

K.2 Diseño Preliminar del Sistema Técnico

K.2.1 Proyecto de Disposición Final

a. Evaluación de las Condiciones de Diseño

a.1 Desecho Objeto del Proyecto

Los desechos objeto del proyecto son todos aquellos desechos sólidos municipales con excepción de los desechos peligrosos.

a.2 Leyes y Regulaciones Relacionadas

En la actualidad, el MINSA se encuentra formulando estándares técnicos para la construcción de rellenos. Sin embargo, se desconoce cuando estos estándares entrarán en vigencia. Por otra parte, ANAM sí ha establecido estándares para efluentes que descargan en cuerpos de agua; dichos estándares tendrían que controlar los efluentes de las instalaciones para tratamiento de lixiviados en este plan. El Cuadro K-3 muestra los estándares establecidos por ANAM para los efluentes.

Cuadro K-3: Estándares de Efluentes Establecidos por ANAM

Parámetro		Unidad	Límite de Descarga	
Aceites y Grasas		mg/litro	20	
Aluminio	Al	mg/litro	5	
Arsénico	As	mg/litro	0.50	
Boro	Br	mg/litro	0.75	
Cadmio	Cd	mg/litro	0.01	
Calcio	Ca	mg/litro	1,000	
Cianuro total	CN	mg/litro	0.2	
Cloro Residual	Cl	mg/litro	1.5	
Cloro	Cl ₂	mg/litro	400	
Cobre	Cu	mg/litro	1	
Coliformes totales		NMP/100 ml	1,000	
Compuestos de Fenol		mg/litro	0.5	
Cromo Hexavalente		Cr ⁺⁶	mg/litro	0.05
Cromo total		Cr	mg/litro	5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/litro	35	
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/litro	100	
Detergente		mg/litro	1	
Espuma		PE	mm	7
Flúor		F	mg/litro	5
Fósforo Totales		T-P	mg/litro	5
Hidrocarburo Totales			mg/litro	5
Hierro		Fe	mg/litro	5
Manganeso		Mn	mg/litro	0.3

Parámetro		Unidad	Límite de Descarga
Mercaptano		mg/litro	0.02
Mercurio	Hg	mg/litro	0.001
Molibdeno	Mo	mg/litro	2.5
Níquel	Ni	mg/litro	0.2
Nitrito	NO ₃	mg/litro	6
Nitrógeno Orgánico Total	N	mg/litro	10
Nitrógeno de Amonia	NH ₃ -N	mg/litro	3
Olor		-	No perceptible
Organo Clorados		mg/litro	1.5
Pentaclorofenol	C ₆ OHCl ₅	mg/litro	0.009
pH		mg/litro	5.5. to 9.0
Plomo	Pb	mg/litro	0.050
Selenio	Se	mg/litro	0.01
Sodio	% Na	%	35
Sólido Sedimentables	S. SED	mg/litro	15
Sólidos en Suspensión	SS	mg/litro	35
Sólidos Disueltos Totales	TDS	mg/litro	500
Sulfuro	SO ₄ ⁻²	mg/litro	1,000
Temperatura		°C	+,- 3 N.T
Tolueno	C ₆ H ₅ CH ₃	mg/litro	0.7
Tricloro-etano	HC ₂ Cl ₃	mg/litro	0.04
Tricloro-metano	CHCl ₃	mg/litro	0.02
Turbidez		NTU	30
Xileno		C ₆ H ₄ C ₂ H ₆	0.05
Zinc	Zn	mg/litro	3

Fuente : Normas para Aguas Residuales ANAM /DGNTI-COPANIT 35-2000

a.3 Ubicación y Area

a.3.1 Ubicación

Cerro Patacón es una localidad que se encuentra alrededor de 5 km al noroeste del centro de la ciudad. En las afueras de Betania y sobre la Avenida Cerro Patacón. Tiene camino de acceso pavimentado y servicio de electricidad.

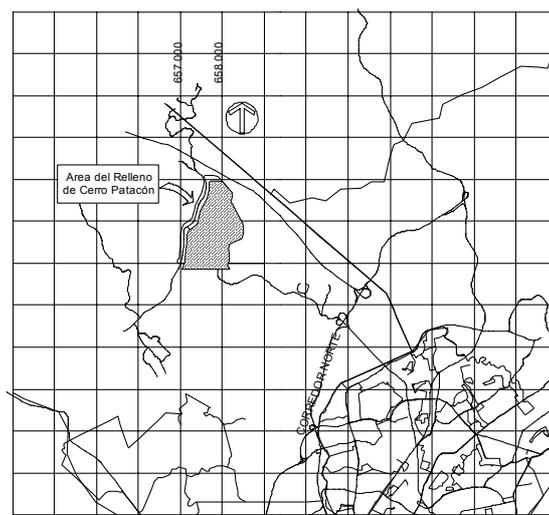


Figura K-1: Mapa de Ubicación de Cerro Patacón

a.3.2 Sitio del Proyecto

El sitio del proyecto se encuentra en el relleno de Cerro Patacón que tiene un área de 130 ha. Además, 9 ha más le serán añadidas al desarrollarse la Etapa 3. El perfil del proyecto se presenta a continuación.

- Altura máxima: 106 msnm
- Altura mínima: 43 msnm
- Área: alrededor de 28ha

Existe una pequeña loma hacia el norte y un valle no muy profundo hacia el sur del área del proyecto. Alrededor del área del proyecto, existe una loma hacia el Norte, el relleno existente (Etapa I) al sur, un río al Este y otro relleno existente (Etapa II).

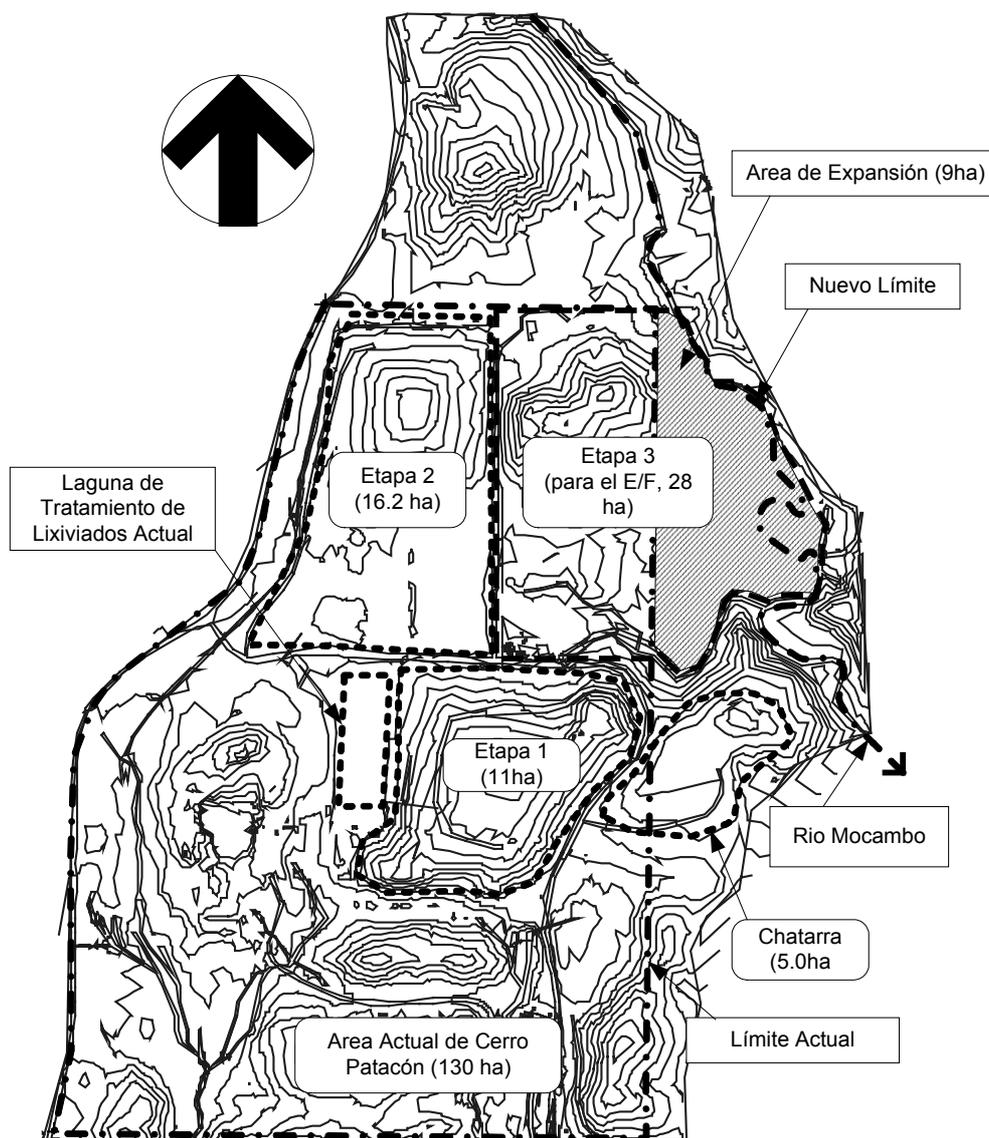


Figura K-2: Área del Proyecto

a.4 Condiciones Geológicas

Las condiciones geológicas del lugar del proyecto consisten de limo y/o arcilla en la parte superior y roca meteorizada en la parte subyacente. La conductividad hidráulica en la parte superior varía entre 10^{-4} y 10^{-6} (cm/sec). Un estudio geológico fue realizado como parte de este Estudio. La ubicación de las perforaciones que se realizaron durante este estudio geológico se muestran en la Figura K-3 , la Figura K-4 , la Figura K-5 , la Figura K-6 , y la Figura K-7 presentan las áreas transversales de las condiciones geológicas. Como muestran las figuras, el basamento del proyecto es rocoso. Por lo tanto, se puede estimar que este basamento soportará mayor presión a medida que se realice la disposición de desechos.

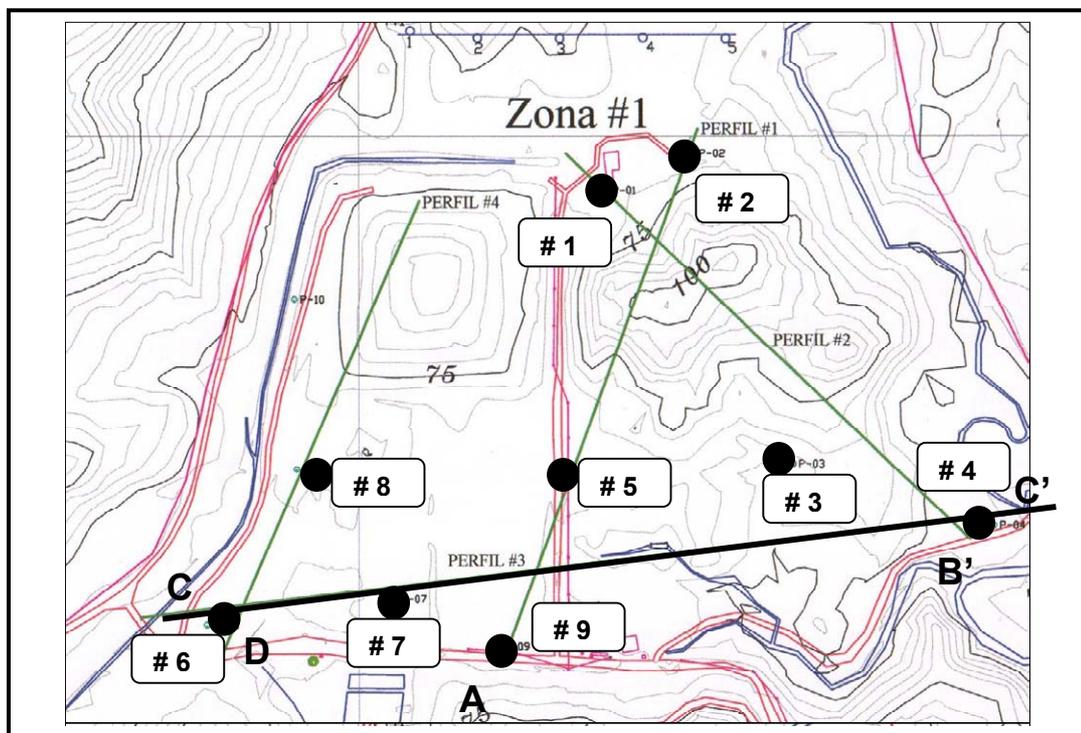


Figura K-3: Mapa de Ubicación de las Perforaciones para el Estudio

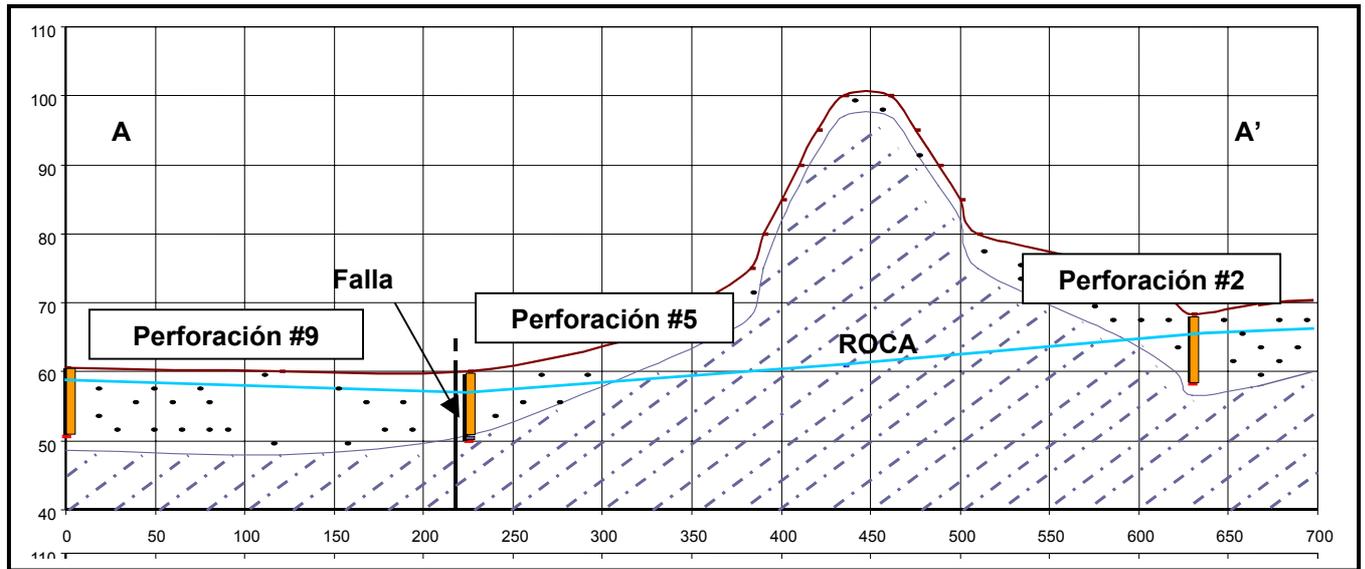


Figura K-4: Sección A-A'

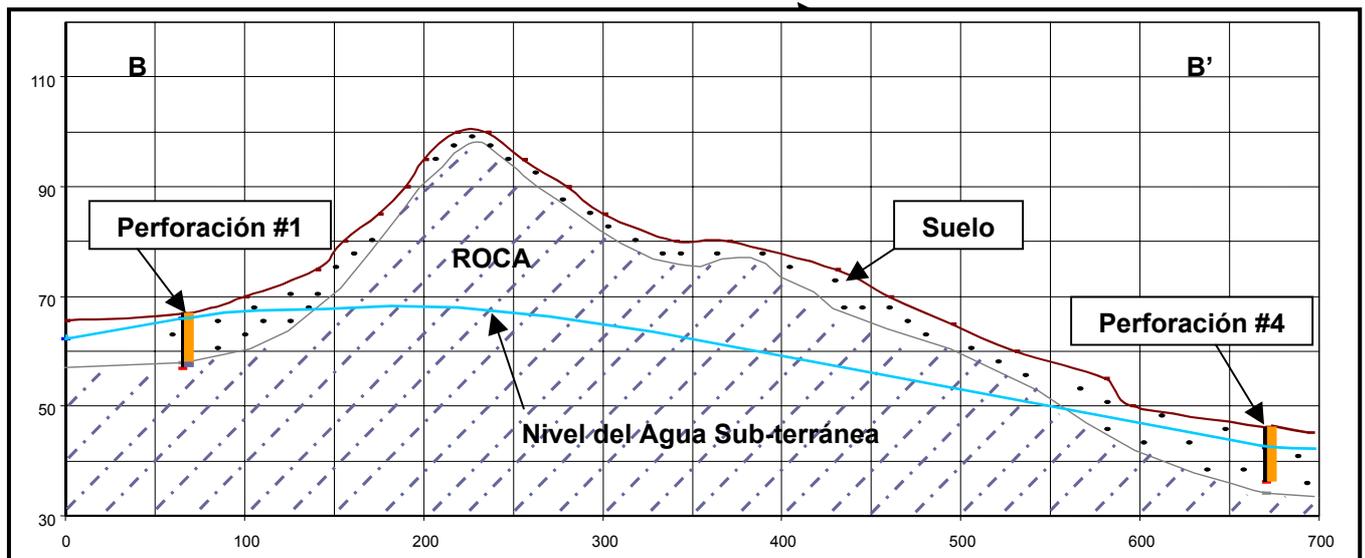


Figura K-5: Sección B-B'

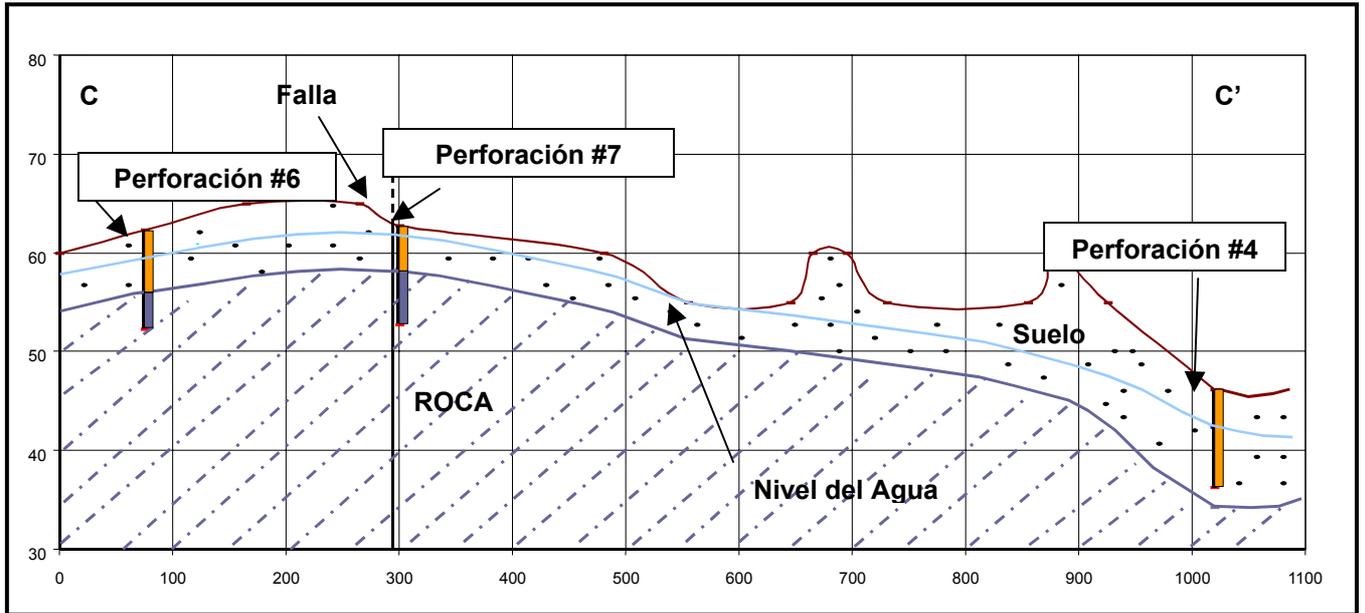


Figura K-6: Sección C-C'

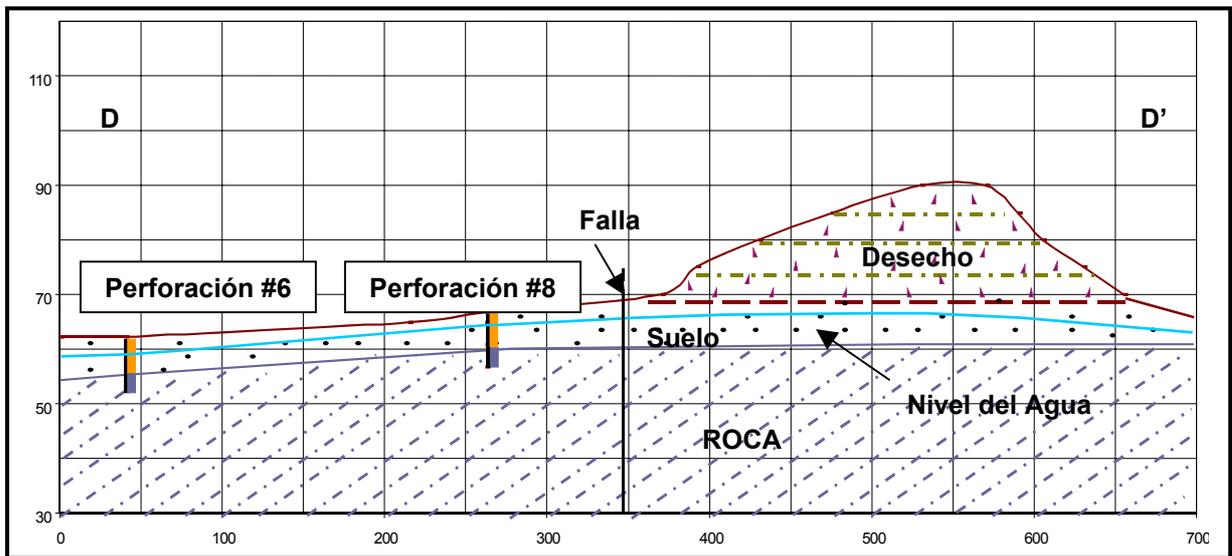


Figura K-7: Sección D-D'

a.4.1 Manto Freático

De acuerdo con los niveles medidos en las perforaciones durante el estudio, se estima que el flujo del agua sub-terránea fluye de noroeste hacia el sureste bajo el área del proyecto. El agua se transportará a través de fisuras que es el medio predominante en el área.

