

Figura H-17:

Caminos Externos en el Primer,
Segundo, y Tercer Nivel

Escala 1 : 150,000

KOKUSAI KOGYO Co., Ltd.

e. Tubería Vertical (para Recolección/Bombeo de Lixiviados, Eliminación de Biogas) en Caminos Internos en el Primer Nivel

Ya que el sitio BP-IV se encuentra localizado sobre un área plana, el sistema de recolección de lixiviados no puede emplear el drenaje por gravedad como tratamiento (como las lagunas de evaporación/regulación, tratamiento biológico o físico - químico). Por lo tanto, se recomienda instalar fosas de succión ó cárcamo (con un eje vertical para bombeo) en caminos a un nivel de 0.0 metros y con intervalos apropiados entre cada uno. Ya que todos los caminos internos a un nivel de 0.0 metros serán utilizados como líneas de drenaje, se puede instalar la fosa de succión en las intersecciones de los caminos internos. Se recomienda que el intervalo entre las fosas sea de 100 metros, ya que los ejes verticales para bombear los lixiviados se pueden utilizar como instalaciones para eliminación de biogas (como chimeneas). Esto constituye un total de 222 fosas de succión (cárcamo) con tubería vertical.

La generación de lixiviados calculada 101 mm/año requiere de 24 bombas (con una capacidad nominal de 0.11 m³/min) y que funcionen 12 horas al día. Por lo tanto, 24 tubos deben servir para realizar tanto las funciones de bombeo de lixiviados, como de eliminación de biogas, mientras que las otras 198 tuberías verticales deben trabajar normalmente como extractores de biogas y, ocasionalmente, como tuberías para bombeo cuando se requiera mantenimiento, inspección o reparación para tuberías verticales que generalmente son utilizadas para bombeo.

Las tuberías verticales (para bombeo de lixiviados y eliminación de biogas) deben construirse inicialmente a un nivel de 8.0 metros o un poco más alto antes de rellenar la brecha (valle entre los caminos).

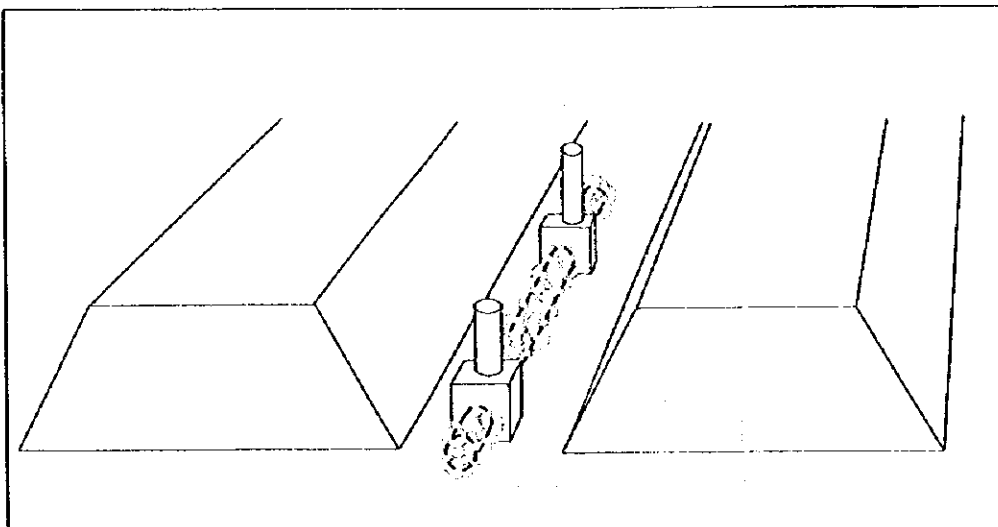


Figura H-18: Tubería Vertical (para Recolección/Bombeo de Lixiviados, Eliminación de Biogas)

f. Rellenado de los Espacios Entre Dos Celdas a Una Altura de 8.0 Metros

Los espacios entre los caminos (entre las celdas), denominados valles, deben llenarse con residuos que serán dispuestos desde los caminos a una altura de 8.0 metros, y serán compactados y cubiertos con tierra hasta un nivel de 8.0 metros.

g. Bombeo y Aspersado (o Embalse) a Un Nivel de 8.0 Metros

Cuando se llenen los espacios y se formen áreas planas a un nivel de 8.0 metros, se debe bombear y aspersar el lixiviado (y/o embalsado) en el área plana donde el lixiviado se evaporará o re-infiltrará al relleno.

h. Secuencia de Rellenado desde 8.0 hasta 16.0 Metros

En general se recomienda que el segundo nivel de relleno inicie desde la parte central hasta el área externa, esto se hará con el fin de causar asentamiento y consolidación estables; además, de reducir al máximo una falla de taludes desde los 0.0 hasta los 8.0 metros. Se prevé que trabajando desde el interior hacia el exterior, se permitirá que transcurra más tiempo de carga, lo cual permitirá una mayor consolidación de los taludes inferiores.

Por otra parte, si se desea un mejor tráfico en los caminos a un nivel de 16.0 metros en el futuro, debe construirse primero la celda que se conecta con la rampa de acceso de la altura de 8.0 a 16.0 metros, esto permitirá que se logre un mayor asentamiento y consolidación de la celda.

Por lo tanto, se recomienda que el relleno desde una altura de 8.0 hasta los 16.0 metros deberá iniciar en la celda que posteriormente se conectará con la rampa de acceso (8.0 a 16.0 metros). Esta se encontrará aproximadamente a 100 metros hacia el sur de la rampa (nivel de 0.0 a 8.0 metros) en la denominada celda No. 19.

El Cuadro H-38 muestra el cronograma constructivo conceptual para el relleno de los valles de las obras de expansión vertical.

c.13 Estimación de Costos

Dos casos son examinados para la operación del relleno. Estos son los siguientes:

- Caso 1: Inversión y Operación por parte de la DGSU.
- Caso 2: Inversión y contratación de servicios por parte de la DGSU.

Teniendo en cuenta que el estimado de los costos se torna diferente para los dos casos, los cálculos se realizaron para ambos por separado.

La diferencia entre los dos casos radica en si la operación del relleno es realizada directamente por la DGSU ó por compañía(s) privada(s) bajo la supervisión de la DGSU. La principal diferencia se ve reflejada en el desembolso para la obtención del equipo del relleno. En otras palabras, el desembolso para el equipo en el Caso 1 presenta picos para los años 2000 y el año 2007, que se deben a la obtención del equipo. Sin embargo, esos picos no se observan para el Caso 2 debido a que el equipo será obtenido por la(s) compañías privada(s).

i. Caso 1

Construcción

Los costos de construcción de 17,316,000 USD hasta el año 2010 son presentados en el Cuadro H-39. El Cuadro H-40 muestra los costos de construcción hasta su cierre. Mientras que el Cuadro H-41 presenta el desembolso inicial para las bombas que servirán para disponer de los lixiviados y cuyo desembolso está programado para el año 2000.

Cuadro H-39: Costos de Construcción para la Expansión Vertical hasta el año 2010

		Costos unitarios por tonelada de residuo (USD/ton)		8-16m	16-24m				
				0.5582	0.4660				
Año	Cantidad de Residuos (1000 ton)			Costos para la construcción del relleno (1,000USD)					Total
	8-16m	16-24m	Total	Diseño y supervisión	Construcción Inicial	Construcción durante la operación		Bombas para lixiviados	
	8-16m	16-24m	Total			8-16m	16-24m		
1999-2000			-	19					19
2000			-	173	7,752			150	8,075
2001	3,876		3,876			2,164	0		2,164
2005	3,373		3,373			1,883	0		1,883
2006	3,358		3,358			1,874	0		1,874
2009	2,551	749	3,300			1,424	349		1,773
2010		3,278	3,278			0	1,528		1,528
Total	13,158	4,027	17,185	192	7,752	7,345	1,877	150	17,316

Cuadro H-40: Costos de Construcción para la Expansión Vertical hasta su Cierre

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Tasa unitaria	Tasa de camb. \$1.00 = 9.1 pesos		
					Moneda	Cantidad	
						Compra Nacional (1000. Peso)	Comp. Ext. (1000 USD)
I	Elevación de 0-8						
I.1	recolección de lixiviados (a lo largo del camino interno)	26,675	m	300	peso	8,003	879

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Tasa unitaria	Tasa de camb. \$1.00 = 9.1 pesos		
					Moneda	Cantidad	
						Compra Nacional (1000. Peso)	Comp. Ext. (1000 USD)
1.1.1	pozo para extracción de lixiviado & gases	222	pozo	8,000	peso	1,776	195
	sub-total						1,074
	Misceláneo	10	%				107
	Costos Directos						1,181
	Gastos generales	30	%				354
	Costos totales de construcción						1,535
	Contingencia física	10	%				154
	IVA	15	%				230
	Costos totales (inc. conti. & impuesto)						1,919
	Diseño y supervisión	10	%		costos de construcción		154
	Contingencia física	10	%				15
	IVA	15	%				23
	Costos totales (inc. conti. & impuesto)						192
1.2	Geomembrana & otros						
1.2.1	Geomembrana						
a	PEAD (1mm)	533,500	m ²	1.70	USD		907
b	Instalación del PEAD (1mm)	533,500	m ²	3	peso	1,601	176
c	Suelo de protección (inc. emplazamiento)	160,050	m ³	30	peso	4,802	528
1.2.2	suelo de cubierta (0.3m)	592,185	m ³	22	peso	13,028	1,432
1.2.3	bomba (50mm, H=30m)					Ver bomba	
1.2.4	trabajos eléctricos	1	unidad	2,000,000	peso	2,000	220
	sub-total						2,356
	Misceláneo	10	%				236
	Costos directos						2,592
	Gastos generales	30	%				778
	Costos totales de construcción						3,370
	Contingencia física	10	%				337
	IVA	15	%				506
	Costos totales (inc. conti. & impuesto)						4,213
	Costos totales (compra nacional+externa)						5,835
	(Costos unitarios, \$/ton de residuo)		1000 ton				
2	Elevación de 8-16						
2.1	camino externo	7,075	m	550	peso	3,891	428
2.2	camino interno	19,633	m	550	peso	10,798	1,187
2.3	recolección de lixiviados (a lo largo del camino externo)	7,075	m	210	peso	1,486	163
2.4	recolección de lixiviados (a lo largo del camino interno)	19,633	m	300	peso	5,890	647
2.5	extracción de gases (a lo largo del camino perimetral)	141	pozo	200	peso	28	3
2.6	pozos para la extracción de lixiviados & gases	152	pozo	8,000	peso	1,216	134
2.7	suelo de cubierta (0.3m)	639,930	m ³	22	peso	14,078	1,547
	sub-total						4,109
	Misceláneo	10	%				411
	Costos directos						4,520
	Gastos generales	30	%				1,356
	Costos totales de construcción						5,876
	Contingencia física	10	%				588
	IVA	15	%				881
	Costos totales (inc. conti. & impuestos)						7,345
	Costos totales (compra nacional+externa)						7,345
	(costo unitario, \$/ton de residuo)	13,158	1000 ton				0.5582
3	Elevación de 16-24						
3.1	camino externo	5,160	m	550	peso	2,838	312
3.2	camino interno	6,453	m	550	peso	3,549	390

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Tasa unitaria	Tasa de camb. \$1.00 = 9.1 pesos			
					Moneda	Cantidad		
						Compra Nacional (1000. Peso)	Comp. Ext. (1000 USD)	
3.3	recolección de lixiviados (a lo largo del camino externo)	5,160	m	210	peso	1,034	119	
3.4	recolección de lixiviados (a lo largo del camino interno)	6,453	m	300	peso	1,936	213	
3.5	extracción de gases (a lo largo del camino perimetral)	102	unidad	200	peso	20	2	
3.6	pozo para extracción de lixiviados & gases	89	pozo	8,000	peso	712	78	
3.7	suelo de cubierta (0.3m)	350,250	m ³	22	peso	7,706	847	
	sub-total						1,961	0
	Misceláneo	10	%				196	0
	Costos directos						2,157	0
	Gastos generales	30	%				647	0
	Costos totales de construcción						2,804	0
	Contingencia física	10	%				280	0
	IVA	15	%				421	0
	Costos totales (inc. conti. & impuestos)						3,505	0
	Costos totales (compra nacional+externa)						3,505	
	(Costo unitario, \$/ton de residuos)	7,522	1000 ton				0.4660	
4	Cubierta final (t=0.6)	1,640,000	m ³	22	peso	36,080	3,965	
	sub-total						3,965	0
	Misceláneo	10	%				397	0
	Costos directos						4,362	0
	Gastos generales	30	%				1,309	0
	Costos totales de construcción						5,671	0
	Contingencia física	10	%				567	0
	IVA	15	%				851	0
	Costos totales (inc. conti. & impuestos)						7,089	0
	Costos totales (compra nacional+externa)						7,089	
	(Costo unitario, \$/ton de residuo)		1000 ton					
	Costos totales de construcción (exc. conti. & imp.)						19,256	1,297
		10	%				1,926	130
	IVA	15	%				2,888	195
	Costos totales de construcción (inc. conti. & imp.)						24,070	1,622
	Costos totales (compra nacional+externa)						25,692	
	Diseño y supervisión (exc. conti. & impuesto)						154	0
	Contingencia física	10	%				15	0
	IVA	15	%				23	0
	Diseño & supervisión (inc. conti. & impuesto)						192	0
	Diseño y Supervisión (compra nacional+externa)						192	
	Costos totales (inc. conti. & impuestos)						24,262	1,622
	Costos totales (compra nacional+externa)						25,854	
	(Costo unitario, \$/ton. de residuo)	20,679	1000 ton				1.2517	

10% del diseño y supervisión serán utilizados en el diseño básico, 50% en el diseño detallado y 40% en la supervisión

Cuadro H-41: Desembolso Inicial para las Bombas para la Disposición de Lixiviados

Descripción	Tasa de cambio, \$1.00= 9.1 Pesos				
	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Moneda	Cantidad (1,000 USD)
Bomba (50mm, 3.7kw)	24	unidad	5,000	USD	120
Contingencia Física	10	%			12
IVA	15	%			18
Total					150

Equipo para el Relleno

El Cuadro H-42 muestra los costos requeridos para la obtención del equipo para el relleno en el Caso 1. El desembolso debe realizarse en el año 2000. El equipo no sólo se utilizará en la Etapa IV, sino que también en la Etapa V de manera alternada.

Cuadro H-42: Costos del Equipo para el Relleno

	Descripción	Tasa de cambio, \$1.00= 9.1 pesos				Cantidad (1,000 USD)
		Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Moneda	
1	Bulldozer (300hp)	4	uni.	400,000	USD	1,600
2	Excavadora (85hp)	2	uni.	110,000	USD	220
3	Camión cisterna (15000 litros)	2	uni.	100,000	USD	200
	sub-total					2,020
	repuestos	10	%			202
	Costo del Equipo (exc. conti.& impuesto)					2,222
	Contingencia física	10	%			222
	IVA	15	%			333
	Costo del equipo (inc. conti.& impuesto)					2,777
	Diseño y supervisión (exc. conti.& impuesto)	10	%			111
	Contingencia física	10	%			11
	IVA	15	%			17
	Diseño y supervisión (inc. conti.& imp.)					139
	Costos totales (inc. impuestos & conti.)					2,916

Nota:

- 10% del diseño y supervisión serán utilizados en el diseño básico, 50% en el diseño detallado y 40% en la supervisión
- Se estima en 7 años la vida útil del equipo.

Operación y Mantenimiento

Se estima que 707,000 USD de los costos de O&M se requerirán anualmente para el relleno (ver Cuadro H-43); cada 2 años 90,000 USD se utilizarán para reemplazar las bombas para disposición de lixiviados (ver Cuadro H-44); y anualmente 21,000 USD se utilizarán para la operación de las bombas (ver Cuadro H-45).

Cuadro H-43: Costos de O&M para los Trabajos de Rellenado (Caso 1)

	Descripción	Cantidad	Unidad	Tasa de cambio, \$1.00=9.1 pesos			Cantidad		
				Precio Unitario	Moneda	Compra Naci.		Comp. Ext.	
						1,000 peso	1,000 US\$		1,000 US\$
1	Bulldozer (300hp)								
1.1	Costo por Combustible								
	consumo	35	l/h	4	peso	2,044	225		
	costo (inc. 10% lubricante)					2,248	247		
1.2	Mano de obra								
	Operador	4	persona	155	peso	226	25		
	costo					226	25		
1.3	Mantenimiento								
	costo (15% precio de compra)	15	%					24	
	Sub-total						272	24	
2	Excavadora (85hp)								
2.1	Costos por Combustible								
	consumo	10	l/h	4	peso	292	32		
	costo (inc. 10% lubricante)					321	35		

Descripción	Cantidad	Unidad	Tasa de cambio, \$1.00=9.1 pesos					
			Precio Unitario	Moneda	Cantidad			
					Compra Naci.	Comp. Ext.		
					1,000 peso	1,000 US\$	1,000 US\$	
2.2 Mano de obra								
Operador	2	persona	155	peso		113	12	
costo						113	12	
2.3 Mantenimiento								
costo (15% del precio de compra)	15	%						33
Sub-total							47	33
3 Camión cisterna (15000litre)								
3.1 Costo por Combustible								
consumo	12	l/h	4	peso		350	38	
costo (inc. 10% lubricante)						385	42	
3.2 Mano de obra								
Operador	2	persona	155	peso		113	12	
costo						113	12	
3.3 Mantenimiento								
costo (15% del precio de compra)	15	%						30
Sub-total							54	30
4 Otro personal								
Supervisor jefe	1	persona	350	peso		128	14	
Supervisores	3	persona	290	peso		318	35	
Trabajadores	20	persona	70	peso		511	56	
Sub-total							105	
Total (O&M, anual, exc. impuesto)							478	87
Contingencia física	10	%					48	9
IVA	15	%					72	13
Total (O&M, anual, inc. impuesto)							598	109
Total (compra nacional+externa)							707	

Se estima que el tiempo de operación de cada equipo es de 10 hrs./día

Cuadro H-44: Costos para Reemplazar las Bombas para Disponer los Lixiviados

Descripción	Tasa de cambio, \$1.00= 9.1 Pesos				
	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Moneda	Cantidad (1,000USD)
1 Bomba (50mm, 3.7kw)	24	unidad	3,000	USD	72
Contingencia física	10	%			7
IVA	15	%			11
Total					90

Se estima que la vida útil de la bomba es de 2 años

Cuadro H-45: Costos de Operación de las Bombas para Disponer los Lixiviados

	Description	Cantidad	Tasa de cambio, \$1.00= 9.1 Pesos				
			Unidad	Precio Unitario	Moneda	Cantidad	
						(1,000 peso)	(1,000USD)
1	Consumo de electricidad	194,500	kWh	0.83	peso	161	18
	IVA	15	%			24	3
	Total						21

Precio por el Alquiler del Terreno

El sitio se encuentra en terrenos bajo la jurisdicción de la C.N.A. La DGSU ha estado invirtiendo cierta cantidad de dinero para realizar algunos trabajos a manera de compensación; como por ejemplo, mantenimiento de los caminos. El alquiler del terreno se puede considerar que es igual a la cifra que la DGSU ha invertido; ésta llega a ser de 425,000 USD anual.

Cuadro H-46: Precio por el Alquiler del Terreno

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Tasa de cambio \$1.00 = 9.1 pesos			
				Precio Unitario	Moneda	Cantidad	
						(1,000 Peso)	(1,000 USD)
1	Precio por el Alquiler del terreno	472	ha	8,200	peso	3,870	425

ii Caso 2

Los costos de construcción son los mismos que para el Caso 1, en otras palabras, 17,316,000 USD hasta el año 2010 (ver Cuadro H-39).

Equipo para el Relleno

El Cuadro H-47 muestra los costos del equipo para relleno en el Caso 2. El costo por cada equipo es estimado en base al precio de alquiler en la Ciudad de México y la cantidad que la DGSU le está pagando a sus sub-contratistas. Además, se asume que la misma cantidad asignada para el diseño y supervisión en el Caso 1, se requerirá para los trabajos sub-contratados.

Cuadro H-47: Costos del Equipo para el Relleno

	Descripción	Cantidad	Unidad	Tasa de cambio, \$1.00= 9.1 peso			
				Precio Unitario	Moneda	Cantidad	
						(1,000 peso)	(1,000 USD)
1	Bulldozer (300hp)	4	unidad	1,277,500	peso	5,110	562
2	Excavadora (85hp)	2	unidad	365,000	peso	730	80
3	Camión Cisterna (15000litros)	2	unidad	360,000	peso	720	79
	Precio de alquiler (exc. Conti.& impuesto)						721
	Contingencia física	10	%				72
	IVA	15	%				108
	Precio de alquiler (inc. conti.& impuesto)						901

Cuadro H-48: Costos para Diseño y Supervisión del Equipo

	Descripción	Tasa de cambio, \$1.00= 9.1 esos				
		Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Moneda	Cantidad
						(1,000 USD)
	Diseño y supervisión (exc. conti.& impuesto)					111
	Contingencia física					11
	IVA					17
	Diseño y supervisión (inc. conti.& impuestos)					139

Operación y Mantenimiento

Los costos de O&M para el Caso 2 son diferentes a los del Caso 1. Los costos por mantenimiento del equipo no son tomados en cuenta para el Caso 2, debido a que el precio de alquiler ya incluye dichos costos. Estos llegan a alcanzar 598,000 USD

anuales (Cuadro H-49). Por otra parte, los costos de operación por la disposición de lixiviados son iguales a los del Caso 1 (ver Cuadro H-44 y Cuadro H-45).

Cuadro H-49: O&M por los Trabajos de Rellenado (Caso 2)

	Descripción	Cantidad	Tasa de Cambio, \$1.00 = 9.1 peso				
			Unidad	Precio Unitario	Moneda	Cantidad	
						(1,000 peso)	(1,000 USD)
1	Bulldozer (300hp)						
1.1	Costo por Combustible						
	consumo	35	l/h	4	peso	2,044	225
	costo (inc. 10% lubricante)					2,248	247
1.2	Mano de Obra						
	Operador	4	persona	155	peso	226	25
	costo					226	25
	Sub-total						272
2	Excavadora (85hp)						
2.1	Costo por combustible						
	consumo	10	l/h	4	peso	292	32
	costo (inc. 10% lubricante)					321	35
2.2	Mano de obra						
	Operador	2	persona	155	peso	113	12
	costo					113	12
	Sub-total						47
3	Camión cisterna(15000litros)						
3.1	Costo por combustible						
	consumo	12	l/h	4	peso	350	38
	costo (inc. 10% lubricante)					385	42
3.2	Mano de obra						
	Operador	2	persona	155	peso	113	12
	costo					113	12
	Sub-total						54
4	Otro personal						
	Jefe supervisor	1	persona	350	peso	128	14
	Supervisores	3	persona	290	peso	318	35
	Trabajadores	20	persona	70	peso	511	56
	Sub-total						105
	Total (O&M, anual, exc. impuestos)						478
	Contingencia física	10	%				48
	IVA	15	%				72
	Total (O&M, anual, inc. impuestos)						598

Precio por el Alquiler del Terreno

El precio por el alquiler del terreno es el mismo que en el Caso 1 (ver Cuadro H-46).

iii Resumen de los costos

El Cuadro H-50 y el Cuadro H-51 resumen los costos para el Plan de Expansión Vertical. Los costos estimados para el Caso 1 fueron de 28,677,000 USD, mientras que para el Caso 2 fueron de 29,860,000 USD.

