

### a.5.3 Horas de Brillo Solar

Las horas de brillo solar no se registran en la actualidad debido a que se tornó estable a lo largo de los años. El Cuadro 11-10 presenta las horas de brillo solar promedio mensual en la estación de B.AFF entre 1908 y 1965.

Cuadro 11-10: Horas de Brillo Solar Promedio Mensual (de 1908 hasta 1965)

unidad : horas/mes

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

### a.6. Cantidad de Relleno

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

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

unidad : m<sup>3</sup>

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

nota : \*se asume que el volumen remanente de la Etapa 2 a finales del año 2006 es de alrededor de 278,000 m<sup>3</sup>

## b. Diseño Conceptual

### b.1. Area del Relleno

#### b.1.1 Plan de Desarrollo del Area

##### Concepto Básico

La capacidad de relleno planificada es de alrededor 6.4 millones de m<sup>3</sup>. El área posible de desarrollo es de alrededor de 26 ha, teniendo en cuenta también 50 m de ancho de una zona de amortiguamiento a lo largo del río. El relleno tendrá un camino de mantenimiento en su periferia. En consecuencia, el área a ser utilizada por el relleno es de alrededor de 20 ha. .

Un plan esquemático de diseño y un plan de reclamación son formulados con base en los conceptos básicos que muestra el Cuadro 11-12, teniendo en consideración ejemplos en el Japón y factores de seguridad. Debido a las características del terreno, existen áreas donde los 50 m de zona de amortiguamiento no podrán ser logrados; para tales situaciones, se tratará de asegurar por lo menos 30 mts.

Cuadro 11-12: Concepto Básico del Plan de Desarrollo del área

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

#### Plan de Desarrollo del Area

La construcción del relleno se ha dividido en tres fases como se muestra en la Figura 11-6. La Fase 1 se realizará en la parte sur, la Fase 2 se realizará en la parte noroeste y la Fase 3 se realizará en la parte noreste. El espesor total del relleno será de 10m; el desecho se colocará hasta 80 msnm para cada Fase. Posteriormente, las tres áreas se combinarán y se rellenará sobre ellas para alcanzar 110 msnm, esta parte se denominará Fase 4. Las capacidades de cada Fase se muestran en el Cuadro 11-13 que se estimó con base a un mapa 1:2,500.

Cuadro 11-13: Proyecciones de la Cantidad de Relleno

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

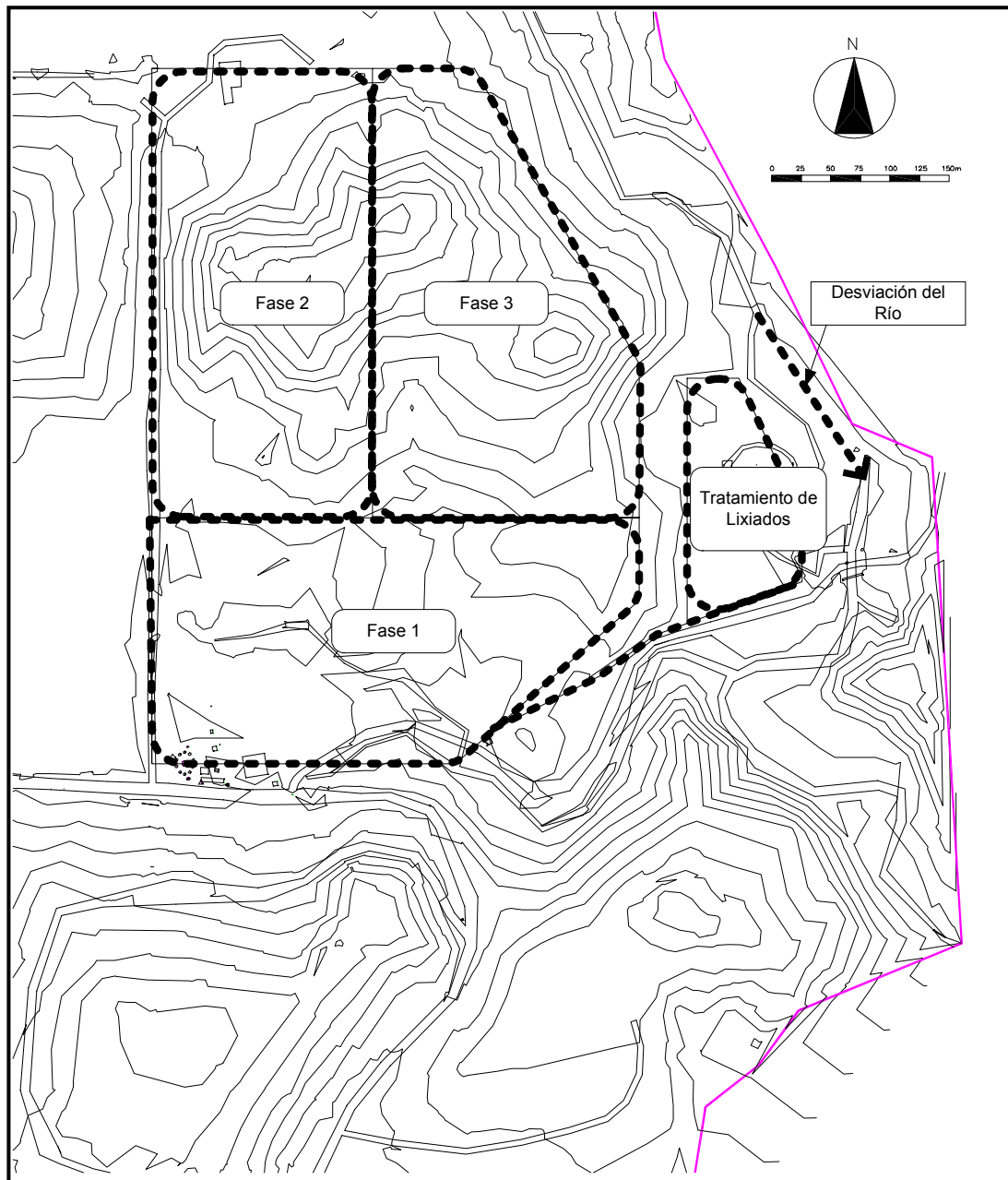


Figura 11-6: Plan de Zonificación del Area de Desarrollo

### Plan de Movimiento de Tierra

El Cuadro 11-14 muestra los trabajos de movimiento de tierra que se requieren. Los trabajos masivos de movimiento de tierra para las Fases 2 y 3 serán inevitables para obtener la capacidad suficiente de relleno. Del suelo excavado, 1.4 millones pueden ser utilizados como material de cobertura, el material remanente de excavación será de alrededor de 2.1 millones. El sector norte cerca del área del proyecto puede recibir 2.2 millones de m<sup>3</sup> de suelo (Ver Figura 11-7).

Cuadro 11-14: Volumen de Movimiento de Tierra

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

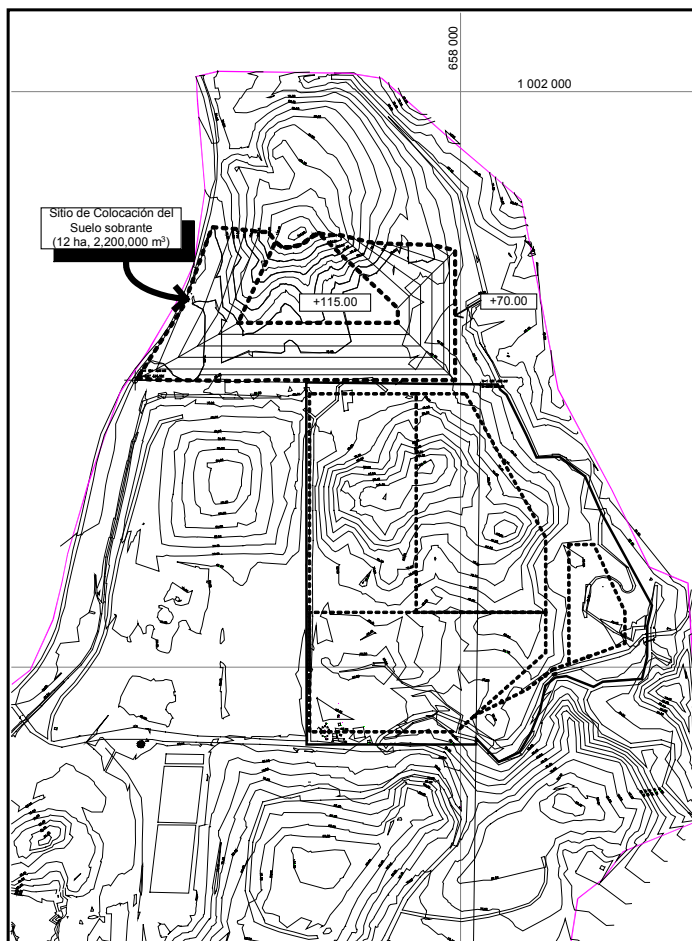


Figura 11-7: Área de Colocación del Material Sobrante

Cuadro 11-15: Volumen Total que Puede Recibir el Área Donde se Colocará el Material Sobrante

Nivel	Área 1(m <sup>2</sup> )	Área promedio (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
+70.00	48,500	58,300	5	291,500
+75.00	68,100			
+85.00	59,700	63,900	10	639,000
+95.00	50,600	55,150	10	551,500
+105.00	40,100	45,350	10	453,500
+115.00	27,500	33,800	10	338,000
Total				2,273,500

## **Estructura de Retención para los Desechos**

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

### **b.1.2 Plan de Recolección del Agua Sub-terránea**

#### **Situación Actual**

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

#### **Establecimiento de una Estructura de Drenaje de Agua Sub-terránea**

La estructura de drenaje será instalada con el fin dirigir el flujo de agua sub-terránea bajo el relleno. La estructura de drenaje consistirá de una línea principal y de ramificaciones. La línea principal será colocada al pie del talud o terraza. Las ramificaciones serán distribuidas en un área de 3,000 m<sup>2</sup> (en un intervalo de alrededor de 30 m).

#### **Diseño de la Estructura de Drenaje para Aguas Sub-terráneas**

El diseño de la estructura de drenaje para aguas sub-terráneas se muestra en la Figura 11-8. La estructura se diseñó con base en ejemplos del Japón; consiste de tubería de polímero perforada que es cubierta por roca triturada. La línea principal tiene un diámetro de 300 mm. Las ramificaciones tienen un diámetro de 200 mm que evitarán que se obstruya con suelo.