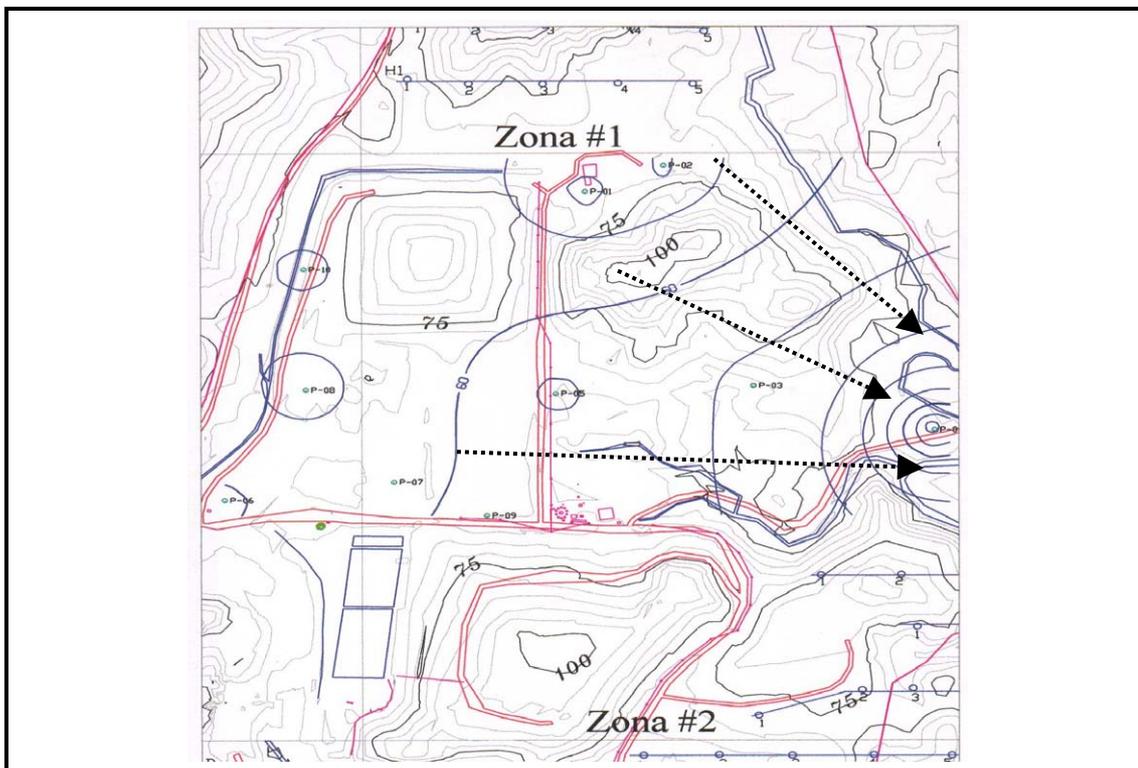


Figura K-8: Dirección del Flujo de Agua Sub-terránea

a.4.2 Permeabilidad

Se realizaron pruebas de permeabilidad In-situ en las perforaciones. El Cuadro K-4 muestra los resultados de las pruebas.

Cuadro K-4: Resultados del Estudio de Permeabilidad

Número de la perforación	UBICACION	K (m/s)	K (cm/s)	TIPO DE PERMEABILIDAD
P # 1-02	1001434.42 N, 657796.87 E	8.24 E-07	8.24 E-05	Muy baja
P # 2-02	1001478.89 N, 657900.95 E	5.09 E-07	5.09 E-05	Prácticamente impermeable
P # 3-02	1000987.18 N, 658073.14 E	3.59 E-08	3.59 E-06	
P # 4-02	1001028.35 N, 658260.56 E	1.57 E-07	1.57 E-05	
P # 5-02	1001090.35 N, 657757.58 E	2.14 E-07	2.14 E-05	Muy baja
P # 6-02	1000909.59 N, 657317.57 E	2.32 E-06	2.32 E-04	
P # 7-02	1000940.26 N, 657542.50 E	6.84 E-08	6.84 E-06	Prácticamente impermeable
P # 8-02	1001097.23 N, 657425.56 E	6.00 E-08	6.00 E-06	

Las perforaciones No. 1, 2, 3, y 5 se encuentran dentro del proyecto. Aunque los valores dan una permeabilidad baja para todos ellos, entre 10^{-5} y 10^{-6} cm/sec, para la parte superior; el estudio indica que la capa subyacente consiste de roca meteorizada y el agua se transporta por medio de fisuras. Por lo tanto, se concluye que el fondo del relleno requerirá de capa impermeabilizante, aunque la parte superior presente baja permeabilidad.

a.5 Condiciones Meteorológicas

Existen tres estaciones meteorológicas (Gamboa, PMG y B.AFF) en los alrededores del área del proyecto. La Figura K-9 muestra sus ubicaciones.

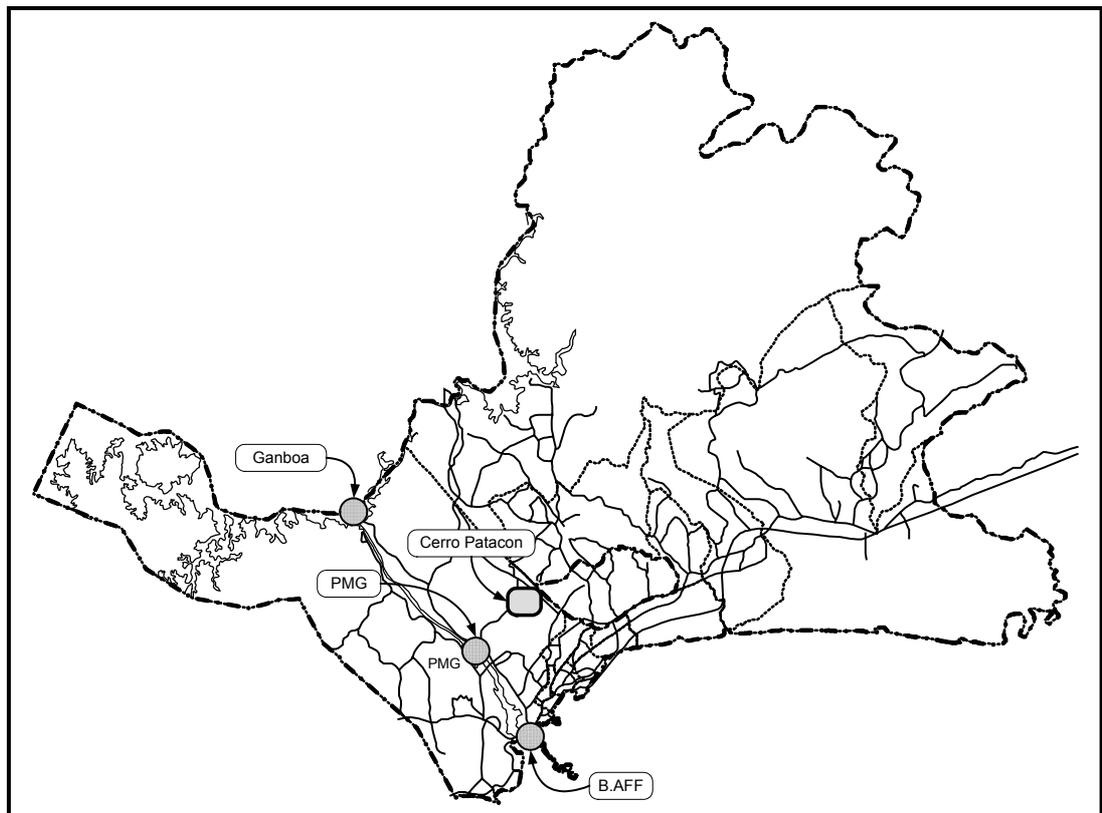


Figura K-9: Ubicación de las Estaciones Meteorológicas

a.5.1 Precipitación

Los datos de precipitación se muestran a continuación.

Cuadro K-5: Datos de Precipitación de la Estación de Gamboa

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	
Día/año	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	
No. de días observados	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	
Precipitación anual (mm)	1,996.44	2,626.36	2,428.24	2,280.92	2,298.70	1,714.50	2,199.64	2,468.88	2,270.76	1,887.22	
Precipitación promedio diaria (mm)	5.50	7.20	6.70	6.20	6.30	4.70	6.00	6.80	6.20	5.20	
Precipitación mensual (mm/mes)	Ene.	10.16	109.22	22.86	17.78	233.68	12.70	0.00	33.02	35.56	25.40
	Feb.	5.08	5.08	15.24	2.54	17.78	5.08	2.54	101.60	7.62	2.54
	Marzo	0.00	66.04	53.34	30.48	40.64	2.54	2.54	35.56	2.54	25.40
	Abril	99.06	127.00	15.24	121.92	60.96	12.70	218.44	96.52	91.44	35.56
	Mayo	187.96	162.56	363.22	302.26	256.54	317.50	190.50	274.32	330.20	119.38
	Junio	373.38	365.76	238.76	297.18	238.76	152.40	223.52	276.86	314.96	190.50
	Julio	378.46	231.14	190.50	259.08	215.90	241.30	261.62	96.52	160.02	236.22
	Ago.	187.96	223.52	266.70	226.06	309.88	182.88	322.58	284.48	274.32	236.22
	Sept.	284.48	523.24	330.20	332.74	256.54	134.62	289.56	373.38	304.80	238.76
	Oct.	274.32	388.62	368.30	264.16	320.04	383.54	210.82	218.44	317.50	193.04
	Nov.	144.78	340.36	482.60	294.64	309.88	254.00	289.56	304.80	215.90	304.80
	Dic.	50.80	83.82	81.28	132.08	38.10	15.24	187.96	373.38	215.90	279.40
Precipitación máxima diaria en el mes (mm/día)	Ene.	5.08	38.10	10.16	7.62	66.04	10.16	0.00	20.32	17.78	20.32
	Feb.	5.08	5.08	5.08	2.54	5.08	2.54	2.54	30.48	2.54	2.54
	Marzo	0.00	50.80	33.02	20.32	30.48	2.54	2.54	15.24	2.54	15.24
	Abril	40.64	38.10	7.62	81.28	25.40	10.16	99.06	30.48	30.48	15.24
	Mayo	45.72	68.58	93.98	60.96	68.58	66.04	38.10	76.20	68.58	50.80
	Junio	96.52	50.80	30.48	99.06	48.26	43.18	38.10	38.10	60.96	43.18
	Julio	83.82	63.50	33.02	40.64	68.58	53.34	43.18	17.78	35.56	45.72
	Ago.	53.34	48.26	86.36	35.56	66.04	63.50	73.66	86.36	58.42	60.96
	Sept.	43.18	81.28	73.66	71.12	81.28	22.86	96.52	71.12	55.88	35.56
	Oct.	60.96	91.44	71.12	40.64	40.64	91.44	58.42	35.56	58.42	30.48
	Nov.	27.94	101.60	78.74	48.26	58.42	55.88	78.74	58.42	45.72	83.82
	Dic.	15.24	25.40	20.32	20.32	12.70	12.70	45.72	45.72	106.68	55.88

Cuadro K-6: Datos de Precipitación de la Estación PMG

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	
Día/año	365	365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	
No. de días observados	365	365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	
Precipitación anual (mm)	1,922.78	2,311.40	2,044.70	2,197.10	1,968.50	1,971.04	2,367.28	1,668.78	2,189.48	2,270.76	2,138.68	1,963.42	
Precipitación promedio diaria (mm)	5.30	6.30	5.60	6.00	5.40	5.40	6.50	4.60	6.00	6.20	5.80	5.40	
Precipitación mensual (mm/mes)	Ene.	22.86	5.08	0.00	93.98	10.16	5.08	144.78	38.10	2.54	81.28	45.72	12.70
	Feb.	0.00	0.00	2.54	0.00	0.00	2.54	55.88	12.70	0.00	81.28	7.62	0.00
	Marzo	0.00	5.08	2.54	17.78	142.24	20.32	73.66	0.00	0.00	27.94	0.00	2.54
	Abril	106.68	228.60	45.72	83.82	45.72	149.86	88.90	17.78	33.02	63.50	144.78	40.64
	Mayo	213.36	350.52	220.98	218.44	347.98	215.90	381.00	154.94	314.96	220.98	200.66	172.72
	Junio	177.80	266.70	345.44	459.74	170.18	330.20	208.28	121.92	243.84	360.68	302.26	132.08
	Julio	335.28	274.32	266.70	292.10	142.24	266.70	119.38	279.40	299.72	127.00	236.22	261.62
	Ago.	294.64	276.86	251.46	200.66	233.68	177.80	342.90	149.86	337.82	220.98	271.78	142.24
	Sept.	193.04	325.12	309.88	279.40	236.22	149.86	177.80	185.42	215.90	337.82	236.22	266.70
	Oct.	327.66	228.60	353.06	218.44	279.40	256.54	332.74	347.98	279.40	297.18	347.98	340.36
	Nov.	137.16	317.50	190.50	238.76	355.60	347.98	347.98	332.74	274.32	208.28	167.64	332.74
	Dic.	114.30	33.02	55.88	93.98	5.08	48.26	93.98	27.94	187.96	243.84	177.80	259.08
Precipitación máxima diaria en el mes (mm/día)	Ene.	15.24	2.54	0.00	50.80	7.62	5.08	60.96	27.94	2.54	40.64	15.24	7.62
	Feb.	0.00	0.00	2.54	0.00	0.00	2.54	17.78	10.16	0.00	73.66	5.08	0.00
	Marzo	0.00	5.08	2.54	10.16	101.60	12.70	53.34	0.00	0.00	12.70	0.00	2.54
	Abril	81.28	111.76	17.78	40.64	17.78	71.12	35.56	12.70	17.78	22.86	71.12	40.64
	Mayo	33.02	91.44	60.96	35.56	66.04	45.72	93.98	48.26	81.28	45.72	30.48	45.72
	Junio	30.48	43.18	96.52	121.92	38.10	86.36	60.96	53.34	83.82	76.20	50.80	27.94
	Julio	104.14	68.58	45.72	68.58	25.40	88.90	50.80	55.88	60.96	35.56	50.80	50.80
	Ago.	73.66	83.82	86.36	53.34	68.58	27.94	88.90	45.72	68.58	30.48	48.26	38.10
	Sept.	76.20	68.58	73.66	48.26	58.42	43.18	33.02	45.72	35.56	60.96	38.10	78.74
	Oct.	48.26	71.12	172.72	40.64	76.20	55.88	48.26	78.74	66.04	91.44	71.12	66.04
	Nov.	25.40	71.12	45.72	38.10	91.44	53.34	48.26	73.66	66.04	43.18	30.48	45.72
	Dic.	58.42	17.78	25.40	17.78	2.54	17.78	20.32	22.86	60.96	38.10	55.88	40.64

Cuadro K-7: Datos de Precipitación de la Estación B.AFF

Año	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	
Día/año	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	
No. de días observados	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	
Precipitación anual (mm)	2,207.26	2,443.48	2,100.58	2,875.28	2,451.10	1,905.00	1,953.26	1,940.56	1,927.86	1,684.02	
Precipitación promedio diaria (mm)	6.00	6.70	5.80	7.90	6.70	5.20	5.40	5.30	5.30	4.60	
Precipitación mensual (mm/mes)	Ene.	0.00	68.58	0.00	0.00	154.94	170.18	0.00	43.18	53.34	17.78
	Feb.	5.08	0.00	33.02	0.00	99.06	15.24	15.24	17.78	81.28	0.00
	Marzo	0.00	91.44	55.88	63.50	76.20	0.00	0.00	86.36	22.86	0.00
	Abril	22.86	76.20	40.64	81.28	91.44	0.00	73.66	68.58	76.20	50.80
	Mayo	269.24	487.68	314.96	393.70	337.82	144.78	373.38	223.52	180.34	203.20
	Junio	213.36	205.74	248.92	566.42	254.00	215.90	279.40	241.30	287.02	254.00
	Julio	256.54	462.28	129.54	304.80	200.66	134.62	198.12	165.10	195.58	119.38
	Ago.	299.72	215.90	266.70	215.90	167.64	147.32	172.72	132.08	149.86	71.12
	Sept.	271.78	292.10	182.88	490.22	142.24	360.68	254.00	172.72	256.54	266.70
	Oct.	431.80	172.72	320.04	401.32	317.50	358.14	167.64	203.20	292.10	223.52
	Nov.	299.72	254.00	411.48	157.48	408.94	347.98	218.44	335.28	200.66	241.30
	Dic.	137.16	116.84	96.52	200.66	200.66	10.16	200.66	251.46	132.08	236.22
Precipitación máxima diaria en el mes (mm/día)	Ene.	0.00	35.56	0.00	0.00	35.56	71.12	0.00	17.78	27.94	15.24
	Feb.	5.08	0.00	33.02	0.00	27.94	7.62	7.62	7.62	30.48	0.00
	Marzo	0.00	45.72	30.48	33.02	45.72	0.00	0.00	43.18	12.70	0.00
	Abril	10.16	38.10	20.32	40.64	38.10	0.00	48.26	35.56	45.72	40.64
	Mayo	81.28	104.14	83.82	152.40	78.74	27.94	134.62	55.88	63.50	83.82
	Junio	53.34	76.20	73.66	190.50	93.98	71.12	93.98	50.80	83.82	50.80
	Julio	60.96	152.40	43.18	55.88	55.88	35.56	68.58	63.50	35.56	43.18
	Ago.	58.42	68.58	48.26	53.34	27.94	78.74	38.10	35.56	20.32	17.78
	Sept.	66.04	50.80	60.96	162.56	38.10	134.62	60.96	50.80	53.34	55.88
	Oct.	83.82	35.56	73.66	88.90	66.04	91.44	71.12	58.42	63.50	40.64
	Nov.	48.26	40.64	152.40	35.56	73.66	101.60	45.72	76.20	27.94	58.42
	Dic.	27.94	35.56	63.50	38.10	40.64	10.16	27.94	53.34	43.18	91.44

a.5.2 Temperatura

Los datos de temperatura promedio mensuales se muestran a continuación.