Cuadro H-50: Resumen de los Costos para el Plan de Expansión Vertical
(Caso 1)

Unidad: 1,000 USD

Año	D/B	D/D	Con.(i)	Con.(Rec)	Equip.	O&M	Alq. Terr.	Total
1999	33							33
2000		298	7,902		2,777			10,977
2001				2,164		728	425	3,317
2002						111	425	536
2003						21	425	446
2004						111	425	536
2005				1,883		728	425	3,036
2006				1,874		818	425	3,117
2007						21	425	446
2008						111	425	536
2009				1,773		728	425	2,926
2010				1,528		818	425	2,771
Total	33	298	7,902	9,222	2,777	4,195	4,250	28,677

D/B: Diseño básico para construcción y equipo
D/D: Diseño detallado para la construcción y equipo. La cantidad incluye también los costos de supervisión.
Con.(i): Inversión inicial para la construcción
Con.(Rec): Inversión recurrente para la construcción
Equip.: Equipo para el relleno
O&M: Operación y mantenimiento
Alq. Terr.: Precio por el alquiler del terreno

Cuadro H-51: Resumen de los Costos para el Plan de Expansión Vertical
(Caso 2)

Unidad: 1,000 USD

Año	D/B	D/D	Con.(i)	Con. (Rec)	Equip.	O&M	Alq. Terr.	Total
1999	33							33
2000		298	7,902					8,200
2001				2,164	901	619	425	4,109
2002						111	425	536
2003						21	425	446
2004						111	425	536
2005				1,883	901	619	425	3,828
2006				1,874	901	709	425	3,909
2007						21	425	446
2008						111	425	536
2009				1,773	901	619	425	3,718
2010				1,528	901	709	425	3,563
Total	33	298	7,902	9,222	4,505	3,650	4,250	29,860

D/B: Diseño básico para construcción y equipo
D/D: Diseño detallado para la construcción. La cantidad incluye también los costos de supervisión.
Con.(i): Inversión inicial para la construcción
Con.(Rec): Inversión recurrente para la construcción
Equip.: Equipo para el relleno
O&M: Operación y mantenimiento
Alq. Terr.: Precio por el alquiler del terreno

H.2.2.2 Desarrollo de un Nuevo Relleno (Etapa V)

La capacidad de la expansión vertical de la Etapa IV no es suficiente para recibir los residuos a ser dispuestos hasta el año 2010. Por lo tanto, es crucial el desarrollo de un nuevo terreno para continuar con la disposición de residuos dentro del área de estudio. Después de que la contraparte mexicana especificó un sitio candidato para el relleno, se llevaron a cabo investigaciones del suelo, aéreas y ambientales durante el 2do. trabajo de estudio en México; estos estudios son necesarios para la planeación del relleno. En esta sección se van a discutir los siguientes aspectos.

- análisis de las condiciones de diseño
- análisis de las alternativas técnicas
- diseño conceptual y estimación de costos

a. Análisis de las Condiciones de Diseño

Tal y como se mencionó anteriormente existe la norma NOM-083-ECOL-1996, la cual establece los requisitos que aplican para el desarrollo de rellenos para los residuos sólidos municipales. El desarrollo del relleno en la Etapa V debe seguir esta norma.

En esta sección se analizan esencialmente las condiciones de diseño de acuerdo con la norma. Además, se presentan otras condiciones tales como la ubicación y área del mismo.

a.1 Ubicación y Área

El sitio para la Etapa V se localiza en el área del antiguo lago de Texcoco, así como de la Etapa IV, ésta última a 6km al sudoeste del primero. El sitio tiene un área de 256 ha y sus coordenadas son 19°29'N (latitud 19 grados 29 minutos al norte) y 98°58'W (longitud 98 grados 58 minutos al oeste). El área habitada más cercana se encuentra a 2.2km del límite oeste del sitio. El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México se encuentra a 10 km. al sudoeste del sitio. La ubicación del sitio se muestra en la Figura H-19.

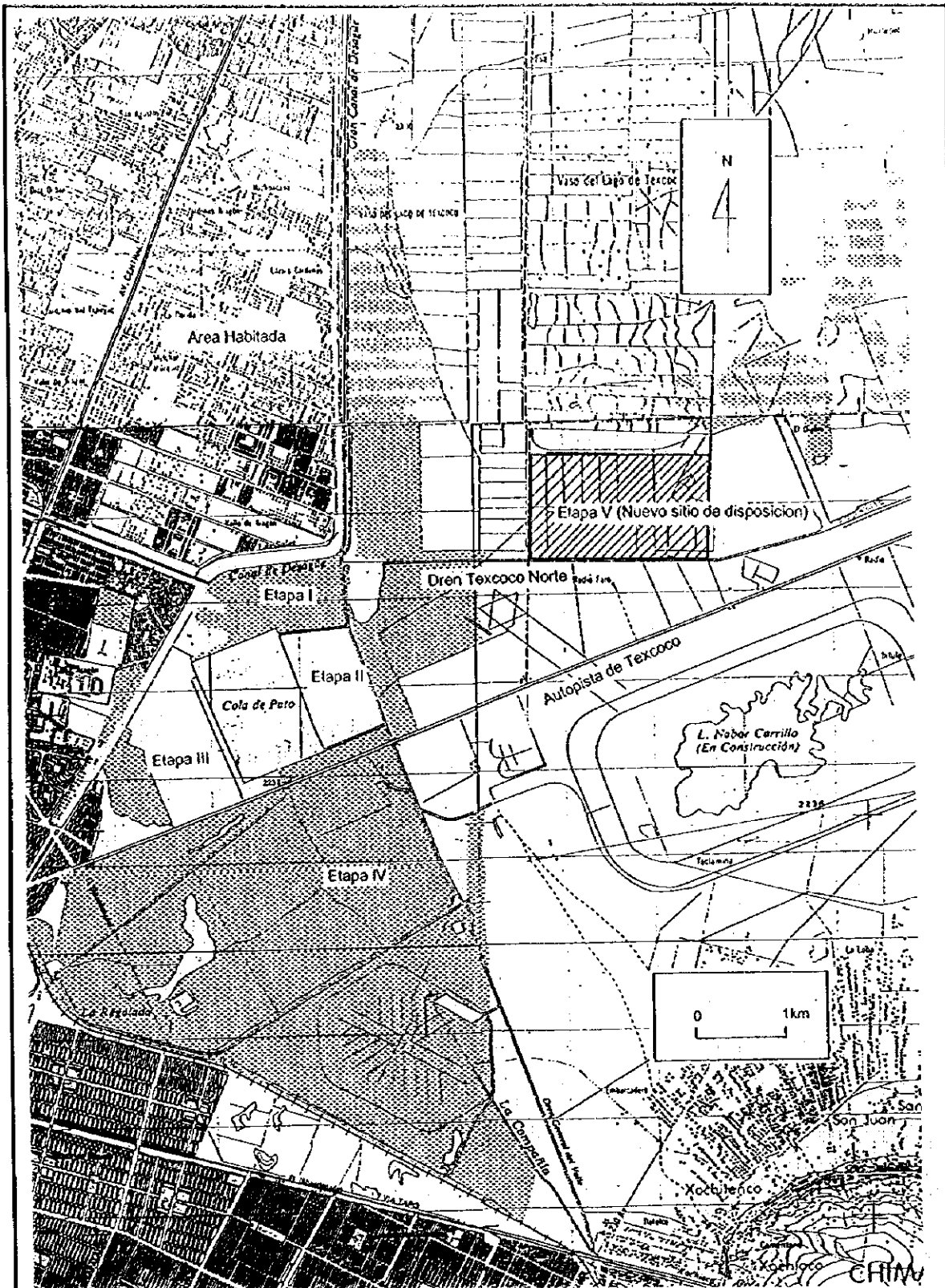


Figura H-19:

Ubicación de Nuevo Sitio
(Etapa V)

KOKUSAI KOGYO Co., Ltd.

a.2 NOM-083-ECOL-1996

En esta sección se muestran las condiciones del sitio de acuerdo con los requerimientos establecidos en la NOM-083-ECOL, analizando las medidas preventivas necesarias para las condiciones del sitio y cumplir con tales requisitos (Ver Cuadro H-52).

Cuadro H-52: Aspectos de la NOM-083-ECOL

Puntos establecidos en la norma	Condiciones del sitio	Necesidad de medidas preventivas	Evaluaciones/ medida preventiva
Aspectos generales			
Se debe asegurar una distancia mínima de 3,000m de un aeropuerto en donde operen aviones de turbina	La distancia al aeropuerto es más cercano es de aproximadamente 10km.	No necesarias.	Medidas preventivas son innecesarias.
Se debe asegurar una distancia mínima de 1,500m de un aeropuerto en donde operen aviones con motor de pistones	La distancia al aeropuerto más cercano es de aproximadamente 10km.	No necesarias.	Medidas preventivas son innecesarias.
Se debe respetar el derecho de vía de caminos, vías de tren y caminos primarios y secundarios.	La autopista a Texcoco pasa a cerca de 1.0km al sur del sitio. Se utilizará para el transporte de los residuos.	Necesarias.	La vuelta en U debe ser ampliado para evitar influencia negativa cuando camiones recolectores entren y salgan del camino de acceso.
Los sitios no deben localizarse en áreas naturales protegidas.	El sitio no es un área protegida en la actualidad.	No es necesaria.	Medidas preventivas son innecesarias.
Se debe respetar el derecho de vía de las obras públicas federales, tales como la tuberías de petróleo y gas, torres de energía eléctrica, ductos de agua, etc.	Existe una tubería de gas instalada en la parte sud-oeste del sitio. Sin embargo, se encuentra en las afueras del mismo.	No es necesario.	El mapa (Figura H-20) muestra la ubicación de la tubería instalada.
Se debe asegurar una distancia mínima de 1,500m a partir de uno de los bordes de un área habitacional.	El área habitacional más cercana está a 2.2km de la frontera oeste del sitio.	No es necesario.	Medidas preventivas son innecesarias.
Aspectos hidrológicos			
El sitio debe estar fuera de un terreno inundable con períodos de retorno de 100 años.	El sitio no está localizado en dicho terreno.	No es necesaria.	Medidas preventivas son innecesarias.
El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no se localizará en pantanos, ciénagas o similares.	El nivel del agua subterránea se encuentra a 0.7m de la superficie y el agua es salada. Empero, el sitio no es un pantano/ciénaga.	No es necesaria.	Medidas preventivas son innecesarias.
Se debe asegurar una distancia mínima de 1,000m de los cuerpos acuíferos superficiales con períodos de retorno de precipitación de 10 años.	El sitio está cerca del 'Dren Texcoco Norte', que es un drenaje de aguas residuales municipales. De manera tal que éste no constituye un cuerpo de agua superficial.	No es necesario.	Medidas preventivas son innecesarias.
Aspectos Geológicos			
El sitio debe localizarse a una distancia mínima de 60 metros de fallas activas.	Ninguna falla se observa en el sitio ni a 60 m. del lugar.	No es necesaria.	Medidas preventivas son innecesarias.
El sitio debe localizarse fuera de áreas con taludes inestables en donde puedan ocurrir movimientos de tierra.	El sub-suelo está formado por arcillas altamente compresibles de igual manera que en la Etapa IV.	Necesaria.	El talud debe tener suficiente inclinación para evitar fallas.

Puntos establecidos en la norma	Condiciones del sitio	Necesidad de medidas preventivas	Evaluaciones/ medida preventiva
Se deben evitar las zonas en las que puede haber un asentamiento severo que pueda ocasionar fracturas en la tierra y aumentar el riesgo de contaminación del acuífero.		Necesaria.	Debe ser instalada geomembrana para evitar contaminación del acuífero.
Aspectos Hidrogeológicos			
La tasa de infiltración a un acuífero debe ser menor de $3 \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}$.	El nivel del agua subterránea está a 0.7m bajo la superficie, pero no puede utilizarse como agua potable debido a su alta salinidad.	Necesaria.	Debe ser instalada geomembrana para prevenir infiltración de lixiviados en los alrededores.
La distancia mínima del sitio a pozos para extracción de agua para uso doméstico, industrial, irrigación y agropecuario que todavía operen o abandonados debe ser de 500m.	Existen aproximadamente 30 pozos que fueron utilizados para obtener sal en el sitio.	Necesario.	Se necesita remover el ademe del pozo y sellarlo apropiadamente.

a.3 Acceso

Ya que los camiones para el transporte de residuos (vehículos de 70m^3) necesitan usar una parte de la Autopista México Texcoco para llegar al sitio, es probable que se necesite algún acuerdo con la autoridad a cargo de la autopista. Desde el punto de vista técnico, la vuelta en U debe ser ampliada lo suficiente para que los camiones transiten sin dificultad, de manera tal que no tenga un impacto negativo en el tráfico.

Los camiones para el transporte de los residuos vendrán de la autopista de Texcoco. Existen dos caminos que conectan al sitio con la autopista. Uno corre a lo largo del lado oeste del sitio, cuya longitud desde el sitio a la autopista es de aproximadamente 1.5km. El otro acceso corre a lo largo del lado este, con una distancia hacia la autopista de cerca de 0.6km. Ambos accesos no tienen el ancho suficiente de 4m para los camiones de transporte de residuos. Por lo tanto se necesitarán trabajos de ampliación de cualquiera de las dos vías que sea escogida como camino de acceso al sitio.

Existen algunos edificios de la CNA a la entrada del primer acceso, y corre un gasoducto al sudoeste del sitio (ver Figura H-20). Por otro lado, sólo existe un acceso y una caseta de vigilancia. En consecuencia, se recomienda utilizar el segundo acceso - de la autopista al sitio - para evitar la influencia adversa sobre los edificios y el oleoducto de la primer vía y reducir los costos para la construcción del camino de acceso.

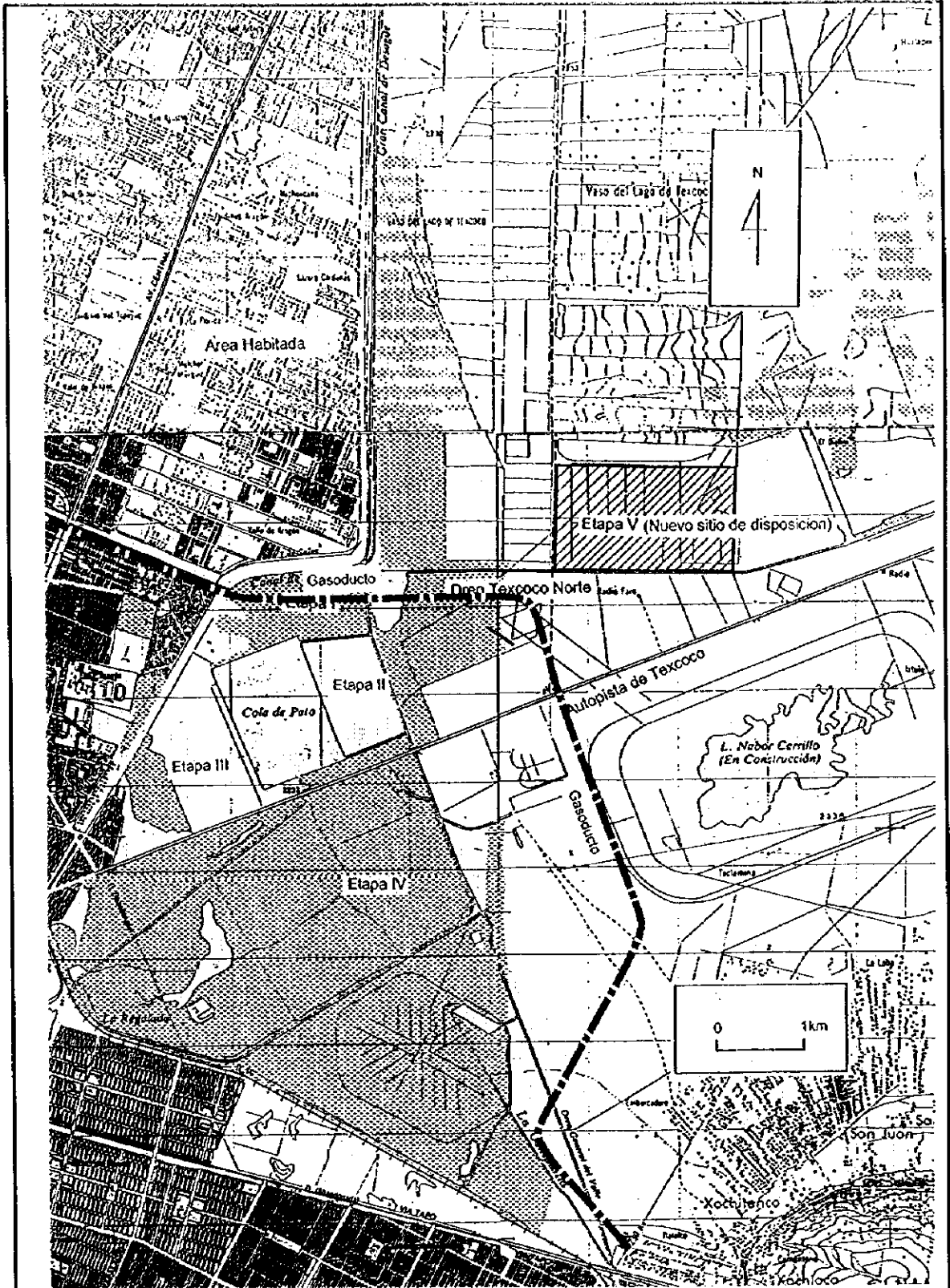


Figura H-20:

Ubicación del Gasoducto

KOKUSAI KOGYO Co., Ltd.

a.4 Impacto Físico del Desarrollo del Relleno Sanitario Propuesto

Al igual que el sitio de relleno Etapa IV, el sitio candidato para nuevo relleno sanitario se encuentra localizado sobre una capa de arcilla altamente compresible en el área del ex-Lago Texcoco. Por lo tanto, la influencia del relleno sobre el canal que cruza el sitio, sobre la estabilidad del talud, y sobre la geomembrana son examinadas con base al estudio geológico que se realizó durante el 2^{do} período de estudio en México.

a.4.1 Estudio Geológico

i. Objetivos del Estudio

Los objetivos del estudio geológico fueron adquirir datos sobre los suelos, con el fin de examinar la factibilidad técnica del sitio de relleno propuesto.

ii. Aspectos del Estudio

El estudio fue realizado en el Bordo Poniente Etapa V. El número de sondeos y aspectos del estudio son mostrados en el Cuadro H-53.

Cuadro H-53: Cantidad de Trabajo Efectuada en el Estudio de Suelo en la Etapa V

Aspectos del Estudio	Contenido del Estudio
Sondeo	de 0 a 40 m de profundidad: 4 sondeos de 0 a 60 m de profundidad: 1 sondeo
Pruebas realizadas a los suelos	limite de fluidez, limite de plasticidad, peso unitario, consolidación, granulometría, contenido de agua, compresión triaxial.

iii Resultados del Estudio

Los niveles del agua subterránea son mostrados Cuadro H-54 y las características del suelo obtenidas del estudio son resumidas en el Cuadro H-55.

Cuadro H-54: Nivel del Agua Subterránea en la Etapa V

Sitio	Código del sondeo	Nivel del agua subterránea (m)
Etapa IV	SM-1	0.35
	SM-4	2.30
	SM-5	0.80

Cuadro H-55: Resultado del Estudio de los Suelos para la Etapa V

Ubicación	SM-1		SM-2		SM-3		SM-4		SM-5			
	36.1- 36.7m	39.7- 40.3m	6.0-7.0m	33.3- 34.3m	4.8-5.8m	12- 12.6m	3.0-3.9m	18.9- 19.5m	12.0- 12.9m	18.6- 19.2m	24.0- 24.6m	55.0- 55.6m
Características	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla	arcilla
Tipo de suelo (observación visual)	2.85	2.99	2.82	2.77	2.85	2.82	2.99	2.86	2.86	2.91	2.94	2.96
Peso específico	1.29	1.30	1.16	1.24	1.47	1.31	1.14	1.14	1.20	1.20	1.25	1.32
Peso unitario (ton/m ³)	4.58	6.20	12.30	8.40	2.51	4.90	14.20	9.95	8.70	5.97	6.21	4.10
Relación de vacíos	95.0	103.0	103.0	106.0	83.4	99.8	100.0	97.0	99.0	97.0	98.0	92.0
Grado de Saturación (%)	152.0	136.0	447.1	321.7	83.4	173.7	398.0	302.0	281.0	147.0	193.0	129.0
Contenido de agua (%)	140.7	158.8	354.0	244.8	108.8	259.0	443.0	356.0	320.0	148.0	202.0	134.0
Límite de fluidez (%)	31.7	33.4	29.8	32.7	34.2	33.8	78.8	33.2	32.7	25.6	24.1	31.0
Límite de plasticidad (%)	109.0	125.4	324.2	212.1	74.6	225.2	364.2	322.8	287.3	122.4	177.9	103.0
Índice de plasticidad (%)	9	0.4	1	2	0.03	0.16	0	0	0.05	1.4	0	5
C Triaxial sin drenar (ton/m ²)	9	1	3	6	1	0	5	7	0.5	0.29	5	11
Angulo de fricción interna (grad.)	14.4	6.3	0	5.8	1.0	0.98	0.15	0.85	0.9	2.3	0.9	14.3
Compresión simple q _u (ton/m ²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
valor N	0.02	0.0091	0.0021	0.0067	0.0071	0.0105	0.0025	0.0063	0.0765	0.0199	0.0071	0.1294
Coefficiente de consolidación (cm ² /s)												

iv. Hallazgos

La capa superior en el sitio la forma un depósito lacustre que está dividido en tres capas; las que, a su vez, están divididas por dos capas de arenas ubicadas a los 32 m. y 37 m. respectivamente. Casi todos los valores N del estrato son igual a cero. Sin embargo, una capa estable que presenta un valor N mayor de 50, se encuentra a partir de los 45 m. Además, el depósito lacustre presenta un contenido de agua natural bastante alto, que va de 130 hasta 450%, y un peso unitario de alrededor de 1.20 ton/m³. Debido a lo anterior, que se derivó del estudio del suelo, se considera que el depósito lacustre es una arcilla considerablemente blanda.

a.1.2 Influencia del Relleno Propuesto sobre el Dren Texcoco Norte

Una evaluación de la influencia que podría causar el relleno propuesto sobre el Dren Texcoco Norte, que fluye al sur del relleno en mención, fue realizada con ayuda de los datos derivados del estudio del suelo. Las condiciones establecidas para la evaluación del asentamiento y sus resultados son presentados a continuación.

i Condiciones para Estimar la Influencia sobre el Dren Texcoco Norte

Se emplearon los datos obtenidos en la perforación SM-1 para la estimación. La capa lacustre se dividió en 8 capas, de la manera mostrada en el Cuadro H-56. El peso de carga ejercida por los residuos, se supuso aquella que se produciría cuando el relleno alcance 24 m. de altura; además, se asume que el peso unitario del residuo después de la compresión inicial es de 0.8 ton/m³. También se estudiaron dos casos, que consideraron la inclusión ó no de la fuerza ascensional producida por el agua subterránea. El Caso 1 ignora esta fuerza ascensional, mientras que el Caso 2 la toma en consideración.