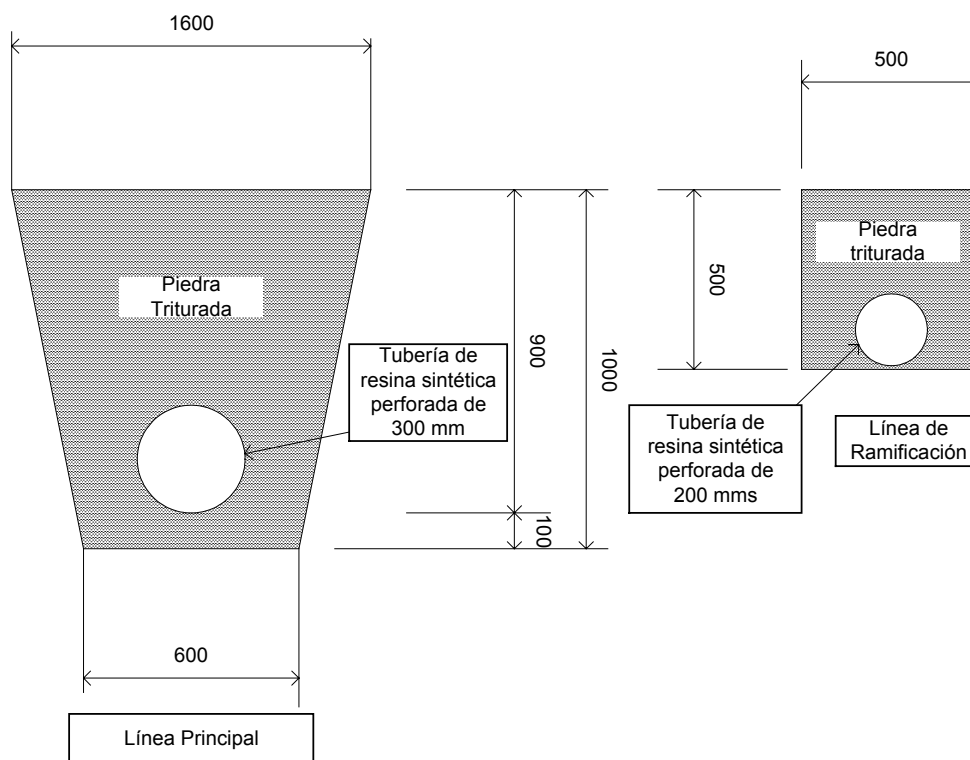


Figura 11-8: Área Transversal del Drenaje para Aguas Sub-terráneas

### b.1.3 Plan de Manejo de los Lixiviados

#### b.1.3.1 Plan para Controlar la Percolación

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

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

Una capa sintética es comúnmente utilizada como capa impermeabilizante. Dicha capa sintética no es gruesa, de manera tal que puede ser dañada debido a mal uso/instalación. Las principales causas que posiblemente causan daño a dicha capa sintética se resumen en el Cuadro 11-16.

Cuadro 11-16: Causas principales que Provocan Daños a la Capa Sintética Impermeabilizante

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

La principal causa se debe a la presión causada por cargas en su superficie. Con el fin de evitar que la capa impermeabilizante sea dañada, se debe proteger con una capa de suelo y geotextil lo suficientemente gruesa. En consecuencia, se propone un diseño de un sistema de impermeabilización como el que muestra la Figura 11-9.

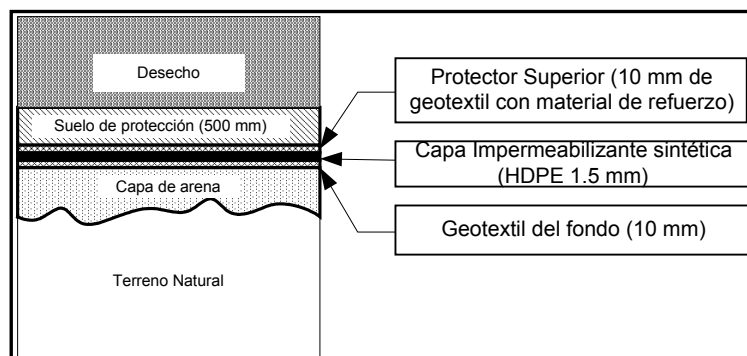


Figura 11-9: Sistema de Impermeabilización para Controlar la Percolación

### b.1.3.2 Recolección de Lixiviados

#### Cantidad de Lixiviado que Escurre

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

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

donde ;

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

### Tasa de escorrentía

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

### Intensidad de Lluvia

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

### Area de Captación

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

### Ordenamiento de las tuberías de recolección

La tubería de recolección consiste de líneas principales y ramificaciones. Las líneas principales son colocadas en el centro de las áreas de relleno y las ramificaciones se distribuyen en 3,000 m<sup>2</sup> (en un intervalo de aproximadamente 30 m).

### Tamaño de la tubería de recolección

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

Cuadro 11-17: Cuadro del Cálculo de Flujo para el Sistema de Recolección de Lixiviados

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

#### b.1.4 Plan de Drenaje de Agua Pluvial

##### Cantidad de Escorrentía Pluvial



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

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

donde ;            Q        :        cantidad de escorrentía pluvial (m<sup>3</sup>/sec)  
                      f        :        Tasa de escorrentía  
                      r        :        Intensidad de escorrentía (mm/hora)  
                      A        :        Área de captación (hectárea)

### Tasa de Escorrentía

La tasa de escorrentía, “f,” depende de condiciones superficiales del área de captación. Las características del área de captación muestra que es un poco accidentado y con vegetación. Por lo tanto, se aplica un valor de “f” de 0.6 de acuerdo con el Cuadro 11-18.

Cuadro 11-18: Tasa de Escorrentía para Flujos Picos

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

Fuente: Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles, 1999

### Intensidad de Precipitación

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

### Área de Captación

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

### Sistema de Drenaje

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

Cuadro 11-19: Cuadro de Calculo para el Sistema de Drenaje Pluvial

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

## b.2. Sistema de Tratamiento de Lixiviados

### b.2.1 Cantidad de Tratamiento

La cantidad de lixiviado estará en dependencia de la precipitación y la evaporación. En este sentido, la temporada lluviosa es muy diferente a la temporada seca en el área de estudio, donde casi la totalidad de la cantidad de precipitación ocurre en la temporada lluviosa. En este caso, no es económico diseñar estructuras de tratamiento de lixiviados en base a la precipitación máxima. Con el fin de prevenir este caso no-económico, se considera la construcción de una laguna de regulación para tratar de obtener un promedio de la cantidad de lixiviado a ser tratado. La Figura 11-10 muestra el concepto de esta idea. Este sistema

reduce la capacidad de diseño de las instalaciones, además que reduce costos y simplifica la operación debido a que la cantidad de lixiviado a ser tratado se torna estable.

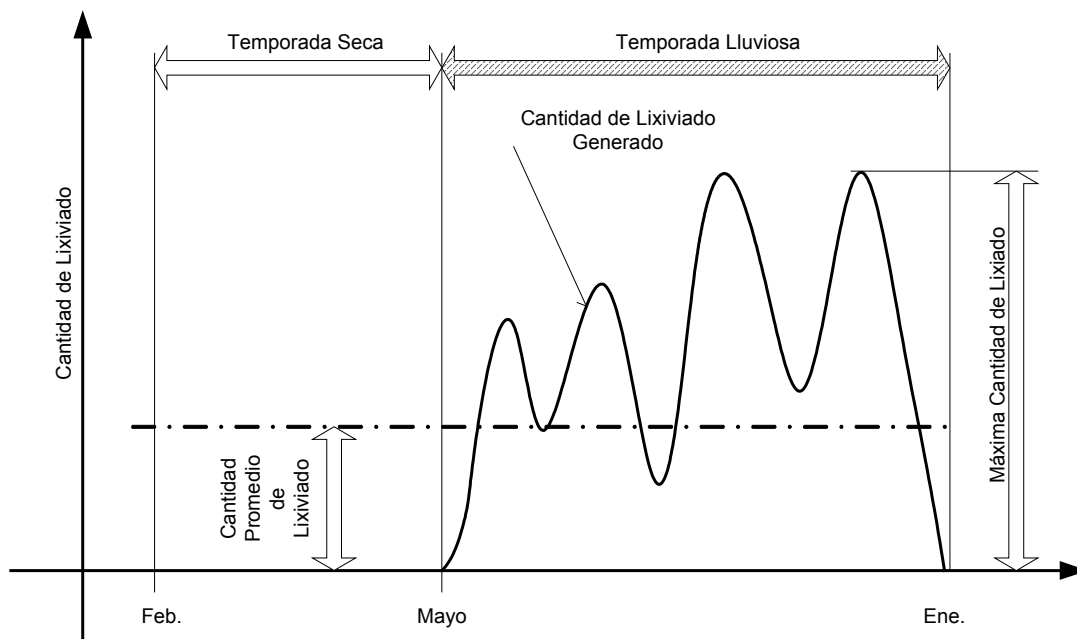


Figura 11-10: Concepto de la Cantidad Máxima y Promedio de Lixiviado

### Cantidad de Flujo Regulado de Lixiviado Requerido y Cantidad de Tratamiento

La cantidad de lixiviado depende de la precipitación y la evaporación. La capacidad requerida de las instalaciones de tratamiento de lixiviados está en dependencia a la capacidad de la laguna de regulación. La Figura 11-11 muestra este concepto.

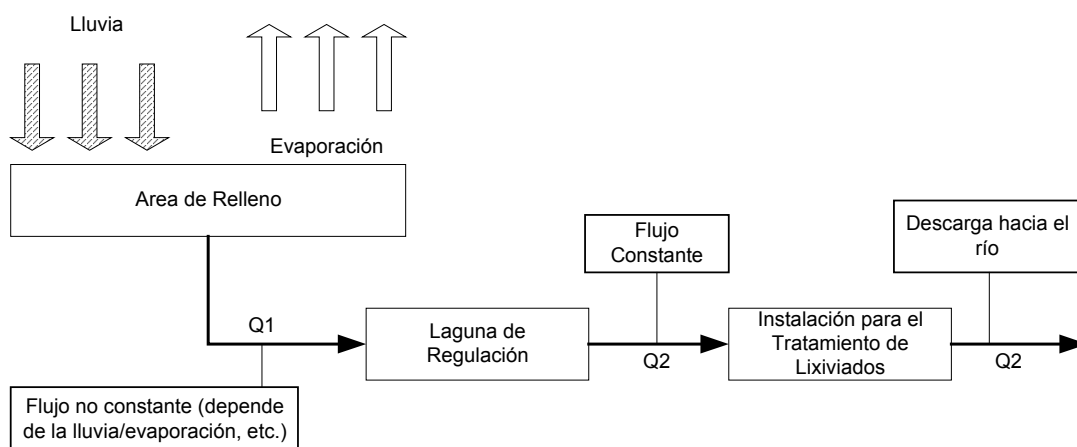


Figura 11-11: Concepto del Flujo Regulado de los Lixiviados y la Cantidad de Tratamiento

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

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

donde ;

- I : Intensidad de Lluvia (mm/día)  
 Q : Cantidad de Generación de Lixiviados (m<sup>3</sup>/día)  
 C1 : Coeficiente de infiltración para el área de operación del relleno  
 A1 : Area de operación del relleno (m<sup>2</sup>)  
 C2 : Coeficiente de Infiltración para el área ya cerrada del relleno  
 A2 : Area del relleno clausurada (m<sup>2</sup>)

$$C1 = 1 - ET / IM$$

donde;

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

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

donde;

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

### Area de Relleno

Las áreas de operación y cerradas que son consideradas para los cálculos de generación de lixiviados son mostradas en el Cuadro 11-20.