Cuadro K-8: Datos Mensuales Promedios de Temperatura en la Estación de Gamboa

unidad : Celsius

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Ene.	27.2	25.4	25.3	25.6	25.4	25.5	27.0	26.3	25.6	25.2
Feb.	27.7	25.6	25.5	25.5	25.8	26.7	27.3	25.8	26.1	25.7
Marzo	28.2	26.4	25.8	26.1	26.2	26.2	27.7	26.3	26.3	25.8
Abril	28.6	26.6	26.6	26.7	26.7	27.0	28.0	26.7	26.8	26.9
Mayo	28.1	26.7	26.2	26.3	26.4	27.5	27.5	26.4	26.2	26.6
Junio	27.5	26.3	25.6	26.4	26.0	26.9	26.8	25.6	25.7	26.5
Julio	27.0	26.4	25.9	25.6	25.5	27.2	26.3	25.9	25.7	25.7
Ago.	27.3	26.2	25.5	25.8	25.5	27.3	26.0	25.6	25.9	26.7
Sept.	26.9	25.7	25.6	26.0	25.5	26.3	26.1	25.4	25.3	25.9
Oct.	25.8	25.8	25.1	25.6	25.6	26.6	26.2	25.4	25.3	26.4
Nov.	25.3	24.9	24.9	25.5	25.1	26.2	25.7	25.2	25.8	25.9
Dic.	25.6	25.6	25.5	25.7	25.7	26.9	25.7	24.7	25.4	26.1

Cuadro K-9: Datos Mensuales Promedios de Temperatura en la Estación de B.AFF

unidad : Celsius

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Ene.	27.2	26.7	26.9	27.5	25.5	25.7	27.8	26.1	25.4	26.1
Feb.	27.5	27.3	27.3	27.5	26.1	27.0	27.9	26.4	26.4	26.7
Marzo	27.3	27.9	27.6	27.5	26.5	26.9	28.7	26.9	26.8	26.9
Abril	27.6	27.8	28.2	27.6	27.1	27.7	28.5	27.0	27.4	27.8
Mayo	26.7	27.5	27.0	27.0	26.3	27.8	27.7	26.4	26.6	26.8
Junio	26.1	27.2	26.8	27.3	26.2	26.7	27.1	25.9	26.3	26.6
Julio	27.5	27.1	27.2	26.0	25.9	27.3	26.6	26.1	26.2	26.1
Ago.	25.1	27.2	26.5	25.9	25.9	27.3	26.3	25.8	26.1	26.9
Sept.	26.5	26.0	27.0	26.4	25.8	26.4	26.5	25.7	25.3	25.6
Oct.	26.4	26.6	26.3	25.9	25.8	26.5	26.5	25.7	25.6	25.9
Nov.	26.2	26.1	26.3	25.7	25.6	26.3	25.8	25.4	25.6	25.4
Dic.	26.7	26.8	26.9	25.7	25.7	27.3	25.6	25.0	25.6	25.7

a.5.3 Horas de Brillo Solar

Las horas de brillo solar no se registran en la actualidad debido a que se tornó estable a lo largo de los años. El Cuadro K-10 presenta las horas de brillo solar promedio mensual en la estación de B.AFF entre 1908 y 1965.

Cuadro K-10: Horas de Brillo Solar Promedio Mensual (de 1908 hasta 1965)

unidad : horas/mes

Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
263	246	255	209	162	135	147	147	148	147	143	208	2,210

a.6 Cantidad de Relleno

Una vez que el relleno inicie su operación en el año 2006, la cantidad final de disposición para el año 2015 se ha estimado en el siguiente cuadro.

Cuadro K-11: Proyecciones del Volumen Requerido y el Plan de Construcción

unidad : m³

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Volumen de Desecho	470,385	957,627	1,458,540	1,974,352	2,503,536	3,047,121	3,605,239	4,179,252	4,769,424	5,376,784
Volumen de suelo de cobertura	94,077	191,525	291,708	394,870	500,707	609,424	721,048	835,851	953,885	1,075,357
Total	564,462	1,149,152	1,750,248	2,369,222	3,004,243	3,656,545	4,326,287	5,015,103	5,723,309	6,452,141
*Volumen requerido para la Etapa 3	286,462	871,152	1,472,248	2,091,222	2,726,243	3,378,545	4,048,287	4,737,103	5,445,309	6,174,141
Período de Servicio	Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase 4			
Volumen disponible	1,300,000 m ³		1,200,000 m ³		1,100,000 m ³		2,800,000 m ³			
Volumen total disponible	1,300,000 m ³		2,500,000 m ³		3,600,000 m ³		6,400,000 m ³			

nota : *se asume que el volumen remanente de la Etapa 2 a finales del año 2006 es de alrededor de 278,000 m³

b. Diseño Conceptual

b.1 Area del Relleno

b.1.1 Plan de Desarrollo del Area

Concepto Básico

La capacidad de relleno planificada es de alrededor 6.4 millones de m³. El área posible de desarrollo es de alrededor de 26 ha, teniendo en cuenta también 50 m de ancho de una zona de amortiguamiento a lo largo del río. El relleno tendrá un camino de mantenimiento en su periferia. En consecuencia, el área a ser utilizada por el relleno es de alrededor de 20 ha. .

Un plan esquemático de diseño y un plan de reclamación son formulados con base en los conceptos básicos que muestra el Cuadro K-12, teniendo en consideración ejemplos en el Japón y factores de seguridad. Debido a las características del terreno, existen áreas donde los 50 m de zona de amortiguamiento no podrán ser logrados; para tales situaciones, se tratará de asegurar por lo menos 30 mts.

Cuadro K-12: Concepto Básico del Plan de Desarrollo del área

Aspecto	Descripción
Camino Interno	ancho :10.0m
Camino de acceso	ancho : 10.0 m, pendiente máxima : 8.000%
Camino de acceso para las instalaciones para tratamiento de lixiviados	ancho : 6.0 m, pendiente máxima : 8.000%
Talud de corte	1:2
Talud del terraplén cara externa del relleno	1:3
Talud del terraplén cara interna hacia el relleno	1:2, hombro del terraplén : 2.0m
Pendiente del relleno	1:3, hombro de la grada : 2.5m
Distancia desde el río	norma :50 m, mínimo : 30 m

Plan de Desarrollo del Area

La construcción del relleno se ha dividido en tres fases como se muestra en la

Figura K-10. La Fase 1 se realizará en la parte sur, la Fase 2 se realizará en la parte noroeste y la Fase 3 se realizará en la parte noreste. El espesor total del relleno será de 10m; el desecho se colocará hasta 80 msnm para cada Fase. Posteriormente, las tres áreas se combinarán y se rellenará sobre ellas para alcanzar 110 msnm, esta parte se denominará Fase 4. Las capacidades de cada Fase se muestran en el Cuadro K-13 que se estimó con base a un mapa 1:2,500.

Cuadro K-13: Proyecciones de la Cantidad de Relleno

Fase	Cantidad de Relleno (m ³)
Fase 1	1,300,000
Fase 2	1,200,000
Fase 3	1,100,000
Fase 4	2,800,000
Total	6,400,000

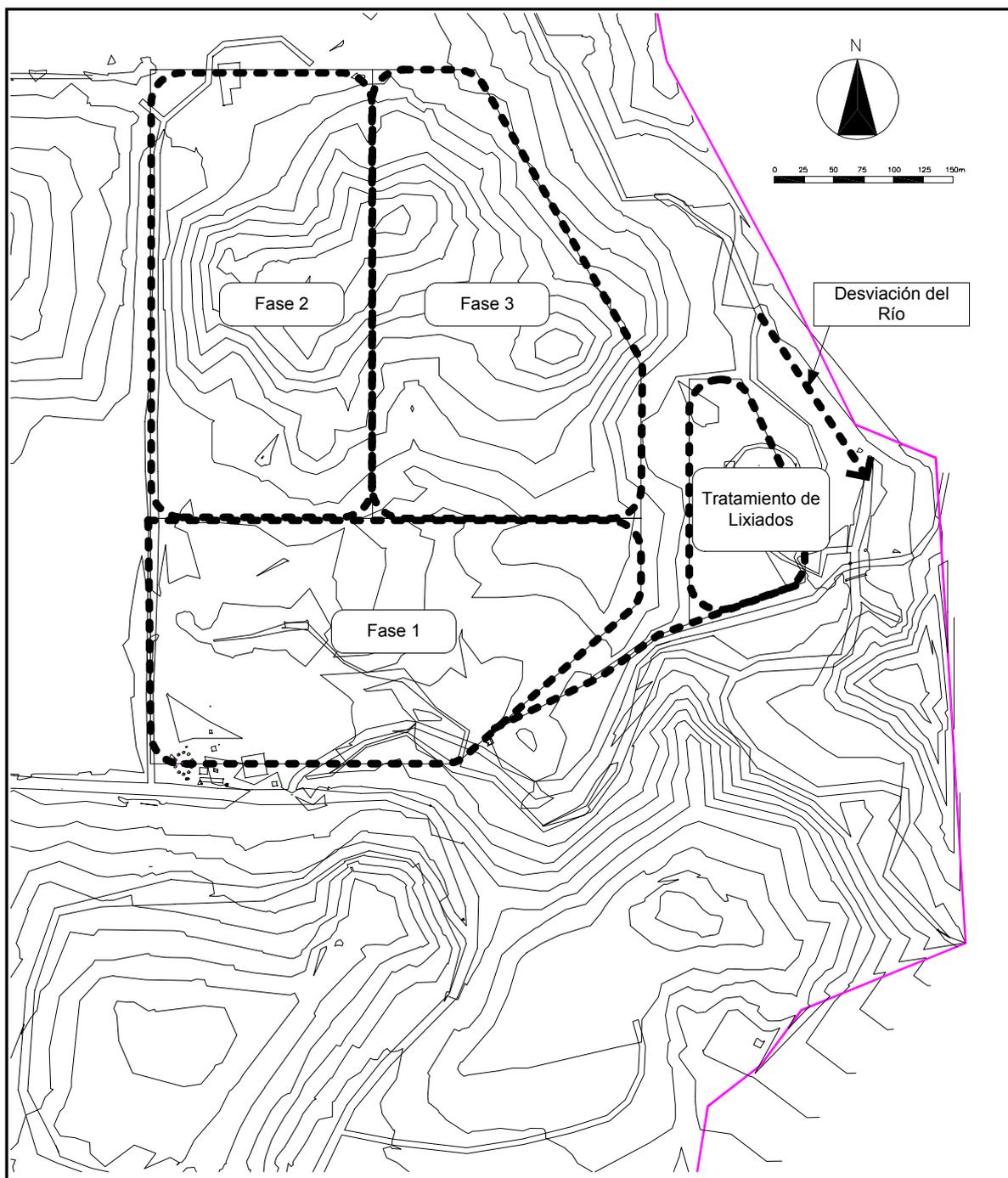


Figura K-10: Plan de Zonificación del Area de Desarrollo

Plan de Movimiento de Tierra

El Cuadro K-14 muestra los trabajos de movimiento de tierra que se requieren. Los trabajos masivos de movimiento de tierra para las Fases 2 y 3 serán inevitables para obtener la capacidad suficiente de relleno. Del suelo excavado, 1.4 millones pueden ser utilizados como material de cobertura, el material remanente de excavación será de alrededor de 2.1 millones. El sector norte cerca del área del proyecto puede recibir 2.2 millones de m³ de suelo (Ver Figura K-11).

Cuadro K-14: Volumen de Movimiento de Tierra

	Corte (m ³)	Volumen de Terraplén (m ³)	Balance (m ³) (corte – terraplén)
Fase 1	406,000	15,000	391,000
Fase 2	1,973,000	4,000	1,969,000
Fase 3	1,192,000	26,000	1,166,000
Fase 4	0	1,000	-1,000
Total	3,571,000	46,000	3,525,000

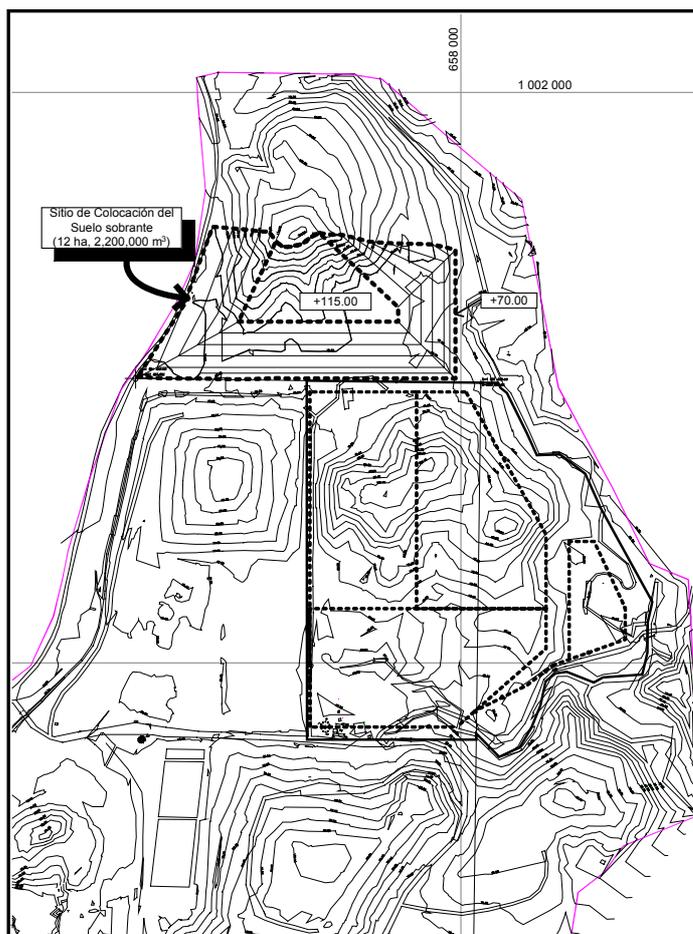


Figura K-11: Area de Colocación del Material Sobrante

Cuadro K-15: Volumen Total que Puede Recibir el Area Donde se Colocará el Material Sobrante

Nivel	Area 1(m ²)	Area promedio (m ²)	Altura (m)	Volumen (m ³)
+70.00	48,500	58,300	5	291,500
+75.00	68,100			
+85.00	59,700	55,150	10	551,500
+95.00	50,600			
+105.00	40,100	33,800	10	338,000
+115.00	27,500			
Total				2,273,500

Estructura de Retención para los Desechos

La estructura de retención de los desechos, el terraplén, sirve para contener a los desechos y también para temporalmente almacenar una gran cantidad de lixiviado que se produce debido a la lluvia. La construcción del terraplén será parcial, teniendo en consideración que la mayoría del relleno será excavado. La altura del terraplén será de 10 m medidos desde el fondo del relleno. La pendiente de la cara interior del terraplén será de 1 a 2 y la pendiente de la cara externa será de 1 a 3 con el fin de tomar en cuenta la estabilidad del talud. El terraplén será construido con material bueno extraído de la misma área del proyecto.

b.1.2 Plan de Recolección del Agua Sub-terránea

Situación Actual

De acuerdo con el estudio geológico, el nivel del agua sub-terránea es muy superficial. Se estima que el agua fluye del noroeste hacia el sureste. Además, la roca se encuentra en un nivel somero; sin embargo, esta roca no será una capa impermeable, teniendo en cuenta que existen fracturas por las que fluye el agua sub-terránea.

Establecimiento de una Estructura de Drenaje de Agua Sub-terránea

La estructura de drenaje será instalada con el fin dirigir el flujo de agua sub-terránea bajo el relleno. La estructura de drenaje consistirá de una línea principal y de ramificaciones. La línea principal será colocada al pie del talud o terraza. Las ramificaciones serán distribuidas en un área de 3,000 m² (en un intervalo de alrededor de 30 m).

Diseño de la Estructura de Drenaje para Aguas Sub-terráneas

El diseño de la estructura de drenaje para aguas sub-terráneas se muestra en la

Figura K-12. La estructura se diseñó con base en ejemplos del Japón; consiste de tubería de polímero perforada que es cubierta por roca triturada. La línea principal tiene un diámetro de 300 mm. Las ramificaciones tienen un diámetro de 200 mm que evitarán que se obstruya con suelo.

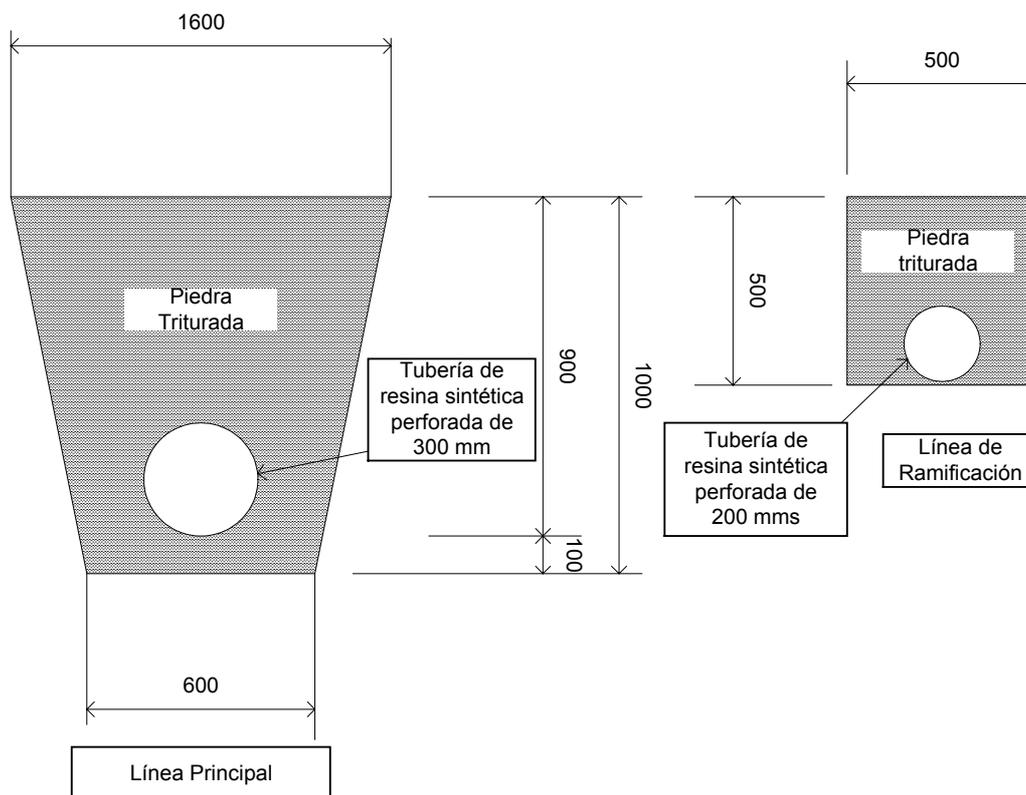


Figura K-12: Área Transversal del Drenaje para Aguas Sub-terráneas

b.1.3 Plan de Manejo de los Lixiviados

b.1.3.1 Plan para Controlar la Percolación

El basamento fundamental del área del proyecto es roca. La roca se encuentra fracturada y se asume que el agua sub-terránea va a fluir a través de estas fracturas. Aunque la roca en sí tiene alta impermeabilidad, debido a las fracturas debe considerarse como permeable. Por lo tanto, el control de la percolación debe planificarse con el fin de prevenir la contaminación del agua sub-terránea con el lixiviado.