Cuadro H-56: Condiciones del Sub-suelo

Capa	Grosor de la capa (m)	Peso unitario (ton/m ³)
1	5.0	1.14
2	5.0	1.23
3	5.0	1.25
4	5.0	1.17
5	5.0	1.25
6	6.8	1.25
7	0.7	1.60
8	4.1	1.24

Nota: Se asume un nivel de agua a 0 m. de profundidad; debido a que se encontró agua subterránea en el SM-1 a 0.35 m.

ii. Resultados de la Estimación

Los resultados se esquematizan en la Figura H-21. El resultado para el Caso 1, sin considerar la fuerza ascensional, es que el asentamiento final del subsuelo (máximo teórico) sería de 13.82 m. en el centro del relleno; lo que podría causar, a su vez, un asentamiento de 5 mm. en el canal de drenaje ubicado a unos 100 m. del sitio de relleno. Por otra parte, el asentamiento final del sub-suelo (máximo teórico) para el Caso 2, tomando en consideración la fuerza ascensional, sería de 9.35 m. en el centro

del relleno; lo que podría causar un asentamiento de 2 mm. en el canal de drenaje ubicado a 100 m. del sitio de relleno.

El tiempo que transcurre para que ocurra determinado asentamiento también fue estimado; de manera tal que tomaría entre 3 y 4 años lograr un 60% del mismo (ver Cuadro H-57). Por lo tanto, se recomienda dejar pasar un tiempo prudente antes de comenzar a colocar residuos en el siguiente nivel; en otras palabras, se recomienda un uso alternado de las Etapas IV y V.

Cuadro H-57: Tiempo que Transcurre para Diferentes Asentamientos

Consolidación (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tiempo (days)	19	74	186	384	726	1378	2667	5072	9879	-
Asentamiento (m)	1.38	2.76	4.14	5.52	6.91	8.29	9.67	11.05	12.44	13.82

(Ver la sección L del Libro de Datos)

iii. Influencia sobre el Canal (Dren Texcoco Norte)

Los resultados muestran que el máximo asentamiento del subsuelo sería de entre 13.82 m. y de 9.35 m. Sin embargo, el cálculo mostrado anteriormente asume las condiciones teóricas más desfavorables, en las que no se impide el drenado del agua contenida en el subsuelo como resultado de la presión de carga ejercida por los residuos. Por lo tanto, los valores reales del asentamiento deberían ser bastante menores, así como se explicó para el caso de expansión vertical. En resumen, el cálculo sólo muestra un asentamiento de 5 mm del canal de drenaje, cuando ocurre el máximo asentamiento teórico que pueda ocasionar el relleno sanitario propuesto. Por lo tanto, se puede afirmar que el relleno en mención no causará un problema serio para la estructura del canal de drenaje.

a.1.3 Influencia de la Expansión Vertical sobre la Geomembrana

La Figura H-22 esquematiza el asentamiento del subsuelo. Tal y como lo muestra dicha figura, la membrana debajo del talud de la primera capa de relleno, sufrirá el esfuerzo de tensión más pronunciado. Este esfuerzo se puede representar como alrededor de 1.1%, en términos de elongación. Sufriendo un estiramiento de 0.54% si se considera el caso unidimensional ($48.26 \text{ m.}/48 \text{ m.}=1.0054$) y de 1.1 % si se considera el estiramiento por área de membrana o sea el caso bidimensional ($48.26^2/48^2=1.011$). Se estima que esta elongación puede ser asimilada por la geomembrana, de acuerdo a las cualidades mecánicas de la misma.

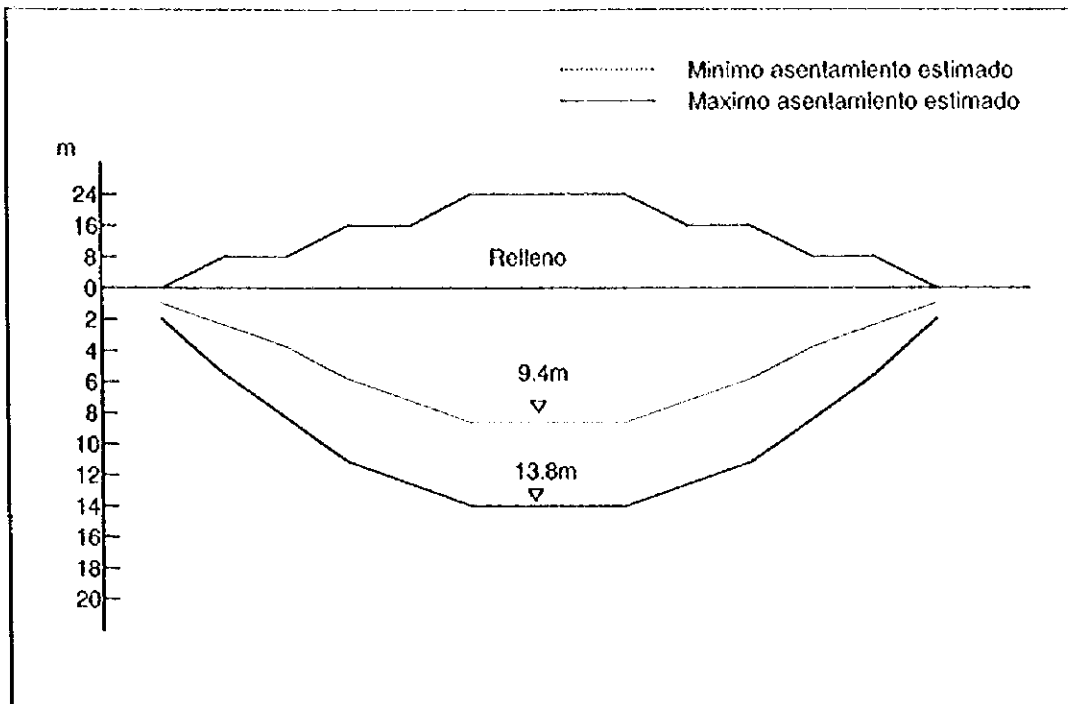


Figura H-21: Asentamiento del Subsuelo

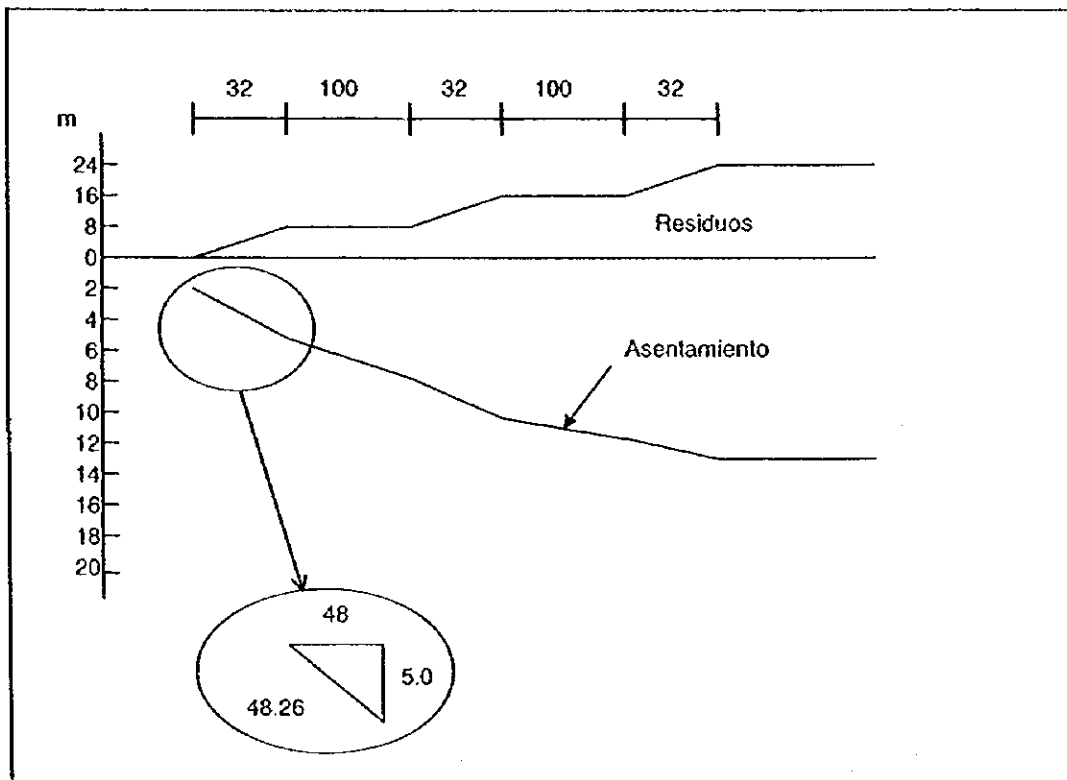


Figura H-22: Asentamiento del Subsuelo y la Geomembrana

a.1.4 Influencia sobre la Estabilidad del Talud del Relleno

Los datos mostrados en el Cuadro H-55 se emplean para evaluar la estabilidad del talud utilizando el método Bishop. El factor mínimo de seguridad en el nivel de 1 a 8 m., para una pendiente de 1 a 4, es igual a 0.920, lo que significaría que una falla del talud puede ocurrir debido a que ese factor es menor que 1.0. Aunque los antecedentes muestran que un talud de 1 a 4 no ha fallado para la Etapa IV, este estudio recomienda un pendiente más suave de 1 a 6 para el primer nivel que va de 0 a 8 m.; considerando que para este segundo talud, el factor mínimo de seguridad es mayor que 1.0.

Por otra parte, los factores mínimos para los otros taludes son superiores a 1.0; por lo tanto, se considera que el relleno propuesto es viable desde la perspectiva de estabilidad de taludes.

Cuadro H-58: Resultado de los Cálculos sobre la Estabilidad de Taludes (Etapa V)

Talud	Altura del Relleno	Factor Mínimo de Seguridad	Coordenadas del Talud de Deslizamiento		Radio del Deslizamiento Giratorio (m)	Momento de Resistencia (ton-m)	Momento de Deslizamiento (ton-m)
			X	Y			
1	0 to 8m (1:4)	0.920	15.00	15.00	29.91	1,668.55	1,812.72
1	0 to 8m (1:6)	1.044	25.00	25.00	41.55	3,632.08	3,478.33
2	8 to 16m	1.089	140.00	22.00	39.70	4,826.92	4,433.46
3	16 to 24m	1.302	270.00	25.00	48.34	9,234.27	7,093.06

a.5 Cantidad de Residuo Dispuesta

La cantidad de residuo dispuesta en la Etapa V es mostrada en conjunto con la cantidad dispuesta en la Etapa IV, en la sección denominada "Plan de Expansión Vertical de la Etapa IV" (ver Cuadro H-31).

b. Análisis de la Alternativas Técnicas

Los aspectos (cubierta intermedia, cubierta final, disposición de lixiviados, y disposición de gases generados en el relleno) evaluados en el Plan de Expansión Vertical de la Etapa IV se pueden aplicar para el Desarrollo del nuevo relleno. Sin embargo, además de los aspectos anteriores, se evaluó la configuración de la geomembrana, teniendo en consideración los requerimientos relacionados a la tasa de infiltración hacia un acuífero.

Geomembrana

El nivel del agua subterránea (agua salina) es tan somero como en la Etapa IV. Los niveles de agua varían entre 0.35 y 2.30, según lo observado en el estudio geológico realizado durante el 2^{do} Período de estudio en México. La NOM-083-ECOL requiere que la tasa de infiltración hacia un acuífero sea menor que $3 \times 10^{-10} \text{ sec}^{-1}$. Aunque es discutible que el estrato conteniendo agua salina sea un acuífero, este estudio supone que sí lo es. Además, el relleno en la Etapa IV tiene una geomembrana para evitar que el lixiviado se mezcle con el agua subterránea. Por lo tanto, el relleno propuesto debe tener geomembrana para ser consistentes con las prácticas existentes.

La Figura H-23 muestra la configuración de la geomembrana propuesta, la que es igual a la colocada en la Etapa IV. Su colocación es sencilla, lo que reduce errores en su instalación a un mínimo.

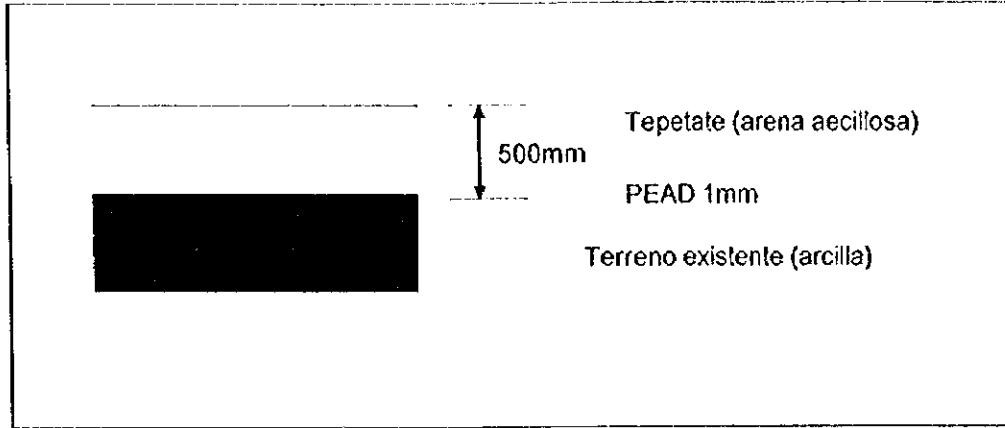


Figura H-23: Configuración del Sistema de Impermeabilización

c. Diseño Conceptual y Estimación de Costos

El esquema del diseño conceptual para el Nuevo Sitio de Disposición Final es presentado a continuación.

Cuadro H-59: Esquema del Diseño Conceptual para el Nuevo Relleno Propuesto

Aspectos	Estructuras/instalaciones
Area	Area del sitio: 256ha Area de relleno: 194 ha
Capacidad del Relleno	29,032,000m ³ (23,226,000ton) están disponibles para depositar residuos
Acceso	Camino de acceso: 605m Camino perimetral: 5,950m a 0m de elevación camino externo: 5,950m camino interno: 19,155m a 8m de elevación camino externo: 4,878m camino interno: 11,743m a 16m de elevación camino externo: 3,854m camino interno: 3,991m
Instalaciones para controlar el transporte de residuos	acceso: 1 (existente) báscula: 2 fosa para limpieza de llantas: 1 oficina: 1 garaje: 1 parqueo para carros: 1 área de parqueo y/o área de almacenamiento: 1

Aspectos	Estructuras/instalaciones
Manejo de lixiviados	Pozos para extracción de lixiviados tubería de concreto de 600mm de diámetro: 15 unidades Bomba para extracción y aspersado de lixiviados: 15 unidades Tuberías para recolección de lixiviados a 0m de elevación: 25,105m a 8m de elevación: 16,621m a 16m elevación: 7,845m
Manejo de los gases producidos por el relleno	Pozos para la extracción de gases tubería de concreto de 600mm diámetro: 116 unidades Tubería para la extracción de gases - PVC200 a 0m de elevación: 118 unidades a 8m de elevación: 91 unidades a 16m de elevación: 55 unidades
Manejo de Aguas Superficiales	Cobertura de suelo diaria/intermedia: 30cm (La composta también es utilizable.)
Monitoreo	Aspectos comprendidos en el monitoreo: -asentamiento del relleno -calidad de los lixiviados -calidad de los gases generados en el relleno -agua subterránea -agua superficial Instalaciones de monitoreo -pozos de monitoreo: 4 unidades
Diseño Estético	Reja movable cobertura de suelo diaria/intermedia: 30cm (Composta también es utilizable.)
Cierre y post-cierre	Cubierta final de suelo: 60cm Creación de un área verde por medio de la siembra de pastos.
Equipo para el relleno	Bulldozer (de 300hp): 4 unidades Camiones cisterna (de 15,000litros): 2 unidades Excavadora (de 85hp): 2 unidades

c.1 Parámetros Claves para Diseño

Los parámetros claves para diseño son los mismos que los establecidos en la Etapa IV.

- Densidad del residuo después de compactar el relleno: 800 kg./m³
- Cronograma de operación del relleno: 24 hrs./día
365 días/año
- Vida útil de los camiones y equipo pesado: 7 años
- Vida útil de los edificios y las obras civiles: 30 años
- Tasa de cambio: 1.0 USD=9.1 pesos
- Cubierta de suelo diaria (intermedia): 30 cm.
- Elevación final del relleno: 24 m

c.2 Capacidad del Relleno

La capacidad planeada del relleno es de 30,242,000 m³. De la capacidad antes mencionada, 29,032,000 m³ serán ocupados por residuos y 1,210,000 m³ con tierra.

Todo el residuo dispuesto en los años 2002, 2003, y 2004, y parte de aquel dispuesto en el año 2007 será depositado en el nivel que va de 0 a 8. El resto del residuo dispuesto en el año 2007 y todo aquel dispuesto en el 2008 será depositado en el nivel

que va de 8 a 16 m. La capacidad remanente del relleno después del año 2010 será de 7,598,000 m³, este volumen representa aproximadamente 6,078,000 toneladas de residuo (ver Cuadro H-60).

Se debe recalcar que para los cálculos sobre la capacidad del relleno no se consideraron los asentamientos del sub-suelo y los residuos.

Cuadro H-60: Cantidad de Residuos a ser Dispuesta en la Etapa V

Unidad: 1,000m³

Elevación	Capacidad del relleno	Cantidad de Residuo Dispuesta					Total	Capacidad remanente
		2002	2003	2004	2007	2008		
0-8m	14,720	4,511	4,366	4,231	1,612		14,720	0
8-16m	9,220				2,563	4,151	6,714	2,506
16-24m	5,092							5,092
Total	29,032	4,511	4,366	4,231	4,175	4,151	21,434	7,598

Cuadro H-61: Capacidad del Relleno de la Etapa V

Altura (m)	Volumen Total (1,000m ³)	Volumen de los Residuos (1,000m ³)	Volumen de Tierra (1,000m ³)
0	0	0	0
1	2,012	1,932	80
2	3,996	3,836	160
3	5,952	5,714	238
4	7,881	7,566	315
5	9,784	9,393	391
6	11,660	11,194	466
7	13,509	12,969	540
8	15,333	14,720	613
9	16,599	15,935	664
10	17,846	17,132	714
11	19,074	18,311	763
12	20,284	19,473	811
13	21,474	20,615	859
14	22,647	21,741	906
15	23,801	22,849	952
16	24,937	23,940	997
17	25,652	24,626	1,026
18	26,351	25,297	1,054
19	27,036	25,955	1,081
20	27,705	26,597	1,108
21	28,361	27,227	1,134
22	29,002	27,842	1,160
23	29,629	28,444	1,185
24	30,242	29,032	1,210

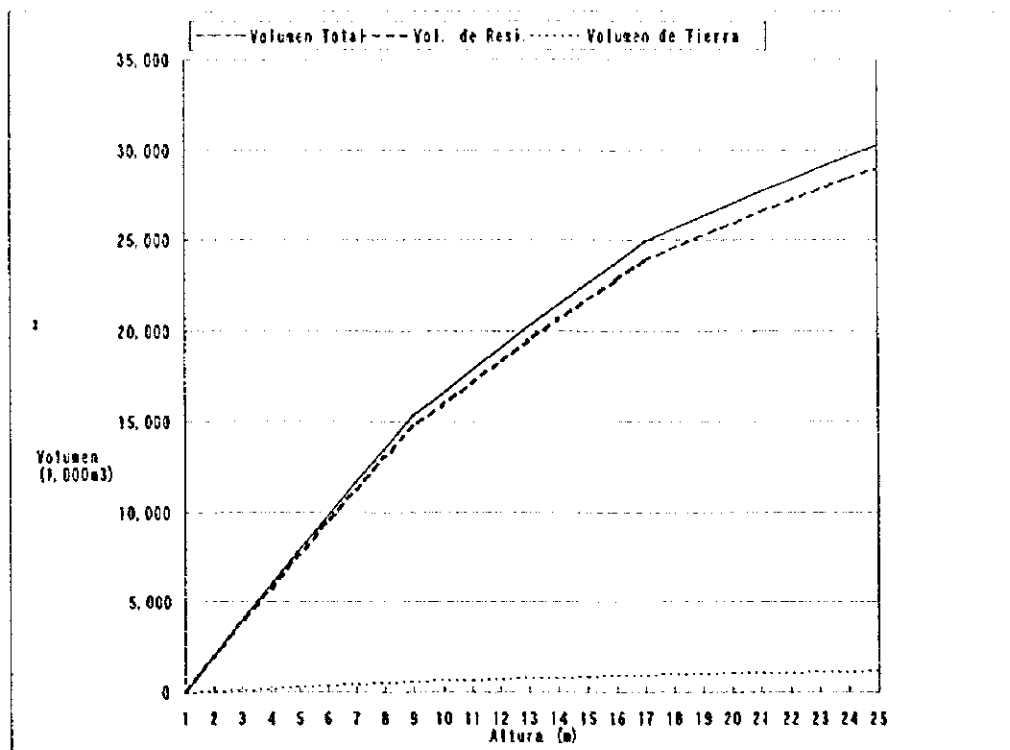


Figura H-24: Curva de Altura vs. Volumen (Etapa V)

c.3 Preparación del Sitio

Cuando se realice la preparación del sitio para relleno, se torna muy importante sellar de manera adecuada los pozos para producción de sal existentes; lo anterior se hará con el fin de prevenir que los lixiviados se infiltren rápidamente hacia otros estratos. Bentonita ó cualquier material equivalente se utilizará para sellar esos pozos.

c.4 Acceso

i. Acceso al Sitio

Un camino de acceso de 605 m. de largo será construido desde la autopista hasta el sitio. El camino tendrá las siguientes dimensiones:

- ancho de rodamiento: 20.0 m.
- ancho de las aceras 4.0 m. a ambos lados
- ancho de acotamiento: 1.0 m. a ambos lados
- pavimentación: capa de asfalto de 10 cm. y capa de grava de 40 cm.

ii. Acceso al Sitio

Un camino perimetral será construido a lo largo del área de relleno, a una altura de 0 m. Este camino funciona como camino principal en el sitio y conecta el camino de acceso con los caminos internos; el camino perimetral será utilizado para proveer mantenimiento y monitorear. Con el propósito de tener acceso a las áreas donde se

descargan los residuos, serán construidos caminos internos en el área de relleno a un nivel de 0 metros.

A las elevaciones de 8 m. y 16 m., caminos internos y externos formarán una red que asegurará el acceso a las áreas de descarga de residuos.

Dimensiones del camino perimetral:

- ancho de rodamiento: 20.0 m.
- ancho de las banquetas 4.0 m. a ambos lados
- ancho de acotamiento: 1.0 m. a ambos lados
- pavimentación: capa de asfalto de 10 cm. y capa de grava de 40 cm.