Cuadro 11-20: Casos Evaluados para el Cálculo

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

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

Cuadro 11-21: Año de Mayor Precipitación (entre 1992 y 2001)

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

### Capacidad de Tratamiento Requerida y Cantidad a ser Regulada

El Cuadro 11-22 muestra la relación entre las capacidades de las instalaciones de tratamiento y la cantidad a ser regulada por la laguna de regulación, con base en la cantidad de lixiviado generado. Las condiciones del lugar definen la capacidad de la laguna de regulación, es decir, 24,000 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, la capacidad requerida de la instalación de tratamiento de lixiviados, que corresponde a la laguna, puede ser obtenida del cuadro como teniendo una capacidad de 800 m<sup>3</sup>/day.

Cuadro 11-22: La Capacidad de Tratamiento y Cantidad a ser Regulada

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

#### b.2.2 Calidad de Agua

La calidad del lixiviado varía en dependencia del tipo de desecho que es dispuesto, clima, etc. Para este estudio, la calidad del lixiviado del relleno existente fue evaluada en una ocasión. Se obtuvieron valores de 762 mg/l de DBO y 1,009 mg/l de DQO. Sin embargo, estos valores son considerablemente menores a la calidad típica del lixiviado, como lo muestra el Cuadro 11-23.

Cuadro 11-23: Datos Típicos de la Calidad del Lixiviado

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

Fuente : integrated solid waste management, McGraw-Hill

Se considera arriesgado utilizar los valores de calidad de lixiviados obtenidos del relleno como condiciones de diseño. Como resultado, se aplicaron valores típicos como condiciones de diseño, o sea la calidad del lixiviado que entra, para las instalaciones para tratamiento de lixiviados en este plan. Por otra parte, los estándares de vertimiento establecidos por ANAM son tomados en cuenta para definir la calidad del lixiviado de salida. El Cuadro 11-24 resume

las condiciones de diseño para las instalaciones de tratamiento de lixiviado, es decir, las calidades de los líquidos que entran y que desaguan desde las instalaciones.

Cuadro 11-24: Condiciones de diseño para la Instalación de Tratamiento de Lixiviado

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

### b.2.3 Proceso del Tratamiento

#### Flujo del Proceso

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

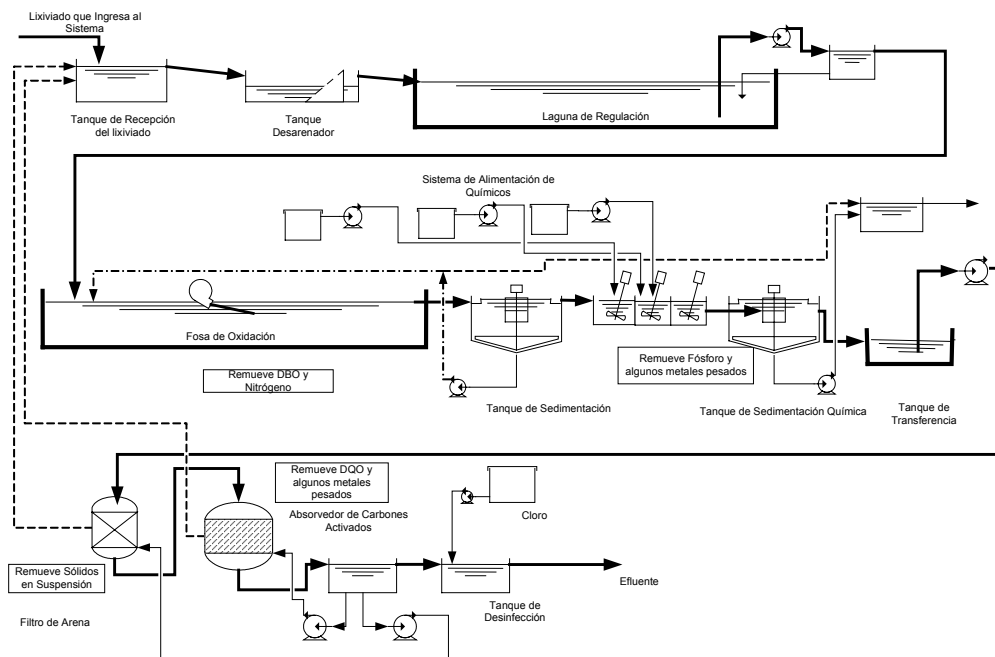


Figura 11-12: Lámina que Muestra el Flujo del Proceso para el Tratamiento de Lixiviados

### Resumen de la Instalación para Tratamiento de Lixiviados

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

Cuadro 11-25: Resumen de la Instalación para el Tratamiento de Lixiviados

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

#### c. Estimación de Costos

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

Cuadro 11-26: Costos Globales

unidad : US\$ 1,000

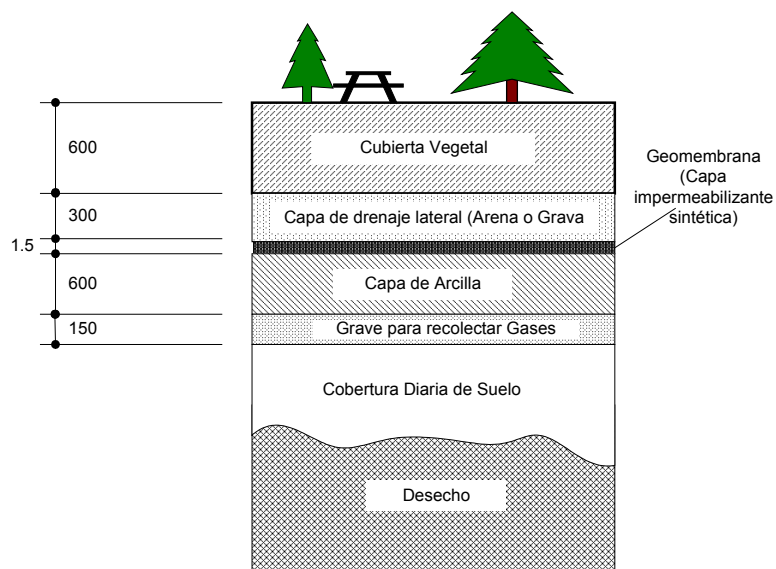
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
<b>Lugar de Relleno</b>													
Inversión*													
Diseño & supervisión	66	66	306	306	341	341	8	8					1,442
Construcción		4,400		20,400		22,700		500					48,000
O&M		2,811	2,811	2,811	2,811	2,811	2,811	2,811	3,469	3,469	3,469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

\* Excluye el costo de la clausura.

## d. Plan de Clausura

### d.1. Cobertura Final

La cobertura final es muy importante para el tipo de uso que se le dará al relleno después de la clausura, y control de lixiviados y gases. En la Figura 11-13 se propone un diseño de la estructura de la cobertura final.



Unidad: mm

Figura 11-13: Estructura Propuesta para la Cobertura Final

### d.2. Plan de Uso Post-clausura

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

#### d.2.1 Área de Diseño

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

#### d.2.2 Zonificación

El plan de zonificación se presenta en la Figura 11-14.



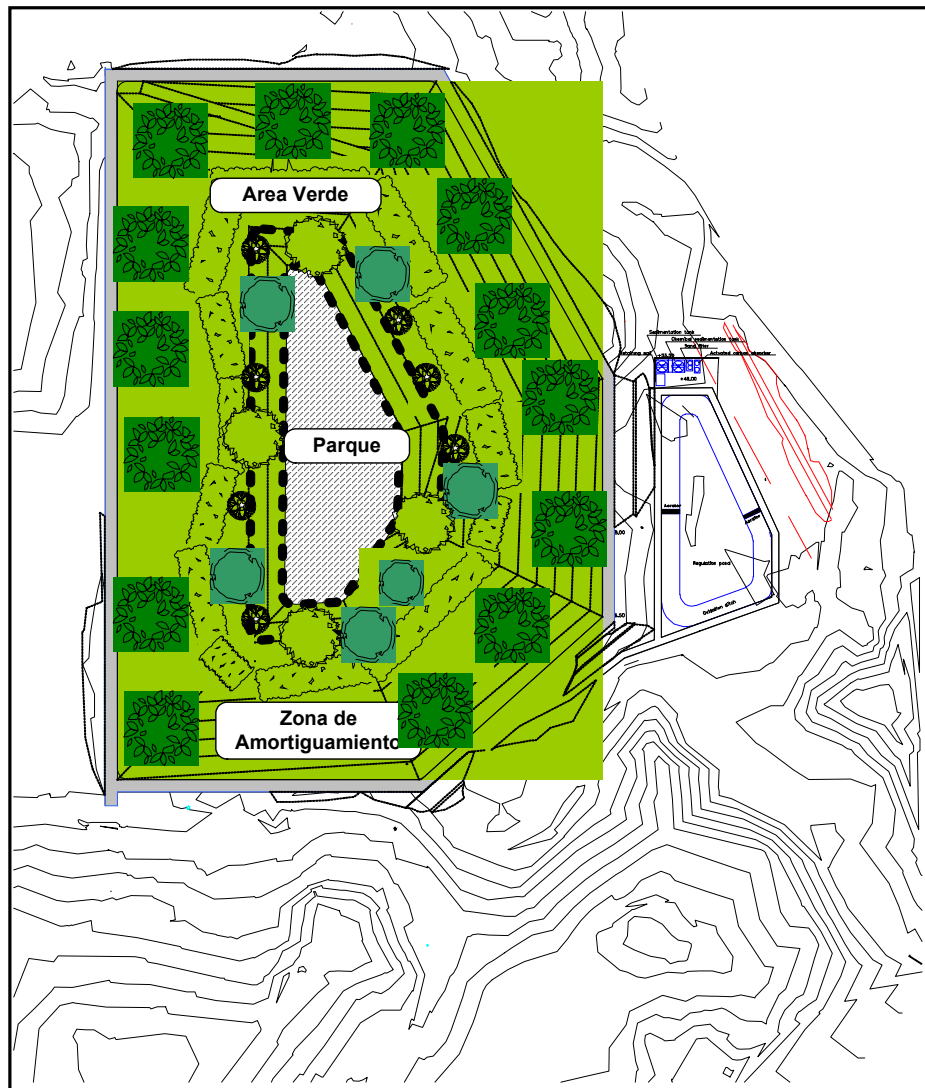


Figura 11-14: Plan de Zonificación

### **Zona de Parque**

La parte superior tendrá un área de alrededor de 19,000m<sup>2</sup>. El área será usada como un espacio multi-propósito, donde se pueden ubicar un campo de fútbol, un cuadro de béisbol, canchas de tenis, etc.