Existen dos maneras para controlar la percolación. Una de ellas consiste en construir una pared impermeable, este método se aplica cuando existe claramente una capa impermeable en el fondo. La otra consiste de proveer una cobertura superficial impermeable sobre el fondo del relleno. De acuerdo a las condiciones geológicas del área, el último método para controlar la percolación es el recomendable.

Una capa sintética es comúnmente utilizada como capa impermeabilizante. Dicha capa sintética no es gruesa, de manera tal que puede ser dañada debido a mal uso/instalación. Las principales causas que posiblemente causan daño a dicha capa sintética se resumen en el Cuadro K-16.

Cuadro K-16: Causas principales que Provocan Daños a la Capa Sintética Impermeabilizante

Factor	Causa
Terreno	Salientes, asentamiento circular, depresión del terreno, etc.
Agua Sub-terránea	levantamiento, etc.
Trabajos de relleno	Rasgaduras por parte del equipo de relleno, etc.
Desechos	Desecho cortante, la carga viva del desecho
Clima	Degradación ultravioleta, tensión térmica, tensión de fractura, etc.
Instalación	Rasgadura por parte del equipo de construcción, defectos de las juntas, etc.

La principal causa se debe a la presión causada por cargas en su superficie. Con el fin de evitar que la capa impermeabilizante sea dañada, se debe proteger con una capa de suelo y geotextil lo suficientemente gruesa. En consecuencia, se propone un diseño de un sistema de impermeabilización como el que muestra la Figura K-13.

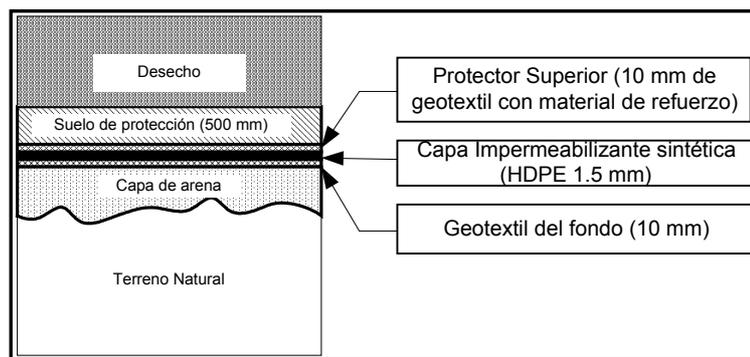


Figura K-13: Sistema de Impermeabilización para Controlar la Percolación

b.1.3.2 Recolección de Lixiviados

Cantidad de Lixiviado que Escurre

El lixiviado debe drenar inmediatamente de manera tal que no obstaculice la operación del relleno. Por otra parte, si el lixiviado se drena rápidamente, no habrá lixiviado que se vaya a percolar por alguna parte dañada del sistema de impermeabilización. Por lo tanto, el sistema de recolección de lixiviados debe tener capacidad para drenarlo de manera inmediata. La cantidad de diseño del lixiviado que escurre se calcula utilizando la fórmula racional, donde la misma precipitación es tratada como lixiviado que debe drenarse de manera inmediata.

$$Q=1/360 \times c \times r \times A$$

donde ;

Q :	cantidad de lixiviado que escurre (m ³ /sec)
c :	tasa de escorrentía
r :	intensidad de lluvia (mm/hora)
A :	área de captación (hectárea)

Tasa de escorrentía

Entre 0.6 y 0.7 es comúnmente utilizado como tasa de escorrentía, “c”. Con el propósito de disminuir el tiempo de retención del lixiviado en el relleno, 0.7 es aplicado como “c”.

Intensidad de Lluvia

La probabilidad de precipitación de dos años (65 mm/hr) es utilizada, la que fue obtenida de la Autoridad del Canal de Panamá.

Area de Captación

Las áreas de relleno de cada una de las fases son consideradas como áreas de captación.

Ordenamiento de las tuberías de recolección

La tubería de recolección consiste de líneas principales y ramificaciones. Las líneas principales son colocadas en el centro de las áreas de relleno y las ramificaciones se distribuyen en 3,000 m² (en un intervalo de aproximadamente 30 m).

Tamaño de la tubería de recolección

Se usará tubería de polímero perforada como tubería de recolección. El tamaño de la tubería es decidido en base a cálculos que se basan en la fórmula de Manning. Se asume, en este cálculo, que toda la sección transversal es utilizada.

Cuadro K-17: Cuadro del Cálculo de Flujo para el Sistema de Recolección de Lixiviados

Número de la Red	Area de Captación (ha)	Tasa de Escorrentía -	Intensidad de Lluvia (mm/hr)	Cantidad de Lixiviado (m ³ /sec)	Tamaño de la Tubería (mm)	Inclinación (%)	Rugosidad -	Velocidad (m/sec)	Flujo Permissible (m ³ /sec)	Notas
Línea Principal										
Fase 1										
1	6.87	0.7	65	0.868	φ700	0.811	0.012	2.348	0.904	
Fase 2										
2	6.47	0.7	65	0.818	φ700	1.304	0.012	2.977	1.146	
Fase 3										
3	6.30	0.7	65	0.796	φ700	1.200	0.012	2.856	1.099	
Fase 4										
4	7.36	0.7	65	0.930	φ800	0.627	0.012	2.257	1.134	al No. 6
5	2.69	0.7	65	0.340	φ500	0.748	0.012	1.802	0.354	al No. 6
6	13.08	0.7	65	1.653	φ900	0.748	0.012	2.666	1.696	
Línea de Ramificación										
Común	0.30	0.7	65	0.038	φ200	1.200	0.012	1.239	0.039	

b.1.4 Plan de Drenaje de Agua Pluvial

Cantidad de Escorrentía Pluvial

La formula racional se aplica para obtener el diseño de la cantidad de escorrentía pluvial.

$$Q=1/360 \times f \times r \times A$$

donde ;

Q	:	cantidad de escorrentía pluvial (m ³ /sec)
f	:	Tasa de escorrentía
r	:	Intensidad de escorrentía (mm/hora)
A	:	Area de captación (hectárea)

Tasa de Escorrentía

La tasa de escorrentía, “f,” depende de condiciones superficiales del área de captación. Las características del área de captación muestra que es un poco accidentado y con vegetación. Por lo tanto, se aplica un valor de “f” de 0.6 de acuerdo con el Cuadro K-18.

Cuadro K-18: Tasa de Escorrentía para Flujos Picos

Características Topográficas	f p
Terreno escarpado	0.75~0.90
Montañosos ondulante y/o bosque	0.50~0.75
Terreno dedicado a la agricultura	0.45~0.60

Fuente: Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles,1999

Intensidad de Precipitación

La probabilidad de precipitación para dos años (65 mm/hr) es usada, la que fue obtenida de la Autoridad del Canal de Panamá.

Area de Captación

El área de captación variará de acuerdo al avance en los trabajos de relleno, por ejemplo, la área llegará a su máximo con la finalización de la Fase 4. Fosas de drenaje han sido diseñadas con base en el área máxima de captación.

Sistema de Drenaje

Se empleará fosas trapezoidales de drenaje con pavimento de concreto. El tamaño de las fosas de drenaje se computa por medio de la Formula de Manning con 20% de la altura de holgura.

Cuadro K-19: Cuadro de Calculo para el Sistema de Drenaje Pluvial

Número de Red	Area de Captación	Tasa de Escorrentía	Intensidad de Lluvia	Cantidad de Descarga	Sección del Canal			Inclinación	Rugosidad	Velocidad	Flujo Permissible	Señalamientos
	(ha)	-	(mm/hr)	(m ³ /seg)	Anchura Superior (mm)	Anchura del Fondo (mm)	Profundidad (mm)	(%)	-	(m/sec)	(m ³ /seg)	
Fase 1												
1	17.0	0.6	65	1.842	1700	500	1200	0.483	0.015	1.795	0.379	
2	23.5	0.6	65	2.546	1700	500	1200	1.953	0.015	2.419	1.269	
3	2.4	0.6	65	0.260	900	500	400	0.748	0.015	2.500	1.548	
4	9.8	0.6	65	1.062	1300	500	800	0.748	0.015	4.731	3.909	
5	11.5	0.6	65	1.246	1400	500	900	0.721	0.015	3.485	2.217	
6	35.3	0.6	65	3.824	1700	500	1200	2.000	0.015	2.416	1.537	Descarga en ríos, la energía es absorbida por los escalones
Estructura para cruzar 1	17.0	0.6	65	1.842	φ900			1.500	0.013	1.795	0.379	Entrada
Estructura para cruzar 2	11.5	0.6	65	1.246	φ900			0.721	0.013	2.419	1.269	Camino interno para la instalación para tratamiento de lixiviados
Fase 2												
7	9.6	0.6	65	1.040	1200	500	700	1.053	0.015	2.710	1.184	
8	2	0.6	65	0.217	800	500	300	1.622	0.015	2.328	0.346	
9	5.6	0.6	65	0.607	1100	500	600	0.627	0.015	1.957	0.695	
Estructura para cruzar 3	2.4	0.6	65	0.260	φ500			0.748	0.013	1.663	0.327	Conecta al No.3 de la Fase 1
Fase 3												
10	3.4	0.6	65	0.368	900	500	400	1.163	0.015	2.239	0.473	Descarga en el río
11	4.2	0.6	65	0.455	1000	500	500	0.699	0.015	1.911	0.535	
12	4.3	0.6	65	0.466	1000	500	500	2.000	0.015	3.233	0.905	Descarga en el río, la energía es absorbida por los escalones
13	2.2	0.6	65	0.238	900	500	400	0.769	0.015	1.820	0.384	
Estructura para cruzar 4	9.8	0.6	65	1.062	φ800			0.700	0.013	2.201	1.106	Conecta al No.4 de la Fase 1

b.2 Sistema de Tratamiento de Lixiviados

b.2.1 Cantidad de Tratamiento

La cantidad de lixiviado estará en dependencia de la precipitación y la evaporación. En este sentido, la temporada lluviosa es muy diferente a la temporada seca en el área de estudio, donde casi la totalidad de la cantidad de precipitación ocurre en la temporada lluviosa. En este caso, no es económico diseñar estructuras de tratamiento de lixiviados en base a la precipitación máxima. Con el fin de prevenir este caso no-económico, se considera la construcción de una laguna de regulación para tratar de obtener un promedio de la cantidad de lixiviado a ser tratado. La Figura K-14 muestra el concepto de esta idea. Este sistema reduce la capacidad de diseño de las instalaciones, además que reduce costos y simplifica la operación debido a que la cantidad de lixiviado a ser tratado se torna estable.

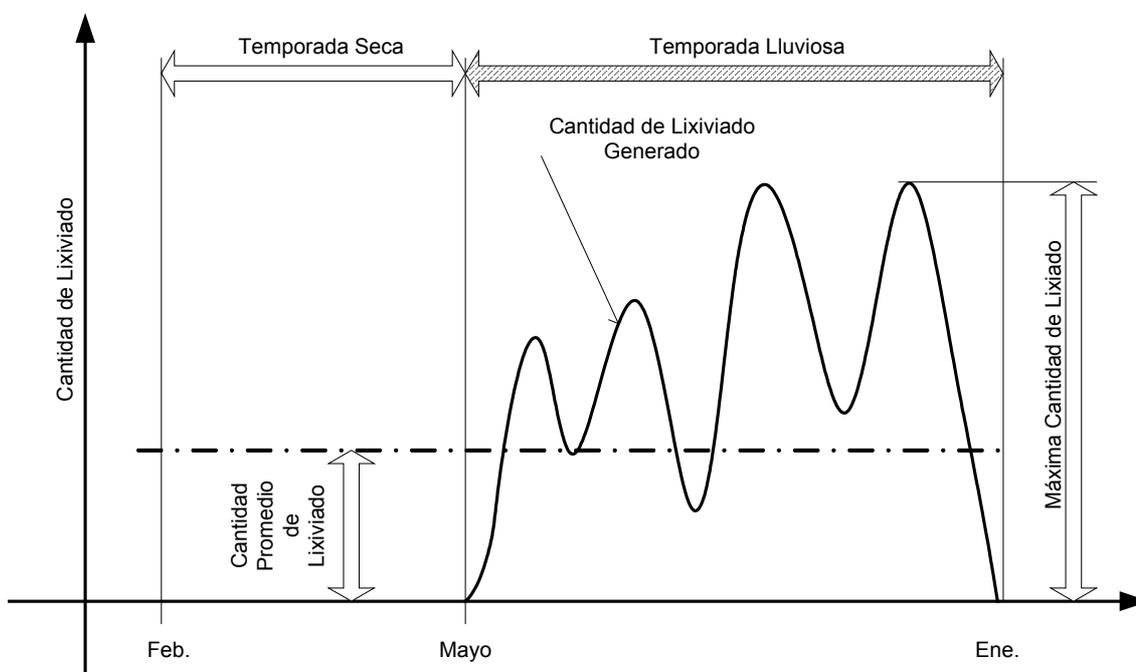


Figura K-14: Concepto de la Cantidad Máxima y Promedio de Lixiviado

Cantidad de Flujo Regulado de Lixiviado Requerido y Cantidad de Tratamiento

La cantidad de lixiviado depende de la precipitación y la evaporación. La capacidad requerida de las instalaciones de tratamiento de lixiviados está en dependencia a la capacidad de la laguna de regulación. La Figura K-15 muestra este concepto.

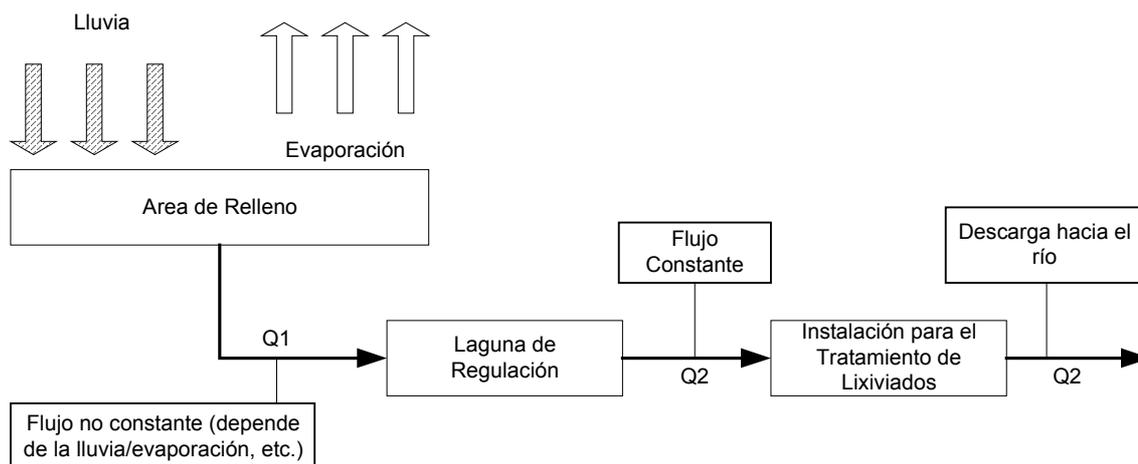


Figura K-15: Concepto del Flujo Regulado de los Lixiviados y la Cantidad de Tratamiento

La cantidad de los lixiviados se computa por medio de la siguiente formula.

$$Q = \frac{I(C1 \times A1 + C2 \times A2)}{1,000}$$

donde ;

- I : Intensidad de Lluvia (mm/día)
- Q : Cantidad de Generación de Lixiviados (m3/día)
- C1 : Coeficiente de infiltración para el área de operación del relleno
- A1 : Area de operación del relleno (m2)
- C2 : Coeficiente de Infiltración para el área ya cerrada del relleno
- A2 : Area del relleno clausurada (m2)

$$C1 = 1 - ET / IM$$

donde;

- ET : Cantidad potencial de precipitación mensual (mm)
($ET = 0.7Et$)
- Et : Cantidad mensual de precipitación (mm)

$$Et = 0.245 \times K \times Cj \times tj \quad Cj = \frac{dj}{\sum dj \times 100}$$

donde;

- dj : Horas de brillo solar mensual (hora)
- tj : Temperatura Mensual Promedio del Aire (Fahrenheit)

Coefficiente de Infiltración

El Cuadro K-20, el Cuadro K-21, y el Cuadro K-22 presentan los coeficientes de infiltración, c_1 y c_2 , que fueron obtenidos con base a los datos meteorológicos de sus estaciones respectivas.

Cuadro K-20: Coeficiente de Infiltración en Gamboa

	tj (F)	dj (hr)	Cj (%)	Et (mm)	ET (mm)	I (mm/mes)	C1	C2
Ene.	78.6	252	10.6	127.0	88.9	50.0	-0.78	-0.47
Feb.	79.2	240	10.1	121.9	85.3	16.5	-4.17	-2.5
Marzo	79.7	269	11.3	137.3	96.1	25.9	-2.71	-1.63
Abril	80.8	243	10.2	125.6	87.9	87.9	0	0
Mayo	80.2	189	8.0	97.8	68.5	250.4	0.73	0.44
Junio	79.3	157	6.6	79.8	55.9	267.2	0.79	0.47
Julio	79.0	160	6.7	80.7	56.5	227.1	0.75	0.45
Ago.	79.2	159	6.7	80.9	56.6	251.5	0.77	0.46
Sept.	78.6	174	7.3	87.4	61.2	306.8	0.8	0.48
Oct.	78.4	167	7.0	83.6	58.5	293.9	0.8	0.48
Nov.	77.9	151	6.4	76.0	53.2	294.1	0.82	0.49
Dic.	78.3	210	8.9	106.2	74.3	145.8	0.49	0.29
Promedio	79.1	197.583	8.317	100.35	70.242	184.8	-0.14	-0.09

Cuadro K-21: Coeficiente de Infiltración en PMG

	tj (F)	dj (hr)	Cj (%)	Et (mm)	ET (mm)	I (mm/mes)	C1	C2
Ene.	79.7	263	11.9	144.5	101.2	38.5	-1.63	-0.98
Feb.	80.6	246	11.1	136.3	95.4	13.5	-6.07	-3.64
Marzo	81.1	255	11.5	142.1	99.5	24.3	-3.09	-1.85
Abril	81.9	209	9.5	118.6	83.0	87.4	0.05	0.03
Mayo	80.6	162	7.3	89.7	62.8	251.0	0.75	0.45
Junio	79.9	135	6.1	74.3	52.0	259.9	0.80	0.48
Julio	79.9	147	6.7	81.6	57.1	241.7	0.76	0.46
Ago.	79.3	147	6.7	81.0	56.7	241.7	0.77	0.46
Sept.	79.0	148	6.7	80.7	56.5	242.8	0.77	0.46
Oct.	79.0	147	6.7	80.7	56.5	300.8	0.81	0.49
Nov.	78.4	143	6.5	77.7	54.4	270.9	0.80	0.48
Dic.	79.0	208	9.4	113.2	79.2	111.8	0.29	0.17
Promedio	79.9	184.167	8.342	101.7	71.192	173.7	-0.42	-0.25

Cuadro K-22: Coeficiente de Infiltración B AFF

	tj (F)	dj (hr)	Cj (%)	Et (mm)	ET (mm)	I (mm/mes)	C1	C2
Ene.	79.7	263	11.9	144.5	101.2	50.8	-0.99	-0.59
Feb.	80.6	246	11.1	136.3	95.4	26.7	-2.57	-1.54
Marzo	81.1	255	11.5	142.1	99.5	39.6	-1.51	-0.91
Abril	81.9	209	9.5	118.6	83	58.2	-0.43	-0.26
Mayo	80.6	162	7.3	89.7	62.8	292.9	0.79	0.47
Junio	79.9	135	6.1	74.3	52.0	276.6	0.81	0.49
Julio	79.9	147	6.7	81.6	57.1	216.7	0.74	0.44
Ago.	79.3	147	6.7	81.0	56.7	183.9	0.69	0.41
Sept.	79.0	148	6.7	80.7	56.5	269.0	0.79	0.47
Oct.	79.0	147	6.7	80.7	56.5	288.8	0.80	0.48
Nov.	78.4	143	6.5	77.7	54.4	287.5	0.81	0.49
Dic.	79.0	208	9.4	113.2	79.2	158.2	0.50	0.30
Promedio	79.9	184.167	8.342	101.7	71.192	179.1	0.04	0.02

Area de Relleno

Como se mencionó anteriormente, el proyecto se ha dividido en tres secciones, en Fase 1, Fase 2, y Fase 3. Las depresiones que aparezcan, una vez terminadas estas fases, se rellenarán con desechos, y darán paso a lo que denominará Fase 4.