Dimensiones de los caminos internos y externos:

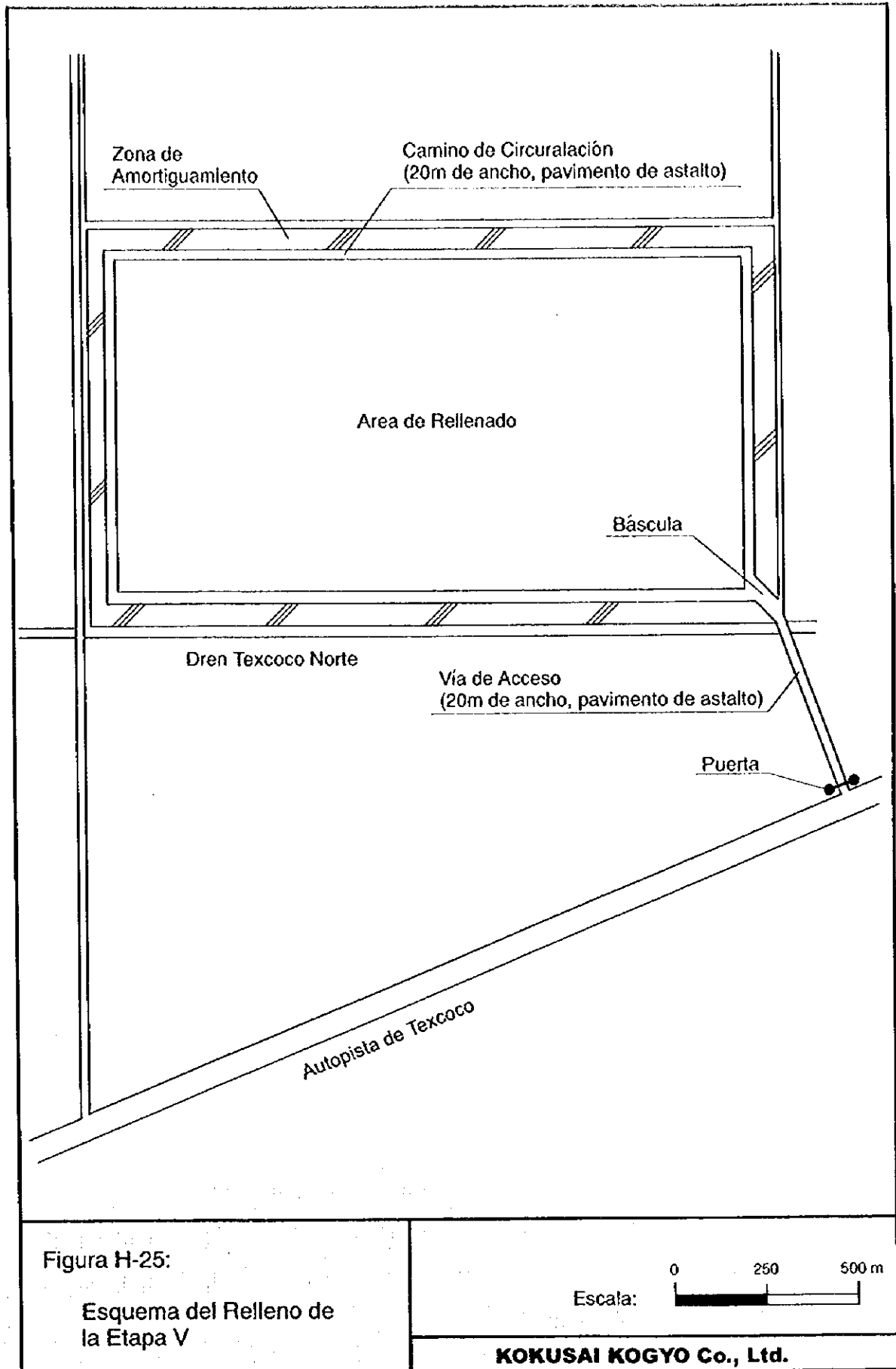
- ancho de rodamiento: 9.0 m.
- ancho de acotamiento: 0.5 m. a ambos lados
- pavimentación: roca volcánica porosa (Tezontle) ó material equivalente con un grosor de 30 cm.

c.5 Esquema del Relleno

El relleno deberá poseer ciertas instalaciones para realizar una operación adecuada para la disposición de residuos. Las instalaciones propuestas son las siguientes:

- un acceso.
- básculas (2) y caseta de control.
- una fosa para lavar las llantas.
- una oficina.
- un garaje.
- un área de parqueo para carros.
- un área para equipo pesado y/o área de almacenamiento.

El esquema del relleno es presentado en la Figura H-25, y las instalaciones para controlar el transporte de residuos se muestran en la Figura H-26.



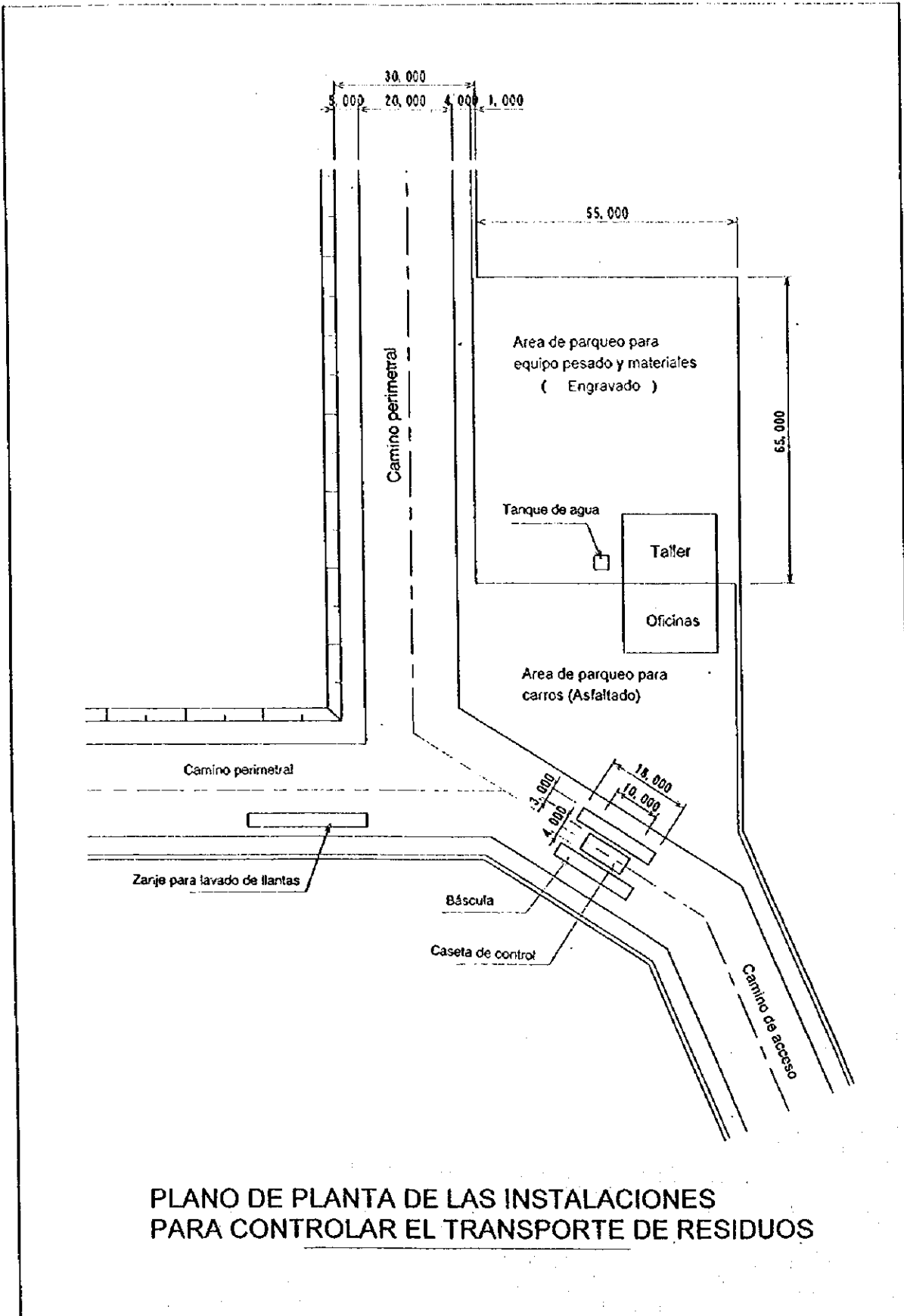


Figura H-26: Instalaciones para Controlar el Transporte de Residuos

c.6 Manejo de Lixiviados, el Gas Generado por el Relleno y la Escorrentía Superficial

El manejo de los lixiviados, el gas generado por el relleno y la escorrentía superficial deberán ser realizados de la misma manera que en la Etapa IV (referirse a las secciones relevantes en la parte sobre el Plan de Expansión Vertical de la Etapa IV).

15 bombas sumergibles serán instaladas con el fin de aspersar 196,000 m³/año de lixiviado (para una percolación = 101 mm/año).

c.7 Monitoreo

El monitoreo deberá ser realizado con el fin de:

- conocer las condiciones sobre la descomposición de residuos.
- conocer la calidad ambiental.
- reflejar la información monitoreada en planes futuros de relleno.

i. Monitoreo de la Descomposición de los Residuos

El monitoreo del asentamiento es una actividad importante. Los asentamientos serán causados por la descomposición de los residuos y la subsidencia del terreno. La información obtenida por medio de este monitoreo puede ser útil para operar futuros rellenos y definir el uso del terreno de los rellenos después de su cierre.

Además, de monitorear los asentamientos, se recomienda observar la calidad de los lixiviados y los gases generados por el relleno, los que pueden señalar la evolución de la descomposición de los residuos. El programa recomendado de monitoreo se muestra en el Cuadro H-62.

ii. Monitoreo de la Calidad Ambiental

El monitoreo se realizará teniendo como principal objetivo la protección ambiental. Se recomienda monitorear la calidad de:

- las aguas subterráneas gradiente arriba y abajo del sitio.
- aguas superficiales de los canales de drenaje en los alrededores del sitio tanto aguas arriba como abajo.

Cuatro pozos de monitoreo con una profundidad de 40 m. deberán ser instalados alrededor del sitio debido a que la dirección del agua subterránea es desconocida; los pozos servirán para obtener muestras de aguas subterráneas. El programa recomendado de monitoreo se presenta en el Cuadro H-62.

iii. Registro de la Información Monitoreada

La información obtenida deberá ser registrada de una manera adecuada, por ejemplo, por medio de la utilización de un formato uniforme donde registrarla; además, deberá ser mantenida de manera adecuada durante la operación y después del cierre.

Cuadro H-62: Programa Recomendado para Monitoreo

Aspecto	Parámetro a Monitorearse	Frecuencia (anual)
Gas Generado por el relleno	Elevación de (los) nivele(s)	1
	Temperatura	2
	CH ₄	2
	CO ₂	2
	N ₂	2
	O ₂	2

Parámetro a Monitorearse	Frecuencia anual		
	Lixiviado	Agua Subterránea	Agua Superficial
Temperatura	2	1	1
Color	2	1	1
pH	2	1	1
DBO ₅	2	1	1
DQO	2	1	1
Nitratos Totales	2	1	1
Fosfatos Totales	2	1	1
Cl	2	1	1
CN	1	1	1
Cd	1	1	1
Cu	1	1	1
Pb	1	1	1
Cr (6')	1	1	1
Hg	1	1	1
As	1	1	1

c.8 Consideraciones Estéticas de Diseño y Cuidado para el Cierre y Post-Cierre

Se hará de manera similar a como se realiza la Etapa IV; se proveerá de rejas movibles, cubierta diaria de suelo, cubierta final, etc. Sin embargo, se debe hacer notar que para el diseño de la Etapa V es necesario reservar una franja de 70 m. de ancho, a manera de zona de amortiguamiento con el propósito de mitigar los efectos negativos del relleno en los alrededores.

c.9 Equipo para Relleno y su Operación

El mismo equipo y la misma manera de operación de la Etapa IV se empleará en la Etapa V. El equipo será empleado de manera alternada entre la Etapa IV y la V.

c.10 Secuencia de Construcción de BP V

En virtud de los problemas actuales relacionados con los lixiviados de BP IV, se deben elaborar mejoras en la secuencia de diseño y construcción para el proyecto de BP V. La impermeabilización del fondo debe ser completa; es decir, debe ser continua de una celda a otra, así como en el fondo de los caminos; además, su anclaje debe estar a un nivel en el que el lixiviado generado, a partir de los residuos enterrados, se mantenga completamente contenido dentro de la parte impermeabilizada.

Para poder lograr una impermeabilización completa y realizar una operación de relleno eficiente y un manejo apropiado de lixiviados para el proyecto de BP V, se deben llevar a cabo los siguientes componentes en secuencia:

- a. Obras de preparación del sitio
- b. Impermeabilización

- c. Línea de recolección de lixiviados y drenado a lo largo del camino externo sobre la parte inferior del talud
- d. Camino interno sobre la impermeabilización
- e. Línea para recolección de lixiviados y de drenaje a lo largo del camino interno sobre la parte inferior del talud
- f. Caminos internos con dirección este - oeste y línea de drenado de lixiviados
- g. Construcción de fosas de succión (cárcamo) de lixiviados con tubería vertical de bombeo
- h. Marcas de zona prohibida alrededor de las fosas de succión (cárcamo)
- i. Operación de relleno (de 0.0 a 8.0 metros de elevación)
- j. Construcción de vía de acceso (a un nivel de 0.0 a 8.0 metros)
- k. Ampliación de la tubería vertical y relleno del área de delimitación de zona prohibida
- l. Bombeo y aspersado de lixiviado (y/o embalsado) a un nivel de 8.0 metros
- c'. Camino externo y línea de drenado de lixiviados a lo largo del mismo (a un nivel de 8.0 metros)
- d'. Construcción de camino interno (a un nivel de 8.0 metros)
- e'. Camino interno como línea de recolección y drenado (a un nivel de 8.0 metros)
- f'. Caminos internos en la dirección este - oeste y línea de drenado de lixiviados
- g'. Ampliación de la tubería vertical de bombeo (a un nivel de 8.0 metros)
- h'. Marcas de zona prohibida alrededor de tuberías verticales (a un nivel de 8.0 metros)
- i'. Operación de relleno (de 8.0 a 16.0 metros de elevación)
- j'. Construcción de vía de acceso (a un nivel de 8.0 a 16.0 metros)
- k'. Ampliación de la tubería vertical y relleno del área de delimitación de zona prohibida
- l'. Bombeo y aspersado de lixiviado (y/o embalsado) a un nivel de 16.0 metros
- c''. Camino externo y línea de drenado de lixiviados a lo largo del mismo (a un nivel de 16.0 metros)
- d''. Construcción de camino interno (a un nivel de 16.0 metros)
- e''. Camino interno como línea de recolección y drenado (a un nivel de 16.0 metros)
- f''. Caminos internos en la dirección este - oeste y línea de drenado de lixiviados
- g''. Ampliación de la tubería vertical de bombeo (a un nivel de 16.0 metros)
- h''. Marcas de zona prohibida alrededor de las tuberías verticales (a un nivel de 16.0 metros)
- i''. Operación de relleno (de 16.0 a 24.0 metros de elevación)
- j''. Construcción de vía de acceso (a un nivel de 16 a 24.0 metros)
- k''. Ampliación de la tubería vertical y relleno del área de delimitación de zona prohibida
- l''. Bombeo y aspersado de lixiviado (y/o embalsado) a un nivel de 24.0 metros.

a. Trabajos de Movimiento de Tierra para la Preparación del Sitio

El nivel del camino externo debe estar determinado de tal manera que pueda ser transitable bajo cualquier condición climática; además de satisfacer lo mencionado anteriormente (el nivel de anclaje debe ser suficientemente alto para contener al lixiviado dentro de las celdas, aún y si esta generación fluctúa con la lluvia, etc.).

En este contexto, se recomienda que donde se coloque la impermeabilización del fondo de las celdas a un nivel de 0.0 metros, el anclaje exterior de la impermeabilización deberá ser colocado a una altura de 1.5 metros.

Por lo tanto, se deben llevar a cabo los trabajos de movimiento de tierra para la preparación del sitio antes de los de impermeabilización, para que el fondo de las celdas estén niveladas al nivel de 0.0 metros, y que se forme el terraplén del camino externo con las siguientes dimensiones: ancho de la parte superior igual a 30 metros, con una altura de 1.50 metros, y con pendientes de 1:2.0.

b. Impermeabilización

La cubierta impermeable debe estar anclada a unos 4.0 metros de distancia del borde superior interno del terraplén del camino; este anclaje debe tener profundidad suficiente, y debe extenderse del punto de anclaje a la parte superior del terraplén plano de 4.0 metros de ancho, sobre su talud interno y el área de la celda. Para la protección de la cubierta se debe colocar tepetate en la parte del camino (una capa de 50 cm. de grosor y, de esa manera, evitar posibles daños por tráfico), el talud interno (30 cm. de ancho) y el área de la celda (50 cm. de grosor).

c. Construcción del Camino Externo

El terraplén del camino externo tiene un ancho de 30 metros en la parte superior, consistiendo de un ancho de 20 metros del camino y una banqueta de 5 metros de ancho a ambos lados. El camino de 20 metros debe ser un pavimento de asfalto sobre una capa base de piedra triturada. Todo el borde interno de la banqueta debe recibir un tratamiento de asfalto bituminoso para tener una impermeabilización satisfactoria y contener el lixiviado dentro de las celdas; además de proteger la parte inferior del talud del relleno de una posible erosión por lluvia durante la vida útil del relleno.

c.1 Líneas para Recolección de Lixiviados y Drenado a lo Largo la Parte Inferior del Talud del Camino Externo

Se recomienda que la recolección de lixiviados y las líneas de drenado formen una red integral. Por lo tanto, como el anillo exterior de la red de drenado de lixiviados, el talud interno y la parte inferior del camino externo deben contar con gaviones de roca volcánica porosa ó Tezontle (capa de 30 cm de grosor).

d. Camino Interno sobre la parte Impermeabilizada

El camino interno inicial debe extenderse a partir del camino externo sur sobre la coordenada: E-120.00 (que está a 120 metros al oeste del camino externo este) hacia el norte, para rodear la primera celda con cuatro caminos (un camino externo de 1.0 km. en el extremo este, un camino de 120 m. en el extremo sur desde la coordenada E-0.00 hasta la E120.00, un camino interno inicial de 1.0 km. sobre E-120.00, y un camino de 120 m. en el extremo norte desde E-0.00 hasta E-120.00).

El segundo camino interno, al igual que el camino interno inicial, debe construirse sobre la coordenada E-240.00 al norte, a partir del camino externo sur. El tercer camino debe estar sobre la coordenada E-360.00 y el cuarto sobre E-480.00, etc. En consecuencia, se construirán 15 caminos internos de sur a norte.

La segunda celda está rodeada por el primer y segundo camino interno, la tercera celda con el segundo y tercer camino interno.

Las dimensiones del camino interno deben ser las siguientes: 10 metros de ancho en la elevación superior de 1.0 metro y pendientes de 1:2.0 en ambos lados.

e. Líneas para Recolección de Lixiviados y Drenado en el Talud del Camino Interno

Se deben colocar rocas volcánicas porosas en con un área transversal de **2.0 metros de ancho por 50 cm de alto** como una línea de drenado de lixiviados a lo largo del talud del camino interno. Esta **línea de drenado de lixiviados** debe colocarse siempre en el talud oeste de los caminos internos, ya que el talud este es el que primero recibe los residuos para disposición, y el camino interno es indispensable para la construcción de las fosas de succión (cárcamo) de lixiviado y las tuberías de bombeo verticales.

En consecuencia, se construirán **15 líneas de drenado de lixiviados de sur a norte** en la parte inferior del talud oeste del camino interno.

f. Caminos Internos de Este a Oeste y Línea de Drenado de Lixiviados

Para poder integrar la línea de drenaje de lixiviados del camino perimetral y **15 líneas de drenado de lixiviados de sur a norte** que serían construidas en la parte inferior del talud oeste del camino interno, se proponen **dos (2) líneas de drenado de lixiviados de este a oeste**, con un intervalo entre éstos de **350 metros**.

En este contexto, se construirán **dos caminos internos de este a oeste** con un intervalo de 350 metros. Esta **línea de drenado de lixiviados de este a oeste** deberá ser colocada en el talud norte de los caminos, ya que el talud sur es el que primero recibe los residuos para disposición, y los caminos internos se utilizarán para la construcción de las fosas de succión (cárcamo) de lixiviado y las tuberías de bombeo verticales.

Al colocar **dos caminos internos de este a oeste**, la primera celda se divide en tres celdas: **1A, 1B, y 1C** de sur a norte. De la misma manera, la segunda celda se divide en **2A, 2 B. y 2C**.

g. Construcción de Fosa de Succión de Lixiviado con Tubería para Bombeo Vertical

Ya que BP V se localiza sobre un área plana, el sistema de recolección de lixiviados no puede utilizar un drenado por gravedad para tratamiento (es decir, laguna de evaporación/regulación, tratamiento biológico o físico - químico). Por lo tanto, se recomienda instalar fosas de succión ó cárcamo (con tubería para bombeo vertical) sobre líneas de drenado de lixiviados formadas por rocas volcánicas porosas a un nivel de 0.5 metros y con un intervalo apropiado entre cada una. El intervalo de las fosas de succión (cárcamo) se ha sugerido de la manera anterior, teniendo en cuenta que las tuberías verticales para el bombeo de lixiviados también pueden utilizarse como instalaciones para eliminación de biogas (es decir, chimeneas).

Se construirán las fosas de succión (cárcamo) con tuberías verticales antes de la operación de relleno. En primera instancia, la tubería vertical debe construirse hasta una cierta elevación (por ejemplo, un nivel de 3.0 metros) para que se puedan llevar a cabo las obras con facilidad con acceso desde el nivel del camino interno.

h. Marca de Zona Prohibida Alrededor de la Fosa de Succión

Para evitar que los vehículos con residuos y el equipo de relleno dañen las fosas de succión (cárcamo) y tuberías verticales instaladas a media altura, se proveerán marcas de zonas prohibidas con postes temporales y cintas de plástico de colores brillantes formando cercas, para que rodeen a las fosas de succión (cárcamo) con un radio de distancia suficiente.

i. Operación de Relleno (desde 0.0 hasta 8.0 metros)

La operación de relleno en BP V debe iniciar en la celda 1A en dirección norte, posteriormente las celdas 1B y 1C.

Cuando se rellene la celda 1A, el área cercada con cuatro (4) caminos será relleno en dirección norte a partir del camino externo sur. La formación de terraplén y las operaciones de cubierta de tierra también deben realizarse en dirección norte a partir del camino externo sur.

Cuando se empiece a relleno la celda 1B:

- se debe relleno también al mismo tiempo la sección de 110 metros del camino interno este - oeste entre las celdas 1A y 1B, excepto el "área marcada como zona prohibida" alrededor de las fosas de succión (cárcamo).

Cuando se empiece a relleno la celda 1C:

- se deben relleno también las secciones de 110 metros de los caminos externos al norte, excepto el "área marcada como zona prohibida" alrededor de las fosas de succión (cárcamo), para dar la forma final del talud norte a partir del camino externo norte a un nivel de 8.0 metros.

Cuando se empiece a relleno la celda 2A en dirección norte:

- se debe relleno también al mismo tiempo la sección de 350 metros del camino interno sur - norte entre las celdas 1A y 2A, excepto el "área marcada como zona prohibida" alrededor de las fosas de succión (cárcamo).

Cuando se empiece a relleno la celda 2B en dirección norte:

- se debe relleno la sección de 110 metros del camino interno este - oeste entre las celdas 2A y 2B.
- se debe relleno también al mismo tiempo la sección de 350 metros del camino interno sur - norte entre las celdas 1B y 2B, excepto el "área marcada como zona prohibida" alrededor de las fosas de succión (cárcamo).

Cuando se empiece a relleno la celda 2C en dirección norte:

- se debe relleno la sección de 110 metros del camino externo norte.

- se debe rellenar también al mismo tiempo la sección de 350 metros de los caminos internos sur - norte, excepto el "área marcada como zona prohibida" alrededor de las fosas de succión (cárcamo).