### **Area Verde**

En la parte superior del talud, se reforestará con arbustos, donde la gente puede realizar caminatas a lo largo de una vereda natural.

### **Zona de Amortiguamiento**

Se establecerá vegetación en la zona de amortiguamiento en la parte baja del talud, tendrá el propósito de tratar de armonizar el sector con el área verde que la rodea.

## **11.2.2 Estudio de Pre-factibilidad para el Sistema de Transferencia y Transporte**

### **a. Consideraciones sobre la Necesidad de un Sistema de Transferencia y Transporte**

#### **a.1. Antecedentes**

El Distrito ha experimentado una expansión hacia el Norte y el Este. Los Corregimientos en el Norte, Chilibre y Las Cumbres, experimentaron un crecimiento poblacional de 49% y de 64% desde el año 1990 hasta el año 2000 respectivamente. Por otra parte, los Corregimientos hacia el Este, San Martín, Pacora, y Tocumen, experimentaron un crecimiento poblacional entre el año 1990 y el año 2000 de 44%, 132%, y 77% respectivamente.

El sistema de recolección en el sector Este es realizado con camiones compactadores de 12.2 m<sup>3</sup> (16 yd<sup>3</sup>); y utilizando, eventualmente, camiones compactadores de 15.3 m<sup>3</sup> (20 yd<sup>3</sup>), especialmente para en áreas de alta concentración, tales como las rutas que cubren el Centro Comercial Los Pueblos, San Joaquín, y Jardín Olímpico. Los datos de la DIMAUD sugieren que en el sector se recolectan alrededor de 70 toneladas/día.

Por otro lado, el sistema de recolección para el Norte fue inicialmente realizado con compactadores de 12.2 m<sup>3</sup>; sin embargo, con la reciente adquisición de camiones compactadores con capacidad de 15.3 m<sup>3</sup>, la recolección se realiza con dichos camiones para las partes más distantes hacia el Norte, como son las rutas Chilibre Centro y Quebrada Ancha; además, se utiliza un pequeño camión volquete de 3.1 m<sup>3</sup> (4 yd<sup>3</sup>) para las áreas donde el vehículo de 15.3 m<sup>3</sup> tiene dificultades de acceso. De acuerdo con los datos del servicio de recolección de la DIMAUD, para esas dos rutas la recolección promedio diaria es de 7.6 toneladas.

Aunque la cantidad de desechos recolectados en el área Este no es considerable y la que se recolecta en el sector Norte es algo pequeña, ha surgido la necesidad de evaluar la construcción de estaciones de transferencia teniendo en consideración el rápido crecimiento de dichas áreas. Como resultado, se ha realizado un estudio de pre-factibilidad para el sistema de transferencia y transporte.

#### **a.2. En Conformidad con las Normas, Regulaciones y otros Planes**

##### **a.2.1 Planificación Urbana**

###### **Este**

El Decreto 205 (28 de diciembre del 2000) aprobó el “Plan de Desarrollo Urbano de las Areas Metropolitanas del Pacífico y el Atlántico” que establece provisiones para sistemas de infraestructura para “...Agua Potable, Drenajes Pluviales, Alcantarillado Sanitario,

Electricidad, Telecomunicaciones y Residuos Sólidos...” El Plan, de hecho, contempla una Estación de Transferencia denominada Tocumen que se ubicaría a sólo 1.5 km al Oeste del Aeropuerto y le prestaría servicio a alrededor de 148,442 residentes para el año 2020. Sin embargo, también deben tenerse en cuenta otras provisiones porque el mismo Decreto 205 establece que el “Aeropuerto de Tocumen y su Entorno” son consideradas Areas Especiales Funcionales que se definen como “zonas que requieren de estudios más detallados para asegurar que el carácter y la función de su desarrollo futuro sean compatibles con el resto del área urbana.” Un sistema de Transferencia y Transporte podría no ser compatible con las funciones de un Aeropuerto Internacional y sus planes de expansión.

### **Norte**

El Sistema de Transferencia y Transporte para el Norte tendrá consideraciones especiales debido a lo siguiente:

- a) Varios de los centros poblacionales más importantes que se ubican al Norte, tales como, Alcalde Díaz, Villa Esperanza, Don Bosco y Chilibre también se localizan dentro de la Cuenca del Canal de Panamá y a lo largo del Corredor Trans-ístmico.
- b) El Corredo Trans-ístmico se define de acuerdo al Decreto 205<sup>1</sup> (28 de Diciembre, 2000) como una “área especial de preocupación crítica en la que toda consideración sobre el manejo de la misma, tendrá como fin primario rehabilitar y proteger el medio natural, especialmente el recurso hídrico con el cual opera el Canal de Panamá y se abastece el consumo de la población metropolitana.”
- c) Existe una política explícita para “...orientar el crecimiento urbano sobre las costas y por fuera de la Cuenca del Canal...” (Ley No. 21<sup>2</sup>, Categorías de Ordenamiento Territorial, Areas Urbanas, del 2 de Julio, 1997). En la actualidad, la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) se encuentra promoviendo una regulación de la Ley No. 21 y un borrador de ésta se prevé que estará listo para finales del año 2002.
- d) El MIVI y otras instituciones relacionadas se encuentran revisando un documento titulado “Normativa de Desarrollo Urbano para las Localidades de los Corregimientos Chilibre y Las Cumbres” que regularía asentamientos poblacionales para esos dos Corregimientos en la parte de la Cuenca del Canal de Panamá. La Normativa regularía la expansión urbana principalmente al definir áreas para propósitos definidos y al establecer, por ejemplo, áreas mínimas para asentarse, en especial para construcciones residenciales. Se espera que se promulgue esta Normativa a largo del año 2002.

En consecuencia, el desarrollo urbano y la cantidad de desechos generados por sus pobladores deberían ser cuidadosamente evaluados.

Por otra parte, el concepto de establecer estaciones de transferencia para servir las áreas al Este y al Norte del Distrito ya había sido considerado en el informe para el “Plan de

---

<sup>1</sup> Decreto que aprobó el Plan de Desarrollo Urbano de las Areas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico, adscrito a la Dirección General de Desarrollo Urbano del Ministerio de Vivienda y su reglamento general

Desarrollo Urbano de las Areas Metropolitanas del Pacífico y del Atlántico”<sup>3</sup>. De hecho, el Decreto 205 establece consideraciones para este tipo de instalaciones porque ya define provisiones para sistemas de infraestructura para “...Agua Potable, Drenajes Pluviales, Alcantarillado Sanitario, Electricidad, Telecomunicaciones y Residuos Sólidos...”

El informe preparado por Dames & Moore propuso una Estación de Transferencia (E/T) denominada Las Cumbres que daría servicio a los Corregimientos José Domingo Espinar, Belisario Porras, y a la Zona Integrada No. 4 (Las Cumbres y Chilibre). La población total a ser servida para el año 2020 sería de 495,595. Debe de hacerse la salvedad de que José Domingo Espinar y Belisario Porras ahora pertenecen al Distrito de San Miguelito cuyo servicio de recolección es prestado por una compañía privada.

### **a.2.2 Transporte**

Panamá no tiene regulaciones ambientales específicas relacionadas al sistema de Transferencia y Transporte. Sin embargo, existen otras regulaciones relacionadas a este tipo de instalaciones, por ejemplo, la Ley 10 (promulgada el 27 de Enero, de 1989), la que trata sobre los Pesos y Dimensiones de los Vehículos pesados que transitan por vías públicas. La entidad encargada de aplicar la Ley 10 es la Autoridad del Transito y Transporte Terrestre (ATTT).

El Sistema de Transferencia y Transporte usualmente utiliza tracto-traileres para transportar una mayor cantidad de desechos por viaje. Un tracto-trailer típico consiste de un tracto-camión de tres ejes y un semi-trailer de dos ejes. Este tipo de combinación es denominada por la ATTT como T3-S2. La Autoridad restringe la carga máxima total para este tipo de vehículo a 38.3 Toneladas. Si algún vehículo excede el peso definido, entonces la Ley 10 exige un permiso especial emitido por el Ministerio de Obras Públicas para que el vehículo circule. El sistema de transporte recomendado, en otras palabras, el uso de tracto-traileres (con carga máxima útil de 20 toneladas) podría exceder el límite en dependencia de sus especificaciones. No obstante, el cliente puede solicitarle al fabricante que le construya un trailer que cumpla con sus necesidades y se apegue al reglamento existente, es decir, que cumpla con su máxima carga útil necesaria (20 toneladas) y la regulación de máximo peso sobre las vías públicas (38.3 toneladas).

### **a.3. Proyección de la Cantidad de Desechos Generados**

Los Corregimientos que serían servidos por las estaciones propuestas fueron definidos, en base a ensayos de análisis de punto de equilibrio que se van a describir más adelante,

---

<sup>2</sup> Ley por la cual se aprobó el Plan Regional para el Desarrollo de la Región Interoceánica y el Plan General de Uso, Conservación y Desarrollo del Area del Canal.

teniendo en consideración donde el sistema de transferencia y transporte sería más beneficioso en comparación con el sistema convencional de recolección. Los Corregimientos a evaluarse, serían los siguientes:

- Hacia el Este: Tocumen, Pacora y San Martín
- Hacia el Norte: Chilibre

Se proyectó la cantidad de desechos a ser generada, cuyos resultados se reflejan en el Cuadro 11-27 y el Cuadro 11-28. Debe tenerse presente que las proyecciones de población se basan en tendencias de crecimiento de los años recientes; sin embargo, no se toman en cuenta las políticas relacionadas a la Cuenca del Canal de Panamá porque existen demasiadas imponderables relacionadas a esas políticas para que puedan ser incluidas en un proyección de población.

