido:

Datos de la vigilancia	Fase de explotación	Fase de mantenimiento posterior
Estructura y composición del vaso de vertido*.	Trimestralmente	—
Comportamiento de asentamiento del nivel del vaso de vertido,	Trimestralmente	Lectura anual
* Datos para la descripción del relleno sanitario: superficie ocupada por los residuos, volumen y composición de los mismos, métodos de depósito, tiempo y duración del depósito, cálculo de la capacidad restante de depósito que queda disponible en el relleno sanitario.		

*Tabla 35: Datos de vigilancia morfología del relleno*

**5.1.4.13.4 Otros controles**

Se llevarán a cabo los siguientes controles periódicos:

Parámetros de control	Fase de explotación	Fase de mantenimiento posterior
Materiales ligeros dispersos	Mensual	-
Fauna y flora	Trimestral	-
Maquinaria y ruidos	Mensual	-

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Parámetros de control	Fase de explotación	Fase de mantenimiento posterior
Control de olores	Mensual	Semestral
Aves, insectos roedores	Mensual	Semestral
Cerramiento instalación	Mensual	-
Estado de la revegetación		Semestral los tres primeros años y anual el resto

Tabla 36: Datos de vigilancia otros controles

### 5.1.4.13.5 Control de Lixiviados

En el presente plan de explotación se establece un **objetivo prioritario** el cual es que las operaciones de explotación del relleno sanitario perseguirán la **minimización de la producción de líquidos de lixiviación**. Se extremará la vigilancia ante la aparición de fugas de lixiviado en los siguientes puntos del relleno: Taludes frontales de las terrazas selladas y/o clausuradas; Contacto entre el relleno y el terreno original; Superficies de las terrazas inferiores

De producirse surgencias de lixiviado en dichos puntos se procederá inmediatamente al drenaje mediante zanjas de grava que conectarán con el sistema de drenaje, incluso remodelando el relleno si ello fuera aconsejable. En el anejo de planos de la presente reformulación se adjuntan los detalles de los sistemas de drenaje de lixiviados inmersos en la capa del relleno.

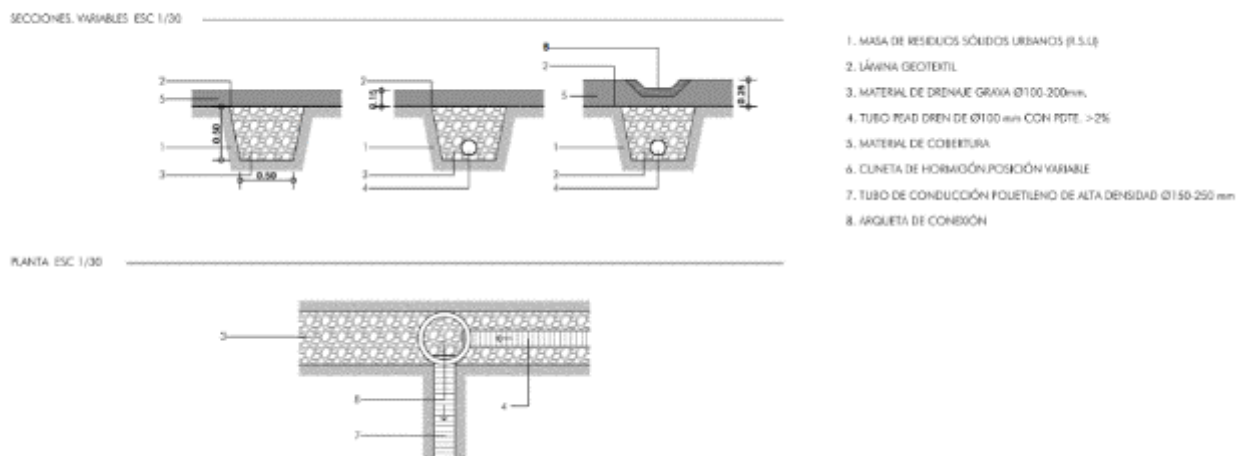


Ilustración 45: Sistema de zanjas para el control de lixiviados (anejo 1).

Se realizarán todos los trabajos de mantenimiento para un correcto funcionamiento de las instalaciones destinadas a la captación y conducción de lixiviados, siendo el punto final el almacenamiento las balsas

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

impermeabilizadas. No se acumulará el lixiviado, salvo en los lugares acondicionados para tal fin. Con esta finalidad se detectarán periódicamente los puntos de acumulación de lixiviado.

En la medida en que estos sean de entidad se diseñará, previa aprobación por parte de la AAUD , un plan de evacuación y control de los mismos. Estas actuaciones estarán orientadas a la conducción de los lixiviados a las balsas de almacenamiento autorizadas y a la eliminación de la escorrentía de la zona afectada.

En caso de presencia de acumulaciones de lixiviado estables dentro de la masa de residuos no se considerarán en ningún caso balsas últimas de acumulación, sino temporal hacia las balsas registradas. Estas acumulaciones serán controladas, reforzadas y evacuadas. Se presentará ante la AAUD un documento técnico que evalúe el riesgo y justifique el balance hídrico de estas acumulaciones frente a las del relleno sanitario en su conjunto.

Se renovarán o repondrán con la periodicidad necesaria, cuantos elementos así lo requieran, para garantizar el perfecto funcionamiento de la instalación de transporte de lixiviados al que se refieren los puntos anteriores.

De todas cuantas anomalías o incidencias puedan presentarse en relación con los lixiviados, se dará cumplida información a la AAUD , consignándose las mismas en el Libro de Explotación del relleno sanitario, así como las actuaciones que se hubieren llevado a cabo para solucionarlas.

En ningún caso se procederá al transporte del lixiviado al exterior del relleno sanitario sin contar con la autorización previa de la Autoridad de Aseo.

#### 5.1.4.13.5.1 Situación actual y gestión de los lixiviados

En general podemos decir que la situación actual en la gestión de los lixiviados en el relleno sanitario objeto de la presente planificación, se apoya en cuatro niveles de actuación.

1. Eliminación de aguas de escorrentía y precipitación.
2. Captación y conducción del lixiviado generado.
3. Almacenamiento de los lixiviados en balsas.
4. Tratamiento de lixiviado.

La capacidad de almacenamiento de las balsas existentes se han estimado en los siguientes volúmenes

Balsa	Superficie (m2)	Altura media estimada (m)	Resguardo (m)	Volumen (m3)
Laguna n°1	1,267.64	3.5	0.5	3,802.92
Laguna n°2	6,502.15	3.5	0.5	19,506.45
Laguna n°3	7,924.71	3.5	0.5	23,774.13
Total				47,083.5

Tabla 37: Volumen de almacenamiento de balsas

Todas las balsas deberán tener caminos de acceso y un cerramiento perimetral compuesto por valla galvanizada de simple torsión, con postes de perfiles tubulares cada 3 metros con puerta de entrada de las mismas características. En el momento de la instalación de tratamiento, la balsa de lixiviado para gestión de aguas contaminadas procedentes de la planta de compostaje y áreas anexas a implantar deberá conducir sus aguas sucias a esta zona de almacenamiento.

#### 5.1.4.13.5.2 Sistema de tratamiento de lixiviados.

El sistema de tratamiento de los líquidos de lixiviación consiste en un filtrado dinámico por medio de membranas de nanofiltración, seguido de fijación estática con membranas de osmosis inversa más sistema de aireación final. Es modulable, estando instalado un paquete base que posee una capacidad de tratamiento superior a 3 l/sg, siendo ampliable por módulos. Actualmente es insuficiente debido a la cantidad de lixiviado generado causado por la mezcla de aguas de lluvia con el lixiviado es muy superior a esta capacidad. La tecnología de tratamiento analizada se considera óptima en cuanto a las calidades de los vertidos depurados y se requiere de las siguientes actuaciones complementarias:

- Construcción de red Separativa de aguas lluvia y lixiviación.
- Ampliación de módulos según el cronograma planteado en la presente reformulación.
- Construcción de sistema de humectación de residuos para recirculación controlada.

La balsa de almacenamiento de lixiviados no será considerada como sistema de pretratamiento, siendo el tratamiento establecido para la depuración de los lixiviados el sistema actualmente implantado de osmosis inversa.

La red de alcantarillado existente que conduce el lixiviado a la balsa existente se encuentra, en la mayoría de su longitud, inoperativa y con deficiencias de drenaje debido a los sedimentos existentes. Con el objeto de poder drenar los lixiviados generados en aquellos tramos en los que la red de alcantarillado esté inoperativa se ha diseñado un sistema de drenaje de lixiviados y nuevos puntos de bombeo para los lixiviados generados en la Etapa III Norte.

#### 5.1.4.14 Control de Aguas Subterráneas.

La empresa operadora, tomará las medidas oportunas para:

- Controlar el agua de las precipitaciones y evitar que penetre en el vaso del relleno sanitario.
- Impedir que las aguas superficiales o subterráneas entren en contacto con los residuos vertidos.
- Evacuar todas y cada una de las zonas del relleno sanitario que no se encuentran en explotación.
- Recoger y controlar las aguas contaminadas y los lixiviados.
- Tratar las aguas contaminadas y los lixiviados recogidos del relleno sanitario de forma que se evite su vertido, aplicando las técnicas adecuadas para ello.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Para el control de la calidad de las aguas subterráneas, la instalación dispone de, 6 piezómetros, uno ubicado aguas arriba y 5 aguas abajo. Los piezómetros estarán dotados de un sistema de cierre y protección en su parte superior para prevenir la entrada de sólidos o líquidos que puedan alterar la calidad de las aguas subterráneas.

Así mismo y con objeto de garantizar una sencilla localización de los piezómetros se mantendrá un entorno desbrozado. Cada piezómetro estará señalizado y será accesible en condiciones de seguridad a los equipos de muestreo.

En caso de detectarse anomalías en la calidad de las aguas muestreadas, que causan o pudieran causar efectos negativos para su potabilidad o aprovechamiento, se procederá inmediatamente a determinar el origen de dicha afección, aplicando las medidas correctoras que procediesen, las cuales previamente habrán de ser objeto de aprobación por la AAUD .

Si la afección producida a las aguas subterráneas revistiera suficiente alcance como para producir afección a la salud de las personas o de los animales, se alertará a la Autoridad de Aseo de la premura de proceder a la clausura del recurso hídrico afectado, o de la conveniencia de limitar sus usos.

Se procederá en caso de afección de aguas subterráneas, a intensificar las medidas preventivas y correctoras previstas; incluso procediendo a incrementar el espesor de las capas de sellado, reforzando el sistema de drenaje superficial, o procediendo a la clausura de la totalidad de las superficies definitivas del relleno sanitario.

##### *5.1.4.15 Control de Aguas Superficiales.*

Se extremarán las precauciones durante la explotación del relleno sanitario, para evitar que las aguas superficiales entren en contacto con los residuos (depuestos o no), así como con los líquidos de la lixiviación o percolación resultantes de la circulación a través de aquellos.

Se aportará semestralmente a la AAUD un documento técnico que justificará el drenaje de aguas de lluvia de todas y cada una de las áreas que no están siendo objeto de explotación en ese momento. Este documento deberá ser aprobado por la AAUD y en caso de requerirse modificaciones, se realizarán en tiempo y forma.

Las capas de cobertura de sellado y de clausura se ejecutarán dotándolas de pendientes adecuadas para facilitar la evacuación del agua superficial. Semestralmente se presentará un levantamiento topográfico de todas las áreas selladas, indicando el espesor del sellado, la orientación y las pendientes de evacuación de aguas de lluvia.

Para evitar una excesiva circulación de las aguas superficiales y el riesgo de contaminación que ello comporta, además de lo anterior, se aplicarán en cada momento, como mínimo, las medidas preventivas siguientes:

- Formación de cordones de tierra destinados a contener y absorber el agua superficial con idea de evacuarla fuera del área de relleno sanitario.
- Salvo aprobación de la AAUD, no serán recirculados sobre el relleno sanitario líquidos procedentes de áreas externas al relleno sanitario.



#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Formación, si resultase necesario, de zanjas provisionales situadas en el perímetro del área de vertido y de la zona de descarga, a fin de evitar la infiltración del agua contaminada.

Se evitará por todos los medios al alcance, cualquiera que sea la situación, que las aguas contaminadas y los líquidos de lixiviación o percolación, entren en contacto con las aguas limpias, ya sean éstas las evacuadas a través del sistema permanente de drenaje superficial contemplado en el Proyecto de Ampliación del Relleno sanitario y en el Proyecto de Sellado, o las transportadas por los cauces públicos. Se evitará igualmente cualquier forma de infiltración de aguas contaminadas procedentes del relleno sanitario en el terreno no directamente afectado por los vertidos.

#### 5.1.5 Programa de extinción de incendios

La disposición de residuos en relleno sanitarios, trae aparejada la producción de biogás por descomposición anaerobia de la materia vertida. Este gas es inflamable en contacto con el oxígeno y por ello es necesario llevar a cabo medidas de prevención para evitar los riesgos de incendio. En el interior de la masa de residuos se producen una serie de reacciones químicas que pueden ocasionar incendios tanto en superficie como en el propio interior del relleno sanitario.

Los incendios en superficie son los más comunes, ya que es en superficie donde los combustibles y el oxígeno son abundantes. Estos fuegos pueden arder entre la superficie y hasta medio metro bajo tierra. El otro tipo, menos común, es el subterráneo, el cual puede extenderse hasta cerca de los 10 metros de profundidad.

La empresa operadora, establecerá un Programa de Extinción de Incendios en el relleno sanitario en el cual se contemplará la revisión periódica de la reserva de materiales de recubrimiento y los equipos contra incendios. El programa de revisiones se consignará en el Libro de Explotación del relleno sanitario. Se notificará a la AAUD el cumplimiento del programa de revisiones previsto.

##### 5.1.5.1.1 Medidas preventivas contra incendios.

Inexcusablemente, en particular en las épocas de riesgo acentuado de incendio, se prestará una especial atención a la prevención de fuegos en el relleno sanitario.

Las acciones que se, llevarán a cabo para la prevención de incendios en el relleno sanitario son:

##### COBERTURA DIARIA.

La cobertura diaria (15 cm) de los residuos impide que el oxígeno penetre en la masa de residuos y evita escapes de biogás. Se trata por tanto de una medida preventiva contra incendios.

##### RECHAZO DE ACCESO AL RELLENO SANITARIO DE MATERIALES EN ESTADO DE IGNICIÓN.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Como medida de prevención, se rechazará de pleno la recepción en el relleno sanitario de cualquier material residual aportado al mismo que se halle en estado de ignición, o cuya temperatura interior supere en 10°C a la temperatura ambiente.

Así mismo, se rechazará igualmente cualquier residuo que debido a su naturaleza, procedencia, estado de impregnación o cualquier otro motivo, a juicio de la AAUD pudiera entrañar riesgo apreciable de producción o generación de fuegos.

#### FRANJA CORTAFUEGOS.

Entre el área ocupada por los vertidos en proceso de explotación y la masa forestal exterior a la misma se mantendrá permanentemente desbrozada y exenta de vegetación arbustiva, una franja cortafuegos cuya anchura en ningún momento será inferior a los 30 metros. Así mismo se dotará, además del resto de medidas de protección contra incendios exigidas en la legislación vigente, de un depósito de 30 m<sup>3</sup> al menos, y ubicado en las proximidades de la instalación.

#### ACOPIO EN RESERVA DE MATERIAL DE COBERTURA.

Los incendios en relleno sanitarios pueden ser extinguidos mediante el uso de tierras de cobertura que lo que hacen es eliminar el oxígeno y así detener la combustión.

Se dispondrá permanentemente de una reserva de material de cobertura tanto dentro del área en explotación, como en el perímetro del relleno sanitario, para asegurar el apagado inmediato de posibles conatos de incendio que se pudieran producir en el área de vertido.

A tal fin, se procederá al acopio de un cordón de tierras en el perímetro del área de vertido en explotación de 30 metros lineales en el área de vertido, de una altura mínima de 1,5 m y una anchura mínima en la base del acopio de 2 m y de 0,5 m en su coronación.

Dicha zona de reserva estará permanentemente accesible a los vehículos de carga y transporte.

#### EXTINTORES

Se dispondrá de los equipos necesarios de extinción (extintor de espuma, polvo seco, etc.) para atender de forma inmediata cualquier conato de fuego en el relleno sanitario.