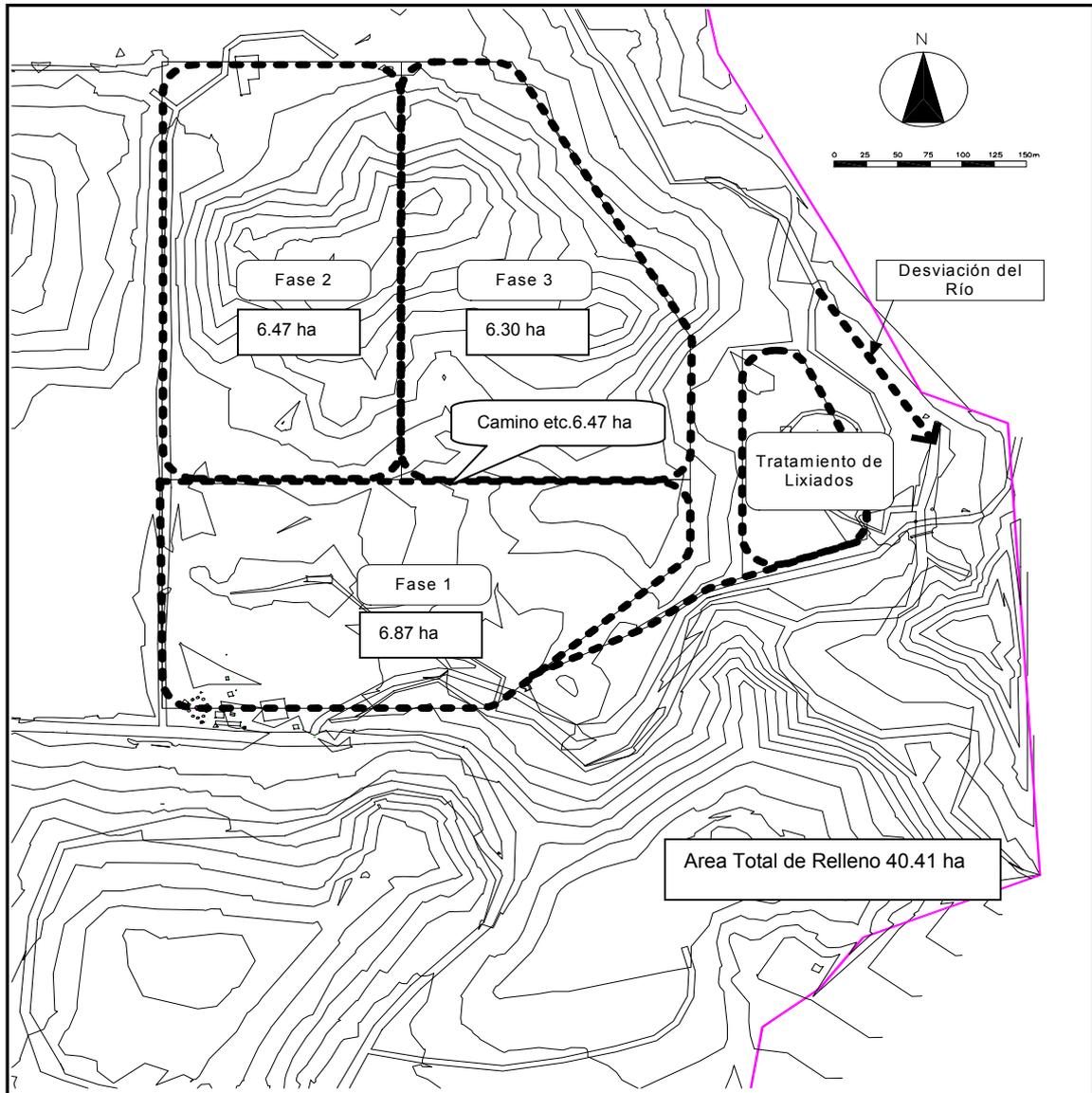


Figura K-16: Area de Relleno

Las áreas de operación y cerradas que son consideradas para los cálculos de generación de lixiviados son mostradas en el Cuadro K-23.

Cuadro K-23: Casos Evaluados para el Cálculo

	Fase del Relleno	Area de Operación (ha)	Area Cerrada (ha)
Caso 1	Fase 1	6.87	0
Caso 2	Fase 2	6.47	6.87
Caso 3	Fase 3	6.30	13.34
Caso 4	Fase 4	6.50	13.91
Caso 5	Cerrado	0	20.41

Se utilizará la máxima cantidad de precipitación en los últimos 10 años para el cálculo.

Cuadro K-24: Año de Mayor Precipitación (entre 1992 y 2001)

	Gamboa	PMG	B AFF
Año de Ocurrencia	1993	1996	1995
Precipitación (mm/año)	2,626	2,367	2,875

Cantidad de Generación de Lixiviados

Los resultados sobre los cálculos de generación de lixiviados, para cada caso y cada estación) son mostrados en los siguientes cuadros.

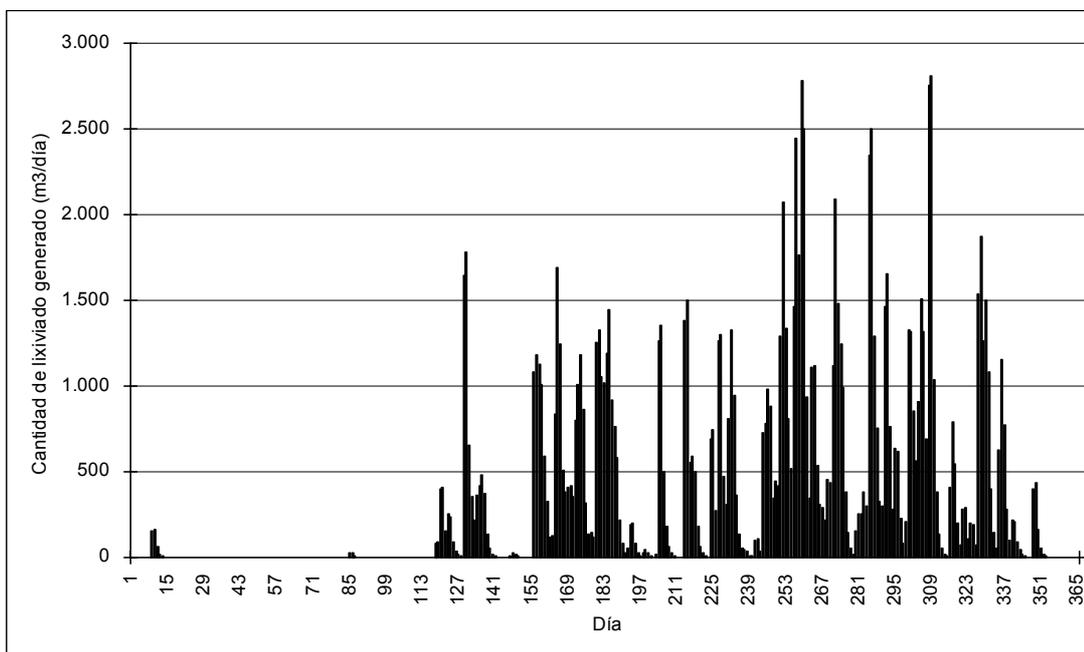


Figura K-17: Cantidad de lixiviado generado (Gamboa Caso1)

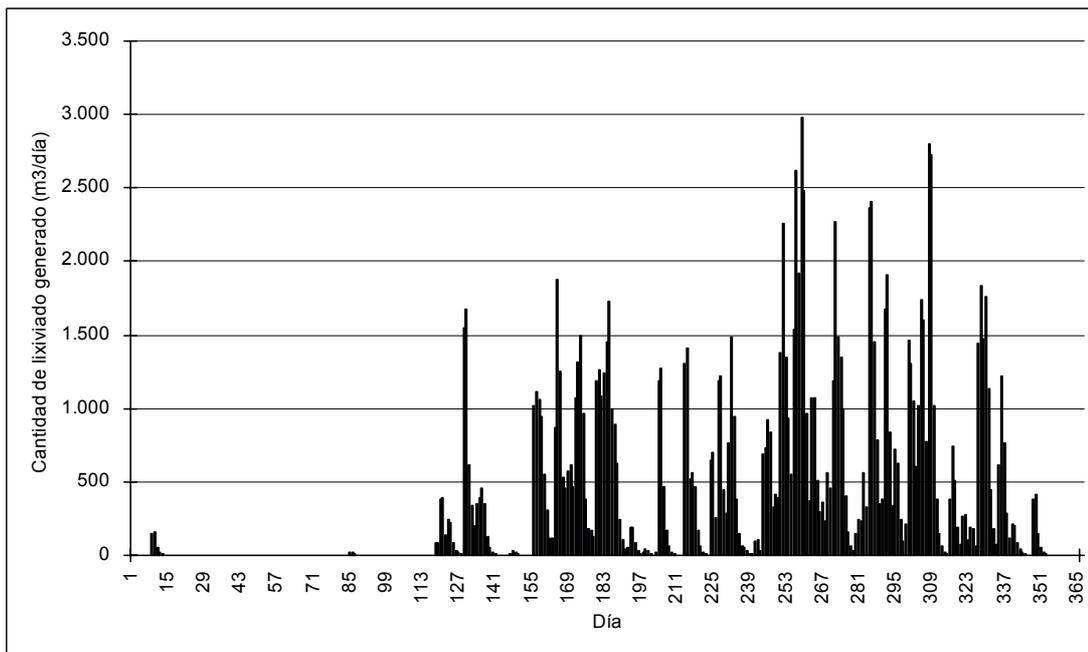


Figura K-18: Cantidad de lixiviado generado (Gamboa Caso 2)

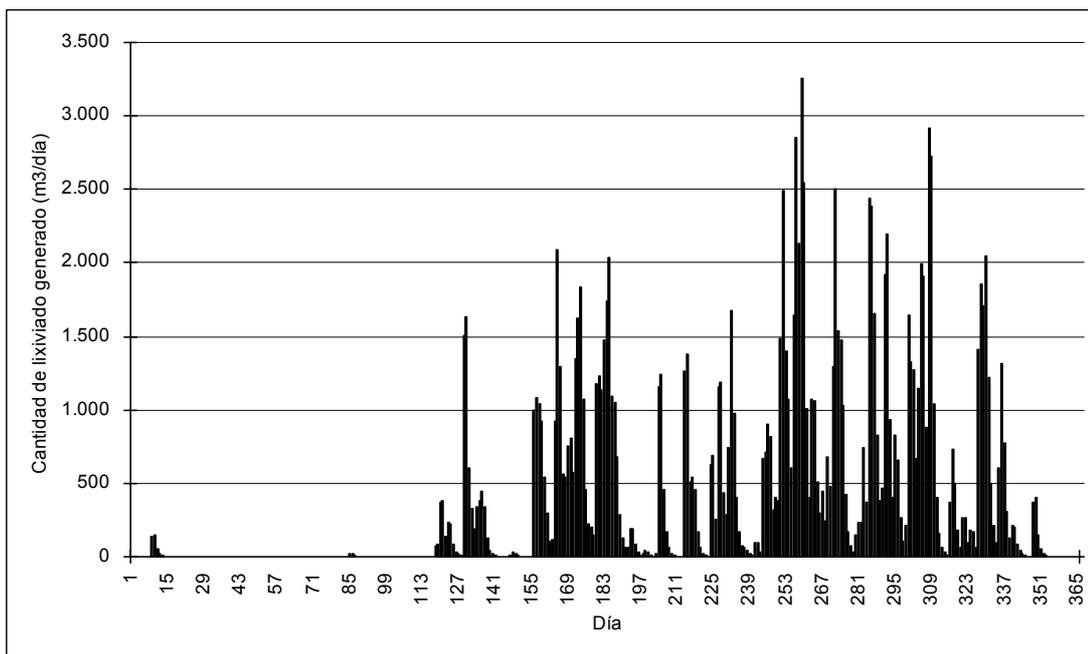


Figura K-19: Cantidad de lixiviado generado (Gamboa Caso 3)

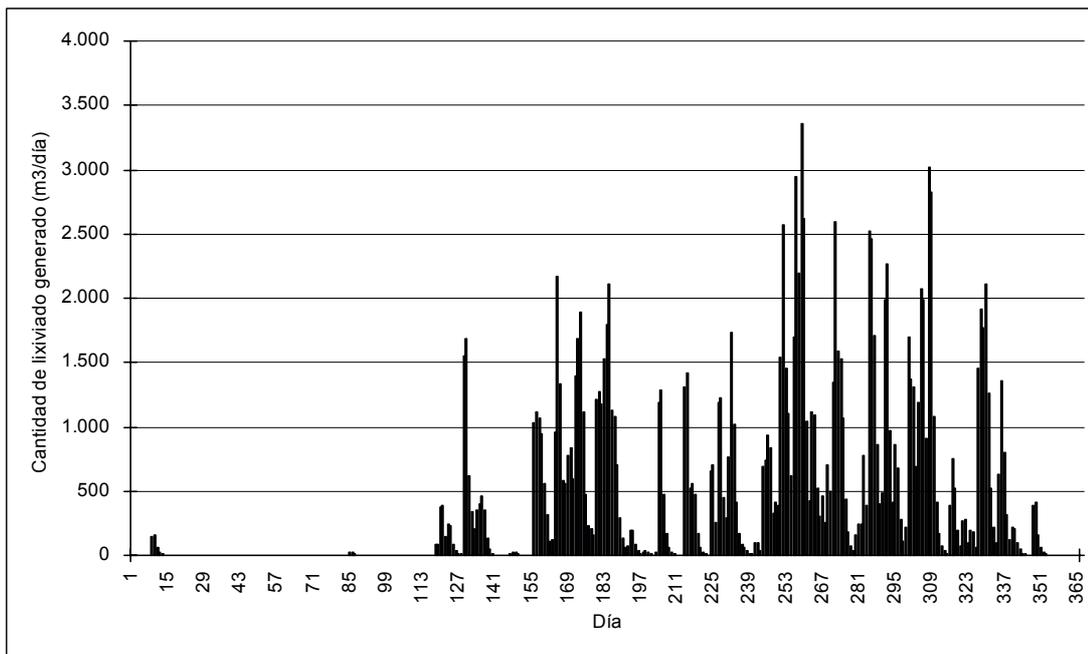


Figura K-20: Cantidad de lixiviado generado (Gamboa Caso 4)

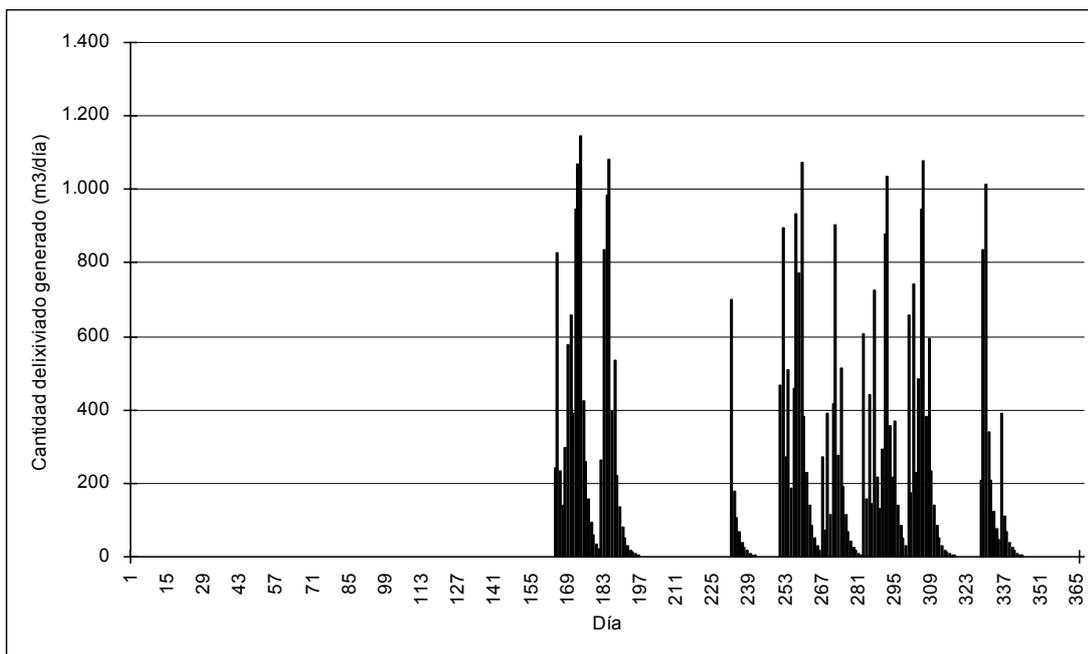


Figura K-21: : Cantidad de lixiviado generado (Gamboa Caso 5)

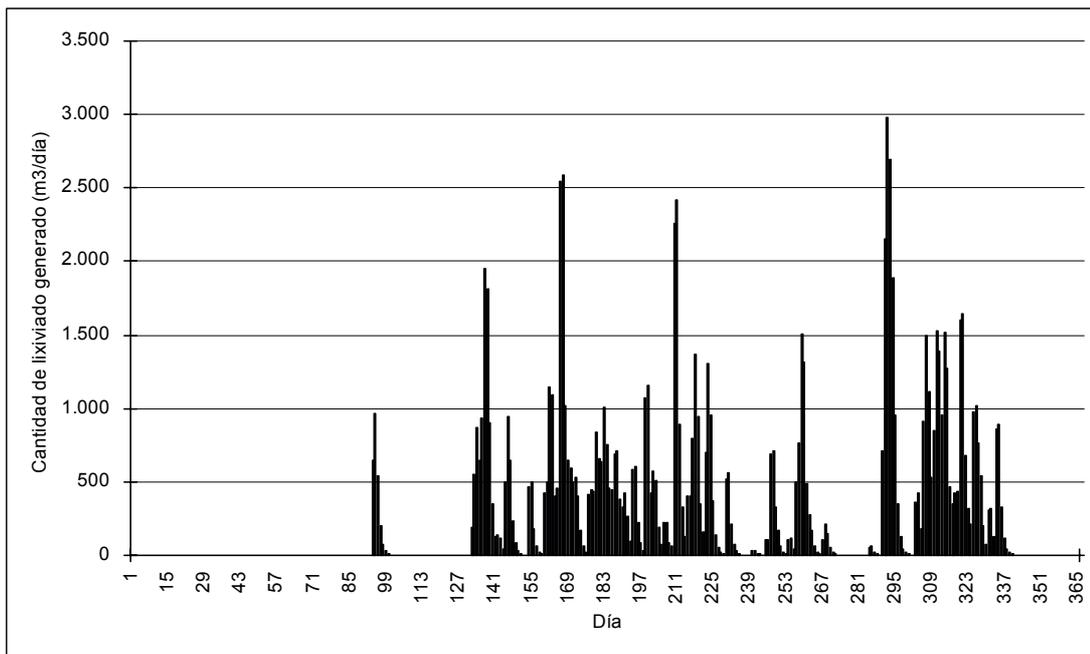


Figura K-22: Cantidad de lixiviado generado (PMG Caso 1)