Cuadro 11-27: Proyección de la Cantidad de Desechos Recolectados en el Este

Año		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Población	Pacora	79,175	86,108	93,648	101,848	110,766	120,465	131,014	142,486	154,963	168,532	183,290	199,339	216,795
	San Martín	3,990	4,139	4,293	4,453	4,619	4,792	4,970	5,156	5,348	5,547	5,754	5,969	6,191
	Tocumen	98,708	104,501	110,633	117,126	123,999	131,276	138,980	147,136	155,770	164,911	174,589	184,834	195,681
	Total	181,873	194,748	208,574	223,427	239,384	256,533	274,964	294,778	316,081	338,990	363,633	390,142	418,667
Cantidad de Desechos (ton/día)		205.2	221.8	240.3	261.0	280.6	299.4	319.5	340.5	362.9	386.8	411.6	438.1	466.0

Cuadro 11-28: Proyección de la Cantidad de Desechos Recolectados en el Norte

Año		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Población	Chilibre	45,634	47,495	49,433	51,449	53,548	55,733	58,007	60,373	62,836	65,400	68,068	70,845	73,735
Cantidad de Desechos (ton/día)		27.1	28.8	30.5	32.4	33.7	35.1	36.5	38	39.5	41.1	42.7	44.4	46.2

#### a.4. Análisis de Punto de Equilibrio

##### a.4.1 Datos Relevantes

Los datos relevantes para realizar el análisis de punto de equilibrio entre el sistema de transferencia y transporte vs. el sistema de transporte convencional que es realizado por los mismos vehículos de recolección fueron definidos a como lo muestra el Cuadro 11-29.

Cuadro 11-29: Datos Relevantes para el Análisis de Punto de Equilibrio

##### i. Parámetros Básicos

Aspecto	Unidad	Valor
<b>Parámetros Básicos</b>		
Horas diarias de trabajo	hr	16
Tiempo de Operación	hr	14
Tiempo de Mantenimiento	hr	2
No. de turnos	No.	2
Días de Trabajo	día	300

<sup>3</sup> Preparado por Dames & Moore

## ii. Sistema Convencional de Transporte

Aspecto	Unidad	Valor
<b>Camión Compactador (12.2 m<sup>3</sup>)</b>		
Carga útil	ton/camión	5
Tiempo por viaje de recolección	hr/viaje	5.0
No. de viajes	no./día	2.4
Cantidad de desechos recolectados	ton/camión/día	12
Vida útil	año	4
Distancia por viaje	km	50 <sup>a</sup> – 60 <sup>b</sup>
Kilometraje anual	km	36,000 <sup>a</sup> -43,200 <sup>b</sup>
Consumo de Combustible	km/litro	2.2
Conductor	persona	1
Trabajador de recolección	persona	3

Aspecto	Unidad	Valor
<b>Camión Compactador (15.3 m<sup>3</sup>)</b>		
Carga útil	ton/camión	7.7
Tiempo por viaje de recolección	hr/viaje	4.5
No. de viajes	no./día	2.7
Cantidad de desechos recolectados	ton/camión/día	21
Vida útil	año	4
Distancia por viaje	km	50 <sup>a</sup> – 60 <sup>b</sup>
Kilometraje anual	km	40,500 <sup>a</sup> -48,600 <sup>b</sup>
Consumo de Combustible	km/litro	2
Conductor	persona	1
Trabajador de recolección	persona	3

<sup>a</sup> Para el Sistema de Transferencia y Transporte para el Este

<sup>b</sup> Para el Sistema de Transferencia y Transporte para el Norte

## iii. Sistema de Transferencia y Transporte para el Este

Aspecto	Unidad	Valor
<b>Tracto-camión y trailer (65 m<sup>3</sup>)</b>		
Carga útil	ton/trailer	20
Tiempo por viaje de recolección	hr/viaje	4
No. de viajes	no./día	3
Cantidad de desechos recolectados	ton/trailer/día	60
Vida útil	años	7
Distancia por viaje	km	50
Kilometraje anual	km	45,000
Consumo de Combustible	km/litro	1.8
Conductor	persona	1
Trabajador de recolección	persona	0

Aspecto	Unidad	Valor
<b>Estación de Transferencia</b>		
Capacidad	ton/día	570
Vida útil	años	15
Costo Total	USD	10,449,000

## iv. Sistema de Transferencia y Transporte para el Norte

Aspecto	Unidad	Valor
<b>Camión Roll on/off &amp; Contenedores de 22.9 m<sup>3</sup></b>		
Carga útil	ton/camión	6.5
Tiempo por viaje de recolección	Hr/viaje	4
No. de viajes	no./día	3

Aspecto	Unidad	Valor
Cantidad de Desecho Recolectado	ton/camión/día	20
Vida útil	años	5
Distancia por viaje	km	60
Kilometraje anual	km	54,000
Consumo de combustible	km/litro	2
Conductor	persona	1
Trabajador de recolección	persona	3
Capacidad a ser manejada	ton/día	60
Cantidad de contenedores de 22.9 m <sup>3</sup> que serán utilizados desde el año 2003 hasta el año 2015	Unidad	67

#### a.4.2 Análisis para el Sector Este

El análisis de punto de equilibrio se realiza teniendo en consideración la proyección en la cantidad de desechos a ser recolectados para el año meta del Plan Maestro (2015).

##### a.4.2.1. Sistema de Transferencia y Transporte

La capacidad requerida para el sistema de transferencia y transporte se ha calculado como lo muestra el Cuadro 11-30, teniendo en cuenta que se consideran 300 días laborables en el año. Para el año 2015, la capacidad requerida sería de 570 ton/día que se estima es una cifra lo suficientemente considerable para requerir la introducción de una estación de transferencia y equipo de transporte de mayor magnitud. Por lo tanto, el sistema de transferencia y transporte para el análisis se establece de la manera como lo muestra el Cuadro 11-31.

Cuadro 11-30: Capacidad Requerida para la Estación de Transferencia en el Este

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Capacidad Requerida	250	270	300	320	350	370	390	420	450	480	510	540	570

Unidad: ton/día

Cuadro 11-31: Sistema de Transferencia y Transporte para el Este

Aspecto	Especificaciones
Estación de Transferencia	570 ton/día de una estación de descarga directa
Equipo de Transporte	Tracto-camión y trailer, de 65 m <sup>3</sup> (carga útil del camión es de 20 ton)

##### a.4.2.2. Resultados del Análisis

El análisis de punto de equilibrio fue realizado con base a los siguientes costos unitarios que se derivaron de los datos relevantes anteriormente presentados.

Cuadro 11-32: Estimación de Costos para un Sistema de Transferencia y Transporte para el Este

Aspecto	Unidad	Valor
<b>Transporte Convencional</b>		
Camión Compactador (15.3 m <sup>3</sup> )	USD/ton-min	0.044
Camión Compactador (12.2 m <sup>3</sup> )	USD/ton-min	0.058
<b>Estación de Transferencia Propuesta</b>		
Capacidad	ton/day	570
Costo Unitario Estimado	USD/ton	3.06
<b>Transporte Propuesto</b>		
Tracto-camión+trailer (65 m <sup>3</sup> )	USD/ton-min	0.0103

Los costos estimados fueron graficados y la intersección entre las rectas producidas por el transporte convencional y la recta derivada del sistema propuesto representa el punto de equilibrio (Ver Figura 11-15).

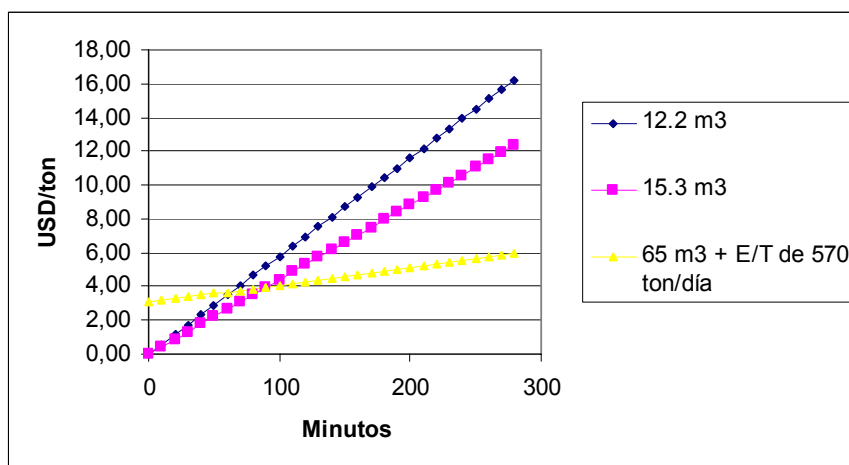


Figura 11-15: Análisis de Punto de Equilibrio para el Este

Estos resultados pueden representarse en un cuadro de la siguiente manera:

	Punto de Equilibrio en Minutos considerando 65 m <sup>3</sup> + E/T de 570 ton/día	Punto de Equilibrio en Kilómetros <sup>a</sup> considerando 65 m <sup>3</sup> + E/T de 570 ton/día	Distancia Tocumen-Patacón-Tocumen (km) <sup>b</sup>
12.2 m <sup>3</sup>	64	32	48
15.3 m <sup>3</sup>	90	45	48

<sup>a</sup> La distancia de punto de equilibrio (ida y regreso) fue calculada en base a una velocidad promedio de 30 km/hr

<sup>b</sup> La distancia fue medida por el Equipo de Estudio desde el Aeropuerto Internacional de Tocumen hasta Patacón

Los resultados muestran que una estación de transferencia de 570 toneladas/día en conjunto con un sistema de transporte realizado por tracto-camión y trailer de 65 m<sup>3</sup> es factible en comparación con un sistema de transporte realizado sólo por camiones compactadores de 12.2 m<sup>3</sup>, para un área ubicada a una distancia mayor que 32 km (ida y regreso) hasta Cerro Patacón; también el sistema propuesto es factible cuando se compara con un sistema de transporte realizado por camiones compactadores de 15.3 m<sup>3</sup> para un área ubicada a una



distancia mayor que 45 km (ida y regreso) hasta Cerro Patacón. Como punto de referencia, se ha establecido que el Aeropuerto Internacional de Tocumen se ubica a 24 km del sitio de disposición final de Cerro Patacón (48 km ida y regreso). Pacora y San Martín se encuentran al Este del Aeropuerto de Tocumen. En consecuencia, se puede concluir que el sistema de transferencia y transporte propuesto sería financieramente factible para Tocumen, Pacora, y San Martín al compararlo con el sistema convencional realizado por camiones compactadores.

#### a.4.3 Análisis para el Norte

##### a.4.3.1. Sistema de Transferencia y Transporte

La capacidad requerida para el sistema de transferencia y transporte en el Norte, se ha calculado de manera como lo muestra el Cuadro 11-33, teniendo en cuenta que se consideran 300 días laborables en el año. Para el año 2015, la capacidad requerida de la estación de transferencia sería de 60 toneladas/día. Considerando que la magnitud del sistema a ser empleado es muy pequeña para poder emplear uno semejante al propuesto para el Este, se propone introducir un sistema de camiones Roll-on/Roll-off y contenedores de 22.9 m<sup>3</sup> (30 yd<sup>3</sup>) para el sistema de transferencia y transporte para el Norte.