#### PROHIBICIÓN DE FUMAR Y HACER FUEGO

Como norma de obligatorio cumplimiento, se establece la prohibición de fumar en el recinto donde se realicen las operaciones de explotación del relleno sanitario, así mismo no podrán encenderse fuegos sobre la superficie del relleno sanitario.

#### CONTROLES DE DESCARGAS DE RESIDUOS

Con el objeto de detectar posibles materiales que supongan focos de ignición. Para ello se realizará un estricto control visual de las descargas.

#### LIMPIEZA GENERAL DEL RELLENO SANITARIO

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

La limpieza general del relleno sanitario evitará la acumulación de papeles y plásticos y contribuirá a la labor de prevención de incendios.

#### COMBUSTIÓN EN EL INTERIOR DE LA MASA DE RESIDUOS

En caso de apreciarse algún indicio de combustión interna en el interior de la masa residual, se procederá inmediatamente a su extinción, si fuere preciso procediendo a la excavación de los residuos y su traslado al exterior para proceder con garantía a su apagado. No se procederá a verter o rellenar el área afectada por un fuego en el de los residuos y su traslado al exterior para proceder con garantía a su apagado.

No se procederá a verter o rellenar el área afectada por un fuego en el relleno sanitario, al menos hasta 7 días después de haberse extinguido o sofocado con tierra.

#### INCENDIOS INCONTROLABLES

En el caso de producirse un incendio incontrolable se pondrá en marcha la evacuación del personal de las instalaciones, conforme al plan de evacuación que la empresa operadora. pondrá a disposición de las instalaciones.

## 5.2 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DE GESTIÓN DE RESIDUOS. INSTALACIONES

### 5.2.1 *Desarrollo de la solución seleccionada para tratamiento de residuos*

La selección de la solución para el tratamiento de los residuos que ingresan en Cerro Patacón desarrollada en el capítulo de análisis de alternativas responde a un tratamiento mecánico biológico y aprovechamiento energético del relleno sanitario mediante desgasificación. La implantación de la instalación de tratamiento se planifica en tres fases con capacidad nominal aproximada de 230.400 Tn/año cada una. La instalación completa de tratamiento es de 6 líneas de 40 Tn/hora cada una. Esta planta de tratamiento tendrá como relleno sanitario para el rechazo los vasos de vertido de Cerro Patacón, con capacidad superior a 20 años con sus correspondientes ampliaciones.

A continuación, se especifican las características principales de esta tipología de instalación.

#### 5.2.1.1 *Características de las Instalaciones de tratamiento.*

El proceso completo de tratamiento mecánico biológico de los residuos se divide en 5 fases, estas fases son equivalentes a los tres módulos consecutivos de implantación:

1. Pesaje y control de entradas. En la entrada de las instalaciones existirá una caseta de control con dos básculas de 60 toneladas conectadas por ordenador al programa de control del proceso. Todos los vehículos que llegan son pesados, tanto a la entrada, como a la salida, con el fin de obtener el peso neto de los productos que transportan.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

**2. Recepción en foso.** Una vez admitidos y pesados, los residuos potencialmente procesables se depositarán en el foso de descarga. Existen 3 fosos, con una capacidad total aproximada de 8.000 m<sup>3</sup>, suficientes para almacenar los residuos que recibe la planta en 48 horas. Mediante dos puentes grúas equipados con pulpo electrohidráulico autónomo, y con capacidad de 6 m<sup>3</sup> cada uno, se alimentan las cuatro líneas de proceso a través de los nuevos alimentadores de cadenas.

**3. Clasificación.** La instalación necesita seis (6) líneas de proceso con una capacidad nominal de 40 Tn/hora. El proceso de clasificación comienza con alimentadores de cadenas que conducen los residuos directamente a otras tantas cintas de triaje primario situadas en el interior de la denominada “cabina de triaje primario”. En esta cabina se separan reciclables como metales, voluminosos, vidrio y cartón. Además, se retira del flujo aquellos residuos voluminosos no reciclables que podrían obstaculizar el normal funcionamiento del posterior proceso de clasificación.

Una vez extraídos los recuperados, el flujo resultante del triaje primario se conduce por la propia cinta de triaje hasta la alimentación de una etapa de cribado mediante trómeles de 80 mm de luz de malla, 2,5 m de diámetro y 12 m de largo.

Los hundidos de los trómeles, constituidos por finos menores de 80 mm, son recogidos de forma independiente en dos cintas transportadoras situadas debajo de los mismos.

Estas dos cintas transportadoras descargan a su vez en otra en la que está situado un separador magnético de tal forma que los finos sin férricos caen y son transportados hasta una cinta reversible que envía el material hasta el conjunto de llenado de contenedores de orgánicos mediante las cintas pivotantes, o directamente a nave de estabilización de materia orgánica.

Los férricos separados caen en una cinta, donde hay situado un puesto de control en negativo en el que se extraen elementos extraños antes de que el producto pase a la prensa de férricos.

**4. Separación.** El rebose de los trómeles anteriores, cae sobre dos cintas transportadoras que los conducen a otros trómeles en serie con los primeros y de doble luz de malla, 200 mm y 350 mm, los cuales generan tres nuevas fracciones:

Fracciones de pasantes mayores de 350 mm que se juntan sobre una única cinta transportadora que entra en la cabina de triaje secundario, y sobre la que se efectúa un triaje manual de plástico film y papel-cartón que caen en sus correspondientes bunkers, situados bajo dicha cabina.

La fracción entre 200 y 350 mm se conduce mediante cinta transportadora a un abrebolsas. En esta cinta, a su paso por la cabina de triaje secundario, se somete a un triaje manual en el que se separan especialmente materiales que pueden obstruir el abrebolsas (resto de voluminosos, textiles de grandes dimensiones, etc.), además de cartonaje y metales de grandes dimensiones. El resto no triado cae en un abrebolsas cuya salida es enviada mediante la cinta transportadora a un separador balístico.

La fracción con tamaños entre 80 y 200 mm se conduce mediante cintas transportadoras directamente a un separador balístico. Cada uno de los dos balísticos, el que recoge la fracción 80-200 mm y el que recibe la fracción 200-350 mm procedente del abrebolsas, produce a su vez tres fracciones:

- Finos: Material menor de 80 mm, el cual puede ser conducido bien a rechazo, previa extracción mediante cinta electromagnética de la fracción férrica, o bien conducirlo para unirse con los finos del trómel de 80 mm, siguiendo el mismo tratamiento que ellos.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Planares: Las dos fracciones de planares de los dos balísticos se juntan en una cinta transportadora en la que se sitúa un sistema alveolar para captación de film. El material no aspirado pasa a otra cinta transportadora que conecta con los pasantes del trómel de doble luz de malla mayores de 350 mm, para someterlos a un triaje manual en cabina de triaje secundario en el que se separa Film, Papel cartón y PEAD a los bunkers situados justamente debajo de la cabina. El material aspirado por el sistema alveolar (film, algo de papel-cartón y otros productos ligeros) se conduce también a cabina de triaje secundario donde se somete a un control de calidad, recuperando en positivo las fracciones de film y papel.
- Rodantes: Los rodantes de los dos balísticos son recogidos en cinta transportadora para ser sometidos a su recuperación automática en diferentes fracciones. En primer lugar se separan los férricos mediante separación magnética. A continuación, se somete el flujo de material a una cascada de separadores ópticos:
  - Separador óptico de plásticos/no plásticos.
  - Separador óptico de PET, quedando como fracción no soplada el PEAD y plástico mezcla.
  - Separador óptico de PEAD, quedando como fracción no soplada el plástico mezcla.
  - Separador óptico de bricks/resto. La fracción no soplada constituida por rodantes no plásticos que caen sobre una cinta aceleradora, que los conduce al separador óptico de brick/resto.
  - Separador inductivo. Este separador recibe la fracción resto de rodantes. En él se recupera el aluminio, quedando una fracción resto.

Tanto los flujos de materiales recuperados, como la fracción resto de rodantes se conducen a la cabina de control de calidad, en la que son inspeccionados cada uno de los flujos para corregir los errores de los equipos automáticos.

Debajo de la cabina de calidad existen unos bunkers con piso móvil, donde se almacenan los materiales recuperados hasta su paso a prensa.

5. Prensado de subproductos. Para la correcta gestión de los subproductos recuperados durante el triaje se dispone de 4 prensas:

- Dos prensas de subproductos que reciben los materiales acopiados en los bunkers de la cabina de control de calidad (PET, PEAD, plásticos mixtos, aluminio y brick) y los recuperados en la cabina de triaje secundario (papel-cartón y film).
- Una prensa de férricos que recibe los metales férricos recuperados mediante los separadores magnéticos en distintas fases del proceso.
- Una prensa en la que se realizan las balas del cartón recuperado en la cabina de primario.

#### 5.2.1.2 Capacidad nominal de las instalaciones.

Para el cálculo de la capacidad nominal de la instalación de Tratamiento Mecánico Biológico se parte de los siguientes parámetros de diseño:

- Número de líneas de tratamiento a implantar: 6.
- Capacidad nominal por línea: 40 Tn/h
- Turnos: 1 turno de 8h.
- Fases de implantación:
  - 2 primeras líneas: Año de finalización estimada 2018

**Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.**

- + 2 líneas: Año de finalización estimada 2021
- + 2 líneas (hasta 6): Año de finalización estimada 2025.

A partir de estos datos se distribuye para los próximos diez años las capacidades nominales de la instalación de tratamiento y del rechazo a relleno sanitario.

Año de explotación	Año de explotación										
	2017	2018	2019	2010	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Año de implantación de instalación de tratamiento		Fase I			Fase II				Fase III		
Residuo en relleno sanitario (Tn/año)	750000	642400	642400	642400	642400	554800	554800	554800	554800	467200	467200

*Tabla 38: Relación año de implantación de la instalación – cantidad de rechazo a relleno sanitario*

**5.2.1.3 Características técnicas de la instalación de tratamiento**

A continuación se presenta un balance de flujos a partir del cual se define las características técnicas para al alternativa seleccionada. Se han analizado estas características para la implantación de la primera fase (capacidad nominal 230.400 Tn/año). Las fases II y III se correlacionan con las mismas necesidades de la fase I puesto que duplican su capacidad modular.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

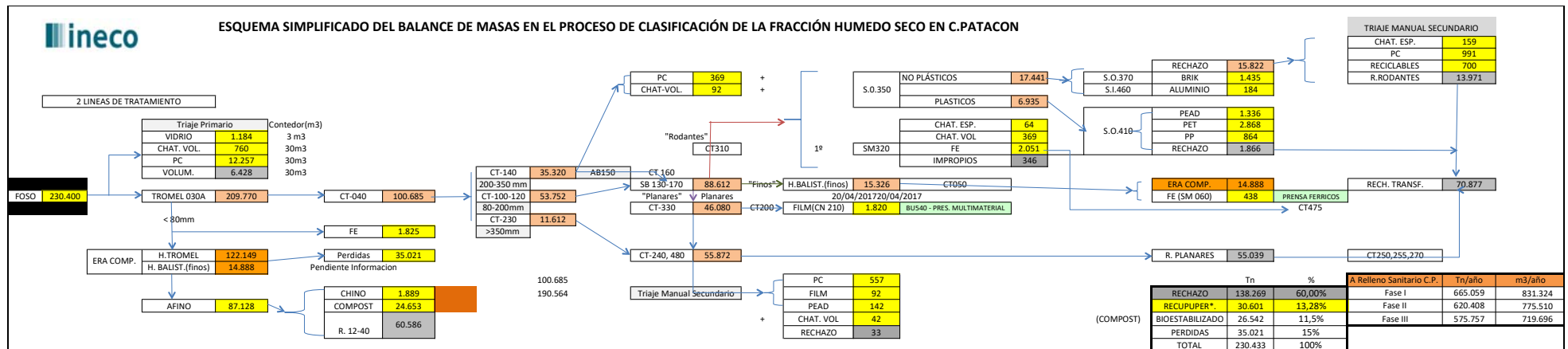


Ilustración 46 Balance de materiales de la instalaciones

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

La implantación de las tres fases corresponde a una capacidad nominal aproximada de 691.200 Tn/año. Esta implantación se irá verificando por fases en función de los ratios de recuperación obtenidos y la capacidad de realizar las inversiones requeridas.

La cantidad de residuo que ingresa al relleno sanitario irá disminuyendo en el tiempo. El relleno sanitario de Cerro Patacón posee una capacidad de almacenamiento suficiente para el periodo de vida útil estimado para la explotación de la planta.

Relleno Sanitario C.P.	Tn/año	m3/año
Fase I	665.059	831.324
Fase II	620.408	775.510
Fase III	575.757	719.696

Tabla 39: Volumen de residuos de rechazo según fases de implantación de la instalación de tratamiento.

A continuación se presentan las características de referencia sobre maquinaria, potencia necesaria y superficie para la implantación de la instalación de tratamiento mecánico biológico correspondiente a la primera fase.

##### 5.2.1.3.1 Maquinaria.

A continuación se relaciona la maquinaria de referencia a instalar que implica la ejecución de la primera fase de la planta de tratamiento (2 líneas).

- PUENTE GRÚA BIRRAIL DE 8 TM Y 8,5 m LUZ
- PULPO ELECTROHIDRÁULICO
- AL-010A ALIMENTADOR PRINCIPAL. LÍNEA A
- AL-010B ALIMENTADOR PRINCIPAL. LÍNEA B
- CAB-015 CABINA DE TRIAJE DE VOLUMINOSOS. LÍNEA A
- CT-020A CINTA DE TRIAJE DE VOLUMINOSOS. LÍNEA A
- CT-020B CINTA DE TRIAJE DE VOLUMINOSOS. LÍNEA B
- TR-030A TROMEL DE CRIBA. LÍNEA A
- TR-030B TROMEL DE CRIBA. LÍNEA B
- CT-040A CINTA DE RECOGIDA DE CRIBADO <80 mm DE TROMEL. LÍNEA A
- CT-040B CINTA DE RECOGIDA DE CRIBADO <80 mm DE TROMEL. LÍNEA B
- CT-050 CINTA TRANSPORTADORA DE ORGÁNICO CAPOTADA Y CON CAPTACIÓN DE OLORES SM-060 SEPARADOR MAGNÉTICO- OVERBAND
- PR-070 PRENSA DE FÉRRICOS
- CT-080 CINTA TRANSPORTADORA DE ORGÁNICO CAPOTADA Y CON CAPTACIÓN DE OLORES
- CT-090 CINTA TRANSPORTADORA DE ORGÁNICO CAPOTADA SUPERIOR E INFERIOR YCAP. OLORES
- CT-100 CINTA DE RECOGIDA DE FRACCIÓN < 200 mm DE TRÓMELES
- CT-120 CINTA DE ALIMENTACIÓN A SEPARADOR BALÍSTICO