Se debe repetir el mismo procedimiento para la operación de rellenado en las otras celdas.

j. Vía de Acceso al Nivel de 8.0 Metros

Se planeará una vía de acceso (rampa) para el nivel de 8.0 metros antes de realizar cualquier obra a este nivel.

Ya que los vehículos con residuos se pesan en la báscula localizada en la entrada del sitio BP V, se recomienda que dicha rampa sea ubicada en la celda No. 1A. La pendiente será de aproximadamente 5% (alcanzando una elevación de 8.0 metros a lo largo de 160 metros de acceso), siempre considerando que la rampa sea transitable bajo todo tipo de condiciones climatológicas.

La rampa (**pendiente de 5%**) debe ser lo suficientemente ancha para permitir únicamente **un solo sentido** para los vehículos. Sin embargo, cuando se realice el rellenado de 8.0 a 16.0 metros de elevación, se prevé que aumentará el volumen de tráfico en la rampa; por lo que en ese entonces, la rampa (pendiente de 5%) debe utilizarse exclusivamente como rampa ascendente, y se tendrá que proporcionar una rampa descendente (con pendiente de 10 a 15%) para entonces.

k. Ampliación de la Tubería Vertical y Rellenado del Area Marcada como Prohibida

Se deben iniciar las obras de ampliación de la tubería vertical cuando esté próxima la terminación de las operaciones de rellenado (hasta un nivel de 8.0 metros).

En esta ocasión, el acceso para las obras de "ampliación del eje vertical" y de "rellenado del área de zona prohibida" será a partir del nivel de 8.0 metros. Estos dos tipos de obras deben elevarse **alternadamente** con una diferencia de **unos cuantos metros de altura**, para que los trabajos de expansión de la tubería vertical se puedan realizar fácil y apropiadamente.

l. Bombeo y Aspersado de Lixiviado (y/o embalsado) a un Nivel de 8.0 Metros

Cuando se rellene la zona prohibida alrededor del eje vertical y se formen áreas planas a un nivel de 8.0 metros, se bombeará y aspersará el lixiviado (y/o embalsará) en el área plana para que se evapore o reintroduzca al relleno.

m. Caminos a un Nivel de 8.0 Metros

Cuando el relleno BP V se eleve a más de 8.0 metros, los caminos externos a un nivel de 8.0 metros deben conservarse como "caminos de monitoreo y mantenimiento". En respuesta a este concepto, las coordenadas de los caminos externos a un nivel de 8.0 metros deben ser determinadas.

Después de que el relleno se eleve de 8.0 a 16 metros, se deben utilizar los caminos internos a un nivel de 8.0 metros como líneas de drenado de lixiviados. Por lo tanto, cuando el relleno se eleva a 8.0 metros, se deben construir los caminos internos con roca volcánica porosa (Tezontle), que se estima es tan barata como el

material de construcción de caminos, y posteriormente servirán como dren. La capa de roca volcánica porosa (Tezontle) debe ser lo suficientemente gruesa para permitir el paso de vehículos en los caminos a un nivel de 8.0 metros, ya que se encuentran sobre residuos enterrados altamente compresibles.

Los caminos internos a un nivel de 8.0 metros deben construirse un poco alejados del los ejes verticales, ya que estos caminos pueden utilizarse después como líneas de drenado de lixiviados. Estas líneas de drenado de roca volcánica porosa (Tezontle) a un nivel de 8.0 metros deben conectarse con el eje vertical cercano.

n. Secuencia de Rellenado de 8.0 a 16.0 Metros de Elevación

En general se recomienda que el segundo nivel de relleno inicie desde la parte central hasta el área externa, esto se hará con el fin de causar asentamiento y consolidación estable; además, de reducir al máximo una falla del talud desde los 0.0 hasta los 8.0 metros. Se prevé que trabajando desde el interior hasta el exterior, se permitirá que transcurra más tiempo que permitirá una mayor consolidación de los taludes inferiores.

Por otra parte, si se desea un mejor tráfico en los caminos a un nivel de 16.0 metros en el futuro, debe construirse primero la celda que se conecta con la rampa de acceso de la altura de 8.0 a 16.0 metros, esto permitirá que se logre un mayor asentamiento y consolidación de la celda.

Por lo tanto, se recomienda que el relleno desde una altura de 8.0 hasta los 16.0 metros deberá iniciar en la celda que posteriormente se conectará con la rampa de acceso (8.0 a 16.0 metros); la que se encontrará a 100 m. de distancia de la rampa ascendente de 0.0 a 8.0 m.

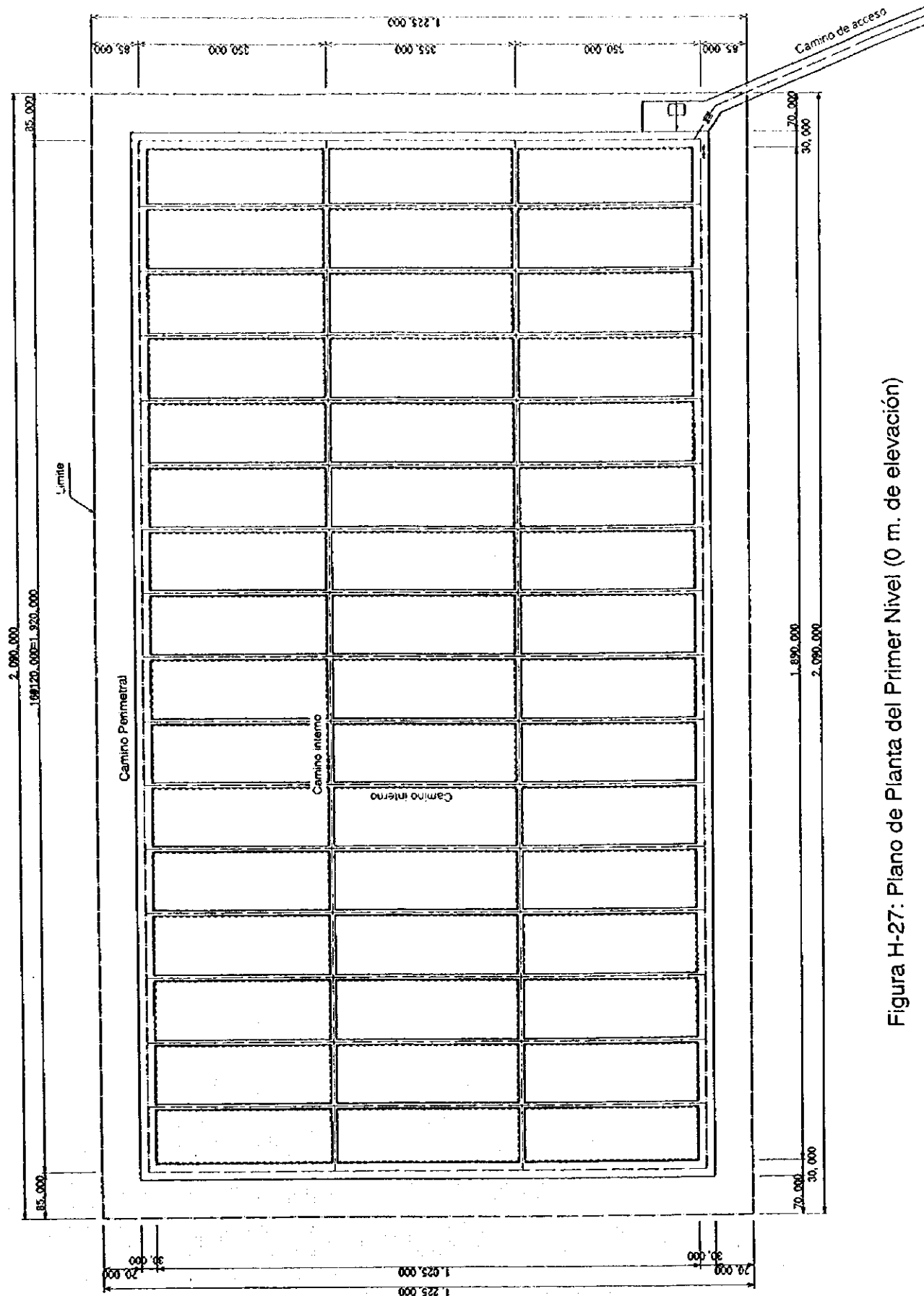


Figura H-27: Plano de Planta del Primer Nivel (0 m. de elevación)

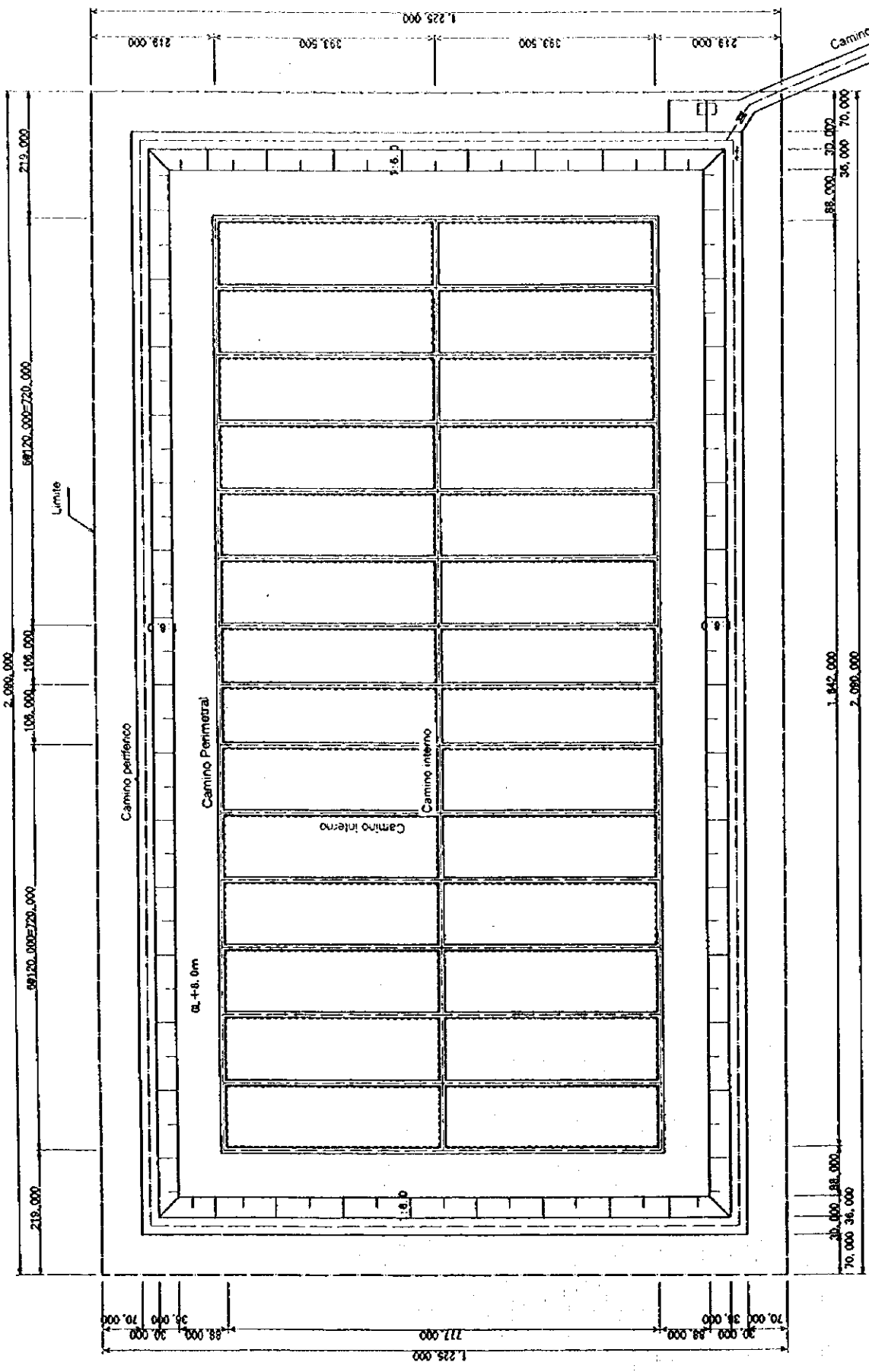


Figura H-28: Plano de Planta del Segundo Nivel (8 m. de elevación)

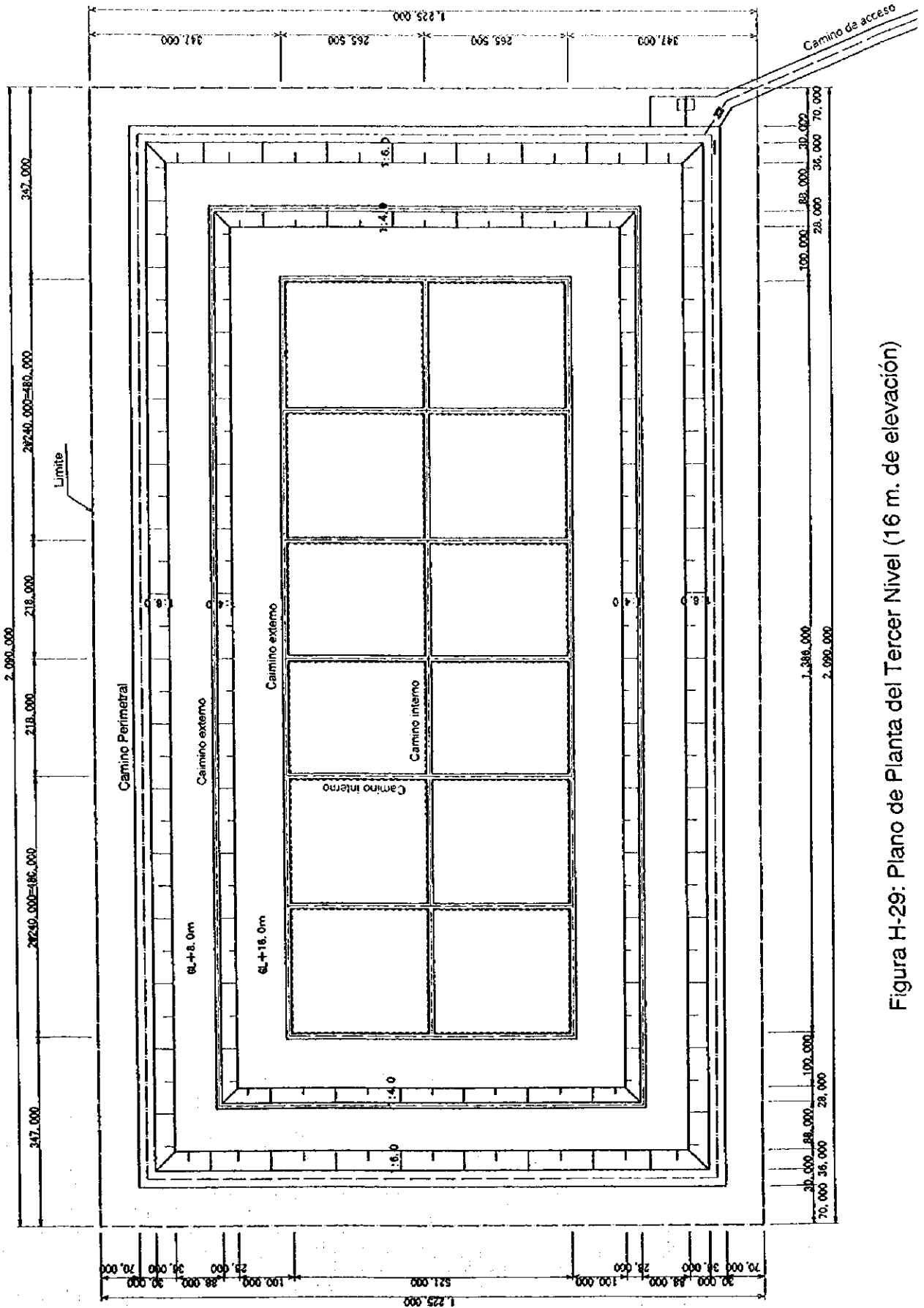


Figura H-29: Plano de Planta del Tercer Nivel (16 m. de elevación)

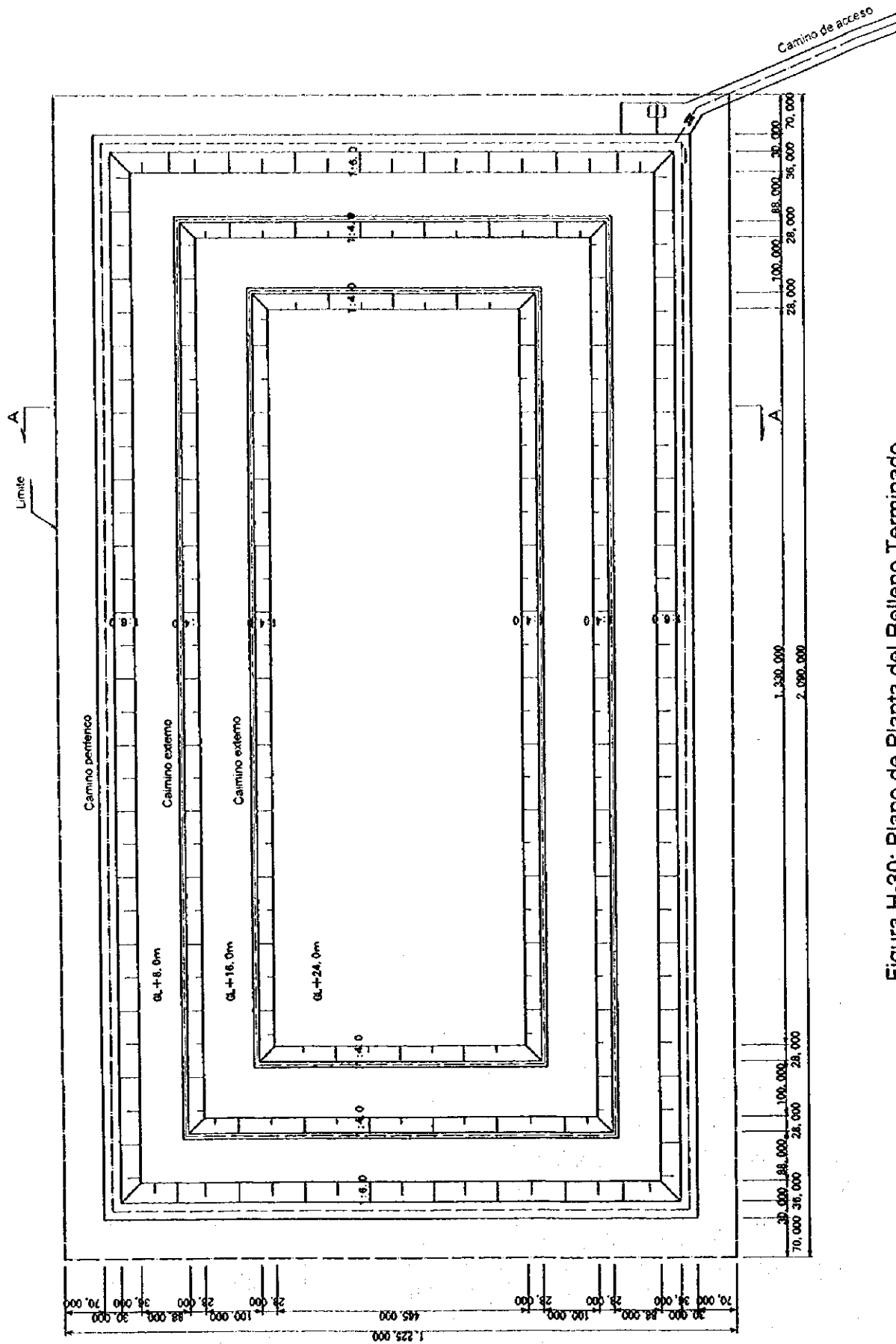
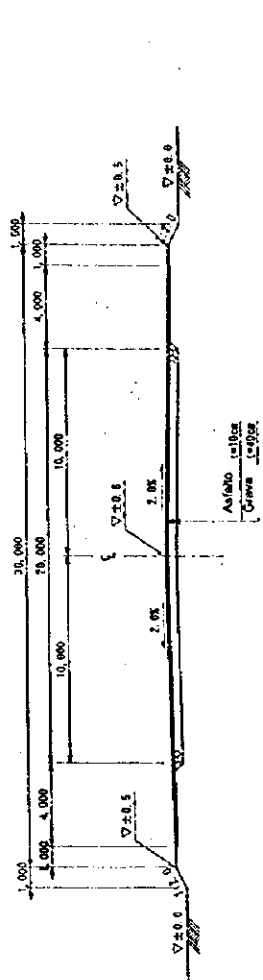
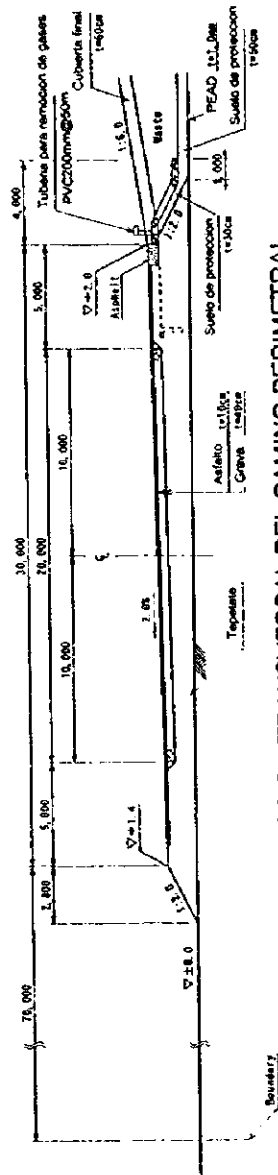


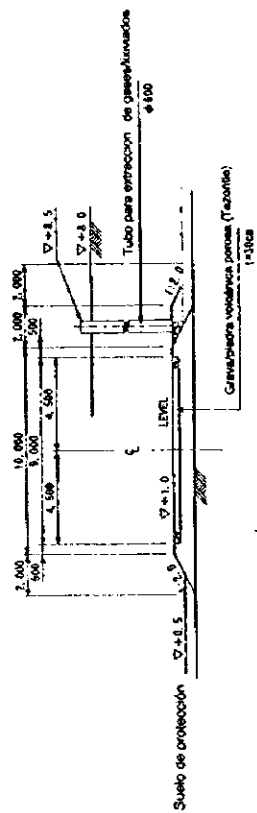
Figura H-30: Plano de Planta del Relleno Terminado



SECCION TRANSVERSAL DEL CAMINO DE ACCESO



SECCION TRANSVERSAL DEL CAMINO PERIMETRAL



SECCION TRANSVERSAL DEL CAMINO INTERNO

Figura H-32: Sección Transversal de los Caminos

c.11 Estimación de Costos

Dos casos son examinados para la operación del relleno de la Etapa V, de la misma manera que se realizó para la Etapa IV. Las estimaciones de costos fueron realizadas para dos casos que se explican a continuación:

- Caso 1: Inversión y Operación por parte de la DGSU.
- Caso 2: Inversión y contratación de servicios por parte de la DGSU.

i Caso 1

Construcción

Los costos de construcción llegan a ser de 32,101,000 USD hasta el año 2010, la manera como fueron estimados es presentada en el Cuadro H-63. Por otra parte, el Cuadro H-64 explica los costos de construcción del relleno hasta su cierre.