Cuadro 11-33: Capacidad Requeridas para la Estación de Transferencia en el Norte

Unidad: ton/día													
Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Capacidad requerida	40	40	40	40	50	50	50	50	50	60	60	60	60

Cuadro 11-34: Sistema de Transferencia y Transporte para el Norte

Aspecto	Especificación
Estación de Transferencia	Contenedor de 22.9 m <sup>3</sup> (30 yd <sup>3</sup> ) y plataforma acondicionada para cada uno de los contenedores
Equipo de Transporte	Camiones Roll-on/Roll-off

##### a.4.3.2. Resultados del Análisis

El análisis de punto de equilibrio se basó en los siguientes costos unitarios que se derivaron de los datos relevantes, mencionados anteriormente.

Cuadro 11-35: Costos Estimados para el Sistema de Transporte y Transferencia en el Norte

Aspecto	Unidad	Valor
<b>Transporte Convencional</b>		
Camión Compactador (15.3 m <sup>3</sup> )	USD/ton-min	0.045
Camión Compactador (12.2 m <sup>3</sup> )	USD/ton-min	0.059
<b>Sistema de Transferencia propuesto</b>		
Capacidad	ton/día	60
Número de contenedores de 22.9 m <sup>3</sup>	Unidades/año	6
Costo Unitario Estimado	USD/ton	3.35
<b>Transporte Propuesto</b>		
Camión de Roll-on/Roll-off (22.9 m <sup>3</sup> )	USD/ton-min	0.031

Los costos estimados fueron graficados y la intersección entre las rectas producidas por el transporte convencional y la recta derivada del sistema propuesto representa el punto de equilibrio (Ver la Figura 11-16).

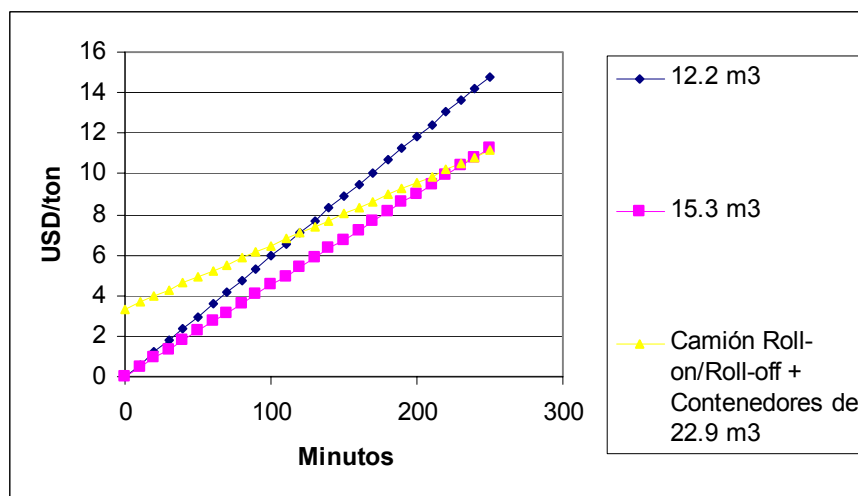


Figura 11-16: Análisis de Punto de Equilibrio para el Norte

Estos resultados pueden representarse en un cuadro de la siguiente manera:

	Punto de Equilibrio en Minutos considerando Camión Roll-on/Roll-off	Punto de Equilibrio en Kilómetros <sup>a</sup> considerando Roll-on/Roll-off	Distancia Chilbre-Patacón-Chilbre (km) <sup>b</sup>
12.2 m <sup>3</sup>	119	60	58
15.3 m <sup>3</sup>	240	120	58

<sup>a</sup> La distancia de punto de equilibrio (ida y regreso) fue calculada en base a una velocidad promedio de 30 km/hr

<sup>b</sup> La distancia fue medida por el Equipo de Estudio desde Chilibre Centro hasta Patacón

Estos resultados muestran que el sistema de transporte de Roll-on/Roll-off es factible comparado con el compactador (sistema convencional de transporte) sólo cuando las distancias de ida y retorno son mayores a 60 km para el compactador de 12.2 m<sup>3</sup> o mayores a 120 km para el compactador de 15.3 m<sup>3</sup>. A manera de referencia, se estableció que Chilibre Centro se ubica a 29 km (58 km ida y regreso) hasta el sitio de disposición final de Cerro Patacón. La población de Chilibre se concentra a lo largo del Corredor Trans-ístmico, cuyo centro puede ubicarse en Chilibre Centro donde el sistema propuesto, que consiste camiones Roll-on/Roll-off, podría ser factible en comparación con el camión compactador de 12.2 m<sup>3</sup>; sin embargo, no sería factible al compararlo con camiones compactadores de 15.3 m<sup>3</sup> que son precisamente el tipo de vehículo que actualmente sirve las rutas de Quebrada Ancha y Chilibre Centro.

#### a.5. Conclusiones

### **Este**

- Se proyecta que el crecimiento poblacional hacia el Este continúe siendo alto, de la manera como lo muestran los censos del año 1990 y el año 2002. Esta tendencia podría ser fomentada por políticas explícitas, tales como la Ley 21, que desincentiva mayores asentamientos hacia el Norte, pero los promueve hacia el Este.
- El análisis de punto de equilibrio mostró que un sistema de transferencia y transporte (compuesto de una estación de transferencia de 570 toneladas/día y tracto-camiones y trailers de 65 m<sup>3</sup>) es financieramente factible en comparación con un sistema convencional de transporte realizado por camiones compactadores de 12.2 m<sup>3</sup> o 15.3 m<sup>3</sup>.
- En consecuencia, un sistema de Transferencia y Transporte compuesto de una estación de transferencia de 570 toneladas/día y tracto-camiones más trailers de 65 m<sup>3</sup> de capacidad es recomendable para ser implementado en el Sector Este que se compone por los Corregimientos de Tocumen, Pacora, y San Martín.

### **Norte**

- El censo anterior (año 2000) mostró que este sector ha experimentado un alto crecimiento poblacional. Sin embargo, existen políticas explícitas para desincentivar mayores asentamientos poblacionales en el área, por ejemplo, la Ley 21 y el Decreto 205. Si estas políticas son implementadas de manera rigurosa, entonces se puede esperar que el crecimiento poblacional sea menor que el proyectado como resultado de los censos anteriores.
- El análisis de punto de equilibrio mostró que un sistema de transporte y transferencia que consista de camiones Roll-on/Roll-off y contenedores de 22.9 m<sup>3</sup> no sería factible al compararlo con el transporte convencional realizado por camiones compactadores de 12.2 m<sup>3</sup> y de 15.3 m<sup>3</sup>, estos últimos son precisamente los que prestan servicio en las rutas Quebrada Ancha y Chilibre Centro. Más aún, la cantidad actual de recolección en las rutas mencionadas anteriormente es de sólo 7 toneladas/día.
- En consecuencia, no se recomienda en estos momentos introducir un sistema de transferencia y transporte para darle servicio al área Norte del Distrito. Sin embargo, las variables que condujeron a la anterior conclusión (crecimiento poblacional, cumplimiento de las regulaciones de desarrollo urbano, etc.) deberían ser evaluadas en el futuro con el fin de determinar si ha habido cambios en este sentido y definir si existe, entonces, la necesidad de introducir un sistema de Transferencia y Transporte.

#### **b. Descripción del Sistema de Transferencia y Transporte en el Este**

### b.1. Areas de Enfoque

El proyecto para el Sistema de Transferencia y Transporte para el Este dará cobertura a los siguientes Corregimientos:

- Tocumen
- Pacora
- San Martín

### b.2. Evaluación de las Condiciones de Diseño

Las condiciones que son de mayor importancia para la planificación y diseño del sistema de transferencia y transporte son la proyección de la población y la planificación urbana. Estos aspectos fueron discutidos con bastante detalle en la sección anterior, Consideraciones sobre la Necesidad de un Sistema de Transferencia y Transporte.

Además, debe tenerse en cuenta que existe una gran diferencia entre la capacidad requerida estimada para el sistema de transferencia y transporte y la cantidad actual de recolección. Con base en las proyecciones de población para el año 2002, se ha estimado una generación de 240 toneladas/día; sin embargo, la recolección actual en dicho sector es de 70 toneladas/día. Con el propósito de reducir la brecha existente, se ha supuesto que la cantidad de recolección va a equiparar la generación estimada para el año 2007 cuando alcanza una cantidad de 350 toneladas/día. En consecuencia, la cantidad de recolección de desechos para diseñar un sistema de transferencia y transporte se muestra en el Cuadro 11-36.

Cuadro 11-36: Cantidad de Desechos Recolectados para Diseñar el Sistema de Transferencia y Transporte en el Este

Unidad: toneladas/día

Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cantidad requerida estimada	240	250	270	300	320	350	370	390	420	450	480	510	540	570
Cantidad de Diseño	70	100	140	190	260	350	370	390	420	450	480	510	540	570

### b.3. Ubicación y Magnitud para la Estación de Transferencia Recomendada

#### b.3.1 Ubicación

La ubicación ideal de la estación de transferencia es el centro de gravedad de la cantidad de desechos recolectados en el área de estudio. El centro de gravedad en la actualidad se ubicaría en los alrededores del Aeropuerto de Tocumen que se encuentra más densamente poblado que otras áreas. Por otra parte, el área alrededor de la Carretera Panamericana en el Corregimiento de Pacora se ha estado desarrollando rápidamente en años recientes y se puede esperar mayor crecimiento en el futuro. Por lo tanto, se puede prever que el centro de gravedad se desplace hacia en la dirección de Pacora. Como consecuencia de lo anterior, se

recomienda ubicar la estación de transferencia a lo largo de la Carretera Panamericana, en el Corregimiento de Pacora.