- SB-130 SEPARADOR BALÍSTICO
- STT-5000 CON VENTILADORES DE IMPULSIÓN Y CAPA DE EXPANSIÓN
- CT-140 CINTA DE RECOGIDA DE FRACCIÓN <350 mm DE TRÓMELES
- AB-150 ABREBOLSAS
- CT-160 CINTA DE ALIMENTACIÓN A SEPARADOR BALÍSTICO
- SB-170 SEPARADOR BALÍSTICO
- STT-5000 CON VENTILADORES DE IMPULSIÓN Y CAPA DE EXPANSIÓN
- CT-180 CINTA DE RECOGIDA DE FINOS DE BALÍSTICOS
- CT-190 CINTA TRANSPORTADORA DE FINOS DE BALÍSTICOS
- CT-200 CINTA DE RECOGIDA DE PLANARES DE BALÍSTICOS
- CN-210 CAPTACIÓN NEUMÁTICA
- CT-220 CINTA TRANSPORTADORA DE PLANARES DE BALÍSTICOS
- CT-225 CINTA ACELERADORA SEPARADOR ÓPTICO PAPEL/CARTÓN
- CT-226 CINTA COLECTORA PAPEL/CARTÓN DE ÓPTICO
- SO-226 SEPARADOR ÓPTICO-NIR 2800
- CT-227 CINTA DE CONTROL DE CALIDAD PAPEL-CARTÓN
- CT-230 CINTA DE RECOGIDA DE REBOSE DE TRÓMELES
- CT-240 CINTA DE TRIAJE DE REBOSE DE TROMEL Y PLANARES
- CAB-235 CABINA DE TRIAJE Y CONTROL DE CALIDAD
- CT-250 CINTA TRANSPORTADORA DE RECHAZO
- CT-270 CINTA TRANSPORTADORA DE RECHAZO
- CT-280 CINTA REVERSIBLE DE LLENADO DE CONTENEDORES DE RECHAZO
- CT-310 CINTA DE RECOGIDA DE RODANTES DE BALÍSTICOS
- SM-320 SEPARADOR MAGNÉTICO-OVERBAND
- CT-330 CINTA DE ALIMENTACIÓN A SEPARADOR ÓPTICO
- CA-340 CINTA ACELERADORA DE SEPARADOR ÓPTICO PLÁSTICOS/NO PLÁSTICOS
- SO-350 SEPARADOR ÓPTICO-NIR 2000; PLÁSTICOS/NO PLÁSTICOS
- CA-360 CINTA ACELERADORA DE SEPARADOR ÓPTICO PET/BRICK; DOBLE TRACK SO-370 SEPARADOR ÓPTICO-NIR 1400; PET/BRICK
- CT-380 CINTA DE CONTROL DE CALIDAD PET/BRICK
- CT-390 CINTA DE ALIMENTACIÓN DE SEPARADOR ÓPTICO; PEAD/RECIRCULADO
- CA-400 CINTA ACELERADORA DE SEPARADOR ÓPTICO PEAD/RECIRCULADO; DOBLE TRACK
- SO-410 SEPARADOR ÓPTICO-NIR 1400; PEAD/RECIRCULADO
- CT-420 CINTA DE CONTROL DE CALIDAD PEAD/MIX
- CT-430 CINTA DE RECOGIDA DE RECIRCULADO
- CT-440 CINTA TRANSPORTADORA DE RECIRCULADO
- PB-545A PERFORADOR DE BOTELLAS
- PB-545B PERFORADOR DE BOTELLAS
- CT-450 CINTA TRANSPORTADORA DE RECIRCULADO
- SI-460 SEPARADOR DE INDUCCIÓN
- CT-470 CINTA DE ALMACENAMIENTO DE ALUMINIO
- CT-480 CINTA TRANSPORTADORA DE RECHAZO DE RODANTES

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- CT-490 CINTA DE CONTROL DE CALIDAD FILM
- BU-510 BUNKER DE ALMACENAMIENTO
- BU-520 BUNKER DE ALMACENAMIENTO
- BU-530 BUNKER DE ALMACENAMIENTO
- BU-540 BUNKER DE ALMACENAMIENTO
- BU-550 BUNKER DE ALMACENAMIENTO
- BU-560 BUNKER DE ALMACENAMIENTO
- AL-570 ALIMENTADOR DE PRENSA MULTIMATERIAL
- PR-580 PRENSA MULTIMATERIAL AIR INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO
- AIR2 INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

#### 5.2.1.3.2 Potencia eléctrica necesaria.

La potencia total estimada para el funcionamiento de la instalación de la primera fase de la implantación de la instalación de tratamiento es de 760.14 kW repartidos de la siguiente forma:

- 21,124 kW de alumbrado.
- 635,390 kW de maquinaria principal.
- 97.50 kW instalación de fuerza.

### 5.3 PLAN DE ACCION

El plan de acción nos facilita llevar a cabo los fines planteados para la consecución de los objetivos de implantación de una planta de tratamiento mecánico biológico y las actuaciones de reformulación sobre el relleno sanitario de Cerro Patacón. Este plan de acción permite organizar y orientar estratégicamente las acciones necesarias, los procesos y recursos disponibles hacia el logro de estos objetivos.

#### 5.3.1 Fases del plan de acción

Las fases del plan de acción son las siguientes:

**Fase I:** Actuaciones de control de lixiviación en Etapa I, II y III Norte del relleno sanitario.

Consistirá en la ejecución las siguientes actuaciones:

- Zanjas sobre los residuos de dimensiones medias de 0,5 x 0,5 metros.
- Colocación de material filtrante en zanja.
- Colocación de tubo dren.
- Colocación de geotextil.
- Extendido y compactación de cobertura.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Necesidades de maquinaria y recursos humanos:
  - Retroexcavadora, camión de transporte de materiales a tajo de obra.
  - Geotextil, Tubo dren, Grava.
  - Operario: Especializado. Mínimo 2 peones, encargado y maquinista.

**Fase II:** Actuaciones de sellado de superficies en Etapa I, II y III Norte.

Consistirá en la ejecución las siguientes actuaciones:

- Sellado y reperfilado de superficie
- Extendido y compactación de cobertura.
- Necesidades de maquinaria y recursos humanos:
  - Retroexcavadora, compactador, camión de transporte de materiales a tajo de obra.
  - Operario: Especializado. Mínimo 2 peones, encargado y maquinista.

**Fase III:** Actuaciones de drenaje de aguas de lluvia en Etapa I, II y III Norte.

Consistirá en la ejecución las siguientes actuaciones:

- Apertura de cuneta sobre material de cobertura.
- Hormigonado.
- Colocación de registros o arquetas de dirección.
- Colocación de bajantes o tubos de conducción.
- Extendido y compactación de material de cobertura.
- Necesidades de maquinaria y recursos humanos:
  - Retroexcavadora, compactador, camión de transporte de materiales a tajo de obra.
  - Operario: Especializado. Mínimo 2 peones, encargado y maquinista.

**Fase IV:** Actuaciones de estabilización de taludes.

Consistirá en la ejecución las siguientes actuaciones:

- Colocación de geomallas.
- Hidrosiembra.
- Necesidades de maquinaria y recursos humanos:
  - Camión de transporte de materiales a tajo de obra.
  - Operario: Especializado. Mínimo 2 peones, encargado y maquinista.

**Fase V:** Actuaciones de remodelación de accesos al relleno sanitario.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Consistirá en la ejecución las siguientes actuaciones:

- Excavación, transporte, compactación y reperfilado de material de excavación sobre caminos.
- Conformación de pendientes de evacuación de aguas.
- Necesidades de maquinaria y recursos humanos:
  - Camión de transporte de materiales a tajo de obra.
  - Operario: Especializado. Mínimo 2 peones, encargado y maquinista.

**Fase VI:** Actuaciones de construcción e implementación de instalaciones de tratamiento de residuos mecánico biológico. El plan de trabajo responderá a los siguientes capítulos y cronograma:

- Obra civil
- Instalación Eléctrica
- Automatización Industrial
- Instalación de Control Televisión y Comunicación
- Periodo de puesta en Marcha: Tres meses.

Capítulo	Mes														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Obra Civil	█														
Maquinaria										█					
Instalación eléctrica			█	█							█	█	█		
Automatización Industrial												█	█	█	
Instalación de Control y Tv												█	█		
Instalación Incendios							█	█			█	█			
Seguridad y Salud	█														
Gestión de Residuos	█														
Control de Calidad														█	
Dirección de Obras	█														

Tabla 40: Volumen de residuos de rechazo según fases de implantación de la instalación de tratamiento.

### 5.4 CRONOGRAMA

A continuación se presenta el cronograma sobre las actuaciones tanto en las ampliaciones del relleno sanitario como en las actuaciones en la planta de tratamiento mecánico biológica. Se facilita ilustración de distribución sobre ampliaciones y localización de las instalaciones de tratamiento.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Cronograma de actuaciones de ampliación	Áreas de relleno	1 mes	2 mes	3 mes	Vida Util > 20 años
Tras de acondicionamiento de la Etapa III Norte. Zona Solá	A1a	Construcción de Solape	Vertido de residuos		
Vaso Etapa I	A1b				
	A2				
Zona Vaso de Etapa III Norte	A3	Vertido de Residuos			
	A4				
	Plataforma actual				
Zona de ampliación ETAPA III Norte.	Vaso III Norte				Construcción del Vaso
Zona de ampliación ETAPA III SUR.	Vaso III Sur (A)	Finalizar Construcción	Vertido de Residuos		Vertido de residuos
	Vaso III Sur (B)			Construcción del Vaso	Vertido de Residuos
Zona de ampliación Canteras	Vaso Canteras				Construcción del vaso
Zona de ampliación Canteras - Etapa I.	Vaso Canteras Etapa I				Vertido de residuos

Tabla 41: Cronograma de reformulación del relleno sanitario.

ACTUACIONES	MESES						AÑOS									
	2	4	6	8	10	12	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
<b>RELLENO SANITARIO</b>																
<b>ETAPA I</b>																
Construcción del sistema de drenaje de Lixiviados																
Sellado de la superficie																
Construcción de sistema de cunetas provisionales																
<b>ETAPA II</b>																
Construcción del sistema de drenaje de Lixiviados																
Sellado de la superficie																
Construcción de sistema de cunetas provisionales																
<b>ETAPA III</b>																
Construcción del sistema de drenaje de Lixiviados																
Sellado de la superficie																
Construcción de sistema de cunetas provisionales																
<b>PTMB</b>																
FASE I: Construcción Instalación PTMB (230,400 Tn/año)																
Puesta en Marcha																
FASE II: Construcción Instalación PTMB (230,400 Tn/año)																
Puesta en Marcha																
FASE II: Construcción Instalación PTMB (230,400 Tn/año)																
Puesta en Marcha																

Tabla 42: Cronograma de actuaciones planta TMB y reformulación en relleno sanitario.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.



Ilustración 47 Ampliaciones de nuevos vasos. Programa de necesidades

## 5.5 PROGRAMA DE NECESIDADES

### 5.5.1 Necesidades sobre el estado operacional del relleno sanitario.

A continuación se señalan las necesidades de actuación por zonas en base al diagnóstico realizado. Se indica una cronología óptima para la implantación de la instalación de tratamiento de residuos seleccionada. La solución de estas necesidades se encuentra desarrollada en los puntos anteriores con los diferentes programas de actuación.

- *Plan n°1:* Acción en Operación (P.A.O.)
- *Plan n°2:* Optimización del manejo de lixiviados (P.O.L.)
- *Plan n°3:* Optimización del manejo del biogás. (P.O.B.).
- *Plan n°4:* Optimización de estabilidad (P.O.E.)

CONTROL DE LIXIVIADOS	MESES											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
<b>ETAPA I</b>												
Construcción del sistema de drenaje de Lixiviados												
Sellado de la superficie												
Construcción de sistema de cunetas provisionales												
Q Lixiviado (l/sg)	10,64		2,13					0,64				0,03
Q Acumulado (m³)	23.923		4.785					1.435,36				71,77
<b>ETAPA II</b>												
Construcción del sistema de drenaje de Lixiviados												
Sellado de la superficie												
Construcción de sistema de cunetas provisionales												
Q Lixiviado (l/sg)	9,52		1,90					0,57				0,03
Q Acumulado (m³)	21.748		4.350					1.304,92				65,25
<b>ETAPA III</b>												
Construcción del sistema de drenaje de Lixiviados												
Sellado de la superficie												
Construcción de sistema de cunetas provisionales												
Q Lixiviado (l/sg)	5,97		1,19					0,36				0,02
Q Acumulado (m³)	14.856		2.971					891,35				44,57
<b>OPERACIÓN CON CELDA DE DISEÑO</b>												
Q Lixiviado (l/sg)	1,10		1,10					1,10				1,10
Q Acumulado (m³)	5,412		5,412					5,412				5,412
Deficit de Tratamiento (m³)	- 43,288		- 4,310					- 1,248				2,247
Riesgo de contaminación	ALTO											
Q tratamiento de la planta cada 2 meses	7796		3898									
Ampliación de n° Módulos de la Planta			1									
Gestión Alternativa para el déficit			Recirculación mediante bombeo a la red de humectación del residuo									

Tabla 43: Necesidades estado operacional del relleno sanitario.

Se observa que las obras de acondicionamiento de cada una de las etapas debieran comenzar próximamente con el objeto de poder regularizar el déficit de gestión de lixiviados en un plazo máximo de 6 meses.

## Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

### 5.5.2 Necesidades sobre el estado operacional del relleno sanitario.

La localización del sistema de tratamiento de recuperación, reciclaje y valoración de residuos sólidos esta prevista en el área Sureste, zona donde actualmente se encuentran la áreas de segregación, habiendo superficie suficiente para la colocación de esta instalación, tanto en la fase I, II y III.



*Ilustración 48: Localización Instalaciones de tratamiento*

A continuación se muestra una ilustración en la que se puede observar la distribución de áreas contenida en una planta de similares características (365,000 Tn/año) a la implantar en Cerro Patacón



Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.



Ilustración 49 Distribución de áreas en la Planta de Tratamiento.



Ilustración 50 Instalaciones en el área de separación de materiales.

### 5.5.3 Necesidades de explotación.

Las necesidades en explotación para una carga nominal de entrada en la planta de tratamiento para una carga nominal de entrada de 200.000 Tn/año (Fase I) debe cumplir con los siguientes capítulos:

#### OBRA CIVIL

- Ejecución de explanada con pavimento de hormigón para situar nave de alimentación y tratamiento de R.S.U.
- Ampliación de viales para dotar de una zona de maniobra de camiones y aparcamientos de contenedores.
- Nave de alimentación con una superficie aproximada de 60 x 10 m y foso de 7 m de profundidad, diseñada con elementos de hormigón armado prefabricado.
- Nave de tratamiento con una superficie aproximada de 60 x 42 m, diseñada con elementos de hormigón armado prefabricado.

#### EQUIPAMIENTO

- Línea de tratamiento automatizada de residuos para una capacidad nominal de 80 t\h.
- Zona de transferencia para evacuación de rechazos.
- Edificio de control y recepción de visitas.
- Aparcamiento para 10 contenedores.

#### INSTALACIONES AUXILIARES

- Instalación eléctrica: Línea Subterránea de Media Tensión, Centro de Transformación mínimo de 1,000 kVA, Instalación en Baja Tensión y Alumbrado.
- Sistema de Automatización y Control para comando de los equipos instalados.
- Instalación de protección contra incendios
- Sistema de evacuación de pluviales y lixiviados.
- Instalación de Seguridad y Vigilancia.

### 5.5.4 Necesidades de recursos humanos.

El Organigrama y dimensionamiento de los recursos humanos necesarios para la explotación conforma la solución seleccionada en sus Fase I y II, (capacidad de tratamiento entre 400.000 y 700.000 Tn/año) es el siguiente:

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Recursos Humanos
Gerente
Jefe de Planta
Jefe de Producción
Jefe de Mantenimiento
Jefe de Administración
Jefe de contabilidad y ventas
Técnico de RR.HH. Y S.S.
Técnico de Calidad
Administración
Administración
Encargado de producción
Encargado de mantenimiento
Capataz-almacén
Ayte Encargado
Cabina Triage 1º
Cabina Triage 2º
Cabina Control calidad
Calidad Férricos
Pulpistas
Manitú
Palista
Prensistas
Limpieza inst.
Limpiez equ. (nocturno)
Mantenimiento (diurno)
Mantenimiento (nocturno)
Conductores Selección
Cond. Volteadora
Palista Afino
Conductores Afino
Basculista
Operador lixiviados
Jardinero
Serv. Varios
Mecánicos
Peón-Obras
Capataz-Obras
Peones
Conductores

Tabla 44: Recursos humanos de planta de tratamiento.

### 5.5.5 Necesidades de superficie.

La superficie necesaria para la implantación de cada una de las fases de la instalación de tratamiento será la siguiente:

Planta de Tratamiento	Superficie estimada (m2)
Fase I	15,000
Fase II	8,000
Fase III	8,000
Total Estimado	31,000

Tabla 45: Superficie necesaria para implantación de Instalación de tratamiento.

## 6 VALORACIÓN ECONÓMICA INVERSIONES EN EL RELLENO SANITARIO.

La actuaciones previstas en este documento de reformulación se han de acometer de acuerdo al siguiente plan de inversiones, que recoge por un lado las acciones más urgentes tendentes a reconducir y reordenar el relleno sanitario y por otro las instalaciones necesarias para una gestión de los residuos de acuerdo al PNGIR y el modelo de gestión desarrollado.

La inversión prevista para el periodo de vigencia de las instalaciones se estima en **B/.97,552,935.68**. Dicha inversión se ejecuta a lo largo del tiempo en base al siguiente plan de inversiones.

### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Plan Inversiones Relleno Sanitario Cerro Patacón (2017-2037)		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
<b>DATOS GENERALES</b>								
IPC (%)		1.1	1.8	1.9	1.7	1.625	1.625	1.7
Vida útil maquinaria explotación	12							
Vida útil instalaciones fijas	20							
<b>REFORMULACIÓN</b>								
Inversiones en reformulación relleno sanitario. Acciones urgentes.		B/. 1,631,510.00						
<b>Total Inversión Reformulación</b>		<b>B/. 1,631,510.00</b>						
<b>CENTRO DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN</b>								
inversiones en terrenos y obra civil		B/. 54,902,448.00						
inversiones en instalaciones de tratamiento		B/. 17,927,101.44				B/. 2,398,310.04		
inversiones en maquinaria de explotación		B/. 10,588,579.20						
<b>Total inversión en centros de tratamiento y eliminación</b>		<b>B/. 83,418,128.64</b>				<b>B/. 2,398,310.04</b>		
<b>TOTAL PLAN DE INVERSIONES CERRO PATACÓN</b>	<b>B/. 97,552,935.68</b>	<b>B/. 85,049,638.64</b>	<b>B/. -</b>	<b>B/. -</b>	<b>B/. -</b>	<b>B/. 2,398,310.04</b>	<b>B/. -</b>	<b>B/. -</b>

Plan Inversiones Relleno Sanitario Cerro Patacón (2017-2037)		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
		Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
<b>DATOS GENERALES</b>								
IPC (%)		1.8	1.9	2	2	2.1	2.1	2.2
Vida útil maquinaria explotación	12						inv	
Vida útil instalaciones fijas	20							
<b>REFORMULACIÓN</b>								
Inversiones en reformulación relleno sanitario. Acciones urgentes.								
<b>Total Inversión Reformulación</b>								
<b>CENTRO DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN</b>								
inversiones en terrenos y obra civil								
inversiones en instalaciones de tratamiento			B/. 2,555,732.40					
inversiones en maquinaria de explotación							B/. 7,549,254.60	
<b>Total inversión en centros de tratamiento y eliminación</b>			<b>B/. 2,555,732.40</b>				<b>B/. 7,549,254.60</b>	
<b>TOTAL PLAN DE INVERSIONES CERRO PATACÓN</b>	<b>B/. 97,552,935.68</b>		<b>B/. 2,555,732.40</b>				<b>B/. 7,549,254.60</b>	

Plan Inversiones Relleno Sanitario Cerro Patacón (2017-2037)		2031	2032	2033	2034	2035	2036
		Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
<b>DATOS GENERALES</b>							
IPC (%)		2.3	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5
Vida útil maquinaria explotación	12						
Vida útil instalaciones fijas	20						
<b>REFORMULACIÓN</b>							
Inversiones en reformulación relleno sanitario. Acciones urgentes.							
<b>Total Inversión Reformulación</b>							
<b>CENTRO DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN</b>							
inversiones en terrenos y obra civil							
inversiones en instalaciones de tratamiento							
inversiones en maquinaria de explotación							
<b>Total inversión en centros de tratamiento y eliminación</b>							
<b>TOTAL PLAN DE INVERSIONES CERRO PATACÓN</b>	<b>B/. 97,552,935.68</b>						

Tabla 46: Plan de inversiones para el relleno sanitario de Cerro Patacón.

## 6.1 VALORACIÓN ECONÓMICA ACCIONES URGENTES DEL RELLENO SANITARIO

A continuación, se presenta la valoración económica de las acciones prioritarias y pertenecientes al plan de actuaciones en el RSCP para revertir la situación originada por la explotación actual y hacer posible la implantación posterior de la planta de tratamiento mecánico biológico seleccionada por fases.

### 6.1.1 Vaso Etapa I

#### 6.1.1.1 Cuadro de precios 1 y 2

#### CAPÍTULO V.02 TRABAJOS PREVIOS

<b>G02N021</b>	<b>m2 SUPERFICIE DESBROZADA i/ ARRANQUE DE CEPAS, ARBUSTOS, CARGA, TRA</b> Superficie desbrozada, incluyendo arranque de cepas, arbustos, carga, transporte de material a cualquier distancia si fuera necesario y gestión de RCD's.  CERO con VEINTITRES CÉNTIMOS	<b>0.23</b>
----------------	---	-------------

#### CAPÍTULO V.03 EXCAVACIÓN, COMPACTACIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS

<b>G03N011</b>	<b>m3 EXCAVACIÓN CON MEDIOS MECÁNICOS, SIN EXPLOSIVOS i/ CARGA EN VEH</b> Excavación con medios mecánicos, sin explosivos, incluyendo carga en vehículo de transporte y transporte hasta una distancia máxima de 30 km.  DOS con DIEZ CÉNTIMOS	<b>2.10</b>
----------------	---	-------------

#### CAPÍTULO V1.06.1 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, CAMINOS DE ACCESO Y BERMAS

<b>G03N023</b>	<b>m2 EXPLANADO/REFINADO/NIVELADO TERRENO A MÁQUINA</b> Explanación, refino y nivelación de terrenos, por medios mecánicos, en terrenos limpiados superficialmente con máquinas. Incluyendo medios auxiliares.  UNA con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS	<b>1.73</b>
----------------	--	-------------

#### CAPÍTULO V1.06.2 CAPA DE SELLADO Y COBERTURA

<b>G03N044</b>	<b>m3 ARCILLAS CON MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERA (PERM.&lt;- 10<sup>-7</sup> m/s)</b> ARCILLAS CON MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERA (PERMEABILIDAD <- 10 <sup>-7</sup> m/s) i/ EXCAVACIÓN, SUMINISTRO DE MATERIAL, EXTENDIDO, HUMIDIFICACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL MATERIAL, NIVELACIÓN Y ACABADO DE LA SUPERFICIE, EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE COMPROBACIÓN DE PERMEABILIDAD Y CUANTOS MEDIOS AUXILIARES SEAN NECESARIOS  DIECINUEVE con CINCUENTA CÉNTIMOS	<b>19.50</b>
<b>G06N0221</b>	<b>m2 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN GEOMALLA 250/80 KN/m</b> Suministro y colocación de Geomalla 250/80 con resistencia a tracción longitudinal 250 KN/m y resistencia a tracción transversal 80 KN/m, ejecutado de forma escalonada ascendente, extendiendo capas de hasta 60 cm en terreno compactado en terreno compactado al 95% de Proctor modificado, y láminas sintéticas solapadas 30 cm en el sentido paralelo al talud. No se incluyen elementos de drenaje ni protección superficial del talud.  TRES con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS	<b>3.43</b>

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

**CAPÍTULO V.05 CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES**

<b>G05N012</b>	<b>m3 HORMIGÓN EN MASA HM-20 EN FORMACIÓN DE CUNETETA i/ ENCOFRADO, FRAT</b>	<b>141.86</b>
	Hormigón en masa HM-20 en formación de cunetas i/ encofrado, fratasado, acabados y juntas. CIENTO CUARENTA Y UNA con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS	
<b>G03N013</b>	<b>m3 EXCAVACIÓN EN FORMACIÓN DE CUNETETA POR MEDIOS MECÁNICOS i/ ENTIBA</b>	<b>11.08</b>
	Excavación en formación de cuneta por medios mecánicos incluyendo entibación, carga y transporte a vertedero o al lugar de utilización dentro de la obra sea cual sea la distancia. ONCE con OCHO CÉNTIMOS	
<b>G05N011</b>	<b>ud ARQUETA RECOGIDA AGUA 100x100x100 cm</b>	<b>193.55</b>
	Arqueta de recogida de agua procedentes de cunetas y que permite su transición a tubería para su desagüe. De 100x100x100 cm de medidas interiores, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1 pie, recibido con mortero de cemento M-5, sobre solera de hormigón HA-25/P/40/I de 20 cm de espesor, ligeramente armada con mallazo; enfoscada y bruñida por el interior, con mortero de cemento CSIV-W2 redondeando ángulos; con sifón formado por un codo de 87,5º de PVC largo, con tapa de hormigón armado, y con p.p. de medios auxiliares, sin excavación ni relleno posterior. CIENTO NOVENTA Y TRES con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS	
<b>G05N0131</b>	<b>m TUBERÍA DE PVC 250 MM BAJANTE</b>	<b>26.11</b>
	Suministro e instalación de tubería lisa de PCV de 250 mm de diámetro para bajante de agua de escorrentía de lluvia en bermas y taludes, colocada y nivelada, completamente montada y conexionada, incluso pruebas de estanqueidad. VEINTISEIS con ONCE CÉNTIMOS	

**CAPÍTULO V.04.2 CONTROL DE LIXIVIADOS**

<b>G03N043</b>	<b>m3 RELLENO LOCALIZADO EN ZANJAS CON MATERIAL FILTRANTE PARA CAPTACI</b>	<b>15.24</b>
	Relleno localizado en zanjas de captación de lixiviados con material filtrante procedente de préstamos y/o cantera incluyendo canon de préstamos o cantera, carga y transporte al lugar de empleo, extendido, humectación, compactación por tongadas y terminación y refinado de la superficie de la coronación en caso necesario. Tamaño 60 – 90 mm. QUINCE con VEINTICUATRO CÉNTIMOS	
<b>G03N012</b>	<b>m3 EXCAVACIÓN EN ZANJAS POR MEDIOS MECÁNICOS PARA CAPTACIÓN DE LIXIVIADO</b>	<b>8.91</b>
	Excavación en zanjas por medios mecánicos para captación de lixiviados, hasta una profundidad de 4 m, incluyendo entibación si fuera necesaria, carga y transporte a vertedero o al lugar de utilización dentro de la obra sea cual sea la distancia. OCHO con NOVENTA Y UN CÉNTIMOS	
<b>G05N011</b>	<b>ud ARQUETA RECOGIDA AGUA 100x100x100 cm</b>	<b>193.55</b>
	Arqueta de recogida de agua procedentes de cunetas y que permite su transición a tubería para su desagüe. De 100x100x100 cm de medidas interiores, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1 pie, recibido con mortero de cemento M-5, sobre solera de hormigón HA-25/P/40/I de 20 cm de espesor, ligeramente armada con mallazo; enfoscada y bruñida por el interior, con mortero de cemento CSIV-W2 redondeando ángulos; con sifón formado por un codo de 87,5º de PVC	

**Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.**

largo, con tapa de hormigón armado, y con p.p. de medios auxiliares, sin excavación ni relleno posterior.

CIENTO NOVENTA Y TRES con CINCUENTA Y CINCO  
CÉNTIMOS

**G04N0231**      **m**      **TUBO PVC Ø 150 mm RANURADO**      **1.68**  
Suministro y colocación de Tubo de PVC de diámetro 150 mm ranurado colocada e instalada entre material drenate

UNA con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

**G06N021**      **m2**      **SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE Geotextil no tejido, con resistencia**      **2.90**  
Suministro y colocación de geotextil no tejido tipo 1 como separador formado 100% por fibras de polipropileno virgen unidas mecánicamente por un proceso de agujado con una posterior termofusión que cumpla con las siguientes propiedades físicas: resistencia a la tracción longitudinal desde 8,0 kN/m hasta 11,8 kN/m, resistencia a la tracción transversal desde 10,1 kN/m hasta 12,0 kN/m, elongación longitudinal en rotura desde 50% hasta 55%, elongación transversal en rotura desde 55% hasta 60%, punzonamiento estático (CBR) desde 1560 N hasta 1960 N, perforación dinámica (caída cono) desde 24 mm hasta 19 mm y permeabilidad perpendicular al plano entre sesenta y uno y cincuenta y seis litros por metro cuadrado por segundo (61 y 56 l/m<sup>2</sup>/s).  
DOS con NOVENTA CÉNTIMOS

**CAPÍTULO V.08 REVEGETACIÓN**

**G08N012**      **m2**      **SUPERFICIE TRATADA CON HIDROSIEMBRA**      **0.72**  
HIDROSIEMBRA DE CAPA HERBÁCEA (LEGUMINOSAS) EN DOS PASADAS CON ESPECIES ADAPTADAS AGROCLIMÁTICAMENTE A LA ZONA i/ EL SUMINISTRO DE TODOS LOS COMPONENTES NECESARIOS, SEMILLAS, MULCH O ACOLCHADO, ESTABILIZANTE, BIOACTIVADOR, FERTILIZANTES, RIEGOS DE ARRAIGO, ASÍ COMO EL MANTENIMIENTO NECESARIO HASTA LA RECEPCIÓN DE LA OBRA  
CERO con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

**G08N013**      **m2**      **RIEGO PARA ASENTAMIENTO DE SIEMBRA**      **0.22**  
RIEGO PARA ASENTAMIENTO DE SIEMBRA POR METRO CUADRADO  
CERO con VEINTIDOS CÉNTIMOS

**CAPÍTULO V1.10.1 VALLADO Y PUERTA DE ACCESO**

**G10N012**      **m**      **CERRAMIENTO DE MALLA METÁLICA DE SIMPLE TORSIÓN Y PROTECCIÓN ENT**      **13.83**  
Cerramiento realmente construido con malla de alambre reforzado de simple torsión y postes galvanizados, de mínimo 2.80 m de altura y rematado con alambre de espino en la parte superior y protección enterrada frente a lagomorfos. Según Decreto Ejecutivo N° 275 de 21 de julio del año 2004.  
TRECE con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS

**G10N013**      **ud**      **PUERTA MANUAL DE ACCESO PARA VEHÍCULOS DE 3.60 m X 5.00 m ANTIIN**      **187.53**  
PUERTA MANUAL DE ACCESO PARA VEHÍCULOS DE 3.60 m X 5.00 m PARA VALLADO ANTIINTRUSIÓN  
CIENTO OCHENTA Y SIETE con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS



6.1.1.2 Medición y presupuesto Etapa I

**CAPÍTULO V.02 TRABAJOS PREVIOS**

**G02N021 m2 SUPERFICIE DESBROZADA i/ ARRANQUE DE CEPAS, ARBUSTOS, CARGA, TRA**

Superficie desbrozada, incluyendo arranque de cepas, arbustos, carga, transporte de material a cualquier distancia si fuera necesario y gestión de RCD's.  
Desbroce

1	1,248.00	5.00	6,240.00
---	----------	------	----------

6,240.00

**CAPÍTULO V.03 EXCAVACIÓN, COMPACTACIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS**

**G03N011 m3 EXCAVACIÓN CON MEDIOS MECÁNICOS, SIN EXPLOSIVOS i/ CARGA EN VEH**

Excavación con medios mecánicos, sin explosivos, incluyendo carga en vehículo de transporte y transporte hasta una distancia máxima de 30 km.

Excavación Cuneta Balsa Lodos	1	300.00	0.50	0.50	75.00
Desmonte material de cobertura	1	168,185.00	0.25		42,046.25

42,121.25

**CAPÍTULO V1.06.1 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, CAMINOS DE ACCESO Y BERMAS**

**G03N023 m2 EXPLANADO/REFINADO/NIVELADO TERRENO A MÁQUINA**

Explanación, refino y nivelación de terrenos, por medios mecánicos, en terrenos limpiados superficialmente con máquinas. Incluyendo medios auxiliares.

Berma 1	1	1.330.00	5.00	0.10	665.00
Berma 2	1	122.00	5.00	0.10	61.00
Acceso Plataforma	1	408.00	5.00	0.10	204.00

930.00

**CAPÍTULO V1.06.2 CAPA DE SELLADO Y COBERTURA**

**G03N044 m3 ARCILLAS CON MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERA (PERM.<- 10-7 m/s)**

ARCILLAS CON MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERA (PERMEABILIDAD<- 10-7 m/s)  
i/ EXCAVACIÓN, SUMINISTRO DE MATERIAL, EXTENDIDO, HUMIDIFICACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL MATERIAL, NIVELACIÓN Y ACABADO DE LA SUPERFICIE, EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE COMPROBACIÓN DE PERMEABILIDAD Y CUANTOS MEDIOS AUXILIARES SEAN NECESARIOS

Sellado Plataforma	1	22.162.00	0.25		5,540.50
Sellado Talud Sur Superior	1	19,658.00	0.15		2,948.70
Sellado Talud Este Superior	1	15,647.00	0.15		2,347.05
Sellado Talud Este Inferior	1	16,548.00	0.15		2,482.20
Sellado Talud Oeste Superior	1	17,589.00	0.15		2,638.35

15,956.80

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

**G06N0221 m2 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN GEOMALLA 250/80 KN/m**

Suministro y colocación de Geomalla 250/80 con resistencia a tracción longitudinal 250 KN/m y resistencia a tracción transversal 80 KN/m, ejecutado de forma escalonada ascendente, extendiendo capas de hasta 60 cm en terreno compactado en terreno compactado al 95% de Proctor modificado, y láminas sintéticas solapadas 30 cm en el sentido paralelo al talud. No se incluyen elementos de drenaje ni protección superficial del talud.