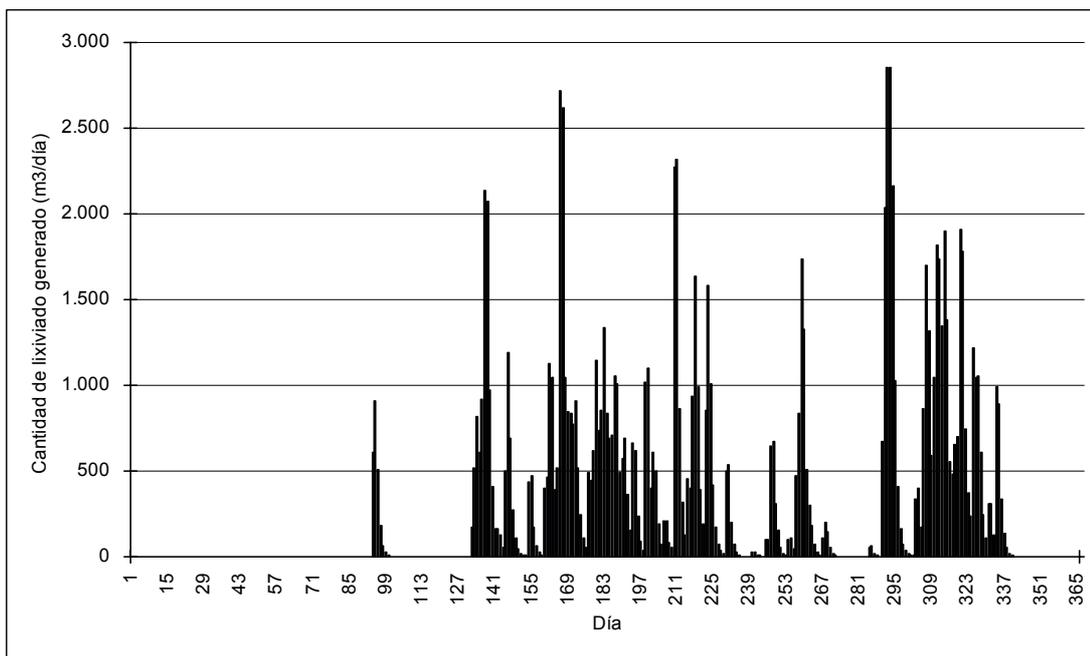


Figura K-23: Cantidad de lixiviado generado (PMG Caso 2)

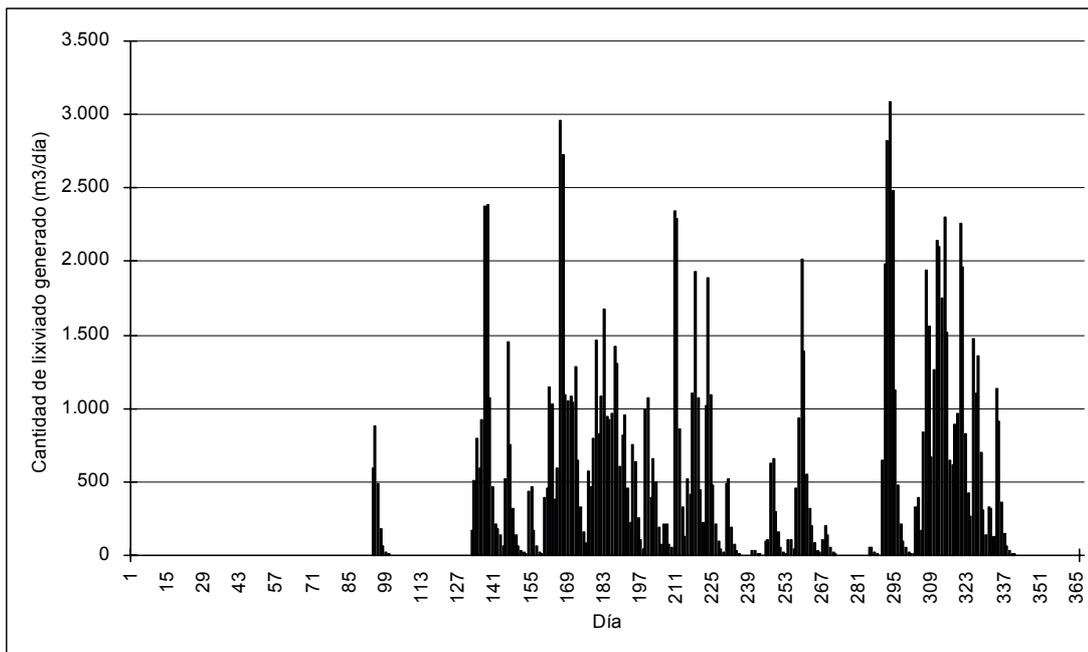


Figura K-24: Cantidad de lixiviado generado (PMG Caso 3)

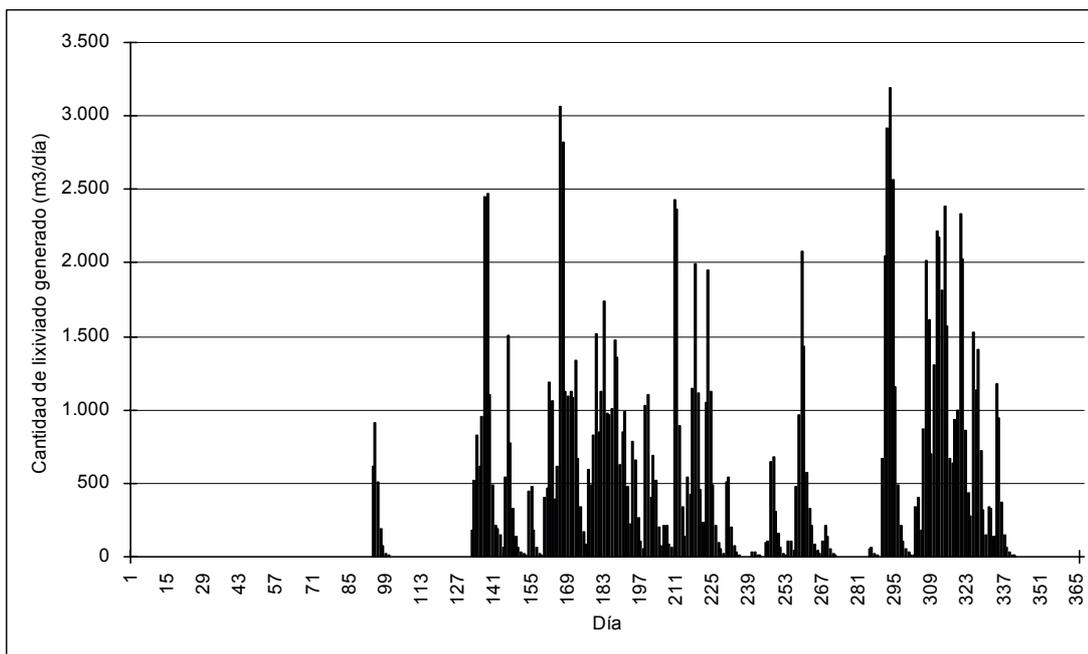


Figura K-25: Cantidad de lixiviado generado (PMG Caso 4)

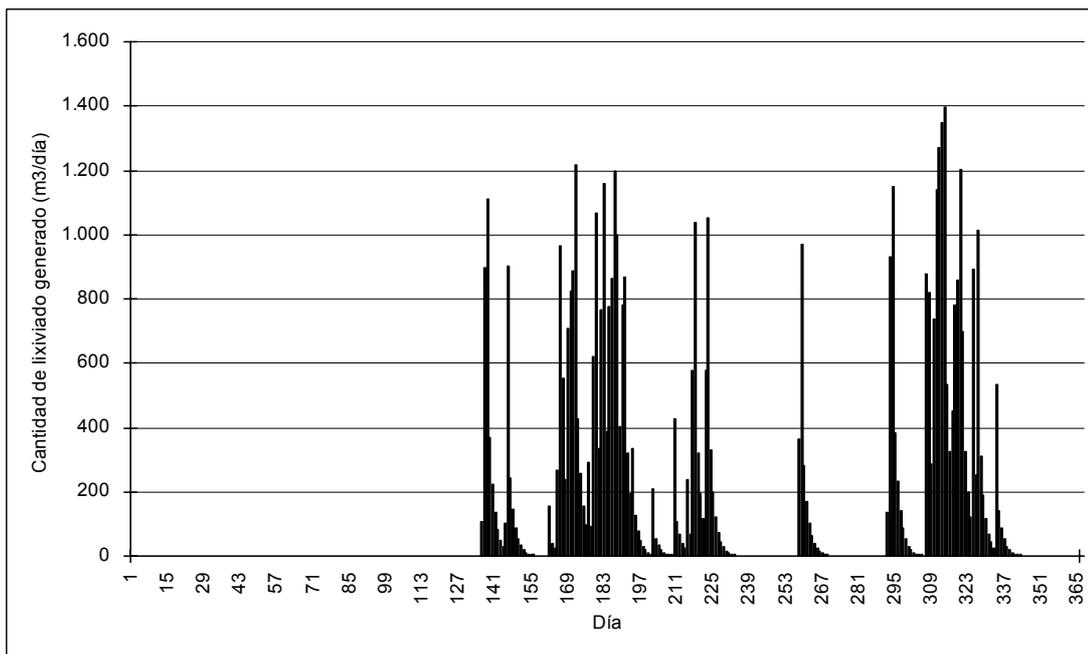


Figura K-26: Cantidad de lixiviado generado (PMG Caso 5)

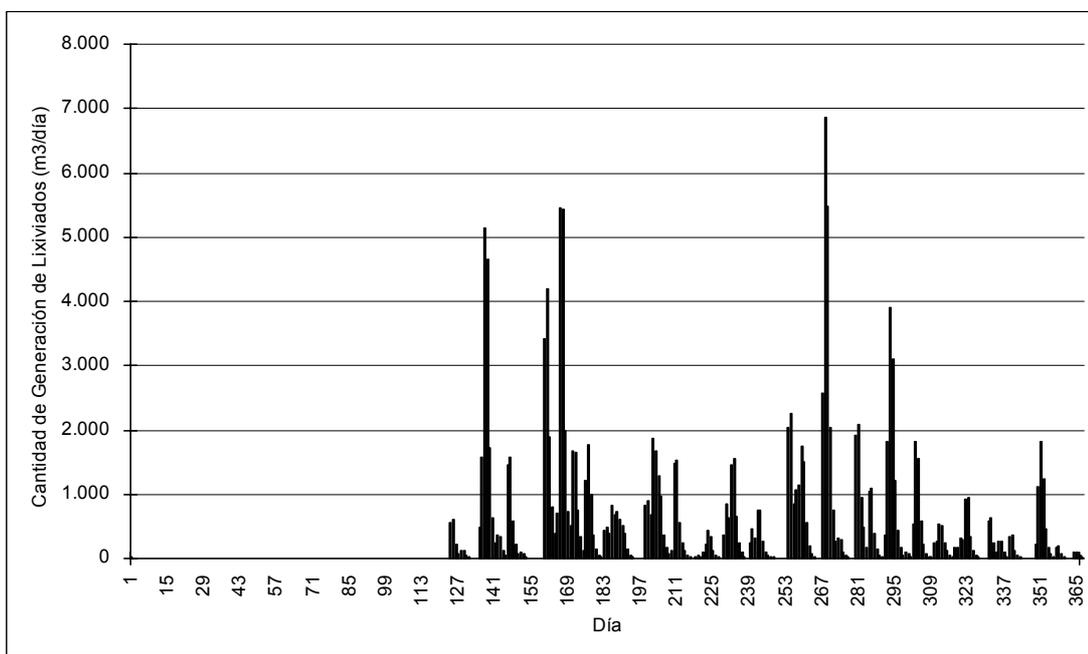


Figura K-27: Cantidad de lixiviado generado (B AFF Caso 1)

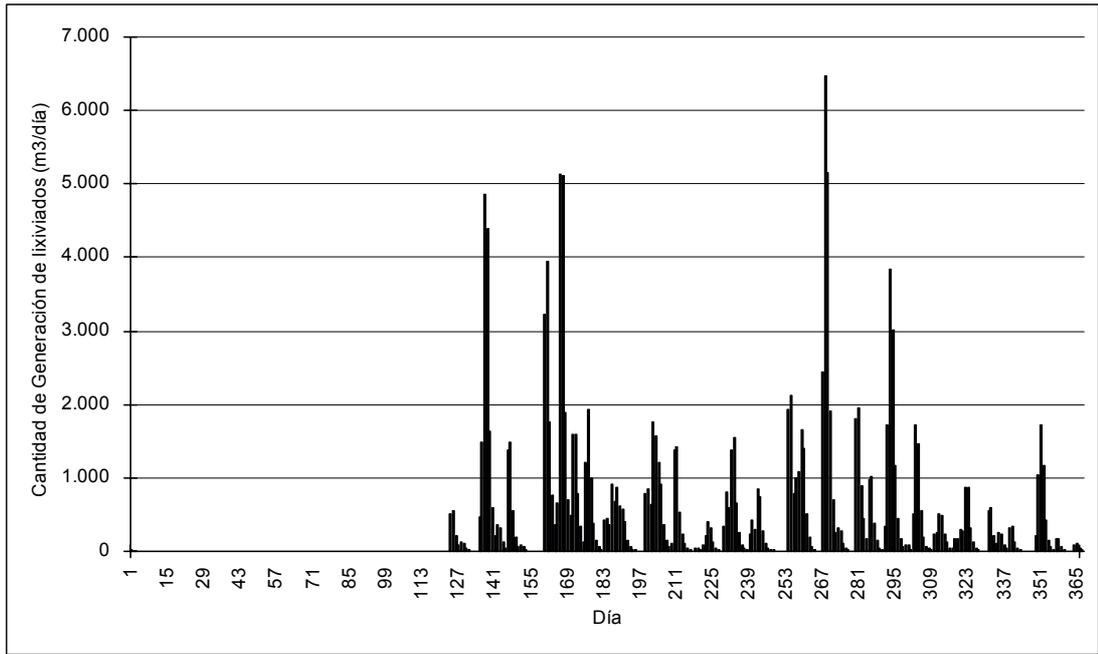


Figura K-28: Cantidad de lixiviado generado (B AFF Caso 2)

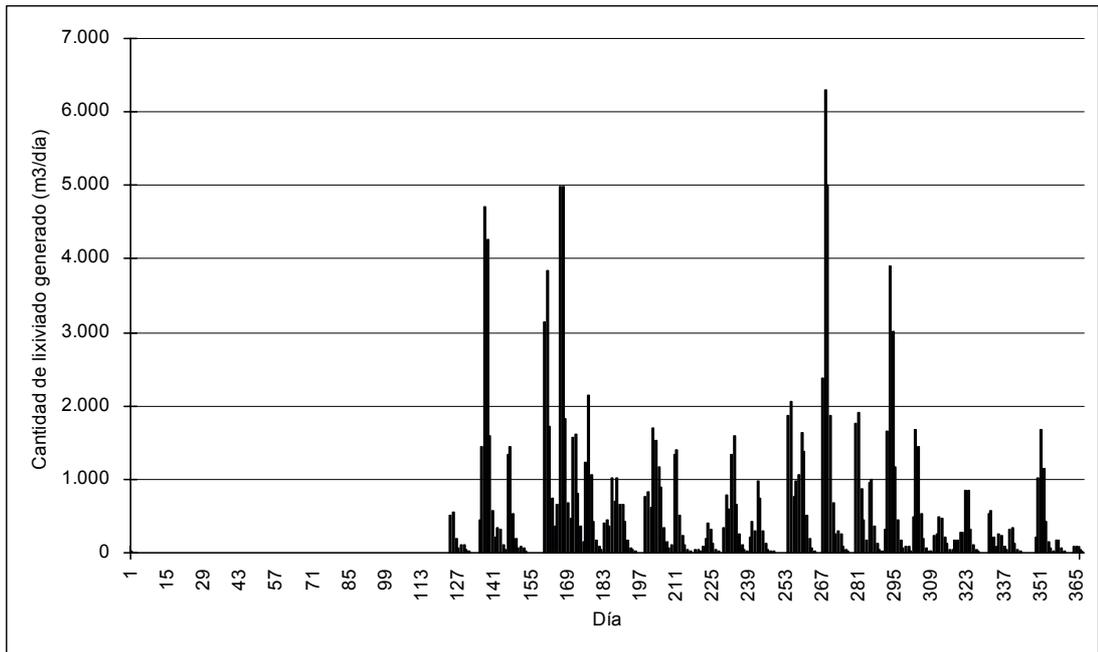


Figura K-29: Cantidad de lixiviado generado (B AFF Caso 3)

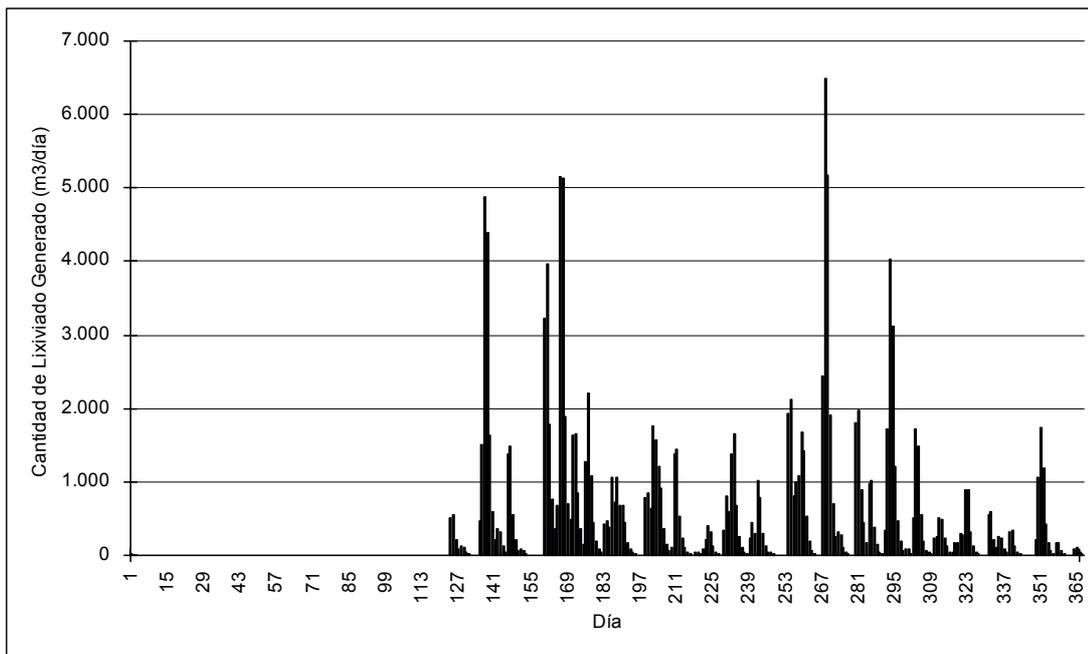


Figura K-30: Cantidad de lixiviado generado (B AFF Caso 4)

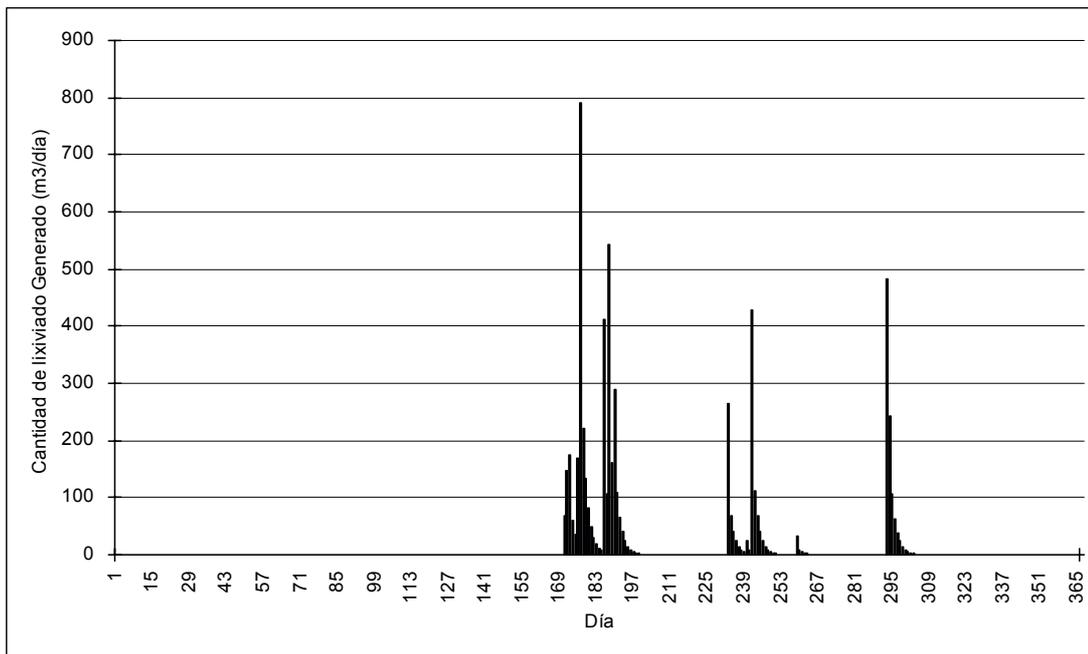


Figura K-31: Cantidad de lixiviado generado (B AFF Caso 5)

Capacidad de Tratamiento Requerida y Cantidad a ser Regulada

El Cuadro K-25 muestra la relación entre las capacidades de las instalaciones de tratamiento y la cantidad a ser regulada por la laguna de regulación, con base en la cantidad de lixiviado generado. Las condiciones del lugar definen la capacidad de la laguna de regulación, es decir, 24,000 m³. Por lo tanto, la capacidad requerida de la instalación de tratamiento de lixiviados, que corresponde a la laguna, puede ser obtenida del cuadro como teniendo una capacidad de 800 m³/day.