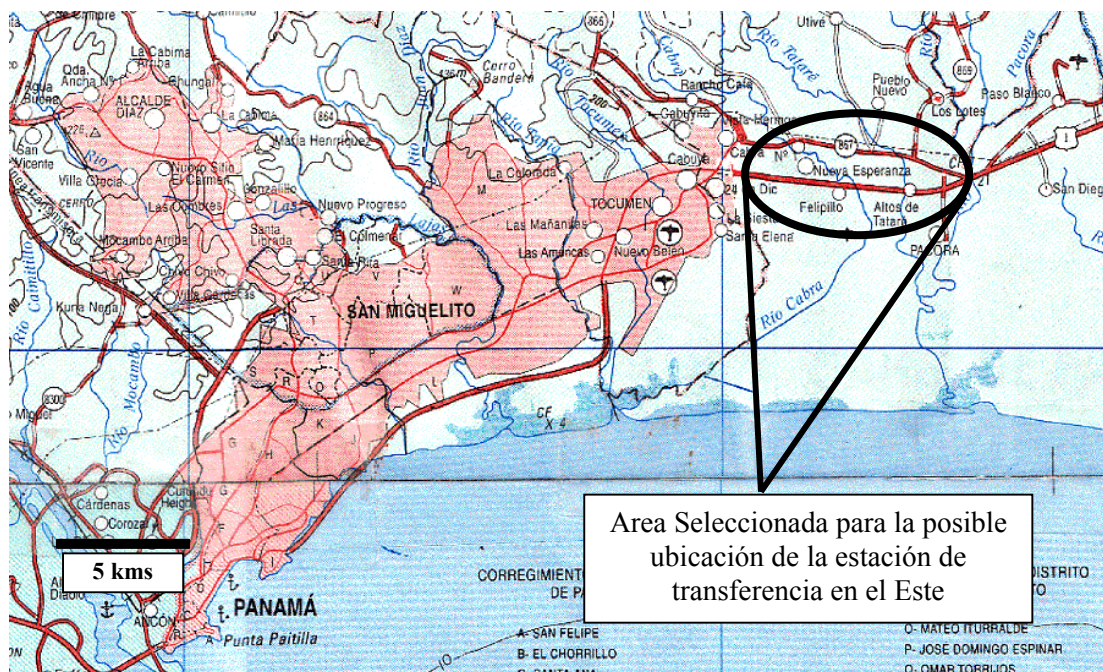


Figura 11-17: Ubicación Recomendada para la Estación de Transferencia en el Este

### b.3.2 Magnitud

La capacidad requerida de la estación de transferencia para el área es de 570 toneladas/día para el año meta 2015. Aplicando cierto factor de seguridad, se recomienda una instalación de 600 toneladas/día. Por otra parte, se puede considerar que construir una instalación de dicha magnitud de una sola vez es una propuesta riesgosa, teniendo en cuenta que la cantidad actual de recolección en el área es de sólo 70 toneladas/día y considerando que cualquier proyección de la población para 10 años implica la inclusión de muchas imponderables. En consecuencia, se recomienda construir la instalación en dos fases con el fin de reducir los riesgos, es decir, cada fase de diseño para una capacidad de 300 toneladas/día.

### b.4. Evaluación de las Alternativas Técnicas

Existen varios tipos de estaciones de transferencia que pueden ser consideradas para el sistema de transferencia y transporte en el Este:

- Estación de descarga directa
- Estación de fosa o plataforma donde no se realiza compactación
- Estación con depósito de alimentación y compactación
- Estación de fosa con empuje y compactación

El Cuadro 11-37 muestra evaluaciones sobre las ventajas y desventajas de cada tipo de estación de transferencia.

Teniendo en consideración que es la primera vez que una estación de transferencia es introducida en el Distrito de Panamá y se considera una expansión en su implementación, el sistema propuesto debería ser simple de operar y de expandir. En consecuencia, una “estación de descarga directa” se recomienda porque llena los requerimientos y necesidades.

**Cuadro 11-37: Ventajas y Desventajas de Cada Tipo de Estación de Transferencia**

Tipo	Bosquejo	Ventajas	Desventajas
Estación con Descarga Directa	Los desechos son descargados directamente desde los vehículos de recolección hacia los cabezales con remolque que se encuentran en espera.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poco equipo hidráulico es utilizado, un cierre de operaciones por desperfectos no es probable.</li> <li>Reduce el manejo en general de desechos</li> <li>Construcción relativamente barata</li> <li>Instalación para que el vehículo de transferencia ingrese y salga es fácilmente arreglado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere de un remolque más grande que el utilizado en una estación con compactación</li> <li>La descarga de desechos voluminosos y pesados en los remolques pueden dañarlos.</li> <li>Reduce la oportunidad para recuperar materiales</li> <li>Cantidad y disponibilidad de puestos de descarga pueden ser inadecuados para permitir una descarga directa durante períodos con alta afluencia.</li> </ul>
Estación de fosa o plataforma donde no se realiza compactación	El desecho es descargado dentro de la fosa o en una plataforma desde donde el desecho es cargado en remolques usando equipo para manipular desechos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se provee de un área conveniente y eficiente para almacenar desechos</li> <li>Desecho no-compactado puede serlo por medio de un bulldozer en la fosa o la plataforma</li> <li>Remolques con posibilidad de ser cargados desde arriba son menos caros que remolques con compactación.</li> <li>Momentos con picos de cargas pueden ser asimilados fácilmente.</li> <li>Área para llegada y salida de los vehículos de transferencia puede ser fácilmente proveído.</li> <li>Simplicidad de la operación y el equipo reducen las posibilidades de un cierre de la estación.</li> <li>Permite la recuperación de materiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayores costos de capital, comparados con otras alternativas, en lo relativo a la estructura y el equipo</li> <li>Mayor área de piso a la que dar mantenimiento</li> <li>Requiere remolques más grandes que la estación con compactación</li> </ul>
Estación con depósito de alimentación y compactación	El desecho es cargado desde el vehículo de recolección hacia un remolque cerrado por medio de un compactador.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se utilizan remolques más pequeños que los remolques utilizados en estaciones donde no se realiza compactación.</li> <li>Algunos compactadores pueden ser instalados de manera tal que se pueda eliminar la necesidad un nivel separado a un nivel más bajo para los remolques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si el compactador falla, no hay manera para cargar los desechos en el remolque</li> <li>El sistema para expulsar los desechos y reforzar el remolque reduce la carga útil</li> <li>Los costos de capital son mayores debido a los remolques compactadores</li> <li>La capacidad del compactador podría no ser adecuada para los momentos de mayor afluencia.</li> <li>Los costos para operar y mantener los compactadores podrían ser altos.</li> </ul>
Estación de fosa con empuje y compactación	Los desechos son descargados desde el camión de recolección hacia una fosa de empuje y, seguidamente, cargados dentro de un remolque cerrado por medio de un compactador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durante períodos con afluencia mayor, la fosa permite almacenar desechos</li> <li>Aumenta la oportunidad de recuperar materiales</li> <li>Todas las ventajas de una estación de compactación con alimentación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los costos de capital para el equipo de la fosa son significativos</li> <li>Todas las desventajas de las Estaciones con depósito de alimentación y compactación</li> </ul>

Fuente : Decision-Makers' Guide To Solid Waste Management, Volumen II, 1995, US EPA

## **b.5. Diseño Conceptual**

### **b.5.1 Resumen del Proyecto**

El proyecto se resume en el Cuadro 11-38.

Cuadro 11-38: Resumen del Proyecto

Aspecto	Especificaciones	
Estación de Transferencia	Tipo:	Estación de descarga directa
	Capacidad:	600 toneladas/día en total Primera fase; 300 toneladas/día Segunda fase; 300 toneladas/día
Equipo de Transporte	Tracto-camión:	300-350 Hp
	Trailer:	carga útil de 20 toneladas, 65 m <sup>3</sup> (85 yd <sup>3</sup> ) con pistón eyector hidráulico
Equipo de Recolección	Compactador:	12.2 m <sup>3</sup> (16 yd <sup>3</sup> ) camión compactador

### b.5.2 Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño para el sistema de transferencia y transporte son establecidos de la manera como se muestra en el Cuadro 11-39.

Cuadro 11-39: Parámetros de Diseño para el Sistema de Transferencia y Transporte

Aspecto	Unidad	Valor
<b>Parámetro Básico</b>		
Horas diarias laborales	hr	16
Tiempo de Operación	hr	14
Tiempo de Mantenimiento	hr	2
No. de turnos	no.	2
Días de Trabajo	día	300

Aspecto	Unidad	Valor
<b>Tracto-camión y trailer</b>		
Carga útil	toneladas/trailer	20
Tiempo de viaje para transporte	hr/viaje	4
No. de viajes	no./día	3.5
Cantidad de desechos transportada	toneladas/trailer/día	70
Vida útil	años	7
Distancia por viaje	km	60
Kilometraje anual	km	63,000
Consumo de combustible	km/litro	1.8
Conductor	persona	1
Trabajador de la recolección	persona	0

Aspecto	Unidad	Valor
<b>Camión compactador (12.2 m3)</b>		
Carga útil	ton/camión	5
Tiempo de recolección por viaje	hr/viaje	3.5
No. de viaje	no./día	4.0
Cantidad de desechos recolectados	ton/camión/día	20
Vida útil	año	5
Distancia por viaje	km	20
Kilometraje anual	km	24,000
Consumo de combustible	km/litro	2.2
Conductor	persona	1
Trabajador de la recolección	persona	3

### b.5.3 Diseño Conceptual de la Estación de Transferencia

El diseño conceptual de la estación de transferencia se resume en el Cuadro 11-40. La Figura 11-18 y la Figura 11-19 muestran el plano de la estación de transferencia para la Fase I, con una capacidad de 300 toneladas/día, y otro plano para la Fase II, con una capacidad de 600 toneladas/día en total respectivamente. Se debe comentar que la contraparte Panameña no señaló un sitio específico para la estación de transferencia, considerando que este estudio apuntaba principalmente a evaluar la necesidad de un sistema de transferencia y transporte en el área. Por lo tanto, las instalaciones de transferencia y transporte no fueron diseñadas con base a información real de datos geológicos y ambientales. Entonces, la construcción de las instalaciones requerirá de un rediseño basado en información del sitio.