Talud Sur Inferior T7	1	5,789.00		5,789.00
Talud Norte Inerior T6	1	5,589.00		5,589.00

11,378.00

**CAPÍTULO V.05 CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES**

**G05N012 m3 HORMIGÓN EN MASA HM-20 EN FORMACIÓN DE CUNETETA i/ ENCOFRADO, FRAT**

Hormigón en masa HM-20 en formación de cunetas i/ encofrado, fratasado, acabados y juntas.

Cuneta Tipo II	1	1,190.00	2.87	0.12	409.84
----------------	---	----------	------	------	--------

409.84

**G03N013 m3 EXCAVACIÓN EN FORMACIÓN DE CUNETETA POR MEDIOS MECÁNICOS i/ ENTIBA**

Excavación en formación de cuneta por medios mecánicos incluyendo entibación, carga y transporte a vertedero o al lugar de utilización dentro de la obra sea cual sea la distancia.

Cuneta Tipo I	1	1,248.00	2.17		2,708.16
---------------	---	----------	------	--	----------

2,708.16

**G05N011 ud ARQUETA RECOGIDA AGUA 100x100x100 cm**

Arqueta de recogida de agua procedentes de cunetas y que permite su transición a tubería para su desagüe. De 100x100x100 cm de medidas interiores, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1 pie, recibido con mortero de cemento M-5, sobre solera de hormigón HA-25/P/40/I de 20 cm de espesor, ligeramente armada con mallazo; enfoscada y bruñida por el interior, con mortero de cemento CSIV-W2 redondeando ángulos; con sifón formado por un codo de 87,5º de PVC largo, con tapa de hormigón armado, y con p.p. de medios auxiliares, sin excavación ni relleno posterior.

Arquetas Pluviales	11				11.00
--------------------	----	--	--	--	-------

11.00

**G05N0131 m TUBERÍA DE PVC 250 MM BAJANTE**

Suministro e instalación de tubería lisa de PCV de 250 mm de diámetro para bajante de agua de escorrentía de lluvia en bermas y taludes, colocada y nivelada, completamente montada y conexionada, incluso pruebas de estanqueidad.

Tubo 250		253.00			253.00
----------	--	--------	--	--	--------

253.00

**CAPÍTULO V.04.2 CONTROL DE LIXIVIADOS**

<b>G03N043</b>	<b>m3</b>	<b>RELLENO LOCALIZADO EN ZANJAS CON MATERIAL FILTRANTE PARA CAPTACI</b>					
		Relleno localizado en zanjas de captación de lixiviados con material filtrante procedente de préstamos y/o cantera incluyendo canon de préstamos o cantera, carga y transporte al lugar de empleo, extendido, humectación, compactación por tongadas y terminación y refinado de la superficie de la coronación en caso necesario.					
		Drenes de control	1	1,078.00	0.50	0.50	269.50
							269.50
<b>G03N012</b>	<b>m3</b>	<b>EXCAVACIÓN EN ZANJAS POR MEDIOS MECÁNICOS PARA CAPTACIÓN DE LIXI</b>					
		Excavación en zanjas por medios mecánicos para captación de lixiviados, hasta una profundidad de 4 m, incluyendo entibación si fuera necesaria, carga y transporte a vertedero o al lugar de utilización dentro de la obra sea cual sea la distancia.					
		Drenes de control	1	1,078.00	0.50	0.50	269.50
							269.50
<b>G05N011</b>	<b>ud</b>	<b>ARQUETA RECOGIDA AGUA 100x100x100 cm</b>					
		Arqueta de recogida de agua procedentes de cunetas y que permite su transición a tubería para su desagüe. De 100x100x100 cm de medidas interiores, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1 pie, recibido con mortero de cemento M-5, sobre solera de hormigón HA-25/P/40/l de 20 cm de espesor, ligeramente armada con mallazo; enfoscada y bruñida por el interior, con mortero de cemento CSIV-W2 redondeando ángulos; con sifón formado por un codo de 87,5º de PVC largo, con tapa de hormigón armado, y con p.p. de medios auxiliares, sin excavación ni relleno posterior.					
		Arquetas Lixiviados	26				26.00
							26.00
<b>G04N0231</b>	<b>m</b>	<b>TUBO PVC Ø 150 mm RANURADO</b>					
		Suministro y colocación de Tubo de PVC de diámetro 150 mm ranurado colocada e instalada entre material drenate					
		Tubo ranurado dren	1	700.00			700.00
							700.00
<b>G06N021</b>	<b>m2</b>	<b>SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE Geotextil no tejido, con resistencia</b>					
		Suministro y colocación de geotextil no tejido tipo 1 como separador formado 100% por fibras de polipropileno virgen unidas mecánicamente por un proceso de agujado con una posterior termofusión que cumpla con las siguientes propiedades físicas: resistencia a la tracción longitudinal desde 8,0 kN/m hasta 11,8 kN/m, resistencia a la tracción transversal desde 10,1 kN/m hasta 12,0 kN/m, elongación longitudinal en rotura desde 50% hasta 55%, elongación transversal en rotura desde 55% hasta 60%, punzonamiento estático (CBR) desde 1560 N hasta 1960 N, perforación dinámica (caída cono) desde 24 mm hasta 19 mm y permeabilidad perpendicular al plano entre sesenta y uno y cincuenta y seis litros por metro cuadrado por segundo (61 y 56 l/m <sup>2</sup> /s).					
		Drenes de control lixiviados	1	1,078.00	0.90		970.20

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

970.20

**CAPÍTULO V.08 REVEGETACIÓN**

<b>G08N012</b>	<b>m2</b>	<b>SUPERFICIE TRATADA CON HIDROSIEMBRA</b>		
		HIDROSIEMBRA DE CAPA HERBÁCEA (LEGUMINOSAS) EN DOS PASADAS CON ESPECIES ADAPTADAS AGROCLIMÁTICAMENTE A LA ZONA i/ EL SUMINISTRO DE TODOS LOS COMPONENTES NECESARIOS, SEMILLAS, MULCH O ACOLCHADO, ESTABILIZANTE, BIOACTIVADOR, FERTILIZANTES, RIEGOS DE ARRAIGO, ASÍ COMO EL MANTENIMIENTO NECESARIO HASTA LA RECEPCIÓN DE LA OBRA		
	Taludes	1	16,678.00	16,678.00
				16,678.00
<b>G08N013</b>	<b>m2</b>	<b>RIEGO PARA ASENTAMIENTO DE SIEMBRA</b>		
		RIEGO PARA ASENTAMIENTO DE SIEMBRA POR METRO CUADRADO		
	Taludes	1	16,678.00	16,678.00
				16,678.00

**CAPÍTULO V1.10.1 VALLADO Y PUERTA DE ACCESO**

<b>G10N012</b>	<b>m</b>	<b>CERRAMIENTO DE MALLA METÁLICA DE SIMPLE TORSIÓN Y PROTECCIÓN ENT</b>		
		Cerramiento realmente construido con malla de alambre reforzado de simple torsión y postes galvanizados, de mínimo 2,80 m de altura y rematado con alambre de espino en la parte superior y protección enterrada. Según Decreto Ejecutivo Nº 275 de 21 de julio del año 2004.		
	Etapa I	1	1,560.00	1,560.00
				1,560.00
<b>G10N013</b>	<b>ud</b>	<b>PUERTA MANUAL DE ACCESO PARA VEHÍCULOS DE 3.60 m X 5.00 m ANTIIN</b>		
		Puerta manual de accesos para vehículos de 3.60 M X 5.00 M para vallado antintrusión		
		1	1.00	1.00
				1.00

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

6.1.1.3 Resumen de presupuesto Etapa I

CAPITULO	COMCEPTO DE CAPITULO	IMPORTE	%
V.02	TRABAJOS PREVIOS	1,435.20	0.24
V.03	EXCAVACIÓN, COMPACTACIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS	88,454.63	14.95
V1.06.1	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, CAMINOS DE ACCESO Y BERMAS	1,608.90	0.27
V1.06.2	CAPA DE SELLADO Y COBERTURA	350,184.14	59.20
V.05	CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES	96,881.19	16.38
V.04.2	CONTROL DE LIXIVIADOS	15,530.31	2.63
V.08	REVEGETACIÓN	15,677.32	2.65
V1.10.1	VALLADO Y PUERTA DE ACCESO	21,762.33	3.68

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL**

**591,534.02 BALBOAS**

6.1.2 Vaso Etapa II y III Norte

6.1.2.1 Cuadro de precios 1 y 2 por capítulos

**CAPÍTULO V.02 TRABAJOS PREVIOS**

<b>G02N021</b>	<b>m2 SUPERFICIE DESBROZADA i/ ARRANQUE DE CEPAS, ARBUSTOS, CARGA, TRA</b>	<b>0.23</b>
	Superficie desbrozada, incluyendo arranque de cepas, arbustos, carga, transporte de material a cualquier distancia si fuera necesario y gestión de RCD's.	
	CERO con VEINTITRES CÉNTIMOS	

**CAPÍTULO V.03 EXCAVACIÓN, COMPACTACIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS**

<b>G03N011</b>	<b>m3 EXCAVACIÓN CON MEDIOS MECÁNICOS, SIN EXPLOSIVOS i/ CARGA EN VEH</b>	<b>2.10</b>
	Excavación con medios mecánicos, sin explosivos, incluyendo carga en vehículo de transporte y transporte hasta una distancia máxima de 30 km.	
	DOS con DIEZ CÉNTIMOS	

**CAPÍTULO V1.06.1 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, CAMINOS DE ACCESO Y BERMAS**

<b>G03N023</b>	<b>m2 EXPLANADO/REFINADO/NIVELADO TERRENO A MÁQUINA</b>	<b>1.73</b>
	Explanación, refino y nivelación de terrenos, por medios mecánicos, en terrenos limpiados superficialmente con máquinas. Incluyendo medios auxiliares.	
	UNA con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS	

<b>G04N014</b>	<b>m2 PEAD 2 MM RUGOSO POR UNA CARA PARA IMPERMEABILIZACIÓN</b>	<b>12.71</b>
	DOCE con SETENTA Y UN CÉNTIMOS	

**CAPÍTULO V1.06.2 CAPA DE SELLADO Y COBERTURA**

<b>G03N044</b>	<b>m3 ARCILLAS CON MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERA (PERM.&lt;- 10-7 m/s)</b>	<b>19.50</b>
	ARCILLAS CON MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERA (PERMEABILIDAD<- 10-7 m/s) i/ EXCAVACIÓN, SUMINISTRO DE MATERIAL, EXTENDIDO, HUMIDIFICACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL MATERIAL, NIVELACIÓN Y ACABADO DE LA SUPERFICIE, EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE COMPROBACIÓN DE PERMEABILIDAD Y CUAN-	

**Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.**

TOS MEDIOS AUXILIARES SEAN NECESARIOS

DIECINUEVE con CINCUENTA CÉNTIMOS

**G06N0221 m2 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN GEOMALLA 250/80 KN/m 3.43**  
 Suministro y colocación de Geomalla 250/80 con resistencia a tracción longitudinal 250 KN/m y resistencia a tracción transversal 80 KN/m, ejecutado de forma escalonada ascendente, extendiendo capas de hasta 60 cm en terreno compactado en terreno compactado al 95% de Proctor modificado, y láminas sintéticas solapadas 30 cm en el sentido paralelo al talud. No se incluyen elementos de drenaje ni protección superficial del talud.

TRES con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS

**CAPÍTULO V.05 CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES**

**G05N012 m3 HORMIGÓN EN MASA HM-20 EN FORMACIÓN DE CUNETA i/ ENCOFRADO, FRAT 141.86**  
 Hormigón en masa HM-20 en formación de cunetas i/ encofrado, fratasado, acabados y juntas.  
 CIENTO CUARENTA Y UNA con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS

**G03N013 m3 EXCAVACIÓN EN FORMACIÓN DE CUNETA POR MEDIOS MECÁNICOS i/ ENTIBA 11.08**  
 Excavación en formación de cuneta por medios mecánicos incluyendo entibación, carga y transporte a vertedero o al lugar de utilización dentro de la obra sea cual sea la distancia.  
 ONCE con OCHO CÉNTIMOS

**G05N011 ud ARQUETA RECOGIDA AGUA 100x100x100 cm 193.55**  
 Arqueta de recogida de agua procedentes de cunetas y que permite su transición a tubería para su desagüe. De 100x100x100 cm de medidas interiores, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1 pie, recibido con mortero de cemento M-5, sobre solera de hormigón HA-25/P/40/l de 20 cm de espesor, ligeramente armada con mallazo; enfoscada y bruñida por el interior, con mortero de cemento CSIV-W2 redondeando ángulos; con sifón formado por un codo de 87,5º de PVC largo, con tapa de hormigón armado, y con p.p. de medios auxiliares, sin excavación ni relleno posterior.  
 CIENTO NOVENTA Y TRES con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS

**G05N0131 m TUBERÍA DE PVC 250 MM BAJANTE 26.11**  
 Suministro e instalación de tubería lisa de PCV de 250 mm de diámetro para bajante de agua de escorrentía de lluvia en bermas y taludes, colocada y nivelada, completamente montada y conexionada, incluso pruebas de estanqueidad.  
 VEINTISEIS con ONCE CÉNTIMOS

**CAPÍTULO V.04.2 CONTROL DE LIXIVIADOS**

**G03N043 m3 RELLENO LOCALIZADO EN ZANJAS CON MATERIAL FILTRANTE PARA CAPTACI 15.24**  
 Relleno localizado en zanjas de captación de lixiviados con material filtrante procedente de préstamos y/o cantera incluyendo canon de préstamos o cantera, carga y transporte al lugar de empleo, extendido, humectación, compactación por tongadas y terminación y refinado de la superficie de la coronación en caso necesario.  
 QUINCE con VEINTICUATRO CÉNTIMOS

**G03N012 m3 EXCAVACIÓN EN ZANJAS POR MEDIOS MECÁNICOS PARA CAPTACIÓN DE LIXI 8.91**  
 Excavación en zanjas por medios mecánicos para captación de lixiviados, hasta una profundi-

### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

dad de 4 m, incluyendo entibación si fuera necesaria, carga y transporte a vertedero o al lugar de utilización dentro de la obra sea cual sea la distancia.