Cuadro H-63: Costos de Construcción para el Desarrollo del Nuevo Relleno hasta el Año 2010

				Costos unitarios de construcción por tonelada de residuo (USD/ton)		8-16m	16-24m	
						2.0682	0.6088	
Año	Cantidad de Residuos (1000ton)			Costos para la construcción del relleno (1,000USD)				
	0-16m	8-16m	Total	Diseño y supervisión	Construcción inicial	Construcción durante la operación		Total
						0-8m	8-16m	
1999-2000			-	41				41
2000			-	204				204
2001			-	162	4,068			4,230
2002	3,609		3,609			7,464	0	7,464
2003	3,493		3,493			7,224	0	7,224
2004	3,385		3,385			7,001	0	7,001
2007	1,289	2,051	3,340			2,666	1,249	3,915
2008		3,321	3,321			0	2,022	2,022
Total	11,776	5,372	17,148	407	4,068	24,355	3,271	32,101

Cuadro H-64: Costos de Construcción para el Desarrollo del Nuevo Relleno hasta su Cierre

	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Tasa de cambio \$1.00 = 9.1 pesos		
					Moneda	Cantidad	
						Compra Nacional (1000 Peso)	Comp. Ext. (1000 USD)
1	Preparación del sitio						
1.1	remoción de obstáculos	2,116,000	m ²	5 peso	10,580	1,163	
1.2	remoción de los pozos productores de sal	40	unidad	10,000 peso	400	44	
2	Acceso						
2.1	camino de acceso	605	m	3,820 peso	2,311	254	
2.2	puente	1	unidad	3,220,000 peso	3,220	354	
2.3	compuerta (portón)	1	unidad		Usar compuerta existente		
2.4	puesto de vigilancia	1	unidad		Usar compuerta existente		
3	Área de recepción						
3.1	báscula	2	unidad	100,000 USD			200
3.2	fosa para lavado de llantas	1	unidad	20,500 peso	21	2	
3.3	oficina	1	unidad	750,000 peso	750	82	
3.4	taller	1	unidad	450,000 peso	450	49	
3.5	tanque para agua	1	unidad	50,000 peso	50	5	
3.6	parqueo para vehículos	2,700	m ²	190 peso	513	56	

	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Moneda	Tasa de cambio \$1.00 = 9.1 pesos		
						Cantidad		
						Compra Nacional (1000 Peso)	Comp. Ext. (1000 USD)	Comp. Ext. (1000 USD)
3.7	área de almacenamiento	3,340	m ²	120	peso	401	44	
4	Cerca	6,630	m	30	peso	199	22	
	sub-total						2,075	200
	Misceláneo(*2)	10	%				208	20
	Costos directos						2,283	220
	Gastos generales	30	%				685	66
	Costos totales de construcción						2,968	286
	Diseño y supervisión(*1)	10	%				297	29
	Sub-total						3,265	315
	Contingencia física	10	%				327	32
	IVA	15	%				490	47
	Costos totales (inc. conti. & imp.)						4,082	394
	Costos totales (compra nacional+externa)						4,476	
5	Elevación de 0 a 8							
5.1	camino perimetral	5,950	m	4,000	peso	23,800	2,615	
5.2	camino interno	19,155	m	550	peso	10,535	1,158	
5.3	recolección de lixiviados (a lo largo del camino perimetral)	5,950	m	210	peso	1,250	137	
5.4	recolección de lixiviados (a lo largo del camino perimetral)	19,155	m	300	peso	5,747	632	
5.5	extracción de gas (a lo largo del camino perimetral)	118	unidad	200	peso	24	3	
5.6	pozo para extracción de lixiviados y gases	131	unidad	8,000	peso	1,048	115	
5.7	Geomembrana							
a	PEAD (1mm)	2,025,600	m ²	1.70	USD			3,444
b	colocación del PEAD (1mm)	2,025,600	m ²	3	peso	6,077	668	
c	suelo de protección (inc. colocación)	1,012,800	m ³	30	peso	30,384	3,339	
5.8	suelo de cubierta (0.3m)	581,175	m ³	22	peso	12,786	1,405	
5.9	bomba (50mm, Carga dinámica=30m)							
5.10	trabajos eléctricos	1	unidad	1,000,000	peso	1,000	110	
	sub-total						10,182	3,444
	Misceláneo	10	%				1,018	344
	Costos directos						11,200	3,788
	Gastos generales	30	%				3,360	1,136
	Costos totales de construcción						14,560	4,924
	Contingencia física	10	%				1,456	492
	IVA	15	%				2,184	739
	Costos totales (inc. conti. & imp.)						18,200	6,155
	Costos totales (compra nacional+externa)						24,355	
	(Costo unitario, \$/ton de residuo)	11,776	1000 ton.				2,0682	
6	Elevación de 8 a 16							
6.1	camino externo	4,878	m	550	peso	2,683	295	
6.2	camino interno	11,743	m	550	peso	6,459	710	
6.3	recolección de lixiviados (a lo largo del camino interno)	4,878	m	210	peso	1,024	113	
6.4	recolección de lixiviados (a lo largo del camino perimetral)	11,743	m	300	peso	3,523	387	
6.5	extracción de gases (a lo largo del camino perimetral)	96	unidad	200	peso	19	2	
6.6	pozo para extracción de gases & lixiviados	91	unidad	8,000	peso	728	80	
6.7	suelo de cubierta (0.3m)	382,750	m ³	22	peso	8,421	925	
	sub-total						2,512	0
	Misceláneo	10	%				251	0
	Costos directos						2,763	0
	Gastos generales	30	%				829	0
	Costos totales de construcción						3,592	0
	Contingencia física	10	%				359	0
	IVA	15	%				539	0
	Costos totales (inc. conti. & imp.)						4,490	0
	Costos totales (compra nacional+externa)						4,490	
	(Costo unitario, \$/ton de residuo)	7,375	1000 ton				0.6088	

	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Tasa de cambio \$1.00 = 9.1 pesos			
					Moneda	Cantidad		
						Compra Nacional (1000 Peso)	Comp. Ext. (1000 USD)	(1000 USD)
7	Elevación de 16 a 24							
7.1	camino externo	3,854	m	550	peso	2,120	233	
7.2	camino interno	3,991	m	550	peso	2,195	241	
7.3	recolección de lixiviados (a lo largo del camino externo)	3,854	m	210	peso	809	89	
7.4	recolección de lixiviados (a lo largo del camino interno)	3,991	m	300	peso	1,197	132	
7.5	extracción de gases (a lo largo del camino perimetral)	76	unidad	200	peso	15	2	
7.6	pozo para extracción de lixiviados y gases	55	unidad	8,000	peso	440	48	
7.7	suelo de cubierta (0.3m)	216,632	m ³	22	peso	4,766	524	
	sub-total						1,269	0
	Misceláneo	10	%				127	0
	Costo directo						1,396	0
	Gastos generales	30	%				419	0
	Costos totales de construcción						1,815	0
	Contingencia física	10	%				182	0
	IVA	15	%				272	0
	Costos totales (inc. conti. & imp.)						2,269	0
	Costos totales (compra nacional+externa)						2,269	
	(Costo unitario, \$/ton de residuo)	4,074		1000 ton			0.5569	
8	Cubierta final (t=0.6)	968,625	m ³	22	peso	21,310	2,342	
	sub-total						2,342	0
	Misceláneo	10	%				234	0
	Costos directos						2,576	0
	Gastos generales	30	%				773	0
	Costos totales de construcción						3,349	0
	Contingencia física	10	%				335	0
	IVA	15	%				502	0
	Costos totales (inc. conti. & imp.)						4,186	0
	Costos totales (compra nacional+externa)						4,186	
	(Costo unitario, \$/ton de residuo)	-		1000 ton				
	Costo total de construcción (exc. conti. & imp.)						26,284	5,210
	Contingencia física	10	%				2,628	521
	IVA	15	%				3,943	782
	Costo total de construcción (inc. conti. & imp.)						32,855	6,513
	Costo total de construcción (compra nacional+externa)						39,368	
	Diseño y supervisión (exc. conti. & imp.)						297	29
	Contingencia física	10	%				30	3
	IVA	15	%				45	4
	Diseño y supervisión (inc. conti. & imp.)						372	36
	Diseño y supervisión (compra nacional+externa)						408	
	Costos totales (inc. conti. & imp.)						33,227	6,549
	Costos totales (compra nacional+externa)						39,776	
	(Costo unitario, \$/ton de residuo)	23,323		1000 ton			1.7054	

Notas:

- (1) 10% de lo asignado para diseño y supervisión será utilizado para el diseño básico, 50% para el diseño detallado, 40% para la supervisión.
- (2) Los costos incluyen aquellos desembolsados para la aplicación de medidas de protección de la fauna en el sitio.

Equipo para Relleno

El Cuadro H-65 muestra los costos para la obtención del equipo para relleno en el Caso I; se requiere realizar el desembolso para el año 2007. Por otra parte, debe tenerse presente que el equipo también será utilizado en la Etapa IV.

Cuadro H-65: Costos del Equipo para Relleno (Caso 1)

	Descripción	Tasa de cambio, \$1.00=			9.1 pesos	
		Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Moneda	Cantidad (1,000 USD)
1	Bulldozer (300hp)	4	unidad	400,000	USD	1,600
2	Excavadora (85hp)	2	unidad	110,000	USD	220
3	Camión cisterna (de 15000litros)	2	unidad	100,000	USD	200
	sub-total					2,020
	repuestos	10	%			202
	Costos del equipo (exc. conti.& impuestos)					2,222
	Contingencia física	10	%			222
	IVA	15	%			333
	Costos del equipo (inc. conti.& impuestos)					2,777
	Diseño y supervisión (exc. conti.& impuestos)	5	%			111
	Contingencia física	10	%			11
	IVA	15	%			17
	Diseño y supervisión (inc. conti.& impuestos)					139
	Costos totales (inc. impuestos & conti.)					2,916

Operación y Mantenimiento

Los costos de O&M para el relleno son iguales a los de la Etapa IV; es decir, llegan a alcanzar 707,000 USD/año (ver Cuadro H-66).

En lo referente a la disposición de lixiviados, la instalación inicial de las bombas se efectuará en el año 2004. Después de esta instalación inicial, se requerirá que las bombas sean reemplazadas cada dos años.

Cuadro H-66: Costos Iniciales para la Instalación de las Bombas para Disponer los Lixiviados (Etapa V)

	Descripción	Tasa de cambio, \$1.00= 9.1Pesos				
		Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Moneda	Cantidad (1,000USD)
1	Bomba (50mm, 3.7kw)	15	unit	5,000	USD	75
	Contingencia física	10	%			8
	IVA	15	%			11
	Total					94

Se estima que la vida útil de una bomba es de dos años

Cuadro H-67: Costos para Reemplazar las Bombas para Disponer los Lixiviados (Etapa V)

	Descripción	Tasa de cambio, \$1.00= 9.1 Pesos				
		Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Moneda	Cantidad(1,000USD)
1	Bomba (50mm, 3.7kw)	15	unidad	3,000	USD	45
	Contingencia física	10	%			5
	IVA	15	%			7
	Total					57

Se estima que la vida útil de una bomba es de 2 años

Cuadro H-68: Costos de Operación de la Bombas para Disponer los Lixiviados

	Descripción	Cantidad	Tasa de cambio, \$1.00 = 9.1 Pesos				
			Unidad	Tasa de Cambio	Moneda	Cantidad	
						(1,000 peso)	(1,000USD)
I	Consumo de electricidad	121,500	kWh	0.83	peso	101	11
	IVA	15	%			15	2
	Total						13

Precio por el Alquiler del Terreno

231,000 USD serán desembolsados anualmente (ver Cuadro H-69).

Cuadro H-69: Precio por el Alquiler del Terreno

	Descripción	Cantidad	Unidad	Tasa de cambio \$1.00 = 9.1 pesos			
				Precio Unitario	Moneda	Cantidad	
						(1,000 Peso)	(1,000 USD)
I	Precio por el alquiler del terreno	256	ha	8,200	peso	2,099	231

ii. Caso 2

Construcción

Los costos de construcción son iguales a los del Caso 1; en otras palabras, llegarán a ser de 32,101,000 USD para el año 2010 (ver el Cuadro H-63).

Equipo para Relleno

Los costos para el equipo para relleno de este Caso 2 son iguales a los costos del Caso 2 para el Plan de Expansión Vertical, es decir, llegan ser 901,000 USD/año (ver Cuadro H-47).

Operación y Mantenimiento

Los costos de O&M para el relleno son iguales a los del Caso 2 del Plan para Expansión Vertical, lo que significa que llegarían a alcanzar 598,000 USD/año (ver Cuadro H-49). Por otra parte, los costos por disposición de lixiviados son iguales a los del Caso 1 (ver Cuadro H-66, Cuadro H-67, y Cuadro H-68).

Precio por el Alquiler del Terreno

El precio a pagarse por el alquiler del terreno es igual al Caso 1 (ver Cuadro H-69).

iii Resumen de los Costos

En el Cuadro H-70 y el Cuadro H-71 se resumen los costos para el Desarrollo de un Nuevo relleno (Etapa V). Los costos estimados para el Caso 1 fueron de 41,205,000 USD, mientras que para el Caso 2 alcanzaron los 42,249,000 USD.

Cuadro H-70: Resumen de los Costos para el Desarrollo de un Nuevo Relleno
(Caso 1)

Unidad : US\$ 1,000

Año	D/B	D/D	Con.(i)	Con.(Rec)	Equip.	O&M	Alq. Terr.	Total
1999	41							41
2000		204						204
2001		162	4,068				231	4,461
2002				7,464		707	231	8,402
2003				7,224		707	231	8,162
2004				7,001		801	231	8,033
2005						13	231	244
2006						70	231	301
2007		139		3,915	2,777	720	231	7,782
2008				2,022		777	231	3,030
2009						13	231	244
2010						70	231	301
Total	41	505	4,068	27,626	2,777	3,878	2,310	41,205

D/B: Diseño básico para construcción y equipo
D/D: Diseño detallado para la construcción y equipo. La cantidad incluye también los costos de supervisión.
Con.(i): Inversión inicial para la construcción
Con.(Rec): Costo recurrente para la construcción
Equip.: Equipo para el relleno
O&M: Operación y mantenimiento
Alq. Terr.: Precio por el alquiler del terreno

Cuadro H-71: Resumen de los Costos para el Desarrollo de un Nuevo Relleno
(Caso 2)

Unidad : US\$ 1,000

Año	D/B	D/D	Con.(i)	Con.(Rec)	Equip.	O&M	Alq. Terr.	Total
1999	41							41
2000		204						204
2001		162	4,068				231	4,461
2002				7,464	901	598	231	9,194
2003				7,224	901	598	231	8,954
2004				7,001	901	692	231	8,825
2005						13	231	244
2006						70	231	301
2007				3,915	901	611	231	5,658
2008				2,022	901	668	231	3,822
2009						13	231	244
2010						70	231	301
Total	41	366	4,068	27,626	4,505	3,333	2,310	42,249

D/B: Diseño básico para construcción y equipo
D/D: Diseño detallado para la construcción. La cantidad incluye también los costos de supervisión.
Con.(i): Inversión inicial para la construcción
Con.(Rec): Costo recurrente para la construcción
Equip.: Equipo para el relleno
O&M: Operación y mantenimiento
Alq. Terr.: Precio por el alquiler del terreno

H.2.3 Costo de los Proyectos Prioritarios

Cuadro H-72: Costo de los Proyectos Prioritarios, Caso de Operación Directa por la DGSU (Caso 1)

Unidad : US\$ 1,000

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total	
BP Etapa IV	D/B	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	
	D/D & S/V	0	298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	298	
	Construcción	0	7,902	2,164	0	0	0	1,883	1,874	0	0	1,773	1,528	17,124	
	Equipo	0	2,777	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,777	
	O & M	Contratación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Directa	0	0	728	111	21	111	728	818	21	111	728	818	4,190
	Tarifa por terreno	0	0	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	4,250
Total		33	10,977	3,317	536	446	536	3,036	3,117	446	536	2,926	2,771	28,611	
BP Etapa V	D/B	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	
	D/D & S/V	0	204	162	0	0	0	0	0	139	0	0	0	505	
	Construcción	0	0	4,068	7,464	7,224	7,001	0	0	3,915	2,022	0	0	31,694	
	Equipo	0	0	0	0	0	0	0	0	2,777	0	0	0	2,777	
	O & M	Contratación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Directa	0	0	0	707	707	801	13	70	720	777	13	70	3,866
	Tarifa por terreno	0	0	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	2,310
Total		41	204	4,461	8,402	8,162	8,033	244	301	7,782	3,030	244	301	41,200	
Total de relleno		74	11,181	7,778	8,938	8,608	8,569	3,280	3,418	8,228	3,566	3,170	3,072	69,811	
Compostaje	D/B	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
	P/P	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
	D/D & S/V	0	164	99	33	33	0	0	0	13	2	0	0	331	
	Construcción	0	0	2,376	551	551	0	0	0	0	0	0	0	3,478	
	Equipo	0	0	2,548	520	0	0	0	0	0	2,441	520	0	6,029	
	O & M	Contratación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Directa	0	0	0	662	820	820	820	820	820	820	820	820	7,202
	Tarifa por terreno	0	0	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	330
Total		60	174	5,056	1,799	1,437	853	853	853	866	3,296	1,373	853	17,400	
Total		134	11,355	12,834	10,737	10,045	9,422	4,133	4,271	9,094	6,862	4,543	3,925	87,311	
Inversión Inicial															
BP Etapa-IV		33	10,977											11,0	
BP Etapa-V		41	204	4,230										4,4	
Compostaje		60	174	5,023	1,104	584								6,9	
Total		134	11,355	9,253	1,104	584								22,4	

D/B : diseño básico, D/D : diseño detallado, S/V : supervisión, P/P : proyecto piloto, O&M : operación y mantenimiento

Cuadro H-73: Costo de los Proyectos Prioritarios, Caso de Contratación (Caso 2)

Unidad : US\$ 1,000

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total	
BP Etapa IV	D/B	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	
	D,D & S/V	0	298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	298	
	Construcción	0	7,902	2,164	0	0	0	1,883	1,874	0	0	1,773	1,528	17,124	
	Equipo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	O & M	Contratación	0	0	1,499	0	0	0	1,499	1,499	0	0	1,499	1,499	7,495
		Directa	0	0	21	111	21	111	21	111	21	111	21	111	660
	Tarifa por terreno	0	0	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425	4,250
	Total		33	8,200	4,109	536	446	536	3,828	3,909	446	536	3,718	3,563	29,860
BP Etapa V	D/B	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	
	D,D & S/V	0	204	162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	366	
	Construcción	0	0	4,068	7,464	7,224	7,001	0	0	3,915	2,022	0	0	31,694	
	Equipo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	O & M	Contratación	0	0	0	1,499	1,499	1,499	0	0	1,499	1,499	0	0	7,495
		Directa	0	0	0	0	0	94	13	70	13	70	13	70	343
	Tarifa por terreno	0	0	231	231	231	231	231	231	231	231	231	231	2,310	
	Total		41	204	4,461	9,194	8,954	8,825	244	301	5,658	3,822	244	301	42,249
Total de relleno		74	8,404	8,570	9,730	9,400	9,361	4,072	4,210	6,104	4,358	3,962	3,864	72,109	
Compostaje	D/B	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
	P/P	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
	D,D & S/V	0	164	99	33	33	0	0	0	13	2	0	0	344	
	Construcción	0	0	2,376	551	551	0	0	0	0	0	0	0	3,478	
	Equipo	0	0	1,250	177	0	0	0	0	0	1,142	177	0	2,746	
	O & M	Contratación	0	0	0	1,051	1,186	1,186	1,186	1,186	1,186	1,186	1,186	1,186	10,539
		Directa	0	0	0	101	124	124	124	124	124	124	124	124	1,093
	Tarifa por terreno	0	0	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	330	
Total		60	174	3,758	1,946	1,927	1,343	1,343	1,343	1,356	2,487	1,520	1,343	18,600	
Total		134	8,578	12,328	11,676	11,327	10,704	5,415	5,553	7,460	6,845	5,482	5,207	90,709	
Inversión Inicial															
BP Etapa-IV		33	8,200											8,233	
BP Etapa-V		41	204	4,230										4,475	
Compostaje		60	174	3,725	761	584								5,304	
Total		134	8,578	7,955	761	584								18,012	

D/B : diseño básico, D,D : diseño detallado, S/V : supervisión, P/P : proyecto piloto, O&M : operación y mantenimiento

H.3 Plan Institucional

H.3.1 Alternativas

H.3.1.1 El Relleno Sanitario (RS)

La ubicación del RS en el área del Lago de Texcoco es un tema sensible y está sujeto a restricciones y fiscalización de entidades federales y del GDF, además del Estado de México. El uso del área de propiedad de la CNA fue autorizado bajo compromiso del GDF de realizar obras, monitoreo y mantenimiento durante largo plazo. La alternancia de uso de las áreas IV y V es una decisión técnica dictada por las características sensibles del suelo.

Por tal razón, la DGSU permanecerá en el sitio, por lo que le sería de poco interés concesionar a una empresa privada la construcción de infraestructura, operación y mantenimiento del RS, mientras que por otra parte le sería conveniente contratar esos servicios.

De otro lado, esas condiciones sugieren que para empresas privadas la concesión no parezca más atractiva que los contratos referidos.

Las alternativas institucionales a analizar se reducen a tres:

- **RS.1 - Administración y operación directa del GDF a través de la DGSU.**
- **RS.2 - Administración directa de la DGSU y operación bajo contratos.**
- **RS.3 - Constituir una entidad paraestatal para administrar y operar el RS directamente o no.**

Debe advertirse que en cualquiera de las alternativas señaladas, las inversiones de los RS serán del GDF y que se efectuarán en la Fase I. Además, la elección de la alternativa de operación del RS empezará a funcionar a partir del año 2002 (Cuadro H-39).

H.3.1.2 Planta de Compostaje (PC)

La planta de compostaje es la unidad productora de una industria poco atractiva debido a la dificultad de venta del producto.

Mientras sea una industria, la PC es parte de un flujo de residuos, pero se debe observar con énfasis que no es una simple actividad de aseo urbano.

Faltan autonomía financiera y administrativa a una entidad del sector público para dirigir y administrar una empresa industrial con auto-sustentabilidad. Al mismo tiempo, hay que considerar que la auto-sustentabilidad económica de la industria de la composta dependerá de la compra del producto por el GDF.

La inversión de la PC la efectuará el GDF en la Fase I. En cambio, la operación de la PC y la comercialización de la composta procesada se analizará y elegirá a partir de una de las opciones indicadas a continuación, y empezará a operar a partir del año 2002 (Cuadro 8-39):

- **A1.** Operación directa por la DGSU
- **A2.** Operación contratada por la DGSU
- **B.** Paraestatal
- **C.** Concesionada

H.3.2 Evaluación de las Alternativas

De antemano, se podría decir que la superioridad de una paraestatal no es tan grande en el caso del manejo de un RS, donde no hay actividad comercial o industrial y los altos costos indirectos intrínsecos no se diluyen en un organismo tan pequeño.

Entretanto, esa superioridad se tornaría incontestable en el caso de otorgarse a la misma paraestatal la concesión del RS y de la PC.

Si bien los costos de operación de la opción RS1 son ligeramente más ventajosos que los costos de la opción RS2, se advierte que la opción RS1 tiene la desventaja de la posible sindicalización del personal en la Sección I, que afectaría la continuidad del proceso de disposición final por una eventual paralización laboral.

Para la industria de la composta, la opción C.- **Concesión** sería favorable al desarrollo de la tecnología de producción y de uso de la composta, pues la comercialización del producto determinaría la supervivencia o no de la empresa.

Para hacer atractiva a la empresa privada, el GDF garantizaría el consumo de una cuota del producto.