Cuadro 11-40: Resumen del Diseño Conceptual de la Estación de Transferencia

Aspecto	Detalles	unidad	Fase I	Fase II	Total
			Cantidad	Cantidad	Cantidad
<b>Adquisición del terreno</b>		m2	49,450	0	49,450
<b>Construcción de la Estación de Transferencia</b>					
Plataforma	Concreto reforzado	m2	1,250	1,250	2,500
Techo para la Plataforma	Cubierto de tejas	m2	1,250	1,250	2,500
Oficina		m2	270	-	270
Garaje		m2	450	-	450
Oficina de pesaje		m2	60	-	60
Pavimento para vías (acceso hacia la plataforma)	Pavimento de concreto	m2	1,200	525	1,725
Pavimento para vías (camino y recepción)	Pavimento de asfalto	m2	7,070	2,480	9,550
Pavimento para vías (parqueo)	Pavimento de asfalto	m2	3,180	1,240	4,420
Areas verdes	Césped	m2	6,080	6,340	12,420
Terraplén (acceso a la plataforma)		m3	6,728	4,532	11,260
Muro de retención		m2	1,096	1,040	2,136
Cerca	h=2.0m	m	600	110	710
Portón	W=10.0m	unidad	1	-	1
					0
<b>Equipo</b>					0
Báscula	60ton	unidad	1	1	2
Tolva de descarga	Acero, 12m x 5m	unidad	2	2	4
Tolva de descarga – instalaciones de ventilación		unidad	2	2	4
Generador	230kW	unidad	1	1	2
Lava-carros	20 litros/hora	unidad	1	1	2
Instalaciones eléctricas (Plataforma)		unidad	1	1	2
Instalaciones eléctricas (Ventilador)		unidad	1	1	2
Instalaciones eléctricas (Iluminación)		unidad	1	1	2
Instalaciones eléctricas (Otros)		unidad	1	1	2
Cargador frontal	100kW	unidad	1	-	1
Instalaciones de drenaje		unidad	1	1	2
Artículos para el garaje		unidad	1	-	1



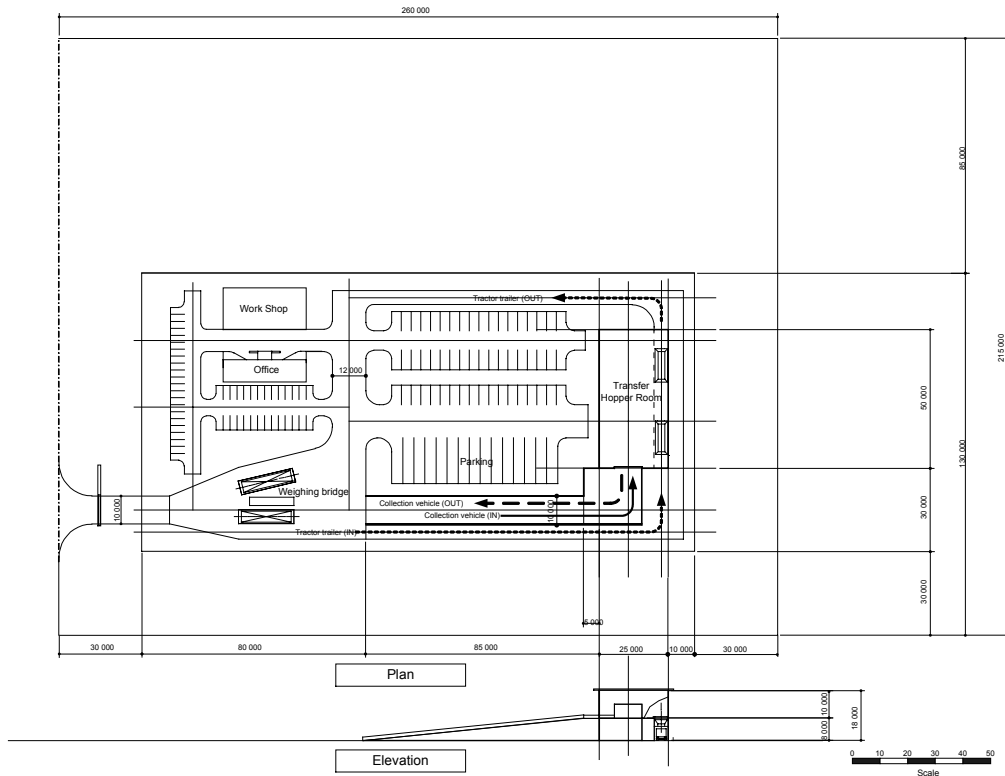


Figura 11-18: Plano de la Estación de Transferencia (300 toneladas/día)

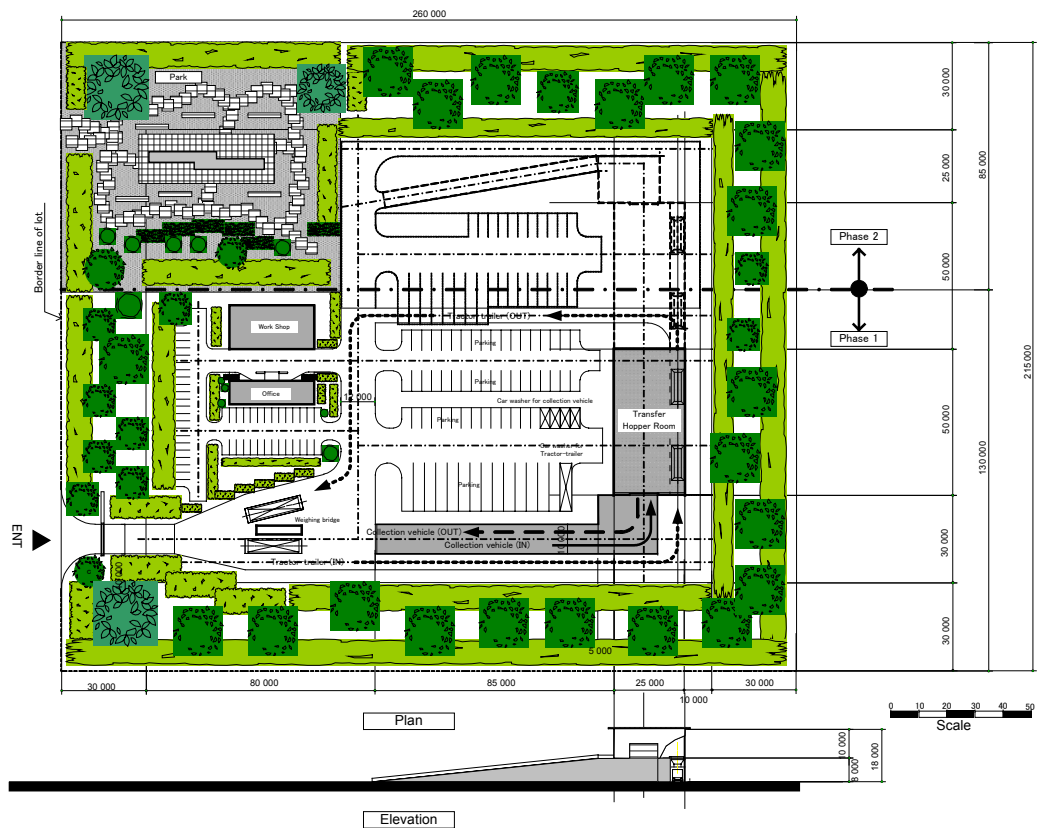


Figura 11-19: Plano de la Estación de Transferencia (Fase II, 600 toneladas/día)

#### b.5.4 Cantidad Requerida de Equipo de Transporte

La cantidad requerida de equipo de transporte que se muestra en el Cuadro 11-41 fue calculado en base a la cantidad de desechos recolectados que se presentó en el Cuadro 11-36.

Cuadro 11-41: Cantidad Requerida de Equipo de Transporte

Aspecto	Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
<b>Tracto-camión (300-350hp)</b>													
Requerido	no.	3	4	5	6	6	6	7	7	8	8	9	-
De repuesto (10% de la cantidad requerida)	no.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Total	no.	4	5	6	7	7	7	8	8	9	9	10	-
Cronograma de compra	no.	4	1	1	1	0	0	1	4	2	1	2	17
<b>Trailer (85 yd3, 20 ton)</b>													
Requerido	no.	3	4	5	6	6	6	7	7	8	8	9	-
Para carga	no.	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	-
De repuesto (10% de la cantidad requerida)	no.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Total	no.	6	7	8	11	11	11	12	12	13	13	14	-
Cronograma de compras	no.	6	1	1	3	0	0	1	6	2	1	4	25

#### b.5.5 Cantidad Requerida de Equipo de Recolección

La cantidad requerida de equipo de recolección que es mostrada en el Cuadro 11-42 fue calculada con base en la cantidad de desechos recolectados que se presenta en el Cuadro 11-36.

Cuadro 11-42: Cantidad Requerida de Equipo de Recolección

Aspecto	Year	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Requerido	nos.	10	16	18	19	20	21	23	24	26	27	29	-
De repuesto (10% de la cantidad requerida)	nos.	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	-
Total	nos.	11	18	20	21	22	24	26	27	29	30	32	-
Cronograma de compras	nos.	11	7	2	1	1	13	9	3	3	2	15	67

#### b.6. Esquema de Implementación

Por medio de consultas con la contraparte, se definió que la construcción de la primera fase de la estación de transferencia se realizará en el año 2004. Por lo tanto, se tiene planeado que la operación dé inicio en el año 2005. En lo que concierne a la parte restante, se supone que su construcción se efectuará en el año 2007, para que su operación dé inicio en el año 2008. El cronograma de implementación se esquematiza en el Cuadro 11-43.

Cuadro 11-43: Esquema de Implementación

Aspecto	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Diseño y supervisión	←→	←→			←→								
Fase I Construcción		←→											
Operación			←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
Fase II Construcción					←→								
Operación						←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→

## **b.7. Esquema de Operación y Mantenimiento**

### **b.7.1 Asignación del Personal**

En el Cuadro 11-44 se presentan los puestos de trabajo y cantidad de personal necesarios para operar la estación de transferencia. En lo que se refiere a los vehículos, un tracto-camión necesita de un conductor y un vehículo de recolección requiere de un conductor y tres trabajadores de la recolección, de la manera como se muestra en el Cuadro 11-39.

Cuadro 11-44: Asignación de Personal para la Estación de Transferencia

Aspecto	Fase I	Fase II
jefe	1	1
ingeniero	1	1
supervisor	2	2
mecánico	1	1
mecánico asistente	2	2
trabajador	8	12
secretaria (oficina & báscula)	5	5
Total	20	24

### **b.7.2 Inspección y Mantenimiento**

La estación de descarga directa no requiere de inspección y mantenimiento de alta tecnología, lo que se torna en su principal ventaja. Sin embargo, lo que sí requiere mantenimiento e inspección periódica son los equipos mecánicos como la báscula, el tracto-camión, trailer y camión compactador; su inspección y mantenimiento deben de apearse a las normas del proveedor.

Cuadro 11-45: Inspección y Mantenimiento de las Instalaciones

Instalación	Aspectos que deben ser inspeccionados/mantenidos
Plataforma	Superficie de la plataforma
Camino/parqueo	Superficie del camino y el parqueo
Báscula	Se ajusta de acuerdo a las recomendaciones del proveedor
Vehículos	Inspección y mantenimiento de acuerdo a las recomendaciones del proveedor
Otros	De acuerdo a las recomendaciones del proveedor

### **b.8. Estimación de Costos**

El Cuadro 11-46 muestra los costos totales para el sistema de transferencia y transporte. El Cuadro 11-47 presenta los requeridos por tonelada de desecho recolectado, en este punto los costos son divididos entre la cantidad de desecho generado entre los años 2005 y 2015. Debe indicarse que para el año 2015 tanto la estación de transferencia como los vehículos todavía