OCHO con NOVENTA Y UN CÉNTIMOS

<b>G05N011</b>	<b>ud ARQUETA RECOGIDA AGUA 100x100x100 cm</b>	<b>193.55</b>
	Arqueta de recogida de agua procedentes de cunetas y que permite su transición a tubería para su desagüe. De 100x100x100 cm de medidas interiores, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1 pie, recibido con mortero de cemento M-5, sobre solera de hormigón HA-25/P/40/l de 20 cm de espesor, ligeramente armada con mallazo; enfoscada y bruñida por el interior, con mortero de cemento CSIV-W2 redondeando ángulos; con sifón formado por un codo de 87,5º de PVC largo, con tapa de hormigón armado, y con p.p. de medios auxiliares, sin excavación ni relleno posterior.	
		CIENTO NOVENTA Y TRES con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS
<b>G04N0231</b>	<b>m TUBO PVC Ø 150 mm RANURADO</b>	<b>1.68</b>
	Suministro y colocación de Tubo de PVC de diámetro 150 mm ranurado colocada e instalada entre material drenate	
		UNA con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS
<b>G06N021</b>	<b>m2 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE Geotextil no tejido, con resistencia</b>	<b>2.90</b>
	Suministro y colocación de geotextil no tejido tipo 1 como separador formado 100% por fibras de polipropileno virgen unidas mecánicamente por un proceso de agujado con una posterior termofusión que cumpla con las siguientes propiedades físicas: resistencia a la tracción longitudinal desde 8,0 kN/m hasta 11,8 kN/m, resistencia a la tracción transversal desde 10,1 kN/m hasta 12,0 kN/m, elongación longitudinal en rotura desde 50% hasta 55%, elongación transversal en rotura desde 55% hasta 60%, punzonamiento estático (CBR) desde 1560 N hasta 1960 N, perforación dinámica (caída cono) desde 24 mm hasta 19 mm y permeabilidad perpendicular al plano entre sesenta y uno y cincuenta y seis litros por metro cuadrado por segundo (61 y 56 l/m²/s).	
		DOS con NOVENTA CÉNTIMOS
<b>56.2</b>	<b>m DRENES HORIZONTALES</b>	<b>235.00</b>
	Perforación horizontal a rotación de diámetro 101 mm en todo tipo de terreno incluso revestimiento, colocación de tubería filtrante con geotextil incorporado, tubería ciega y resina sellante	
		DOSCIENTAS TREINTA Y CINCO

### CAPÍTULO V.08 REVEGETACIÓN

<b>G08N012</b>	<b>m2 SUPERFICIE TRATADA CON HIDROSIEMBRA</b>	<b>0.72</b>
	HIDROSIEMBRA DE CAPA HERBÁCEA (LEGUMINOSAS) EN DOS PASADAS CON ESPECIES ADAPTADAS AGROCLIMÁTICAMENTE A LA ZONA i/ EL SUMINISTRO DE TODOS LOS COMPONENTES NECESARIOS, SEMILLAS, MULCH O ACOLCHADO, ESTABILIZANTE, BIOACTIVADOR, FERTILIZANTES, RIEGOS DE ARRAIGO, ASÍ COMO EL MANTENIMIENTO NECESARIO HASTA LA RECEPCIÓN DE LA OBRA	
		CERO con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS
<b>G08N013</b>	<b>m2 RIEGO PARA ASENTAMIENTO DE SIEMBRA</b>	<b>0.22</b>
	RIEGO PARA ASENTAMIENTO DE SIEMBRA POR METRO CUADRADO	
		CERO con VEINTIDOS CÉNTIMOS

### CAPÍTULO V1.10.1 VALLADO Y PUERTA DE ACCESO

<b>G10N012</b>	<b>m</b>	<b>CERRAMIENTO DE MALLA METÁLICA DE SIMPLE TORSIÓN Y PROTECCIÓN ENT</b>	<b>13.83</b>
Cerramiento realmente construido con malla de alambre reforzado de simple torsión y postes galvanizados, de mínimo 2.80 m de altura y rematado con alambre de espinos en la parte superior y protección enterrada frente a lagomorfos. Según Decreto Ejecutivo Nº 275 de 21 de julio del año 2004.			
TRECE con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS			

#### 6.1.2.2 Medición y presupuesto Etapa II y Etapa III Norte

### CAPÍTULO V.02 TRABAJOS PREVIOS

<b>G02N021</b>	<b>m2</b>	<b>SUPERFICIE DESBROZADA i/ ARRANQUE DE CEPAS, ARBUSTOS, CARGA, TRA</b>				
Superficie desbrozada, incluyendo arranque de cepas, arbustos, carga, transporte de material a cualquier distancia si fuera necesario y gestión de RCD's.						
		Desbroce camino este	1	2,572.00	5.00	12,860.00
		Desbroce camino oeste bermas	1	8,620.00	5.00	43,100.00
55,960.00						

### CAPÍTULO V.03 EXCAVACIÓN, COMPACTACIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS

<b>G03N011</b>	<b>m3</b>	<b>EXCAVACIÓN CON MEDIOS MECÁNICOS, SIN EXPLOSIVOS i/ CARGA EN VEH</b>				
Excavación con medios mecánicos, sin explosivos, incluyendo carga en vehículo de transporte y transporte hasta una distancia máxima de 30 km.						
		Excavación desmonte cobertura etapa III norte	1	29,562.00	0.25	7,390.50
		Desmonte para cobertura etapa II	1	163,256.00	0.25	40,814.00
48,204.50						

### CAPÍTULO V1.06.1 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, CAMINOS DE ACCESO Y BERMAS

<b>G03N023</b>	<b>m2</b>	<b>EXPLANADO/REFINADO/NIVELADO TERRENO A MÁQUINA</b>					
Explanación, refino y nivelación de terrenos, por medios mecánicos, en terrenos limpiados superficialmente con máquinas. Incluyendo medios auxiliares.							
		Berma este	1	2,292.00	5.00	0.10	1,146.00
		Berma oeste	1	2,572.00	5.00	0.10	1,286.00
		Acceso Plataforma	1	352.00	5.00	0.10	176.00
2,608.00							
<b>G04N014</b>	<b>m2</b>	<b>PEAD 2 MM RUGOSO POR UNA CARA PARA IMPERMEABILIZACIÓN</b>					
		Solape etapa III norte-sur	1	10,000.00			10,000.00
10,000.00							

### CAPÍTULO V1.06.2 CAPA DE SELLADO Y COBERTURA

<b>G03N044</b>	<b>m3</b>	<b>ARCILLAS CON MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERA (PERM.&lt;- 10-7 m/s)</b>				
ARCILLAS CON MATERIAL PROCEDENTE DE CANTERA (PERMEABILIDAD<- 10-7 m/s) i/ EXCAVACIÓN, SUMINISTRO DE MATERIAL, EXTENDIDO, HUMIDIFICACIÓN Y COMPACTACIÓN DEL MATERIAL, NIVELACIÓN Y ACABADO DE LA SUPERFICIE, EJECU-						



**Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.**

**CIÓN DE ENSAYOS DE COMPROBACIÓN DE PERMEABILIDAD Y CUANTOS MEDIOS AUXILIARES SEAN NECESARIOS**

Sellado Plataforma etapa III norte	1	26,265.00	0.25	6,566.25
Sellado Plataforma etapa II	1	23,026.00	0.25	5,756.50
Sellado Talud Sur Suoerior	1	13,564.00	0.15	2,034.60
Sellado Talud Sur Inferior	1	15,968.00	0.15	2,395.20
Sellado Talud Este Superior	1	8,978.00	0.15	1,346.70
Sellado Talud Este Inferior	1	19,563.00	0.15	2,934.45
Sellado Talud Oeste Superior	1	10,564.00	0.15	1,584.60
Sellado Talud Oeste Inferior	1	21,534.00	0.15	3,230.10

25,848.40

**G06N0221 m2 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN GEOMALLA 250/80 KN/m**

Suministro y colocación de Geomalla 250/80 con resistencia a tracción longitudinal 250 KN/m y resistencia a tracción transversal 80 KN/m, ejecutado de forma escalonada ascendente, extendiendo capas de hasta 60 cm en terreno compactado en terreno compactado al 95% de Proctor modificado, y láminas sintéticas solapadas 30 cm en el sentido paralelo al talud. No se incluyen elementos de drenaje ni protección superficial del talud.

Talud Norte Inferior T3 Dique	1	4,568.00		4,568.00
Talud Sur Inferior T4	1	6,547.00		6,547.00
Talud Sur Inferior T5	1	8,457.00		8,457.00

19,572.00

**CAPÍTULO V.05 CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES**

**G05N012 m3 HORMIGÓN EN MASA HM-20 EN FORMACIÓN DE CUNETA i/ ENCOFRADO, FRAT**

Hormigón en masa HM-20 en formación de cunetas i/ encofrado, fratasado, acabados y juntas.

Cuneta Tipo II	1	1,352.00	2.87	0.12	465.63
----------------	---	----------	------	------	--------

465,63

**G03N013 m3 EXCAVACIÓN EN FORMACIÓN DE CUNETA POR MEDIOS MECÁNICOS i/ ENTIBA**

Excavación en formación de cuneta por medios mecánicos incluyendo entibación, carga y transporte a vertedero o al lugar de utilización dentro de la obra sea cual sea la distancia.

Cuneta Tipo I	1	2,572.00	2.17		5,581.24
---------------	---	----------	------	--	----------

5,581.24

**G05N011 ud ARQUETA RECOGIDA AGUA 100x100x100 cm**

Arqueta de recogida de agua procedentes de cunetas y que permite su transición a tubería para su desagüe. De 100x100x100 cm de medidas interiores, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1 pie, recibido con mortero de cemento M-5, sobre solera de hormigón HA-25/P/40/I de 20 cm de espesor, ligeramente armada con mallazo; enfoscada y bruñida por el interior, con mortero de cemento CSIV-W2 redondeando ángulos; con sifón formado por un codo de 87,5º de PVC largo, con tapa de hormigón armado, y con p.p. de medios auxiliares, sin excavación ni relleno posterior.

Arquetas Pluviales	16				16.00
--------------------	----	--	--	--	-------

16.00

**G05N0131 m TUBERÍA DE PVC 250 MM BAJANTE**

Suministro e instalación de tubería lisa de PCV de 250 mm de diámetro para bajante de agua de escorrentía de lluvia en bermas y taludes, colocada y nivelada, completamente montada y conexas, incluso pruebas de estanqueidad.

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

Tubo 250	570.00	570.00	
			570.00

**CAPÍTULO V.04.2 CONTROL DE LIXIVIADOS**

**G03N043 m3 RELLENO LOCALIZADO EN ZANJAS CON MATERIAL FILTRANTE PARA CAPTACI**

Relleno localizado en zanjas de captación de lixiviados con material filtrante procedente de préstamos y/o cantera incluyendo canon de préstamos o cantera, carga y transporte al lugar de empleo, extendido, humectación, compactación por tongadas y terminación y refinado de la superficie de la coronación en caso necesario. Tamaño 60 – 90 mm.

Drenes de control	1	2,292.00	0.50	0.50	573.00
-------------------	---	----------	------	------	--------

573.00

**G03N012 m3 EXCAVACIÓN EN ZANJAS POR MEDIOS MECÁNICOS PARA CAPTACIÓN DE LIXI**

Excavación en zanjas por medios mecánicos para captación de lixiviados, hasta una profundidad de 4 m, incluyendo entibación si fuera necesaria, carga y transporte a vertedero o al lugar de utilización dentro de la obra sea cual sea la distancia.

Drenes de control	1	2,292.00	0.50	0.50	573.00
-------------------	---	----------	------	------	--------

573.00

**G05N011 ud ARQUETA RECOGIDA AGUA 100x100x100 cm**

Arqueta de recogida de agua procedentes de cunetas y que permite su transición a tubería para su desagüe. De 100x100x100 cm de medidas interiores, construida con fábrica de ladrillo macizo tosco de 1 pie, recibido con mortero de cemento M-5, sobre solera de hormigón HA-25/P/40/I de 20 cm de espesor, ligeramente armada con mallazo; enfoscada y bruñida por el interior, con mortero de cemento CSIV-W2 redondeando ángulos; con sifón formado por un codo de 87,5º de PVC largo, con tapa de hormigón armado, y con p.p. de medios auxiliares, sin excavación ni relleno posterior.

Arquetas Lixiviados	24				24.00
---------------------	----	--	--	--	-------

24.00

**G04N0231 m TUBO PVC Ø 150 mm RANURADO**

Suministro y colocación de Tubo de PVC de diámetro 150 mm ranurado colocada e instalada entre material drenate

Tubo ranurado dren	1	2,292.00			2,292.00
--------------------	---	----------	--	--	----------

2,292.00

**G06N021 m2 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE Geotextil no tejido, con resistencia**

Suministro y colocación de geotextil no tejido tipo 1 como separador formado 100% por fibras de poli-propileno virgen unidas mecánicamente por un proceso de agujado con una posterior termofusión que cumpla con las siguientes propiedades físicas: resistencia a la tracción longitudinal desde 8,0 kN/m hasta 11,8 kN/m, resistencia a la tracción transversal desde 10,1 kN/m hasta 12,0 kN/m, elongación longitudinal en rotura desde 50% hasta 55%, elongación transversal en rotura desde 55% hasta 60%, punzonamiento estático (CBR) desde 1560 N hasta 1960 N, perforación dinámica (caída cono) desde 24 mm hasta 19 mm y permeabilidad perpendicular al plano entre sesenta y uno y cincuenta y seis litros por metro cuadrado por segundo (61 y 56 l/m<sup>2</sup>/s).

Drenes de control lixiviados	1	2,292.00	0.90		2,062.80
------------------------------	---	----------	------	--	----------

2,062.80

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

<b>56.2</b>	<b>m DRENES HORIZONTALES</b>			
	Perforación horizontal a rotación de diámetro 101 mm en todo tipo de terreno incluso revestimiento, colocación de tubería filtrante con geotextil incorporado, tubería ciega y resina sellante			
	Perforaciones inclinadas	8	9.00	72.00
				72.00

**CAPÍTULO V.08 REVEGETACIÓN**

<b>G08N012</b>	<b>m2</b>	<b>SUPERFICIE TRATADA CON HIDROSIEMBRA</b>		
	HIDROSIEMBRA DE CAPA HERBÁCEA (LEGUMINOSAS) EN DOS PASADAS CON ESPECIES ADAPTADAS AGROCLIMÁTICAMENTE A LA ZONA i/ EL SUMINISTRO DE TODOS LOS COMPONENTES NECESARIOS, SEMILLAS, MULCH O ACOLCHADO, ESTABILIZANTE, BIOACTIVADOR, FERTILIZANTES, RIEGOS DE ARRAIGO, ASÍ COMO EL MANTENIMIENTO NECESARIO HASTA LA RECEPCIÓN DE LA OBRA			
	Taludes	1	19,572.00	19,572.00
				19,572.00

<b>G08N013</b>	<b>m2</b>	<b>RIEGO PARA ASENTAMIENTO DE SIEMBRA</b>		
	RIEGO PARA ASENTAMIENTO DE SIEMBRA POR METRO CUADRADO			
	Taludes	1	19,572.00	19,572.00
				19,572.00

**CAPÍTULO V1.10.1 VALLADO Y PUERTA DE ACCESO**

<b>G10N012</b>	<b>m</b>	<b>CERRAMIENTO DE MALLA METÁLICA DE SIMPLE TORSIÓN Y PROTECCIÓN ENT</b>		
	Cerramiento realmente construido con malla de alambre reforzado de simple torsión y postes galvanizados, de mínimo 2,80 m de altura y rematado con alambre de espino en la parte superior y protección enterrada Según Decreto Ejecutivo Nº 275 de 21 de julio del año 2004.			
	Etapa II y III Norte	982.00	982.00	982.00

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

6.1.2.3 Resumen de presupuesto Etapa II y Etapa III Norte

CAPITULO	CONCEPTO DE CAPITULO	IMPORTE	%
V.02	TRABAJOS PREVIOS	12,870.80	1.24
V.03	EXCAVACIÓN, COMPACTACIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS	101,229.45	9.73
V1.06.1	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, CAMINOS DE ACCESO Y BERMAS	131,611.84	12.66
V1.06.2	CAPA DE SELLADO Y COBERTURA	571,175.76	54.92
V.05	CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES	145,873.91	14.03
V.04.2	CONTROL DE LIXIVIADOS	45,235.83	4.35
V.08	REVEGETACIÓN	18,397.68	1.77
V1.10.1	VALLADO Y PUERTA DE ACCESO	13,581.06	1.31

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL**

**1,039,976.33 BALBOAS**

6.2 RESUMEN DE PRESUPUESTO ACCIONES URGENTES ETAPA I, ETAPA II Y ETAPA III NORTE

El presupuesto de las actuaciones prioritarias asciende a 1,631,510.35 Balboas. A continuación se resumen los costes en cada una de las etapas.

6.2.1 Resumen de actuaciones urgentes en Etapa I

CAPITULO	CONCEPTO DE CAPITULO	IMPORTE	%
V.02	TRABAJOS PREVIOS	1,435.20	0.24
V.03	EXCAVACIÓN, COMPACTACIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS	88,454.63	14.95
V1.06.1	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, CAMINOS DE ACCESO Y BERMAS	1,608.90	0.27
V1.06.2	CAPA DE SELLADO Y COBERTURA	350,184.14	59.20
V.05	CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES	96,881.19	16.38
V.04.2	CONTROL DE LIXIVIADOS	15,530.31	2.63
V.08	REVEGETACIÓN	15,677.32	2.65
V1.10.1	VALLADO Y PUERTA DE ACCESO	21,762.33	3.68

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL**

**591,534.02 Balboas**

6.2.2 Resumen de actuaciones urgentes en Etapa II y Etapa III Norte

CAPITULO	CONCEPTO DE CAPITULO	IMPORTE	%
V.02	TRABAJOS PREVIOS	12,870.80	1.24
V.03	EXCAVACIÓN, COMPACTACIÓN Y TRASLADO DE RESIDUOS	101,229.45	9.73
V1.06.1	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, CAMINOS DE ACCESO Y BERMAS	131,611.84	12.66
V1.06.2	CAPA DE SELLADO Y COBERTURA	571,175.76	54.92
V.05	CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES	145,873.91	14.03
V.04.2	CONTROL DE LIXIVIADOS	45,235.83	4.35
V.08	REVEGETACIÓN	18,397.68	1.77
V1.10.1	VALLADO Y PUERTA DE ACCESO	13,581.06	1.31

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL**

**1,039,976.33 Balboas**

## 7 ACONDICIONAMIENTO DE ACCESOS Y VIALES.

Los viales del relleno sanitario son una infraestructura fundamental para la correcta explotación del mismo, por eso un buen diseño, ejecución y mantenimiento son primordiales para la vida del relleno sanitario. Hay que diferenciar entre caminos de acceso y caminos de servicio, caminos principales y caminos secundarios, así como caminos de mantenimiento o bermas. Se facilita a continuación una primera aproximación a las características que deben tener, que será actualizada de acuerdo al aforo de vehículos analizado.