Si la iniciativa privada no muestra interés en la planta de compostaje, la alternativa B.- **Paraestatal** se presentaría mejor que la A1.- **administración directa** por el GDF dado el carácter industrial de la empresa, por las siguientes razones:

- capacidad de fijar su propia política empresarial y los precios para el mercado privado.
- manejo libre de los ingresos generados en su actividad económica.
- patrimonio propio, que le facilitaría transacciones financieras.
- autonomía administrativa y obligatoriedad de control interno y auditoría, que conducen a una correcta evaluación de gestión.
- identidad propia y menor interferencia política.
- competencia de fijar los sueldos y prestaciones, así como de suscribir los contratos colectivos e individuales que regulen las relaciones laborales de la entidad con sus trabajadores (art. 63 y 64 de la Ley Orgánica).

El grado de autonomía de una paraestatal en el Distrito Federal ha mejorado bastante con la Ley Orgánica de la Administración Pública del DF, particularmente en lo que concierne a la administración de personal y salarios, que son temas muy críticos señalados en este Estudio.

Otro tema crítico es la adquisición de bienes y la contratación de servicios. Al respecto, se mantiene el mismo reglamento de la administración directa, pero la existencia de un control interno y vigilancia externa, así como el estado más elevado que el de una Dirección, les permiten a las paraestatales administrar con más autonomía que ésta, ese tema crítico.

El costo intrínseco de una administración paraestatal es elevado, debido a su autonomía que exige órganos de vigilancia interna y externa, consejo directivo, contabilidad, asesoría jurídica y administración de recursos humanos, financieros y materiales de porte similar al de una Secretaría (que diluye sus costos entre varios órganos). Sin embargo, se puede minimizar los costos con una productividad total mayor de los recursos aplicados, en virtud de su autonomía y menor interferencia política. Así, las ventajas de una paraestatal crecen con el porte de los recursos involucrados, de sus relaciones comerciales y de sus actividades productivas.

La modalidad paraestatal adecuada sería **organismo descentralizado (OD)**, pues la propiedad sería del GDF únicamente, y el interés como servicio público predomina sobre el de rentabilidad.

Cuadro H-74: Opciones para la Operación de la PC y los RS

	Fase 1 (1999-2001)	Fase 2 (2002-2004)	Fase 3 (2005-2010)	2011-
Planta de Compostaje	Inversión por parte de DGSU 1a. Prioridad de Financiamiento	A1. Operación directa por DGSU, o A2. Operación contratada por DGSU. Análisis de cuatro opciones: A. Estado actual (DGSU), ya sea A1. o A2., B. Paraestatal y C. Concesión y preparación de B o C si se elige esta opción.	A1, A2, B o C.	A1, A2, B o C.
Relleno Sanitario	Inversión por parte de DGSU 1a. Prioridad de Financiamiento	RS1. Operación directa por DGSU, o RS2. Operación contratada por DGSU. Análisis de tres opciones: Estado actual (DGSU), ya sea RS1. o RS2. y RS3. Paraestatal y preparación de RS3 si se elige esta opción.	RS1, RS2 o RS3.	RS1, RS2 o RS3.

Nota: Este cuadro muestra las alternativas propuestas por el equipo de JICA, las cuales serán analizadas a profundidad por el GDF.

H.3.3 Conclusión

El GDF dispone de recursos financieros para invertir en los RS y en la PC, en el corto plazo requerido por el agotamiento del Área del RS/etapa IV. Eso le permite optar por las alternativas de administración directa o de paraestatal - en este caso, un organismo descentralizado asumiendo los RS y la PC sería lo recomendable. Pero el plazo y las dificultades para recorrer el camino político hacia los actos legales, presupuestales y administrativos para instituirse una paraestatal parecen indicar como más oportuna la **administración directa** de los RS y la PC.

Los aspectos negativos de la administración directa podrían ser atenuados por la contratación de las obras de infraestructura y de servicios de operación y de mantenimiento. Y se podrá evolucionar hacia alternativas, a través del tiempo, bajo evaluaciones previas - conforme está previsto en el Cuadro G-24 del Plan Maestro.

H.4 Plan de Educación Pública

H.4.1 Introducción

El Programa de Educación Pública presentado en el punto 2.2.4.2 proporciona las guías y pautas para desarrollar este importante componente en el proceso de instrumentación del Plan Maestro hasta el año 2010. En dicha propuesta se plantean objetivos, componentes, fases, unidad ejecutiva, y programación para todo el Plan Maestro. En el Cuadro H-75 se resume el Programa de Educación Pública a instrumentarse en el periodo 1999-2010.

Cuadro H-75: Programación de Educación Pública

Fase 1 1999-2001	Fase 2 2002-2004	Fase 3 2005-2010	2011
<ul style="list-style-type: none"> • Constitución de la Unidad Ejecutora en el GDF • Preparación de los proyectos educativos con participación de las delegaciones • Información a la comunidad • Sensibilización y pláticas • Inicio de programa educativo para separación en la fuente en sub-sistema • Inicio del programa de capacitación del personal • Impulso a la educación ambiental en las escuelas primarias 	<ul style="list-style-type: none"> • Educación intensiva para la separación en la fuente de material orgánico y reciclable, según plan establecido • Capacitación del personal • Impulso educación escolar • Educación para separación en la fuente de materiales reciclables en el sistema de las Delegaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Continuar programa de capacitación • Continuar educación separación en la fuente (sistema servido por las Delegaciones) • Proseguir etapa de mantenimiento de otros proyectos educativos • Evaluación intermedia (2005) • Reajuste intermedio del Programa 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación final (2011) • Reajuste al Programa de Educación Pública

H.4.2 Plan de Educación para Proyectos Prioritarios

A continuación se proyectan las actividades educativas a desarrollar para facilitar la implantación de los proyectos cuyos estudios de factibilidad se realizaron en esta Fase II del Estudio.

a. Proyectos Prioritarios

La selección de los Proyectos Prioritarios que están planeados para construirse en el corto plazo (Fase I: año 1999 al 2001), están determinados en el Plan Maestro. Consecuentemente en la Fase II del Estudio se efectuaron los estudios de factibilidad de los 3 proyectos prioritarios: Planta de Compostaje, Etapa IV y Etapa V del relleno Sanitario de Bordo Poniente.

La factibilidad de la planta de Compostaje descansa fundamentalmente en la separación de material orgánico en la fuente. También la separación de materiales reciclables en la fuente incidirá en la mayor vida útil del Relleno Sanitario. En esta separación de material en la fuente, la participación comunitaria, en especial de los niños, le darán sustentabilidad al proceso. Además se requerirá la capacitación del personal involucrado en los 3 proyectos.

b. Plan Específico de Educación para Proyectos Prioritarios

Dentro del Programa de Educación Pública, mostrado en puntos anteriores, se presenta por lo tanto el componente del Plan de Educación Pública que facilite la implantación de los 3 proyectos prioritarios. Por consiguiente el Plan deberá incidir sobre algunos elementos fundamentales:

- Separación en la fuente
- Capacitación del personal
- Impulso a la educación escolar

En el Cuadro H-76 se presenta el plan educativo para los proyectos prioritarios en el periodo 1999-2010.

Cuadro H-76: Plan Educativo para Proyectos Prioritarios

Componentes Educativos	Fase 1	Fase 2	Fase 3
	1999-2001	2002-2004	2005-2010
1. Planta de Compostaje			
1.1 Educación a los comerciantes de mercados para separación de residuos orgánicos en la fuente			
1.2 Educación a los usuarios del Subsistema para separación de residuos de jardinería y material orgánico en la fuente			
1.3 Educación a los usuarios de las Delegaciones para separación de residuos de jardinería en la fuente (Actividad sujeta a mayores demandas de la Planta de Compostaje)			
1.4 Educación al personal de Parques Públicos para preparación de poda de árboles y material orgánico para la entrega en la recolección.			
1.5 Capacitación al personal de recolección separada de material orgánico y personal de Planta de Compostaje sobre M.R.S., salud ocupacional y protección ambiental.			
2. Rellenos Sanitarios (IV y V Etapas)			
2.1 Educación al usuario del Subsistema sobre separación de residuos reciclables en la fuente			
2.2 Educación al público servido por Delegaciones sobre separación de residuos reciclables en la fuente (50% de población en el año 2010)			
2.3 Capacitación al nuevo personal de recolección separada de reciclables, y de los rellenos sanitarios (IV y V) sobre MRS, salud y seguridad ocupacional, y protección ambiental.			
3. Impulsar la Educación Ambiental y Escoiár			



Etapa intensiva de educación



Etapa de mantenimiento educativo

c. Comunicación

La educación con el público y la promoción del programa de educación debe ser un proceso continuo. Un programa efectivo de educación y promoción debe ser planteado teniendo en mente las necesidades de la comunidad. Se puede ahorrar una cantidad significativa de tiempo y energía analizando actividades de educación al público que se desarrollaron en otras comunidades, sacando provecho de sus éxitos, como por ejemplo del Programa de Separación de Residuos Sólidos que ejecuta la DGSU

Los encargados de tomar decisiones pueden revisar actividades y materiales educacionales utilizados en otros programas para la toma de conciencia del público. Las técnicas usadas en estas campañas para promover una idea o incentivar un nuevo comportamiento pueden ser modificadas para expresar la idea del manejo de los residuos sólidos.

Los canales de comunicación en el DF son múltiples, sugiriéndose entre ellos los siguientes:

- Medios troncales como los diarios, radioemisoras y canales de TV
- Medios directos como por ejemplo afiches, folletos informativos, historietas, exposiciones, muestras fotográficas, videos explicativos
- Pláticas en escuelas y asociaciones vecinales
- Concursos de afiches

Otro canal de comunicación importante son las asociaciones de residentes de las 16 delegaciones, puesto que son las entidades vecinales que pueden hacer llegar los mensajes a los vecinos de las colonias y de las manzanas de la ciudad.

H.4.3 Elementos a Tomarse en Cuenta en el Proceso Educativo

A continuación se presentan algunos elementos generales para desarrollar el programa de educación del público, especialmente para el proyecto de separación de residuos en la fuente.

a. Fases para la Educación:

Se divide básicamente en cuatro etapas de desarrollo progresivo y acumulativo:

- Fase de Sensibilización
- Fase de Información
- Fase de Educación
- Fase de Monitoreo, seguimiento y evaluación.

El denominador común de estas cuatro fases es la comunicación.

b. Población-Objetivo ("Públicos")

Si bien toda la población del DF es el Objetivo educativo final, las actividades programadas propuestas están dirigidas a diferentes grupos poblacionales ("públicos") según indica el cronograma del plan. Estos "públicos" son:

- Usuarios del Sub-sistema: Población servida por el subsistema de recolección

- Usuarios de las Delegaciones: población servida por el sistema de recolección de las Delegaciones
- Comerciantes de Mercados: Población de comerciantes de la Central de Abastos y Mercados del DF
- Personal de trabajadores: Población de trabajadores del GDF y entidades privadas involucrados en labores de parques públicos, recolección separada, planta de compostaje y rellenos sanitarios
- Población escolar: Población de niños que asisten a las escuelas de educación primaria del DF.

H.5 Plan de Financiamiento

En principio, esta subsección enfoca el análisis y los documentos subsecuentes en la evaluación de las necesidades financieras relacionadas con las posibles alternativas institucionales y fuentes de recursos, así como los impactos fiscales sobre la Dirección General de Servicios Urbanos (DGSU). Esto acarrea posteriores discusiones y la posible priorización de las alternativas a instrumentarse bajo las condiciones de macro - desequilibrio que México enfrenta en la actualidad, así como la posición fiscal del Gobierno del Distrito Federal.

H.5.1 Principios Directrices para el Análisis de la Evaluación de Necesidades Financieras

Junto con el marco institucional y los comentarios por parte de la DGSU, a continuación se proporcionan los requerimientos de fondos indicativos y los planes de financiamiento asociados en cada una de las posibles combinaciones de componentes del proyecto y las fuentes financieras (*opciones*).

a. Configuración

A. Dimensiones analíticas

- A-1. Estructura global del costo del proyecto
- A-2. Requerimientos financieros y plan de financiamiento
- A-3. Estructura de flujo de efectivo

B. Variables y variaciones incluidas en el marco analítico

B-1. Marco de instrumentación (casos) y componentes del proyecto en cuestión

Caso 1: Los tres componentes involucrados: sitios de disposición final, Etapa IV y Etapa V y la planta de compostaje manejadas por la DGSU

Caso 2: La DGSU construye los sitios de disposición final y la planta de compostaje, y el sector privado los opera mediante contratos

En virtud de lo anterior,

B-2. Marco institucional mediante estructura de instauración y componentes del proyecto

Alternativa 1: Sitios de disposición final y planta de compostaje en el Caso 1

Alternativa 2: Sitios de disposición final y planta de compostaje en el Caso 1 y Caso 2, en ese orden

Alternativa 3: Sitios de disposición final y planta de compostaje en Caso 2 y Caso 1, en ese orden

Alternativa 4: Sitios de disposición final y planta de compostaje en Caso 2

B-3. Fuentes de financiamiento

Categoría 1. Fondos propios (capital) únicamente

Categoría 2. Mezcla de capital - préstamo

Sub-C 1. Tipo Banco Mundial (intereses capitalizados)

Sub-C 2. Tipo OECF (intereses no capitalizados)

C. Criterios de Evaluación

C-1. Posibilidad para pagar (costos totales del proyecto)

C-2. Sustentabilidad - Desembolsos anuales de efectivo dentro de la DGSU durante el período

b. Marco esquemático - Combinación de variables y variaciones

En virtud de lo anterior, el Cuadro H-77 resume el marco esquemático del análisis en cuestión.

Cuadro H-77: Marco Institucional (Casos)

		Planta de Compostaje	
		Caso 1	Caso 2
Sitios de disposición final	Caso 1	Alternativa 1	Alternativa 2
	Caso 2	Alternativa 3	Alternativa 4

Cuadro H-78: Fuente de Recursos

	Fondos propios	Fondos externos: Tipo capital-préstamo	
		Tipo Banco Mundial	Tipo OECF
Alternativa 1	Opción 1	Opción 5	Opción 9
Alternativa 2	Opción 2	Opción 6	Opción 10
Alternativa 3	Opción 3	Opción 7	Opción 11
Alternativa 4	Opción 4	Opción 8	Opción 12

c. Hipótesis Operacionales

Para proceder el análisis de las necesidades financieras mencionado anteriormente, se expresan algunas hipótesis de operación del proyecto en detalle.

c.1 Necesidades Financieras para los Sitios de Disposición Final y Planta de Compostaje (Caso 1)

La DGSU podrá financiar los costos del establecimiento, inversión inicial y operación y mantenimiento (O/M), ya sea en efectivo o similar.

c.2 Necesidades Financieras para los Sitios de Disposición Final y Planta de Compostaje (Caso 2)

En vez de la operación y mantenimiento de las instalaciones, la DGSU permitirá al contratista cubrir los costos de operación acumulados bajo el manejo de compañías privadas, manteniendo una tasa de ganancia conveniente que asegure una ganancia a la compañía.

c.3 Préstamo de Fondos Externos para la Inversión Inicial

Si el GDF/DGSU, mediante el Gobierno federal de México, solicitara préstamos externos por escasez de fondos internos, esta cantidad sólo se utilizaría para los desembolsos iniciales de inversión, mientras que los costos recurrentes que resten los absorbe la DGSU.

H.5.2 Plan de Financiamiento – Evaluación de Necesidades Financieras, Fuentes de Fondos y Flujos de Efectivo Asociados

Las hipótesis numéricas para la estimación de las necesidades financieras incluyen lo siguiente: (i) duración del proyecto, (ii) recuperación de costos, (iii) cotización del tipo de cambio, (iv) estimación de costos (costo de base), (v) factor de contingencias físicas, (vi) factor de precios escalonados, (vii) términos financieros, (viii) costos de O/M, (ix) intereses durante la construcción (IDC), y (x) mezcla de capital - préstamo. Se postulan y resumen los parámetros utilizados para el cálculo específico en la sección de Datos M. A continuación se resumen los resultados en términos contables. Los fondos de las fuentes principales son en teoría partidas en cada uno de los componentes del proyecto en el plan de financiamiento, descritos conforme a moneda extranjera y agrupados en los cuadros posteriores.

a. Requerimientos de Fondos conforme al Componente del Proyecto y Fuente de Fondos

En el contexto de la estimación de costos técnicos mostrado en la sección anterior, los costos financieros de la inversión inicial sin incluir los intereses durante la construcción (IDC) son de P. 274.8 millones (US\$ 30.2 millones), P. 267.5 millones (US\$ 29.4 millones), P. 286.7 millones (US\$ 31.5 millones), y P. 279.4 millones (US\$ 30.7 millones) conforme a los precios de 1998 para las Alternativas 1, 2, 3, y 4, respectivamente. Además, los costos financieros totales incluyendo los costos de operación y mantenimiento resultaron respectivamente de P. 767.1 millones (US\$ 84.3 millones), P. 776.2 millones (US\$ 85.3 millones), P. 786.2 millones (US\$ 86.4 millones), y P. 795.3 millones (US\$ 87.4 millones), en ese orden. Si se presentara la ocasión, los costos financieros acumulados del préstamo de P. 273.0 millones (US\$ 30.0 millones) para inversión están calculados en P. 1,116.6 millones (US\$ 122.7 millones), P. 1,109.3 millones (US\$ 121.9 millones), P. 1,084.7 millones (US\$ 119.2 millones), y P. 1,084.7 millones (US\$ 119.2 millones) para cada una de las Alternativas en orden ascendente de 1 a 4, asumiendo las condiciones de préstamo de una institución internacional de préstamo⁷. Por otro lado, la carga financiera total para

⁷ La diferencia se hace debido a las variantes en el cronograma de desembolso durante el período del préstamo. Se debe notar que los préstamos son tomados de instituciones internacionales, los intereses adquiridos durante el período del préstamo son capitalizados, por lo que diferentes "principales" ocurren y su amortización asociada al final del período de préstamo y durante el período de pago.

el Gobierno del DF resultó en P. 1,547.0 millones (US\$ 170 millones) para cada una de las alternativas consideradas cuando los fondos provienen de instituciones de préstamo bilaterales.

Para ver las cifras, el Cuadro H-79 muestra un resumen de los costos totales del proyecto por proyecto y componentes de costo, así como el servicio acumulado de la deuda.

Cuadro H-79: Costos de Financiamiento en Dependencia de la Combinación de Componentes y Fuente

	Inversión inicial	Costos recurrentes	Total 1/	Amortización	
				Tipo Banco Mundial	Tipo OECF
Alternativa 1					
Etapa IV	13.3	15.0	28.3		
Etapa V	5.9	28.7	34.6		
Subtotal	19.3	43.7	62.9		
Planta de Compostaje	10.9	10.5	21.4		
Total	30.2	54.1	84.3	122.7	170.0
Alternativa 2					
Etapa IV	13.3	15.0	28.3		
Etapa V	5.9	28.7	34.6		
Subtotal	19.3	43.7	62.9		
Planta de Compostaje	10.1	10.5	22.4		
Total	29.4	55.9	85.3	121.9	170.0
Alternativa 3					
Etapa IV	9.9	14.0	23.9		
Etapa V	10.6	30.4	41.4		
Subtotal	20.6	44.4	65.0		
Planta de Compostaje	10.9	10.5	21.4		
Total	31.5	54.9	86.4	119.2	170.0
Alternativa 4					
Etapa IV	9.9	14.0	23.9		
Etapa V	10.6	30.4	41.1		
Subtotal	20.6	44.4	65.0		
Planta de Compostaje	10.1	12.3	22.4		
Total	30.7	56.7	87.4	119.2	170.0

1/ sin incluir los intereses durante la construcción (IDC)

b. Necesidades de Fondos dentro de la DGSU por Opción – Análisis del “Estado de Ingresos”

Posteriormente se adopta un enfoque dirigido a captar el análisis cuantitativo del impacto fiscal directo sobre la DGSU, considerando el préstamo a partir de financiamiento externo. En este caso, se categorizarán los fondos retribuidos y utilizados para la procura en “fuentes de los fondos”, lo cual lleva a la no contabilización del “uso de los fondos” dentro de la DGSU. Con esto, el análisis se sincronizará en secuencia para estimar los costos del proyecto sin incluir los préstamos.

Junto con el método de estimación de costos adoptado hasta ahora, los requerimientos de fondos que marcan la posición financiera de la DGSU resultaron de P. 767.1 millones (US\$ 84.3 millones), P. 776.2 millones (US\$ 85.3 millones), P. 786.2 millones (US\$ 86.4 millones), P. 795.3 millones (US\$ 87.4 millones), P. 1,611.6 millones (US\$ 177.1 millones), P. 1,612.5 millones (US\$ 177.2 millones), P. 1,598.5 (US\$ 175.6 millones), P. 1,607.1 millones (US\$ 176.6 millones), P. 2,043.9 millones (224.6 millones), P. 2,052.9 millones (US\$ 225.6 millones), P. 2,062.9 millones (US\$ 226.7 millones), y P. 2,067.5 (US\$ 227.2 millones) para las opciones (Opciones) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, y 12, respectivamente. Debe recordarse que cada una de las opciones, es decir, las Opciones 1, 2, 3, 4, las Opciones 5, 6, 7, 8, y las Opciones 9, 10, 11, 12 están relacionadas con las categorías de fondos propios, préstamos de instituciones internacionales y de instituciones de préstamo bilaterales. El Cuadro H-80 muestra un resumen de lo mencionado anteriormente.

Cuadro H-80: Necesidades Financieras dentro de la DGSU por Opción

Marco Institucional	Fondos propios	Fondos externos	
	(US\$ millones)	Tipo Banco Mundial (US\$ millones)	Tipo OECF (US\$ millones)
Todos los componentes incorporados (Alternativa 1)	Opción 1 – 84.3	Opción 5 – 177.1	Opción 9 – 224.6
Sitios de disposición final incorporados, planta de compostaje desincorporada (Alternativa 2)	Opción 2 – 85.3	Opción 6 – 177.2	Opción 10 – 225.6
Sitios de disposición final desincorporados, planta de compostaje incorporada (Alternativa 3)	Opción 3 – 86.4	Opción 7 – 175.6	Opción 11 – 226.7
Todos los componentes desincorporados (Alternativa 4)	Opción 4 – 87.4	Opción 8 – 176.6	Opción 12 – 227.2
Promedio	85.9	176.6	226.0

El Cuadro H-81 muestra un resumen del “estado de ingresos” con la estructura global de flujo de efectivo en cierto período del proyecto y los pagos del préstamo por opción.