Cuadro K-25: La Capacidad de Tratamiento y Cantidad a ser Regulada

	Fase del Relleno	Gamboa		PMG		B AFF	
		Capacidad de Tratamiento (m ³ /día)	Cantidad a ser Regulada (m ³)	Capacidad de Tratamiento (m ³ /día)	Cantidad a ser Regulada (m ³)	Capacidad de Tratamiento (m ³ /día)	Cantidad a ser Regulada (m ³)
Caso 1	Fase 1	650	21,178	400	19,597	700	22,914
		700	18,153	450	16,325	750	20,764
Caso 2	Fase 2	700	21,874	500	18,803	700	20,388
		750	18,874	550	16,853	750	18,355
Caso 3	Fase 3	800	21,189	600	20,089	650	21,754
		850	18,189	650	18,139	700	18,604
Caso 4	Fase 4	800	23,539	650	19,656	700	21,193
		850	20,539	700	17,733	750	19,075
Caso 5	Cierre	800	763	650	2,965	700	90

b.2.2 Calidad de Agua

La calidad del lixiviado varía en dependencia del tipo de desecho que es dispuesto, clima, etc. Para este estudio, la calidad del lixiviado del relleno existente fue evaluada en una ocasión. Se obtuvieron valores de 762 mg/l de DBO y 1,009 mg/l de DQO. Sin embargo, estos valores son considerablemente menores a la calidad típica del lixiviado, como lo muestra el Cuadro K-26.

Cuadro K-26: Datos Típicos de la Calidad del Lixiviado

	Rango (mg/litro)	Típico (mg/litro)
DBO	Entre 2,000 y 30,000	10,000
DQO	Entre 3,000 y 60,000	18,000
Nitrógeno Orgánico	Entre 10 y 800	200
Nitrógeno de amonía (NH ₃ -N)	Entre 10 y 800	200
Fósforos Totales	Entre 5 y 100	30
Nitrato	Entre 5 y 40	25

Fuente : integrated solid waste management, McGraw-Hill

Se considera arriesgado utilizar los valores de calidad de lixiviados obtenidos del relleno como condiciones de diseño. Como resultado, se aplicaron valores típicos como condiciones de diseño, o sea la calidad del lixiviado que entra, para las instalaciones para tratamiento de lixiviados en este plan. Por otra parte, los estándares de vertimiento establecidos por ANAM son tomados en cuenta para definir la calidad del lixiviado de salida. El Cuadro K-27 resume las condiciones de diseño para las instalaciones de tratamiento de lixiviado, es decir, las calidades de los líquidos que entran y que desaguan desde las instalaciones.

Cuadro K-27: Condiciones de diseño para la Instalación de Tratamiento de Lixiviado

	Calidad del Líquido de Entrada (mg/litro)	Calidad del Vertido (mg/litro)
DBO	10,000	35
DQO	18,000	100
Nitrógeno Orgánico	200	10
Nitrógeno de amonía (NH ₃ -N)	200	3
Fósforos Totales	30	5
Nitrato	25	6

b.2.3 Proceso del Tratamiento

Flujo del Proceso

El método actual de tratamiento es el de laguna aeróbica-anaeróbica (facultativa). Este método no puede lograr los estándares arriba establecidos. Especialmente, es difícil lograr el estándar establecido para el nitrato. El método de lodos activados remueve la materia nitrogenada efectivamente. En consecuencia, el método de foso de oxidación, que puede remover la materia nitrogenada y es relativamente fácil de operar, en combinación con tratamientos físico-químicos para remover fósforo y metales pesados, es aplicado para este plan.

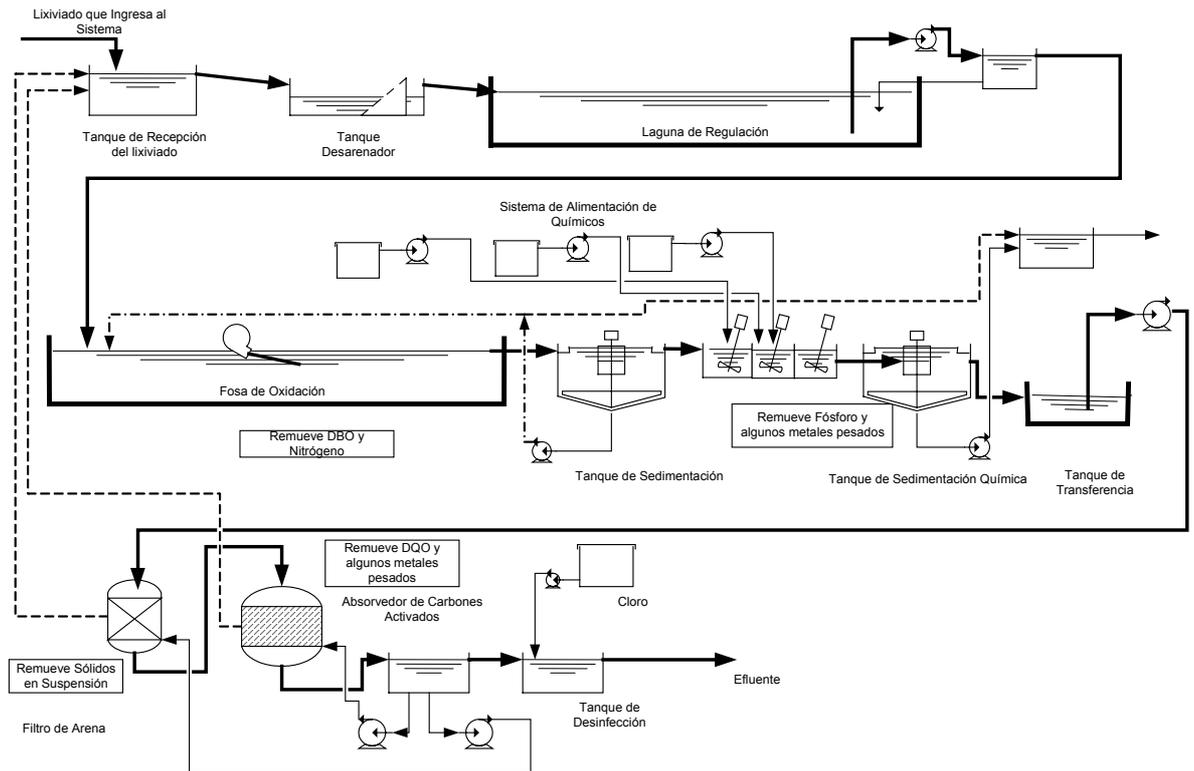


Figura K-32: Lámina que Muestra el Flujo del Proceso para el Tratamiento de Lixiviados

Proceso del Cálculo

Volumen del Foso de Oxidación

Razón Total del Ciclo

$$R = \frac{(\text{NH}_3 - \text{N})_{\text{entrada}} - (\text{NH}_3 - \text{N})_{\text{salida}}}{(\text{NO}_3^- - \text{N})_{\text{salida}}} - 1$$

$$R = \frac{200 - 3}{6} - 1 = 31.8$$

Tiempo de Retención de los sólidos requeridos para la nitrificación en un sistema combinado

$$\theta'_c = \frac{\theta_c}{V_{\text{aeróbico}}} = \frac{8.9}{0.71} = 12.5 \text{ días}$$

Tiempo de Retención para la Remoción de la DBO

$$f_{vss} = \text{MLVSS} / \text{MLSS} = 0.7$$

$$\theta_a = \frac{\theta'_c Y_h (S_0 - S)}{X_a [1 + k_d f_{vss} \theta'_c]} = \frac{0.55 \times (10,000 - 35) \times 12.5}{2,500 [1 + (0.04 \times 0.70 \times 12.5)]} = 20.30 \text{ días}$$

Tiempo de Retención para la Denitrificación

$$\theta'_{DN} = \frac{N_{Denit}}{U_{DN} X_a} = \frac{(200 - 3 - 6)}{0.042 \times 2,500} = 1.82 \text{ días}$$

Tiempo total de retención

$$\theta_a + \theta'_{DN} = 20.30 + 1.82 = 22.12 \text{ días}$$

Tanque de Sedimentación y Sedimentación Química

Tiempo de Retención : 6.0 horas
Carga de Flujo de Agua sobre la superficie: $15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$

Volumen Requerido $V = \frac{800}{24} \times 6 = 200 \text{ m}^3$

Volumen de Superficie Requerida $A = \frac{800}{15} = 53.3 \text{ m}^2$

Filtro de Arena y Absorbedor de Carbones Activados

Tasa de Infiltración : 100 m/día

Area Requerida de Infiltración $A_f = \frac{800}{100} = 8.0 \text{ m}^2$

Resumen de la Instalación para Tratamiento de Lixiviados

El resumen de la instalación para el tratamiento de lixiviados se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro K-28: Resumen de la Instalación para el Tratamiento de Lixiviados

Aspecto	Descripción
Laguna de Regulación	24,0000 m ³
Capacidad de tratamiento	800 m ³ /día
Método de Tratamiento	Foso de Oxidación con sedimentación química, filtro de arena y absorción de carbones activados
Foso de Oxidación	17,600 m ³ (Tiempo de Retención 22 días)
Tanque de Sedimentación	200 m ³ / 54 m ² (Tiempo de detención 6 hrs.)
Tanque de Sedimentación Química	200 m ³ / 54 m ² (tiempo de retención 6 hrs.)
Filtro de Arena	Filtro de Arena a Presión (diámetro: 3.5 m, no.:2)
Absorbedor de Carbones Activados	A presión (diámetro: 3.5 m, no.:2)

c. Estimación de Costos

c.1 Costos de Inversión

c.1.1 Obras Civiles

Los resultados de la estimación de costos se muestran en los cuadros que siguen.

Cuadro K-29: Obras Civiles Fase 1

Item 1	Item 2	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
Preparación del sitio							
	Corte de árboles, etc.	Equipo pesado	m2	112,000.0	0.01	1,120	
Trabajos temporales						3,495	
	Laguna temporal de sedimentación para los movimientos de tierra		nos.	1.0	2,198.63	2,199	
	Malla para prevenir el lavado del suelo		m	300.0	4.32	1,296	
Movimientos de tierra						1,258,003	
	Corte 1	Suelo y arena	m3	203,000.0	0.60	121,800	50%
	Corte 2	Roca suave	m3	203,000.0	1.57	318,710	50%
	Terraplén	Proporción de variación=0.9	m3	16,700.0	1.49	24,883	15,000+0.9
	Transporte & acopio	distancia=1.2 km	m3	469,000.0	1.69	792,610	391,000×1.2
Trabajos de talud						30,659	
	Talud final de corte	1 : 2	m2	4,190.0	2.73	11,439	
	Vegetación del talud cortado	Siembra de semillas	m2	4,190.0	0.36	1,508	
	Talud final del terraplén	1 : 3	m2	3,740.0	1.82	6,807	
	Vegetación del talud del terraplén	Siembra de semillas	m2	3,740.0	0.36	1,346	
	Terminado del área plana		m2	6,330.0	0.98	6,203	
	Vegetación del área plana	Siembra de semillas	m2	6,330.0	0.53	3,355	
Capa impermeabilizante del fondo del relleno						1,147,818	
	Preparación de la superficie para la capa de Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	pendiente	m2	22,650.0	1.36	30,804	
	Preparación para la superficie de PEAD	base	m2	48,020.0	0.09	4,322	
	Geotextil bajo la capa de PEAD	Textil unido, t=10mm	m2	70,670.0	0.00	0	
	Capa impermeable sintética	PEAD, t=1.5mm	m2	70,670.0	10.00	706,700	
	Geotextil sobre la capa de PEAD	Textil unido con material de refuerzo, t=10mm	m2	70,670.0	4.66	329,322	
	Capa protectora de suelo	t=50cm	m3	23,140.0	2.00	46,280	
	Anclaje para la capa sintética	concreto 0.5m×0.5m	m	2,330.0	12.84	29,917	
	Junta mecánica de la capa impermeabilizante	Para la estructura de concreto	m	8.0	59.09	473	Drenaje de lixiviados
Drenaje del agua sub-terránea						54,926	
	Colector principal	φ300, tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	1,000.0	29.81	29,810	
	Colector secundario	φ200, tubería con agujeros de resina sintética y filtro de	m	2,730.0	9.20	25,116	

Item 1	Item 2	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
		grava					
Drenaje pluvial						70,292	
	Foso trapezoidal recubierto	W900×B500×H400	m	180.0	27.24	4,903	
	Foso trapezoidal recubierto	W1300×B500×H800	m	230.0	46.73	10,748	
	Foso trapezoidal recubierto	W1400×B500×H900	m	290.0	51.61	14,967	
	Foso trapezoidal recubierto	W1700×B500×H1200	m	490.0	66.52	32,595	
	Tubería de concreto	φ900 , con fundación de concreto de 360°	m	40.0	176.97	7,079	
Sistema de Recolección de lixiviados						101,613	
	Línea Principal	φ700, tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	370.0	157.45	58,257	
	Línea Secundaria	φ200, tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	1,700.0	19.85	33,745	
	Tubería de transmisión	φ700, tubería de resina sintética	m	80.0	92.86	7,429	
	Junta de la Tubería de transmisión	Estructura de concreto	nos.	1.0	289.35	289	
	Tubería vertical de recolección de lixiviados	φ200, tubería con agujeros de resina sintética	nos.	23.0	82.30	1,893	Combinado con ventilación de gases
Trabajos de caminos						47,684	
	Preparación de la sub-base		m2	13,100.0	0.44	5,764	
	Pavimento de grava	t=150mm	m2	13,100.0	3.20	41,920	
Cerca						37,887	
	Cerca	H=2.3 m	m	1,180.0	30.13	35,553	
	Portón	W=8.0m	nos.	1.0	2,333.33	2,333	
Desviación del río						16,479	
	Corte 1	Suelo y arena	m3	1,660.0	0.60	996	50%
	Corte 2	Roca suave	m3	1,660.0	1.57	2,606	50%
	Transporte & acopio	distancia=1.2 km	m3	3,980.0	1.69	6,726	3,320×1.2
	Talud final de corte	1 : 2	m2	1,670.0	2.73	4,559	
	Vegetación sobre el talud de corte	Siembra de semillas	m2	1,670.0	0.36	601	
	Aumentar elevación del lecho del río		m2	1,010.0	0.98	990	
Instalaciones para la Operación						140,000	
	Oficina	Concreto reforzado	m2	100.0	500.00	50,000	
	Taller	Estructura de acero	m2	300.0	300.00	90,000	
Sub-total de los costos directos			grupo	1.0		2,909,974	
Misceláneo			%	10.0		290,997	
Costos Directos						3,200,971	
Gastos administrativos			%	30.0		960,291	
Costos totales de construcción						4,161,262	
IMPUESTO			%	5.0		208,063	
Costo del proyecto (fase I)						4,369,325	

Cuadro K-30: Obras Civiles Fase 2

Item 1	Item 2	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
Preparación del sitio							
	Corte de árboles, etc.	Equipo pesado	m2	99,000.0	0.01	990	
Trabajos temporales						86	
	Malla para prevenir el lavado del suelo		m	20.0	4.32	86	
Movimiento de Tierra						11,987,226	
	Corte 1	Suelo y arena	m3	493,000.0	0.60	295,800	25%
	Corte 2	Roca suave	m3	493,000.0	1.57	774,010	25%
	Corte 3	Roca	m3	987,000.0	5.00	4,935,000	50%
	Terraplén	Proporción de variación=0.9	m3	4,400.0	1.49	6,556	4,000±0.9
	Transporte & acopio	distancia=1.2 km	m3	2,362,000.0	2.53	5,975,860	1,969,000×1.2
Trabajos en los taludes						102,568	
	Talud final de corte	1 : 2	m2	31,980.0	2.73	87,305	
	Vegetación del talud de corte	Siembra de semillas	m2	31,980.0	0.36	11,513	
	Acabado del área plana		m2	3,000.0	0.98	2,940	
	Vegetación del área plana	Siembra de semillas	m2	3,000.0	0.27	810	
Capa impermeabilizante ante del fondo del relleno						1,220,951	
	Preparación de la superficie para la capa de Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	pendiente	m2	24,100.0	1.36	32,776	
	Preparación para la superficie de PEAD	base	m2	42,700.0	0.09	3,843	
	Geotextil bajo la capa de PEAD	Textil unido, t=10mm	m2	66,800.0	2.01	134,268	
	Capa impermeable sintética	PEAD, t=1.5mm	m2	66,800.0	10.00	668,000	
	Geotextil sobre la capa de PEAD	Textil unido con material de refuerzo, t=10mm	m2	66,800.0	4.66	311,288	
	Capa protectora de suelo	t=50cm	m3	20,450.0	2.00	40,900	
	Anclaje para la capa sintética	concreto 0.5m×0.5m	m	2,290.0	12.84	29,404	
	Junta mecánica de la capa impermeabilizante	Para la estructura de concreto	m	8.0	59.09	473	Drenaje de lixiviados
Drenaje del agua sub-terránea						63,659	
	Colector principal	φ300, tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	1,330.0	29.81	39,647	
	Colector secundario	φ200, tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	2,610.0	9.20	24,012	
Drenaje pluvial						29,880	
	Foso trapezoidal	W800×B500×H300	m	180.0	22.46	4,043	

Item 1	Item 2	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
	recubierto						
	Foso trapezoidal recubierto	W1100×B500×H600	m	230.0	37.06	8,524	
	Foso trapezoidal recubierto	W1200×B500×H700	m	290.0	41.86	12,139	
	Tubería de concreto	φ500, con fundación de concreto de 360°	m	10.0	95.17	952	
	Drenaje interno del relleno		m	2,080.0	2.03	4,222	
Sistema de Recolección de lixiviados						119,144	
	Línea Principal	φ700, tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	350.0	157.45	55,108	
	Línea Secundaria	φ200, tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	1,670.0	19.85	33,150	
	Tubería de transmisión	φ700, tubería de resina sintética	m	310.0	92.86	28,787	
	Junta de la Tubería de transmisión	Estructura de concreto	nos.	1.0	289.35	289	
	Tubería vertical de recolección de lixiviados	φ200, tubería con agujeros de resina sintética	nos.	22.0	82.30	1,811	Combinado con ventilación de gases
Trabajos de camino						29,047	
	Preparación de la sub-base		m2	7,980.0	0.44	3,511	
	Pavimento de grava	t=150mm	m2	7,980.0	3.20	25,536	
Cerca						30,800	
	Cerca	H=2.3 m	m	740.0	30.13	22,296	
	Mover la cerca existente	H=2.3 m	m	420.0	17.47	7,337	
	Mover el portón existente	W=8.0m	nos.	1.0	1,166.67	1,167	
Sub-total de los costos directos			juego	1.0		13,584,352	
Misceláneo			%	10.0		1,358,435	
Costos Directos						14,942,788	
Gastos administrativos			%	30.0		4,482,836	
Costos totales de construcción						19,425,624	
IMPUESTO			%	5.0		971,281	
Costo del proyecto (fase II)						20,396,905	