Los caminos que se distribuyen a lo largo del relleno sanitario estará contenidos en alguna de las siguientes categorías:

- Tipo I: Caminos de acceso a la instalación.
- Tipo II: Caminos de circulación interna.
- Tipo III: Camino perimetral.
- Tipo IV: Camino de acceso al frente de trabajo.
- Tipo V: Bermas.

La tipología de caminos se diferencia según el tránsito de vehículo pesado y su función dentro de las labores de explotación.

Los caminos de acceso dentro de la instalación serán inspeccionados regularmente por personal del relleno sanitario. Esto comprenderá trabajos de mantenimiento de drenajes e integridad estructural de los caminos.

El barro o polvo depositado en las zonas pavimentadas del vertedero será eliminado. En caso de detectarse roturas o blandones en los tramos serán reparados de inmediato con objeto de que no se hagan mayores. Los sistemas de drenaje de estas zonas se inspeccionarán trimestralmente. Si se detectan marcas de erosión tal como grietas o acanalamientos se rellenarán con tierra o caliche.

Un espesor mínimo de 20 cm de caliche se mantendrá en los caminos perimetrales, y de 15 cm en los caminos interiores, caminos temporales. Se añadirá caliche en aquellas zonas donde se produzcan acanalamientos o que provoque acumulaciones de polvo. Únicamente se encontrarán asfaltados los caminos Tipo I de acceso a la instalación.

Los residuos que ocasionalmente puedan caer de los vehículos serán recogidos, los sistemas de drenaje se mantendrán limpios a fin de evitar que los mismos se atasquen en períodos lluviosos.

A continuación, se especifican los criterios de referencia respecto a la construcción de las vías de circulación y operación en el vertedero.

Para la conformación de los accesos y caminos de circulación se han considerado los siguientes parámetros de cálculo:

### **Tipo I: Camino de acceso.**

Las características constructivas de referencia serán:

- Pendiente máxima camino de acceso: 7%

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Pendiente transversal de evacuación de aguas: 2%
- Anchura mínima caminos de acceso: 5 metros.
- Categoría de tráfico pesado T1 (para I.M.Dp entre 800 y 1,999 vehículos pesados)
- Explanada de zahorra artificial de 40 cm de espesor.
- Subbase 50 cm de suelo seleccionado. CBR > 20
- 10 cm de mezcla Bituminosa en caliente.

Estos caminos estarán señalizados horizontal y verticalmente y serán permanentes durante la vida útil del vertedero.

#### **Tipo II: Caminos de Circulación Interna**

Esta tipología de caminos tiene como objeto comunicar diferentes áreas del relleno sanitario conectándolas con el camino perimetral (Tipo III). Esta red de caminos conectará instalaciones entre sí y permitirá el movimiento de materiales y maquinaria. Las instalaciones interconectadas serán las siguientes:

- Camino de acceso (Tipo I).
- Centros de tratamiento de biogás y lixiviados.
- Balsas de lixiviación y en su caso balsas de acumulación de aguas de lluvia.
- Instalaciones eléctricas y/o estaciones de bombeo.

La pendiente máxima camino será del 5% y la pendiente transversal de aguas de lluvia se diseñará hacia pie de talud preferentemente (2%).

Son caminos que irán sobre relleno de residuos donde no se realiza la explotación. Las características constructivas de esta tipología de caminos será la siguiente:

- Residuos compactados.
- Material de cobertura de 15 cm compactado con pendiente para la evacuación de aguas de lluvia hacia las cunetas longitudinales provisionales.
- Explanada de zahorra artificial de 40 cm de espesor.

Estos caminos deberán mantenerse activos y señalizados verticalmente, aún en épocas de lluvia.

#### **Tipo III: Camino Perimetral.**

El camino perimetral tiene el objeto de delimitar el área de vertido del resto de instalaciones externas. Este camino perimetral no se asentará sobre residuos y dará servicio a los caminos internos (Tipo II). Tendrá una anchura preferentemente de 7 metros y se utilizarán para ubicar la cuneta perimetral externa que impide la entrada de aguas de precipitación dentro del relleno sanitario. La pendiente máxima será del 5% longitudinal y del 2% transversal para la evacuación de aguas de lluvia. Lo conformará la siguiente sección de referencia:

Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

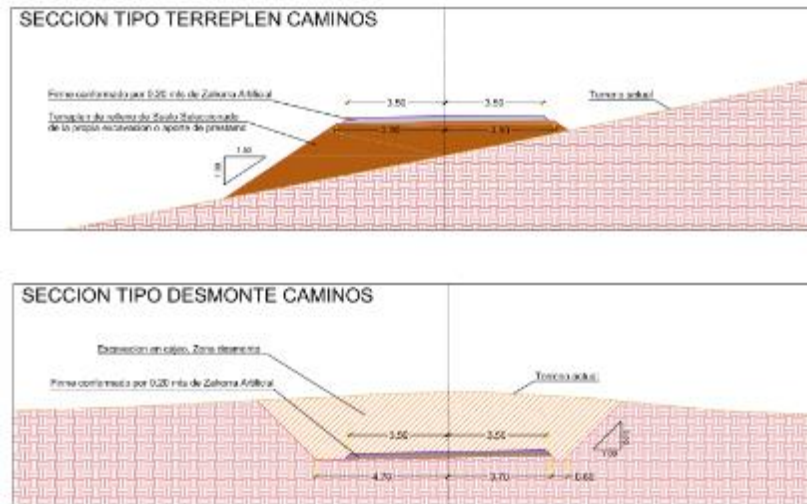


Ilustración 51. : Sección camino Tipo III

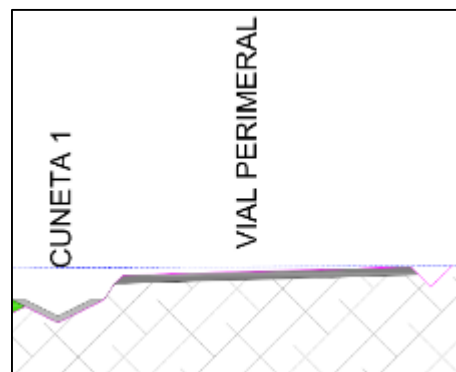


Ilustración 52. : Drenaje sección camino Tipo III

**Tipo IV: Camino de acceso a frente de trabajo.**

El camino de acceso a los diferentes frentes de trabajo de la explotación del relleno sanitario se irá distribuyendo sobre el relleno según las fases de planificación del llenado de celdas. Se apoya sobre residuos compactados al menos con un número de pasadas de compactadora de cuatro. Sobre los residuos se extenderá una capa de cobertura de 20 cm de material pétreo compactado con porcentajes de arcilla inferiores al 20% del peso. En caso de épocas de lluvia se añadirán 15 cm de caliche con granulometría regular de 1 cm. Estarán dotados de pendientes transversales para evacuar escorrentías fuera del camino hacia el relleno. Estos caminos de acceso a los frentes de trabajo serán reperfilados diariamente al final de la jornada con el objeto de mantener la capa de rodadura estable. Deberán estar drenados de escorrentía de aguas y señalizados como dirección a frente de trabajo y tendrán anchuras, siempre que sea viable, superiores a 5 metros. En caso de que la anchura sea inferior a 7 metros deberá evaluarse la circulación de vehículos de descarga en un único sentido, fomentando la entrada y salida al frente de trabajo diferenciada

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

En su diseño deberá tenerse en cuenta que en caso de ser necesario se habilitará una zona de emergencia para aquellas épocas que por motivos de precipitación y/o extraordinarios hagan imposible el acceso al lugar de descarga planificado.

Al final de camino de acceso a frente de vertido se habilitará una playa de descarga siempre que sea posible. Esta playa de descarga tendrá la misma sección que el camino de acceso al frente.

#### **Tipo V: Bermas.**

Son caminos internos entre taludes que no podrán ser transitados por vehículo pesado ni maquinaria de explotación. Su uso estará restringido a vehículos ligeros de mantenimiento y personal de explotación. Su objetivo es la de dar estabilidad a los taludes conformados por el relleno de residuos y servir de traza para la ubicación de los drenajes en los pies de talud tanto de las aguas de lluvia como en su caso de lixiviados. Tendrán una anchura preferiblemente de 5 metros y con pendiente interna de drenaje hacia el pie de talud, donde se situará la cuneta de drenaje provisional de aguas de lluvia. Servirán de puntos de acumulación y evacuación (puntos de arqueta) de drenaje de aguas lluvia y de acceso a las instalaciones o pozos de desgasificación.

Se construirán sobre residuos compactados al menos con un número de pasadas de compactadora de cuatro. Sobre los residuos se extenderá una capa de cobertura de 25 cm de material pétreo compactado con porcentajes de arcilla superiores al 40% del peso. Lo conformará la siguiente sección de referencia:



*Ilustración 53. : Drenaje sección camino Tipo V*



## 8 DOCUMENTACION DE APOYO A LOS PLIEGOS DE LICITACION

Si bien se incluyen a continuación las características técnicas y tecnológicas mínimas que las instalaciones para la gestión de los residuos domiciliarios deben cumplir, se recomienda que esta información se actualice en el momento de la licitación, pues son tecnologías que están en continuo proceso de mejora.

### 8.1 PLANTAS DE TRANSFERENCIA

El PNGIR propone la construcción de estaciones de transferencia a situar dependiendo de la ubicación de las instalaciones de valorización, cuando la distancia de recorrido, entre los lugares de generación y el centro de tratamiento, sea superior a 30 kilómetros, y con capacidad equivalente a la producción de residuos de los corregimientos a transferir.

A continuación, se describen las características técnicas y tecnológicas mínimas que estas plantas deben reunir. Además, se establecen los condicionantes básicos que determinan la capacidad, el número y la ubicación de cada una de las plantas propuestas.

#### 8.1.1 Prestaciones técnicas y tecnológicas

Todas las estaciones de transferencia deberán disponer de báscula de pesaje de camiones y recinto vallado en su integridad, así como nave cerrada o tolva cerrada en descarga para las operaciones de carga y descarga de residuos.

Asimismo, todas ellas dispondrán de suficientes muelles para la descarga diferenciada de los siguientes tipos de residuos: residuos domésticos en masa, materia orgánica recogida selectivamente, residuos voluminosos y residuos de poda de jardines, zonas verdes y algas, todos ellos procedentes de los servicios municipales de recogida.

La recogida de poda y residuos voluminosos se efectuará en contenedores, de forma independiente de las tolvas de descarga de los residuos domésticos en masa y la materia orgánica recogida selectivamente.

Por lo que se refiere a la tecnología empleada, se aceptarán:

- Plantas de transferencia de pisos móviles.
- Plantas de transferencia con compactador.

#### 8.1.2 Capacidad, número y ubicación

Por lo que se refiere a la capacidad y número de las estaciones de transferencia, se presentarán propuestas de ubicación para abarcar la mayor parte de los residuos generados en la Unidad de Gestión, teniendo en cuenta la ubicación de los centros de tratamiento y la distancia de recorrido máxima de 30 kilómetros.

En cuanto a las ubicaciones de las estaciones de transferencia, se primará que sea en terrenos públicos, que cuenten con la aceptación del corregimiento del lugar propuesto, que sean compatibles tanto desde el punto

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

de vista del planeamiento urbanístico como desde el punto de vista ambiental, siendo prioritarios todos aquellos terrenos que anteriormente hayan albergado algún tipo de instalación similar, ya fuese planta de transferencia, tratamiento, valorización o eliminación de residuos domésticos.

Además, los lugares propuestos deben disponer, bien directamente o bien a través de los proyectos de gestión propuestos, de accesos adecuados para los vehículos de recogida y transporte de residuos, así como de suficientes suministros de agua, saneamiento y electricidad, por lo que el Proyecto de Gestión debe incluir las actuaciones necesarias para satisfacer estas necesidades de suministros.

##### 8.1.2.1 Otros aspectos a considerar

Los horarios de apertura serán determinados por la Unidad de Gestión, pudiendo exigirse su apertura cualquier día de la semana, tanto en horario diurno como nocturno. No obstante, los horarios intentarán ajustarse lo máximo posible para hacerlos compatibles con los servicios de recogida municipales usuarios de la instalación.

## 8.2 PLANTAS DE TRATAMIENTO MECANICO BIOLÓGICO Y PLANTAS DE VOLUMINOSOS

El PNGIR contempla la construcción de 6 centros de tratamiento mecánico biológico de residuos domésticos y asimilables y un centro de clasificación y tratamiento de residuos voluminosos junto a cada instalación de tratamiento.

Las plantas de tratamiento mecánico biológico (TMB) realizarán la clasificación de residuos y el tratamiento biológico de la materia orgánica, tanto para la recogida selectivamente, como para la procedente de la recogida indiferenciada de residuos (en masa o mezclados).

En términos generales, el funcionamiento de una planta de TMB consiste en la separación de las fracciones orgánicas e inorgánicas de los residuos. A la fracción inorgánica se le somete a un proceso de clasificación para la recuperación de los materiales reciclables, mientras que a la fracción orgánica se le aplica un proceso de descomposición mediante el cual se obtiene un producto orgánico estabilizado apto para su uso como enmienda orgánica en suelos (material bioestabilizado) o para su uso como compost.

A continuación, se establecen las prestaciones técnicas y tecnológicas mínimas a considerar en el proyecto de gestión para este tipo de instalaciones, así como la capacidad, número y ubicación de las mismas.

##### 8.2.1 Prestaciones técnicas y tecnológicas

Las instalaciones de tratamiento mecánico biológico estarán dotadas, como mínimo, de:

- Foso de fácil inspección y limpieza, con capacidad suficiente para recepcionar los residuos producidos al menos dos días de máxima producción.
- Máquina específica rompe bolsas a parte del trómel primario.
- Línea de triaje con todas las técnicas disponibles: manual, mecánica, de metales férricos y no férricos, automática, óptica.
- Circuito cerrado en la/las líneas de triaje. Bucle de retorno para las fracciones reciclables no separadas por incidencias puntuales en la línea.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

- Depresión en todas las naves, para eliminación de olores.
- Utilización de biofiltros para depuración del aire interior de las naves.
- Sistema continuo de limpieza del entorno.
- Retractilado de balas de rechazo.
- Compostaje en nave cerrada.
- Nave cerrada almacenamiento compost y material bioestabilizado.
- Tratamiento de lixiviados.
- Laboratorio en las propias instalaciones para poder realizar control calidad del compost y material bioestabilizado incluyendo como mínimo los siguientes equipamientos:
  - Balanza electrónica precisión.
  - Báscula de pesaje.
  - Estufa convencional natural.
  - Placa calefactora.
  - Mufla.
  - Agitador magnético.
  - pH-metro.
  - Conductímetro.
  - Tamizadora electromagnética.
  - Analizador halógeno humedad.
  - Bloque digestor.
  - Unidad destilación.
  - Scrubber.
  - Analizador multifunción.
  - Tester de autocalentamiento.
  - Bomba aire.

Las instalaciones de clasificación y tratamiento de residuos voluminosos se dotarán de:

- Nave cerrada para preparación para la reutilización, reciclado y valorización material de residuos voluminosos. Dispondrá de bancadas con herramienta, de un triturador de residuos voluminosos y de las zonas adecuadas para la separación de las diferentes fracciones. Dispondrá de un manipulador telescópico con pinza y de medios humanos para separación de residuos reciclables.
- En los colchones, se deberá separar manualmente el hierro de los mismos para ser reciclado.