Cuadro H-81: Resumen de "Situación de Ingresos" por Opción

Opciones	Alternativa 1: Relleno 1 Planta de Compostaje 1										Alternativa 2: Relleno 1 Planta de Compostaje 2									
	FP 1	FE-BM 5				FE-OECF 9				FP 2	FE-WB 6				FE-OECF 10					
		Costo	Inversión	Amortización	Descr. Costo	Inversión	Amortización	Descr. Costo	Inversión		Amortización	Descr. Costo	Inversión	Amortización	Descr. Costo					
1999	0.2	0.2		0.3	-0.03	0.2	0.03	0.3	0.00	0.2	0.2		0.3	-0.04	0.2	0.03	0.3	-0.01		
2000	13.7	13.7		14.3	-0.62	13.7	1.5	14.3	0.47	13.7	13.7		14.9	-1.22	13.7	1.5	14.9	0.32		
2001	16.0	16.0		12.9	3.18	16.0	4.2	12.9	7.02	13.9	13.9		11.0	2.84	13.9	4.1	11.0	6.99		
2002	9.8	9.8		1.7	8.10	9.8	5.7	1.7	13.80	10.3	10.3		2.1	8.14	10.3	5.5	2.1	13.40		
2003	9.0	9.0		0.8	8.12	9.0	5.9	0.8	14.07	9.9	9.9		1.7	8.24	9.9	5.8	1.7	14.08		
2004	7.8	7.8	12.3		19.76	7.8	5.9		13.87	8.3	8.3	12.2		20.51	8.3	6.0		14.33		
2005	3.4	3.4	12.3		15.29	3.4	5.9		9.41	3.9	3.9	12.2		16.05	3.9	6.0		9.86		
2006	3.5	3.5	12.3		15.41	3.5	5.9		9.52	4.0	4.0	12.2		16.16	4.0	6.0		9.95		
2007	7.6	7.6	12.3		19.48	7.6	5.9		13.60	8.1	8.1	12.2		20.24	8.1	6.0		14.06		
2008	6.3	6.3	12.3		18.20	6.3	5.9		12.31	5.5	5.5	12.2		17.65	5.5	6.0		11.47		
2009	3.8	3.8	12.3		15.73	3.8	6.2		10.01	4.0	4.0	12.2		16.14	4.0	6.2		10.12		
2010	3.2	3.2	12.3		15.13	3.2	6.2		9.41	3.7	3.7	12.2		15.58	3.7	6.2		9.86		
011-2014				36.8	21.90		24.6		24.79				36.6	36.56		24.7		24.66		
015-2029							86.2		86.36							86.3		86.30		
Total	84.3	84.3	122.7	30.0	177.4	84.3	170.0	30.0	224.6	85.3	85.3	121.9	30.0	177.2	85.3	170.1	30.0	225.6		

Opciones	Alternativa 3: Relleno 2 Planta de compostaje 1										Alternativa 4: Relleno 2 Planta de compostaje 2									
	FP 3	FE-BM 7				FE-OECF 11				FP 4	FE-WB 8				FE-OECF 12					
		Costo	Inversión	Amortización	Descr. Costo	Inversión	Amortización	Descr. Costo	Inversión		Amortización	Descr. Costo	Inversión	Amortización	Descr. Costo					
1999	0.2	0.2		0.0	0.20	0.2	0.02	0.0	0.22	0.2	0.2		0.3	-0.03	0.2	0.03	0.3	0.00		
2000	10.6	10.6		10.6	0.03	10.6	1.1	10.6	1.13	10.5	10.5		10.9	-0.39	10.5	1.1	10.9	0.76		
2001	18.7	18.7		16.9	1.80	18.7	3.8	16.9	5.65	16.5	16.5		15.2	1.37	16.5	3.8	15.2	5.12		
2002	10.3	10.3		1.6	8.69	10.3	5.7	1.6	14.39	10.8	10.8		2.1	8.76	10.8	5.5	2.1	14.23		
2003	9.6	9.6		0.9	8.74	9.6	5.9	0.9	14.69	10.5	10.5		1.6	8.94	10.5	5.8	1.6	14.78		
2004	8.4	8.4	11.9		20.32	8.4	6.0		14.43	8.9	8.9	11.9		20.81	8.9	6.0		14.89		
2005	3.8	3.8	11.9		15.73	3.8	6.0		9.85	4.3	4.3	11.9		16.22	4.3	6.0		10.30		
2006	3.4	3.4	11.9		15.28	3.4	6.0		9.39	3.8	3.8	11.9		15.77	3.8	6.0		9.85		
2007	5.9	5.9	11.9		17.78	5.9	6.0		11.90	6.4	6.4	11.9		18.27	6.4	6.0		12.35		
2008	6.8	6.8	11.9		18.75	6.8	6.0		12.87	6.0	6.0	11.9		17.95	6.0	6.0		12.03		
2009	4.7	4.7	11.9		16.59	4.7	6.2		10.87	4.8	4.8	11.9		16.74	4.8	6.2		11.02		
2010	4.0	4.0	11.9		15.92	4.0	6.2		10.20	4.5	4.5	11.9		16.41	4.5	6.2		10.69		
011-2014				35.8	21.90		24.8		24.79				35.8			24.8		24.79		
015-2029							86.4		86.36							86.4		86.36		
Total	86.4	86.4	119.2	30.0	175.60	86.4	170.2	30.0	226.7	87.4	87.4	119.2	30.0	176.6	87.4	170.1	30.0	227.2		

c. Calendario Indicativo de Pagos

Dado que el GDF podría solicitar fondos externos para la inversión de capital por US\$ 30.0 millones antes del inicio del proyecto, este pequeño análisis proporciona un plan de amortización indicativo. En conjunción con los parámetros hipotéticos de la sección de Datos M, el estudio revela que la amortización anual que la DGSU tendría que realizar es de P. 111.9 millones (US\$ 12.3), P. 110.0 millones (US\$ 12.2), P. 108.3 millones (US\$ 11.9 millones), y P. 108.3 millones (US\$ 11.9) para cada una de las alternativas, asumiendo un préstamo tipo Baco Mundial. Por otro lado, la DGSU pagaría por concepto de servicios a la deuda conforme a un préstamo tipo OECF P. 56.4 millones (US\$ 6.2 millones) anuales. Debe notarse que la cantidad de servicio anual de la deuda varía, mientras que los calendarios de pagos y los intereses durante la construcción son distintos entre las alternativas, por la alternación de principales acumulados al final del período del préstamo. Los calendarios indicativos para los pagos del préstamo de US\$ 30.0 millones con su respectiva tasa de interés de 20% anual se encuentran en el Cuadro H-82. La sección de Datos M proporciona las tasas de interés promedio anual en depósitos pendientes.

Cuadro H-82: Calendario de Pagos Indicativo para la Alternativas

Alternativa 1
Opción 5 : Agencia multilateral

Principal \$	30.0 US\$ millones						
Desemb.	0.261	14.343	12.861	1.670	0.843	30.0	
Particip.	0.9%	47.8%	42.9%	5.6%	2.8%	1.0	
Intereses	20.0%		CETES	15.0% Margen		5.0% Banco Mundo	7.5%
Pago	15						
Gracia	5						
Años Perío	10						
Nivel de Pa	-12.3						
C. compr.							
IDC (int 1993-2002)			21.5				

	Saldo al inicio	Desembolso	IDC	Pasivo	Pago de intereses	Pago al Principal	Cargo por compromiso	Saldo final	Amortización	Pago Acumulado
1999	0.00	0.26	0.03					0.29		0.0
2000	0.29	14.35	1.49					16.13		0.0
2001	16.13	12.86	4.51					33.50		0.0
2002	33.50	1.67	6.87					42.04		0.0
2003	42.04	0.85	8.58					51.46		0.0
2004				122.7	10.3	2.0	0		12.3	12.3
2005				110.5	9.9	2.4	0		12.3	24.5
2006				98.2	9.4	2.9	0		12.3	36.8
2007				85.9	8.8	3.4	0		12.3	49.1
2008				73.6	8.2	4.1	0		12.3	61.4
2009				61.4	7.3	4.9	0		12.3	73.6
2010				49.1	6.4	5.9	0		12.3	85.9
2011				36.8	5.2	7.1	0		12.3	98.2
2012				24.5	3.8	8.5	0		12.3	110.5
2013				12.3	2.0	10.2	0		12.3	122.7
2014				0.0						
Total		30.0	21.5		71.3	51.5			122.7	122.7

Opción 9 : Agencia Bilateral

Principal \$	30.0 US\$ millones						
Desemb.	0.26	14.35	12.86	1.67	0.85	30.0	
Particip.	0.9%	47.8%	42.9%	5.6%	2.8%	1.0	
Intereses	20.0%						
Pago	30						
Gracia	10						
Años Perío	20						
Nivel de Pa	-6.2						
C. compr.							
IDC (int 1998-2002)			0.0				

	Saldo al inicio	Desembolso	IDC	Pasivo	Pago de intereses	Pago al Principal	Cargo por compromiso	Saldo final	Amortización	Pago Acumulado
1999	0.0	0.3	0.0		0.026			0.3	0.026	0.0
2000	0.3	14.3	0.0		1.487			14.6	1.487	1.5
2001	14.6	12.9	0.0		4.208			27.5	4.208	5.7
2002	27.5	1.7	0.0		5.661			29.1	5.661	11.4
2003	29.1	0.8	0.0		5.913			30.0	5.913	17.3
2004	30.0				5.913			30.0	5.913	23.2
2005	30.0				5.913			30.0	5.913	29.1
2006	30.0				5.913			30.0	5.913	35.0
2007	30.0				5.913			30.0	5.913	40.9
2008	30.0				5.913			30.0	5.913	46.9
2009				123.2	5.997	0.161	0	6.2	6.158	53.0
2010				117.0	5.965	0.193	0	6.2	6.158	59.2
2011				110.8	5.927	0.231	0	6.2	6.158	65.3
2012				104.7	5.880	0.278	0	6.2	6.158	71.5
2013				98.5	5.825	0.333	0	6.2	6.158	77.6
2014				92.4	5.758	0.400	0	6.2	6.158	83.8
2015				86.2	5.678	0.480	0	6.2	6.158	90.0
2016				80.1	5.582	0.576	0	6.2	6.158	96.1
2017				73.9	5.467	0.691	0	6.2	6.158	102.3
2018				67.7	5.329	0.829	0	6.2	6.158	108.4
2019				61.6	5.163	0.995	0	6.2	6.158	114.6
2020				55.4	4.965	1.193	0	6.2	6.158	120.8
2021				49.3	4.726	1.432	0	6.2	6.158	126.9
2022				43.1	4.439	1.719	0	6.2	6.158	133.1
2023				36.9	4.096	2.062	0	6.2	6.158	139.2
2024				30.8	3.683	2.475	0	6.2	6.158	145.4
2025				24.6	3.188	2.970	0	6.2	6.158	151.5
2026				18.5	2.594	3.564	0	6.2	6.158	157.7
2027				12.3	1.882	4.276	0	6.2	6.158	163.9
2028				6.2	1.026	5.132	0	6.2	6.158	170.0
2029				0.0						
Total		30.0	0.0		131.3	30.0			170.0	170.0

Alternativa 2

Opción 6 : Agencia Multilateral

Principal \$	30.0 US\$ millones					
Desemb.	0.258	14.932	11.050	2.118	1.656	30.0
Particip.	0.9%	49.8%	36.8%	7.1%	5.5%	1.0
Intereses	20.0%	CETES		15.0% Margen	5.0% Banco Mundo	7.5%
Pago	15					
Gracia	5					
Años/Perío	10					
Nivel de Pi	-12.2					
C. compr.						
IDC (int 1998-2002)	21.1					

	Saldo al inicio	Desembolo	IDC	Pasivo	Pago de intereses	Pago al Principal	Cargo por compromiso	Saldo final	Amortización	Pago Acumulado
1999	0.00	0.26	0.03					0.28		0.0
2000	0.28	14.93	1.55					16.77		0.0
2001	16.77	11.05	4.46					32.27		0.0
2002	32.27	2.12	6.67					41.06		0.0
2003	41.06	1.66	8.38					51.09		0.0
2004				121.9	10.2	2.0	0		12.2	12.2
2005				109.7	9.8	2.4	0		12.2	24.4
2006				97.5	9.4	2.8	0		12.2	36.6
2007				85.3	8.8	3.4	0		12.2	48.7
2008				73.1	8.1	4.1	0		12.2	60.9
2009				60.9	7.3	4.9	0		12.2	73.1
2010				48.7	6.3	5.9	0		12.2	85.3
2011				36.6	5.1	7.1	0		12.2	97.5
2012				24.4	3.7	8.5	0		12.2	109.7
2013				12.2	2.0	10.2	0		12.2	121.9
2014				0.0						
Total		30.0	21.1		70.8	51.1			121.9	121.9

Opción 10 : Agencia Bilateral

Principal \$	30.0 US\$ millones					
Desemb.	0.26	14.93	11.05	2.12	1.66	30.0
Particip.	0.9%	49.8%	36.8%	7.1%	5.5%	1.0
Intereses	20.0%					
Pago	30					
Gracia	10					
Años/Perío	20					
Nivel de Pi	-6.16					
C. compr.						
IDC (int 1998-2002)	0.0					

	Saldo al inicio	Desembolo	IDC	Pasivo	Pago de intereses	Pago al Principal	Cargo por compromiso	Saldo final	Amortización	Pago Acumulado
1999	0.0	0.3	0.0		0.026			0.3	0.026	0.0
2000	0.3	14.9	0.0		1.545			15.2	1.545	1.6
2001	15.2	11.0	0.0		4.144			26.2	4.144	5.7
2002	26.2	2.1	0.0		5.460			28.4	5.460	11.2
2003	28.4	1.7	0.0		5.838			30.0	5.838	17.0
2004	30.0				6.003			30.0	6.003	23.0
2005	30.0				6.003			30.0	6.003	29.0
2006	30.0				6.003			30.0	6.003	35.0
2007	30.0				6.003			30.0	6.003	41.0
2008	30.0				6.003			30.0	6.003	47.0
2009				123.3	6.003	0.161	0	6.2	6.164	53.2
2010				117.1	5.971	0.193	0	6.2	6.164	59.4
2011				111.0	5.933	0.232	0	6.2	6.164	65.5
2012				104.8	5.886	0.278	0	6.2	6.164	71.7
2013				98.6	5.831	0.333	0	6.2	6.164	77.9
2014				92.5	5.764	0.400	0	6.2	6.164	84.0
2015				86.3	5.684	0.480	0	6.2	6.164	90.2
2016				80.1	5.588	0.576	0	6.2	6.164	96.3
2017				74.0	5.473	0.691	0	6.2	6.164	102.5
2018				67.8	5.334	0.830	0	6.2	6.164	108.7
2019				61.6	5.169	0.996	0	6.2	6.614	114.8
2020				55.5	4.969	1.195	0	6.2	6.164	121.0
2021				49.3	4.731	1.434	0	6.2	6.164	127.2
2022				43.1	4.444	1.720	0	6.2	6.164	133.3
2023				37.0	4.100	2.064	0	6.2	6.164	139.5
2024				30.8	3.687	2.477	0	6.2	6.164	145.7
2025				24.7	3.191	2.973	0	6.2	6.164	151.8
2026				18.5	2.597	3.567	0	6.2	6.164	158.0
2027				12.3	1.883	4.281	0	6.2	6.164	164.1
2028				6.2	1.027	5.137	0	6.2	6.164	170.0
2029				0.0						
Total		30.0	0.0		131.6	30.0			170.0	170.0

Alternativa A21.3
Opción 7 : Agencia Multilateral

Principal \$	30.0 US\$ millones						
Desemb.	0.007	10.551	16.907	1.640	0.864	30.0	
Particip.	0.7%	35.2%	56.4%	5.5%	2.9%	1.0	
Intereses	0.20	CETES		15.0% Margen		5.0% Banco Mundo	7.5%
Pago	15						
Gracia	5						
Años/Perío	10						
Nivel de P.	-11.9						
C. compr.							
IDC (int 1998-2002)	12.0						

	Saldo al inicio	Desembolso	IDC	Pasivo	Pago de intereses	Pago al Principal	Cargo por compromiso	Saldo final	Amortización	Pago Acumulado
1999	0.00	0.01	0.001					0.01		0.0
2000	0.01	10.55	1.06					11.62		0.0
2001	11.62	16.91	4.01					32.54		0.0
2002	32.54	1.64	6.67					40.85		0.0
2003	40.85	0.86	0.29					42.00		0.0
2004				119.2	10.0	1.9	0		11.9	11.9
2005				107.3	9.6	2.3	0		11.9	23.8
2006				95.3	9.1	2.8	0		11.9	35.8
2007				83.4	8.6	3.3	0		11.9	47.7
2008				71.5	7.9	4.0	0		11.9	59.6
2009				59.6	7.1	4.8	0		11.9	71.5
2010				47.7	6.2	5.7	0		11.9	83.4
2011				35.8	5.0	6.9	0		11.9	95.3
2012				23.8	3.6	8.3	0		11.9	107.3
2013				11.9	2.0	9.9	0		11.9	119.2
2014				0.0						
Total		30.0	12.0		69.2	50.0			119.2	119.2

Opción 11 : Agencia Bilateral

Principal \$	30.0 US\$ millones					
Desemb.	0.22	10.55	16.91	1.64	0.86	30.2
Particip.	0.7%	35.2%	56.4%	5.5%	2.9%	1.0
Intereses	20.0%					
Pago	30.0					
Gracia	10.0					
Años/Perío	20.0					
Nivel de P.	-6.2					
C. compr.						
IDC (int 1998-2002)	0.0					

	Saldo al inicio	Desembolso	IDC	Pasivo	Pago de intereses	Pago al Principal	Cargo por compromiso	Saldo final	Amortización	Pago Acumulado
1999	0.0	0.2	0.0		0.022			0.2	0.022	0.0
2000	0.2	10.6	0.0		1.098			10.8	1.098	1.1
2001	10.8	16.9	0.0		3.844			27.7	3.844	5.0
2002	27.7	1.6	0.0		5.699			29.3	5.699	10.7
2003	29.3	0.9	0.0		5.949			30.2	5.949	16.6
2004	30.2				6.036			30.2	6.036	22.6
2005	30.2				6.036			30.2	6.036	28.7
2006	30.2				6.036			30.2	6.036	34.7
2007	30.2				6.036			30.2	6.036	40.8
2008	30.2				6.036			30.2	6.036	46.8
2009				123.9	6.036	0.162	0	6.2	6.197	53.0
2010				117.7	6.003	0.194	0	6.2	6.197	59.2
2011				111.6	5.964	0.233	0	6.2	6.197	65.4
2012				105.4	5.918	0.279	0	6.2	6.197	71.6
2013				99.2	5.862	0.335	0	6.2	6.197	77.8
2014				93.0	5.795	0.402	0	6.2	6.197	84.0
2015				86.8	5.715	0.483	0	6.2	6.197	90.2
2016				80.6	5.618	0.579	0	6.2	6.197	96.4
2017				74.4	5.502	0.695	0	6.2	6.197	102.6
2018				68.2	5.363	0.834	0	6.2	6.197	108.8
2019				62.0	5.196	1.001	0	6.2	6.197	115.0
2020				55.8	4.996	1.201	0	6.2	6.197	121.2
2021				49.6	4.756	1.441	0	6.2	6.197	127.4
2022				43.4	4.468	1.730	0	6.2	6.197	133.6
2023				37.2	4.122	2.075	0	6.2	6.197	139.7
2024				31.0	3.707	2.491	0	6.2	6.197	145.9
2025				24.8	3.209	2.989	0	6.2	6.197	152.1
2026				18.6	2.611	3.586	0	6.2	6.197	158.3
2027				12.4	1.894	4.304	0	6.2	6.197	164.5
2028				6.2	1.033	5.164	0	6.2	6.197	170.0
2029				0.0						
Total		30.2	0.0		131.8	30.2			170.0	170.0

Alternativa 4

Opción 8 : Agencia Multilateral

Principál \$	30.0 US\$ millones						
Desemb.	0.264	10.915	15.172	2.062	1.586	30.0	
Particip.	0.9%	36.4%	50.6%	6.9%	5.3%	1.0	
Intereses	20%	CEYES		15.0%	Margen	5.0%	Banco Mundk 7.5%
Pago	15						
Gracia	5						
Años Perío	10						
Nivel de Pi	-11.9						
C. compr.							
IDC (int 1998-2002)	19.9						

	Saldo al inicio	Desembolso	IDC	Pasivo	Pago de intereses	Pago al Principal	Cargo por compromiso	Saldo final	Amortización	Pago Acumulado
1999	0.00	0.26	0.026					0.29		0.0
2000	0.29	10.92	1.15					12.36		0.0
2001	12.36	15.17	3.99					31.52		0.0
2002	31.52	2.06	6.51					40.09		0.0
2003	40.09	1.59	8.18					49.85		0.0
2004				118.9	10.0	1.9	0		11.9	11.9
2005				107.0	9.6	2.3	0		11.9	23.8
2006				95.1	9.1	2.8	0		11.9	35.8
2007				83.2	8.6	3.3	0		11.9	47.7
2008				71.2	7.9	4.0	0		11.9	59.6
2009				59.3	7.1	4.8	0		11.9	71.5
2010				47.4	6.2	5.7	0		11.9	83.4
2011				35.5	5.0	6.9	0		11.9	95.3
2012				23.6	3.6	8.3	0		11.9	107.3
2013				11.9	2.0	9.9	0		11.9	119.2
2014				0.0						
Total		30.0	19.9		69.2	50.0			119.2	119.2

Opción 12 : Agencia Bilateral

Principál \$	30.0 US\$ millones						
Desemb.	0.26	10.92	15.17	2.06	1.59	30.0	
Particip.	0.9%	36.4%	50.6%	6.9%	5.3%	1.0	
Intereses	20.0%						
Pago	30.0						
Gracia	10.0						
Años Perío	20.0						
Nivel de Pi	-6.2						
C. compr.							
IDC (int 1998-2002)	0.0						

	Saldo al inicio	Desembolso	IDC	Pasivo	Pago de intereses	Pago al Principal	Cargo por compromiso	Saldo final	Amortización	Pago Acumulado
1999	0.0	0.3	0.0		0.026			0.3	0.026	0.0
2000	0.3	10.9	0.0		1.144			11.2	1.144	1.2
2001	11.2	15.2	0.0		3.753			26.4	3.753	4.9
2002	26.4	2.1	0.0		5.477			28.4	5.477	10.4
2003	28.4	1.6	0.0		5.841			30.0	5.841	16.2
2004	30.0				6.000			30.0	6.000	22.2
2005	30.0				6.000			30.0	6.000	28.2
2006	30.0				6.000			30.0	6.000	34.2
2007	30.0				6.000			30.0	6.000	40.2
2008	30.0				6.000			30.0	6.000	46.2
2009				123.2	6.036	0.162	0	6.2	6.197	52.4
2010				117.0	6.003	0.194	0	6.2	6.197	58.6
2011				110.8	5.964	0.233	0	6.2	6.197	64.8
2012				104.6	5.918	0.279	0	6.2	6.197	71.0
2013				98.4	5.862	0.335	0	6.2	6.197	77.2
2014				92.2	5.795	0.402	0	6.2	6.197	83.4
2015				86.0	5.715	0.483	0	6.2	6.197	89.6
2016				79.8	5.618	0.579	0	6.2	6.197	95.8
2017				73.6	5.502	0.695	0	6.2	6.197	102.0
2018				67.4	5.363	0.834	0	6.2	6.197	108.2
2019				61.2	5.196	1.001	0	6.2	6.197	114.4
2020				55.0	4.996	1.201	0	6.2	6.197	120.6
2021				48.8	4.756	1.441	0	6.2	6.197	126.8
2022				42.6	4.468	1.730	0	6.2	6.197	133.0
2023				36.5	4.122	2.075	0	6.2	6.197	139.2
2024				30.3	3.707	2.491	0	6.2	6.197	145.4
2025				24.1	3.209	2.989	0	6.2	6.197	151.6
2026				17.9	2.611	3.586	0	6.2	6.197	157.8
2027				11.7	1.894	4.304	0	6.2	6.197	164.0
2028				6.2	1.033	5.164	0	6.2	6.197	170.0
2029				0.0						
Total		30.0	0.0		131.3	30.2			170.0	170.0