Cuadro K-31: Obras Civiles Fase 3

Item 1	Item 2	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
Preparación del sitio							
	Corte de árboles, etc.	Equipo pesado	m2	42,000.0	0.01	420	
Trabajos temporales						432	
	Malla para prevenir el lavado del suelo		m	100.0	4.32	432	
Movimiento de Tierra						7,207,850	
	Corte 1	Suelo y arena	m3	298,000.0	0.60	178,800	25%
	Corte 2	Roca suave	m3	298,000.0	1.57	467,860	25%
	Corte 3	Roca	m3	596,000.0	5.00	2,980,000	50%
	Terraplén	Proporción de variación=0.9	m3	28,000.0	1.49	41,720	26,000±0.9
	Transporte & acopio	distancia=1.2 km	m3	1,399,000.0	2.53	3,539,470	1,166,000×1.2
Trabajos de talud						6,481,080	
	Talud final de corte	1 : 2	m2	3,360.0	818.00	2,748,480	
	Vegetación del talud cortado	Siembra de semillas	m2	3,360.0	214.00	719,040	
	Talud final del terraplén	1 : 3	m2	3,960.0	547.00	2,166,120	
	Vegetación del talud del terraplén	Siembra de semillas	m2	3,960.0	214.00	847,440	
Capa impermeabilizante ante del fondo del relleno						1,200,433	
	Preparación de la superficie para la capa de Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	pendiente	m2	23,740.0	1.36	32,286	
	Preparación para la superficie de PEAD	base	m2	41,940.0	0.09	3,775	
	Geotextil bajo la capa de PEAD	Textil unido, t=10mm	m2	65,680.0	2.01	132,017	
	Capa impermeable sintética	PEAD, t=1.5mm	m2	65,680.0	10.00	656,800	
	Geotextil sobre la capa de PEAD	Textil unido con material de refuerzo, t=10mm	m2	65,680.0	4.66	306,069	
	Capa protectora de suelo	t=50cm	m3	20,190.0	2.00	40,380	
	Anclaje para la capa sintética	concreto 0.5m×0.5m	m	2,230.0	12.84	28,633	
	Junta mecánica de la capa impermeabilizante	Para la estructura de concreto	m	8.0	59.09	473	Drenaje de lixiviados
Drenaje del agua sub-terránea						43,911	
	Colector principal	φ300, tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	720.0	29.81	21,463	
	Colector secundario	φ200, tubería con agujeros de resina	m	2,440.0	9.20	22,448	

Item 1	Item 2	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
		sintética y filtro de grava					
Drenaje pluvial						18,313	
	Foso trapezoidal recubierto	W900×B500×H400	m	180.0	27.24	4,903	
	Foso trapezoidal recubierto	W1000×B500×H500	m	230.0	32.06	7,374	
	Tubería de concreto	φ800 con fundación de concreto de 360°	m	40.0	150.91	6,036	
Sistema de Recolección de lixiviados						81,101	
	Línea Principal	φ700, tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	250.0	157.45	39,363	
	Línea Secundaria	φ200, tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	1,580.0	19.85	31,363	
	Tubería de transmisión	φ700, tubería de resina sintética	m	90.0	92.86	8,357	
	Junta de la Tubería de transmisión	Estructura de concreto	nos.	1.0	289.35	289	
	Tubería vertical de recolección de lixiviados	φ200, tubería con agujeros de resina sintética	nos.	21.0	82.30	1,728	Combinado con ventilación de gases
Trabajos de camino						17,108	
	Preparación de la sub-base		m2	4,700.0	0.44	2,068	
	Pavimento de grava	t=150mm	m2	4,700.0	3.20	15,040	
Cerca						28,600	
	Cerca	H=2.3 m	m	580.0	30.13	17,475	
	Mover la cerca existente	H=2.3 m	m	570.0	17.47	9,958	
	Mover el portón existente	W=8.0m	nos.	1.0	1,166.67	1,167	
Sub-total de los costos directos			set	1.0		15,079,818	
Misceláneo			%	10.0		1,507,982	
Costos Directos						16,587,799	
Gastos administrativos			%	30.0		4,976,340	
Costos totales de construcción						21,564,139	
IMPUESTO			%	5.0		1,078,207	
Costo del proyecto (fase III)						22,642,346	

Cuadro K-32: Obras Civiles Fase 4

Item 1	Item 2	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
Movimiento de Tierra						2,088	
	Terraplén		m3	800.0	2.61	2,088	700±0.9
Capa impermeabilizante ante del fondo del relleno						137,412	
	Preparación para la superficie de PEAD	base	m2	7,710.0	0.09	694	
	Geotextil bajo la capa de PEAD	Textil unido, t=10mm	m2	7,710.0	2.01	15,497	
	Capa impermeable sintética	PEAD, t=1.5mm	m2	7,710.0	10.00	77,100	
	Geotextil sobre la capa de PEAD	Textil unido con material de refuerzo, t=10mm	m2	7,710.0	4.66	35,929	
	Capa protectora de suelo	t=50cm	m3	3,860.0	2.00	7,720	
	Anclaje para la capa sintética	concreto 0.5m×0.5m	m	8.0	59.09	473	Drenaje de Lixiviados
Sistema de Recolección de Lixiviados						136,677	
	Línea Principal	φ500 tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	180.0	140.12	25,222	
	Línea Principal	φ800 tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	370.0	163.86	60,628	
	Línea Principal	φ900 tubería con agujeros de resina sintética y filtro de grava	m	220.0	176.47	38,823	
	Tubería de transmisión	φ900 tubería de resina sintética	m	70.0	135.40	9,478	
	Junta de la Tubería de Transmisión	Estructura de concreto	nos.	1.0	385.80	386	
	Tubería vertical de Recolección de Lixiviados	φ200, tubería con agujeros de resina sintética	nos.	26.0	82.30	2,140	Combinado con ventilación de gases
Cerca						12,173	
	Mover la cerca existente	H=2.3 m	m	630.0	17.47	11,006	
	Mover el portón existente	W=8.0m	nos.	1.0	1,166.67	1,167	
Sub-total de los costos directos			juego	1.0		288,350	
Misceláneo			%	10.0		28,835	
Costos Directos						317,185	
Gastos administrativos			%	30.0		95,155	
Costos totales de construcción						412,340	
IMPUESTO			%	5.0		20,617	
Costo del proyecto (fase IV)						432,957	

Cuadro K-33: Costos Globales de las Obras Civiles

Item 1	Item 2	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
Costos Globales de las Obras Civiles							
							Ajuste
Fase 1						4,369,325	4,400,000
Fase 2						20,396,905	20,400,000
Fase 3						22,642,346	22,700,000
Fase 4						432,957	500,000
Total						47,841,534	48,000,000

c.1.2 Instalación para el Tratamiento de Lixiviados

Los resultados de la estimación de costos se muestran en los siguientes cuadros.

Cuadro K-34: Instalación para el Tratamiento de Lixiviados

Item 1	Item 2	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
Obras Civiles						1,540,848	
	Muro de retención	H=5.0	m	450.0	678.72	305,424	
	Muro de retención	H=1.0 to 5.0	m	80.0	475.10	38,008	
	Foso	W=15, H=4	m	450.0	1,847.88	831,546	
	Capa sintética	PEAD 1.5mm	m2	8,600.0	10.00	86,000	
	Pavimento	t=0.1	m2	6,850.0	12.00	82,200	
	Tanque de sedimentación		Am3	450.0	166.67	75,002	
	Tanque de reacción		Am3	150.0	166.67	25,001	
	Tanque de sedimentación química		Am3	450.0	166.67	75,002	
	Fundaciones	Filtro de Area (FA) y Carbones Activados (CA)	juego	1.0	1,666.67	1,667	
	Casa de Control		m2	70.0	300.00	21,000	
Equipo						1,315,000	
	Desarenador		juego	1.0	20,000.00	20,000	
	Sistema de control de flujos	Tanque de control y bombeo	juego	1.0	20,000.00	20,000	
	Aerador		juego	2.0	166,666.67	333,333	
	Tanque de Sedimentación	clarificador D=10m	juego	1.0	53,333.33	53,333	
	Bombas Químicas		juego	3.0	13,333.33	40,000	
	Mezclador		juego	3.0	2,000.00	6,000	
	Filtros de arena	día 3.5m	juego	2.0	65,000.00	130,000	
	Bombas para el FA		juego	2.0	2,666.67	5,333	
	Absorbedor de carbón activados	día 3.5m	juego	2.0	130,000.00	260,000	
	Bombas para CA		juego	2.0	2,666.67	5,333	

Item 1	Item 2	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
	Clorinador		juego	1.0	3,333.33	3,333	
	Instalación y tubería		%	50.0		438,333	
Estructura eléctrica y su instalación			juego	1.0		438,333	50% del equipo
Obras civiles			juego	1.0		1,540,848	
Equipo			juego	1.0		1,315,000	Equipo y Electricidad
Estructura eléctrica y su instalación			set	1.0		438,333	
total						3,294,182	1,753,333
Misceláneo			%	10.0		329,418	175,333
Costos Directos						3,623,600	1,928,666
Gastos Administrativos			%	30.0		1,087,080	578,600
Costo Total de Construcción						4,710,680	2,507,266
IMPUESTO			%	5.0		235,534	125,363
Costo del Proyecto (tratamiento de lixiviados)			Total			4,946,214	2,632,629
			Ajuste			5,000,000	2,700,000

c.2 Costos de Operación y Mantenimiento

c.2.1 Relleno

Los costos anuales de operación del relleno se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro K-35: Costos Anuales de Operación del Relleno (Desde el año 2004 hasta el año 2011)

Item	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
Equipo Pesado						
Bulldozer	Tipo CAT D8 (inc. operador, combustible, mantenimiento, etc.)	nos.	4	438,000	1,752,000	Renta de U\$50/hora 365 días/año
Excavadora	Tipo CASE 580 (inc. operador, combustible, mantenimiento, etc.)	nos.	1	120,450	120,450	Renta U\$27.5/hora 182.5 días/año
Total					1,872,450	
Misceláneo			%	10		187,245
Costos Directos					2,059,695	
Gastos Administrativos			%	30		617,909
Total					2,677,604	
IMPUESTO			%	5		133,880
Costo Anual de Operación					2,811,484	U\$/año

Cuadro K-36: Costo Anual de Operación del Relleno (Desde el año 2012 hasta el año 2015)

Item	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
Equipo Pesado						
Bulldozer	Tipo CAT D8 (inc. operador, combustible, mantenimiento, etc.)	nos.	5	438,000	2,190,000	Renta de U\$50/hora 365 días/año
Excavadora	Tipo CASE 580 (inc. operador, combustible, mantenimiento, etc.)	nos.	1	120,450	120.450	Renta U\$27.5/hora 182.5 días/año
Total					2,310,450	
Misceláneo		%	10		231,045	
Costos Directos					2,541,495	
Gastos Administrativos		%	30		762,449	
Total					3.303,944	
IMPUESTO		%	5		165,197	
Costo Anual de Operación					3,469,141	U\$/año

c.2.2 Instalación para el Tratamiento de Lixiviado

Los costos anuales de operación de la instalación para el tratamiento de lixiviados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro K-37: Costo Anual de Operación y Mantenimiento para el Tratamiento de Lixiviados

Item	Especificaciones	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (U\$)	Costo (U\$)	Observaciones
Costos de Operación y Mantenimiento	5% de los costos de inversión para el equipo y la electricidad	juego	1		135,000	

c.3 Costos Globales

Los costos globales para el nuevo relleno se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro K-38: Costos Globales

unidad : U\$ 1,000

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Lugar de Relleno													
Inversión													
Diseño & supervisión	66	66	306	306	341	341	8	8					1,442
Construcción		4,400		20,400		22,700		500					48,000
O&M		2,811	2,811	2,811	2,811	2,811	2,811	2,811	3,469	3,469	3,469	3,469	33,553
Total	66	7,277	3,117	23,517	3,152	25,852	2,819	3,319	3,469	3,469	3,469	3,469	82,995
Tratamiento de Lixiviados													
Inversión													
Diseño & supervisión	75	75											150
Construcción		5,000											5,000
O&M		135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	1,485
Total	75	5,210	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	6,635
Costos Globales													
Inversión total	141	9,541	306	20,706	341	23,041	8	508	0	0	0	0	54,592
O & M total	0	2,946	2,946	2,946	2,946	2,946	2,946	2,946	3,604	3,604	3,604	3,604	35,038
Total	141	12,487	3,252	23,652	3,287	25,987	2,954	3,454	3,604	3,604	3,604	3,604	89,630

d. Plan de Clausura

d.1 Cobertura Final

La cobertura final es muy importante para el tipo de uso que se le dará al relleno después de la clausura, y control de lixiviados y gases. En la Figura K-33 se propone un diseño de la estructura de la cobertura final.

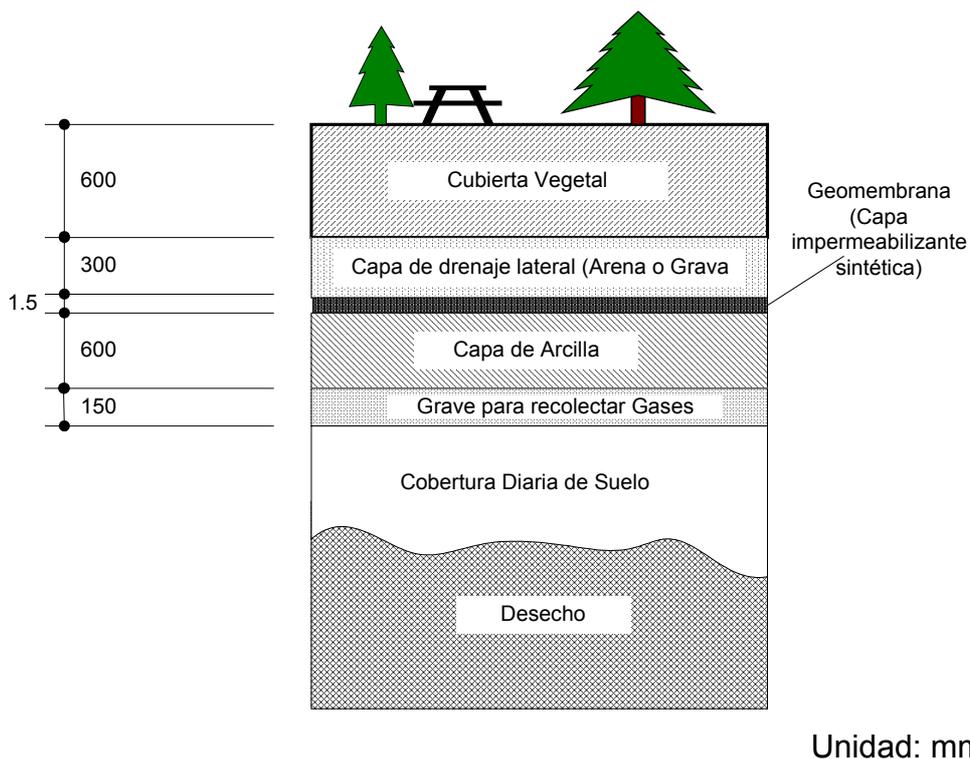


Figura K-33: Estructura Propuesta para la Cobertura Final

d.2 Plan de Uso Post-clausura

El lugar del relleno cerrado no será estable mientras se esté descomponiendo el desecho, lo que dura por mucho tiempo. Por lo tanto, el lugar no es adecuado para construir una instalación de gran envergadura. Cerro Patacón se encuentra próximo a un parque nacional que se ubica en su sector Oeste. Por otra parte, el ARI tiene un plan para desarrollar un área industrial en el sector Este. En consecuencia, es recomendable restituir la vegetación en el sitio una vez que se haya cerrado y usar una parte del área como parque.

d.2.1 Área de Diseño

La instalación para el tratamiento de lixiviados operará después de cerrado el relleno. El área con excepción de la instalación es de 22 ha. Este es el área de diseño para el plan de clausura.

d.2.2 Zonificación

El plan de zonificación se presenta en la Figura K-34.

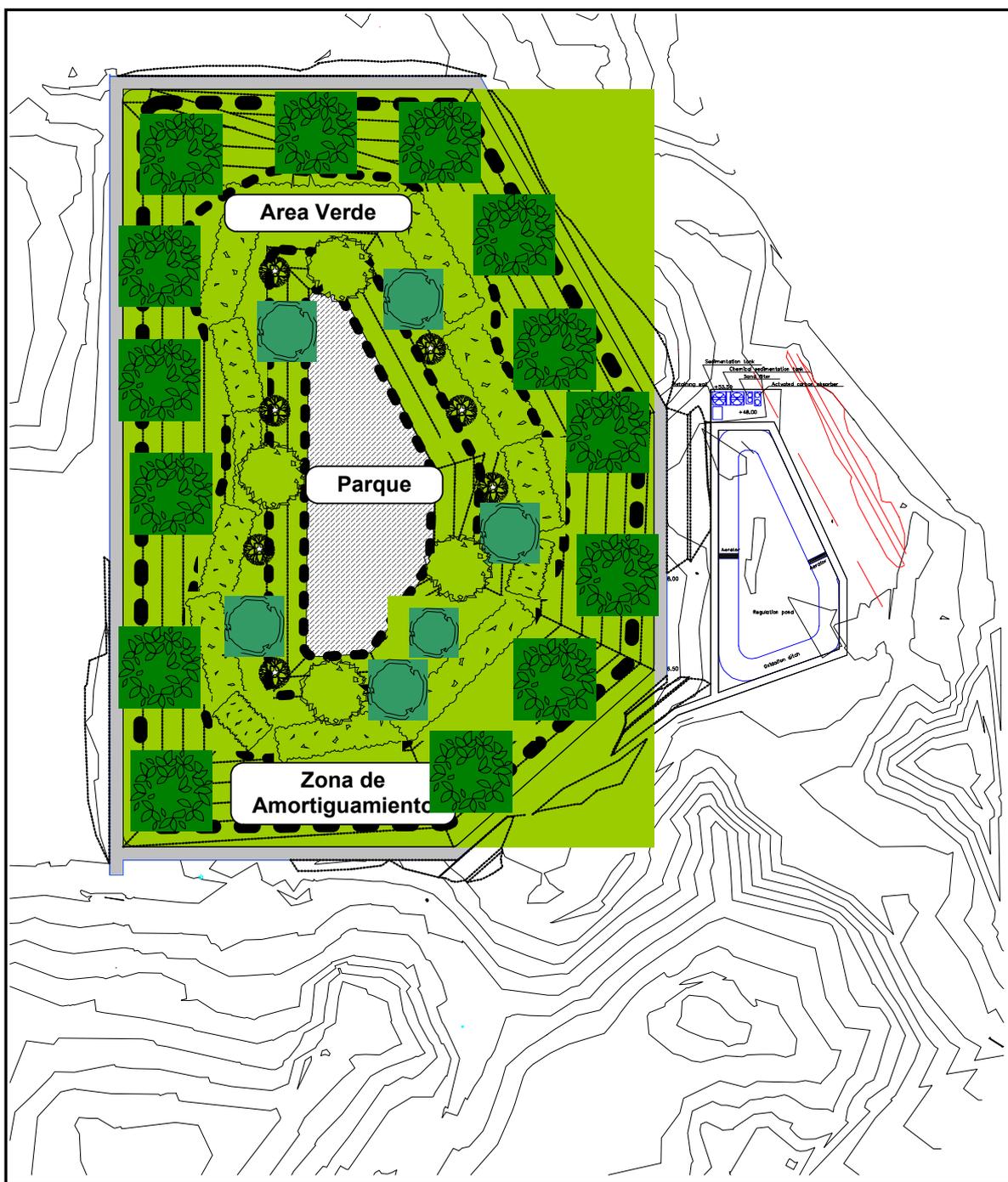


Figura K-34: Plan de Zonificación