En general, tanto las plantas de tratamiento mecánico biológico como las de voluminosos deben incluir:

- Depuradora de aguas pluviales de cubiertas y pluviales de soleras, para reutilización in situ del agua de lluvia.
- Instalación de energías renovables (solar y/o eólica), para suministro energía eléctrica y calor a las instalaciones: evaporación lixiviados, secado de fangos balsas, suministro energía eléctrica, suministro agua caliente, etc.
- Pasarela de visitas, integrada en la propia planta, paralela, separada físicamente de forma estanca, pero desde la que, a través de acristalamientos adecuados, se pueda mostrar de forma totalmente transparente la gestión completa de los residuos urbanos.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

El proyecto de la instalación incluirá, además de memoria, planos, pliego de condiciones técnicas, presupuesto y plan de control de calidad de las obras, los siguientes contenidos mínimos:

- Descripción de los tipos de residuos urbanos y fracciones recogidas selectivamente que serán objeto de aprovechamiento.
- Cantidad anual prevista de residuos a procesar, diferenciando por tipología e indicando las cantidades totales durante los 20 años de explotación.
- Balance de masas de los diferentes flujos de residuos en las instalaciones, especificando concretamente pérdidas por evaporación y lixiviación, así como rendimientos individuales de los distintos equipos y procesos.
- Características constructivas de las instalaciones: superficie total a ocupar, superficie útil para tratamiento, superficie de servicios comunes; fosos de almacenamiento de residuos; sistema de alimentación a las líneas de proceso; maquinaria, equipos y puestos de trabajo de las líneas de proceso; edificios y zonas de servicio comunes.
- Medidas correctoras para la minimización de impactos ambientales derivados del funcionamiento de las instalaciones, fundamentalmente en lo relativo a emisión de olores (desodorización), generación de lixiviados (recogida y tratamiento de los mismos), y evacuación de aguas pluviales (drenajes perimetrales).

#### 8.2.2 Instalaciones de tratamiento mecánico

Por lo que se refiere a las prestaciones técnicas y tecnológicas, las plantas de tratamiento mecánico deberán incluir como mínimo los siguientes procesos:

- Pesaje y control de entradas.
- Recepción en foso.
- Clasificación.
- Separación.
- Prensado de subproductos.
- Compactación de rechazos.
- Pesado de rechazos.

El triaje de los residuos en masa permitirá, como mínimo, recuperar las siguientes fracciones: vidrio, papel/cartón, acero, aluminio, envases compuestos (tetraabriks y otros), envases de plástico, maderas y textiles.

El rendimiento global de recuperación de materiales no será inferior al 8% de las entradas de residuos en masa.

Se debe incluir un sistema de limpieza intensivo y continuo en toda la nave de triaje, de forma manual y también en la zona de prensas. Todas las naves, incluida la de triaje, deben estar en depresión para eliminación de olores.

Igualmente se debe instalar un sistema de depuración de aire aspirado al interior de las naves mediante biofiltros de suficiente capacidad, con corteza de árbol -material compostado.

Para la eliminación y tratamiento previo de olores, se podrá disponer de tecnologías de nueva creación que se utilicen tecnológicamente con solvencia en el tratamiento de otros flujos de residuos.

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

El Proyecto de Gestión deberá definir la tecnología a emplear detallando etapas, rendimientos, balances de masas y consumo energético.

La tecnología a implantar, en todos los procesos, deberá contar con experiencia de al menos 2 años en residuos domésticos y asimilables, aportándose los correspondientes certificados.

#### 8.2.3 Instalaciones de tratamiento biológico

La valorización de la materia orgánica se basará necesariamente en un proceso de compostaje simple o combinado con cualquier otro proceso, asegurando en cualquier caso que el producto final cumple las especificaciones de calidad reglamentarias como compost, permitiendo así su comercialización. El proceso de compostaje se realizará en nave cerrada dotada de sistemas de extracción de aire y biofiltro.

De otra parte, la valorización de la materia orgánica propuesta deberá concretar como mínimo los siguientes aspectos:

- Tecnología a emplear, detallando etapas, rendimientos, balances de masas, hídrico y de energía, en su caso, equipos e instalaciones necesarios y justificación del cumplimiento de los parámetros de calidad del compost.
- Capacidades nominales y tiempos de residencia de la materia orgánica, distinguiendo en su caso entre la procedente de recogida selectiva de la de recogida en masa.
- Parámetros a controlar y sistema de control adoptado, no sólo para garantizar la calidad del proceso, sino también para minimizar olores y lixiviados.
- Requerimientos de materiales estructurantes, aditivos y coadyuvantes, así como de agua y energía en su caso, especificando cantidades y calidades de los mismos.

Por lo que se refiere a las prestaciones técnicas y tecnológicas, las plantas de tratamiento biológico deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

El proceso de la estabilización de la fracción orgánica se realizará en nave cerrada con equipo de volteo automático y depresión en todas las naves. Durante las semanas de duración del proceso se controlarán los parámetros de temperatura, humedad y contenido en oxígeno.

Para la eliminación de las impurezas de la fracción orgánica se utilizará una planta de afino que estará compuesta por un alimentador y un trómel de dos cuerpos, incluirá la recuperación de vidrio. El flujo del rebose de trómel se diseñará para pasar por un equipo de corrientes de Foucault para la extracción del aluminio. Al hundido de trómel menor de 12 mm se le aplicará una mesa densimétrica y un ciclón para la obtención del material bioestabilizado y/o compost.

El afino podrá ser mejorado por el concesionario respecto de las condiciones mínimas exigidas.

El Proyecto de Gestión deberá definir la tecnología a emplear detallando etapas, rendimientos, balances de masas, hídrico y energético. Se deberán justificar los parámetros de control y calidad del compost y se deberán especificar los materiales estructurantes, aditivos y coadyuvantes necesarios.

La tecnología a implantar, en todos los procesos, deberá contar con experiencia de al menos 2 años en residuos domésticos y asimilables, aportándose los correspondientes certificados.

### 8.3 CENTROS DE TRATAMIENTO Y CLASIFICACIÓN DE VOLUMINOSOS

Los centros de clasificación y tratamiento de voluminosos consistirán en una nave cerrada para la preparación para la reutilización, reciclado y valorización material de residuos voluminosos. Dispondrán de bancadas con herramientas, de un triturador de residuos voluminosos y de las zonas adecuadas para la separación de las diferentes fracciones. Dispondrán de un manipulador telescópico con pinza y de medios humanos para separación de residuos reciclables.

Las plantas de voluminosos dispondrán de diferentes boxes y elementos para la separación, al menos, de:

- Férricos.
- Colchones.
- Plásticos de gran volumen no envases.
- RAES de las diferentes tipologías.
- Madera.
- Otros residuos voluminosos.

Se dispondrá de una bancada específica, a través de la cual se pueda separar el material férrico de los colchones para ser reciclado.

Asimismo, las plantas de voluminosos dispondrán de una bancada específica para la reparación y reutilización de muebles y enseres y de un box para el almacenamiento de enseres y voluminosos destinados a reutilización.

Por otro lado, se dispondrá de un triturador de gran capacidad, para poder reducir el volumen de los materiales no reciclables-valorizables materialmente.

Con los restos no reutilizables, no reciclables, no valorizables materialmente, así como no aprovechables energéticamente, se procederá a una trituración para la reducción de volumen y su destino a depósito controlado.

La tecnología a implantar, en todos los procesos, deberá contar con experiencia de al menos 2 años en residuos domésticos y asimilables, aportándose al respecto certificados, en los que se incluirá el % de rechazos a vertedero del sistema.

Las instalaciones propuestas deberán estar equipadas para cumplir con los objetivos de reciclaje y vertido marcados por el PNGIR.

Se aceptarán aquellas propuestas que, estando implantadas en suelo compatible con el planeamiento urbanístico, consideren dicha generación de residuos. Además, la/s línea/s deben estar adaptadas para recibir tanto residuos domésticos en masa como la materia orgánica recogida selectivamente.

Las instalaciones proyectadas se ubicarán preferentemente en las proximidades de los centros de masas de generación de residuos de las Unidades de Gestión.

Las instalaciones incluirán básculas en todos los procesos del tratamiento y valorización, no solo a la entrada y salida de la planta.

#### 8.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS DOMÉSTICOS

Los proyectos de ampliación de los espacios nuevos de rellenos sanitario se ajustarán a la normativa vigente e incluirán, además de memoria, planos, pliego de condiciones técnicas, presupuesto, y plan de control de calidad de las obras, estos contenidos mínimos:

- Descripción de los tipos de residuos urbanos y fracciones no valorizables que serán objeto de vertido, utilizando la codificación establecida, y especificando los procedimientos de admisión de residuos aplicables.
- Cantidad anual prevista de residuos a depositar, diferenciando por residuos e indicando las cantidades totales durante los años de explotación.
- Volumen total previsto de los residuos depositados, indicando su evolución durante los años de explotación.
- Características constructivas: superficie total a ocupar, superficie útil de vertido, superficie de servicios comunes; sistema de impermeabilización del fondo y las paredes del vaso; sistema de recogida y almacenamiento de lixiviados; sistema drenaje de aguas pluviales; sistema de extracción de gases; caminos de acceso perimetrales y de acceso al vaso; edificios y zonas de servicios comunes.
- Medidas correctoras para la minimización de impactos ambientales derivados de la actividad del vertedero.
- Descripción y tecnología de implantación de tratamiento de lixiviación. Para ello se modelizará la cantidad y características de las emisiones líquidas a tratar en cada espacio de vertido, según los parámetros de calidad indicados en el anejo 3. A partir de este estudio se diseñará el sistema de tratamiento y magnitud de la planta y las balsas de almacenamiento de lixiviados.
- Descripción de sistema de desgasificación y aprovechamiento energético, en su caso.
- Diseño de capa de sellado una vez colmatado el nuevo espacio de vertido.

Los respectivos proyectos de las instalaciones de eliminación contendrán los siguientes anejos:

##### A. Estudio geológico-geotécnico e hidrogeológico.

El emplazamiento de las instalaciones de eliminación deberá disponer de un estudio geológico-geotécnico, de acuerdo con la normativa técnica vigente sobre construcción industrial. Se incluirá además el balance de movimiento de tierras y la naturaleza y destino de las mismas.

El emplazamiento del vertedero para las fracciones no valorizables de los residuos domésticos, deberá disponer de estudio geológico-geotécnico e hidrogeológico, cuyo contenido mínimo será:

- Reconocimiento de campo
  - Unidades geológicas del área del emplazamiento.
  - Serie geológica local.
  - Estructura y fracturación de los materiales de la ubicación.
  - Parámetros geotécnicos de las principales unidades litológicas del emplazamiento.
  - Cartografía geológica a escala adecuada (1:5.000, 1:1.000 o 1:500, en función de las características y complejidad del emplazamiento, acompañada de cortes geológicos y columnas estratigráficas representativas.
  - Reconocimientos preliminares (calicatas, penetrómetros, sondeos eléctricos o geofísicos).
  - Caracterización hidrológica regional y local que incluya un inventario de puntos de agua.

- Ensayos in situ
  - 2 calicatas por hectárea para la descripción del terreno desde superficie hasta la máxima profundidad que se pueda alcanzar mediante medios mecánicos.
  - 1 ensayo de infiltrometría por hectárea, en el caso que el terreno sea representativo del apoyo del vaso.
  - 1 sondeo con recuperación de testigo continuo por hectárea hasta alcanzar una profundidad no inferior, en ninguno de ellos, a la cota de apoyo del vertedero más cinco veces el espesor requerido a la barrera geológica. Como mínimo, la longitud de los sondeos será de 15 metros en cualquier caso. En todo caso el vaso de vertido proyectado deberá albergar un mínimo de 4 sondeos.
  - Para los emplazamientos que se ubiquen sobre formaciones geológicas que presenten una clara homogeneidad litológica y estructural, se podrá reducir el número de ensayos in situ a 1 calicata por hectárea y 1 sondeo por cada dos hectáreas.
  - Hasta una profundidad equivalente de 5 m por debajo de la cota de apoyo del vertedero se ejecutarán por cada nivel litológico representativo:
    - ✓ Toma de muestra inalterada o toma de muestra parafinada.
    - ✓ Un ensayo de permeabilidad en laboratorio sobre muestra de terreno.
    - ✓ Un ensayo de permeabilidad in situ.
  - Por debajo de la profundidad equivalente de 5 m por debajo de la cota de apoyo del futuro vertedero se ejecutarán los siguientes ensayos:
    - ✓ Cada 5 m toma de muestra inalterada o toma de muestra parafinada.
    - ✓ Cada 5 m ensayo de permeabilidad en laboratorio sobre muestra de terreno.
    - ✓ Cada 5 m ensayo de permeabilidad in situ.
  
- Hidrogeología
  - Mediante los sondeos se identificará la presencia o ausencia de aguas subterráneas en el emplazamiento, así como el rango de gradiente hidrogeológico local, en su caso. Se efectuará un inventario de puntos de agua, y, en al menos tres puntos, se tomarán muestras para obtener analíticas completas de calidad del agua subterránea.



#### B. Estudio de impacto ambiental.

Se incluirá un estudio de impacto ambiental correspondiente a las obras y a las actividades de valorización y eliminación de residuos en los emplazamientos seleccionados, contemplando expresamente tanto los accesos a las instalaciones, como los correspondientes suministros de servicios, por formar parte de un mismo todo.

#### C. Anteproyecto de accesos a las instalaciones.

Se incluirá un anteproyecto de accesos a las instalaciones, tanto de valorización como eliminación, grafiando los trazados propuestos a escala 1:5.000.

Los accesos se dimensionarán funcionalmente considerando el tráfico esperado de camiones de recogida de residuos y transporte de rechazos, en su caso, hacia y desde las instalaciones, de forma que se permita una circulación fluida que no ocasionen problemas a usuarios ajenos a las mismas. Como mínimo, los viales de acceso serán de 6 m de anchura de plataforma y 5 m de calzada, disponiendo de 1 carril por cada sentido de 2,5 m cada uno de ellos.

De otra parte, se dimensionarán estructuralmente para soportar todas las cargas correspondientes al tráfico pesado previsto, determinando la combinación subbase, base y firme más adecuada. Se grafiará con suficiente detalle una sección tipo de la calzada.

#### D. Anteproyecto de suministros de agua, electricidad, gas y telecomunicaciones.

Se incluirá un anteproyecto de suministros de servicios básicos a las instalaciones, grafiando los trazados propuestos a escala 1:5.000, y especificando los puntos de entronque con las correspondientes redes de distribución.

Las acometidas de servicios se dimensionarán con capacidad suficiente para las necesidades globales de las instalaciones, vigilando especialmente en el caso de optar por el aprovechamiento energético la magnitud de las líneas de exportación de energía eléctrica a la red.

Será responsabilidad del Concesionario asegurarse de que dispone de suficiente capacidad en los puntos de entronque para asegurar el suministro todos los servicios básicos a las instalaciones. La no disponibilidad de suficiente capacidad no podrá ser objeto de reclamaciones posteriores ante el promotor, ni de carácter económico a través los cánones adjudicados, ni de ampliación de los plazos comprometidos.

#### *8.4.1 Capacidad, número y ubicación*

Se proyectará al menos una instalación de eliminación de rechazos por cada unidad de gestión. Estas deberán ser diseñadas para una vida útil superior a 20 años, al igual que los sistemas de desgasificación y tratamiento de lixiviados. Todas ellas se diseñarán con el criterio de celda unitaria y de red separativa de aguas de lluvia y lixiviados.

Por lo que se refiere a la ubicación, se aceptarán tanto las áreas aptas que sean compatibles desde el punto de vista socioambiental, geomorfológico e hidrogeológico. En el caso de estas últimas se deberá demostrar mediante los estudios técnicos adecuados el cumplimiento de los condicionantes establecidos en la normativa vigente, para obtener la correspondiente autorización administrativa para la eliminación de residuos no

#### Reformulación del Relleno Sanitario de Cerro Patacón.

peligrosos y así mismo obtener la preceptiva declaración de impacto ambiental de la infraestructura que garantice la admisibilidad de la misma desde el punto de vista ambiental.

En la selección del emplazamiento para la ubicación del vertedero se priorizará el aprovechamiento de huecos de explotaciones mineras y el diseño y construcción de la instalación de eliminación por fases de explotación.

#### 8.4.2 *Otras consideraciones*

Los proyectos de las instalaciones de eliminación deberán incluir un plan de contingencia de actuación para casos de accidentes o anormal funcionamiento de la instalación.