

Parte III

*Plan Maestro de
Saneamiento Ambiental*

Capítulo 6

Marcos de Planeación

6 Marcos de Planeación

6.1 Marco Social

6.1.1 Desarrollo Futuro

El “Programa Estatal de Desarrollo Urbano de Quintana Roo (PEDU)” se publicó oficialmente en el “Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo”, el 22 de abril de 2002. El PEDU indica la existencia de programas ambientalistas como el POET (Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial) que limitan el superdesarrollo de la zona norte del estado; asimismo el POET señala que el crecimiento de la zona sur debe mantener el equilibrio entre desarrollo y conservación ambiental, como por ejemplo a través del turismo de bajo impacto. El programa estima también el desarrollo futuro de las comunidades. En este Estudio, se considera al programa como una especie de plan superior.

6.1.2 Población Futura

a. Población residencial

La proyección de población utilizada en este Estudio se basa en el estimado de PEDU, con excepción de Playa del Carmen, donde la población actual excede el estimado.

Cuadro 6-1: Proyección de Población

Municipio	2003	2005	2010	2015
OTHON P. BLANCO	228,683	269,647	358,299	415,189
FELIPE CARRILLO PUERTO	63,616	66,149	70,661	73,901
SOLIDARIDAD	142,666	204,049	311,429	403,704
Total	434,965	539,845	740,389	892,794

b. Número de turistas

b.1 Número de turistas por año

Se calcula el número de turistas para Costa Maya, Playa del Carmen, Aventuras-Akumal y Tulum, en donde en la actualidad y en el futuro, se excede por mucho la cantidad de población permanente. El Cuadro 6-2 presenta un resumen de la estimación en el número de turistas.

Cuadro 6-2: Número de turistas (proyección)

Año	2003	2005	2010	2015
Costa Maya	80,468	217,000	221,000	225,000
Playa del Carmen	916,396	1,061,244	1,389,659	1,669,924
Aventuras – Akumal	637,791	732,149	873,206	960,403
Tulum	122,838	146,078	215,273	300,318
Total	1,757,493	2,156,471	2,699,138	3,155,645

b.2 Número de turistas por día

La estimación anterior no considera el número de días que cada turista permanece en la región. De acuerdo con el material estadístico¹, la duración promedio por persona en la Riviera Maya es de 6.59 días. Basándose en este número, el número adicional de turistas por año y por día se estima como se indica en el Cuadro 6-3 y Cuadro 6-4.

Cuadro 6-3: Cantidad de días por turista por año

Año	Costa Maya	Playa del Carmen	Aventuras – Akumal	Tulum	Total
2003	530,283	6,039,050	4,203,046	809,502	11,581,881
2004	870,830	6,522,670	4,545,257	883,989	12,822,746
2005	1,430,030	6,993,598	4,824,864	962,654	14,211,146
2006	1,435,302	7,451,834	5,061,268	1,045,497	14,993,901
2007	1,440,574	7,897,377	5,266,051	1,132,518	15,736,520
2008	1,445,846	8,330,228	5,446,682	1,223,717	16,446,473
2009	1,451,118	8,750,387	5,608,262	1,319,094	17,128,861
2010	1,456,390	9,157,853	5,754,429	1,418,649	17,787,321
2011	1,461,662	9,552,627	5,887,869	1,522,382	18,424,540
2012	1,466,934	9,934,708	6,010,622	1,630,294	19,042,558
2013	1,472,206	10,304,098	6,124,273	1,742,383	19,642,960
2014	1,477,478	10,660,795	6,230,080	1,858,650	20,227,003
2015	1,482,750	11,004,799	6,329,056	1,979,096	20,795,701

Cuadro 6-4: Cantidad de días por turista por año

Año	Costa Maya	Playa del Carmen	Aventuras – Akumal	Tulum	Total
2003	1,453	16,545	11,515	2,218	31,731
2004	2,386	17,870	12,453	2,422	35,131
2005	3,918	19,161	13,219	2,637	38,935
2006	3,932	20,416	13,866	2,864	41,078
2007	3,947	21,637	14,428	3,103	43,115
2008	3,961	22,823	14,922	3,353	45,059
2009	3,976	23,974	15,365	3,614	46,929
2010	3,990	25,090	15,766	3,887	48,733
2011	4,005	26,172	16,131	4,171	50,479
2012	4,019	27,218	16,467	4,467	52,171
2013	4,033	28,230	16,779	4,774	53,816
2014	4,048	29,208	17,069	5,092	55,417
2015	4,062	30,150	17,340	5,422	56,974

¹ ANUARIO ESTADISTICO Quintana Roo edición 2002 / INEGI

c. Cantidad de Población Económicamente Activa

Suponiendo que la cantidad de Población Económicamente Activa (PEA) aumentará en proporción al crecimiento económico, se estima su crecimiento en el Cuadro 6-5, con base en el censo del 2000.

Cuadro 6-5: Proyección de Población Económicamente Activa

Año	OTHON P. BLANCO	FELIPE CARRILLO PUERTO	SOLIDARIDAD	Total
2000	63,808	16,626	27,162	107,596
2001	66,360	16,959	32,594	115,913
2002	69,014	17,298	38,461	124,773
2003	71,775	17,644	43,076	132,495
2004	74,646	18,085	49,537	142,268
2005	78,005	18,537	56,968	153,510
2006	81,515	19,000	62,665	163,180
2007	85,591	19,475	68,932	173,998
2008	90,299	19,865	75,825	185,989
2009	95,265	20,262	83,408	198,935
2010	100,505	20,667	91,749	212,921
2011	104,525	20,977	97,254	222,756
2012	108,706	21,292	103,089	233,087
2013	113,054	21,611	109,274	243,939
2014	117,576	21,935	115,830	255,341
2015	122,279	22,264	122,780	267,323

6.2 Estructura Económica

6.2.1 Crecimiento Económico

La proyección de crecimiento económico en los tres municipios ha sido sintetizada tomando en consideración información económica de los niveles estatales y federales, de la proyección de población, etc. El Cuadro 6-6 sintetiza la proyección.

Cuadro 6-6: Proyección de Crecimiento Económico

Porcentaje de crecimiento económico	OTHON P. BLANCO	FELIPE CARRILLO PUERTO	SOLIDARIDAD	Quintana Roo total
2000				5.5%
2001	4.0%	2.0%	20.0%	5.0%
2002	4.0%	2.0%	18.0%	4.0%
2003	4.0%	2.0%	12.0%	3.0%
2004	4.0%	2.5%	15.0%	4.0%
2005	4.5%	2.5%	15.0%	4.0%
2006	4.5%	2.5%	10.0%	4.5%
2007	5.0%	2.5%	10.0%	5.0%
2008	5.5%	2.0%	10.0%	5.5%
2009	5.5%	2.0%	10.0%	5.5%
2010	5.5%	2.0%	10.0%	5.5%
2011	4.0%	1.5%	6.0%	5.0%
2012	4.0%	1.5%	6.0%	5.0%
2013	4.0%	1.5%	6.0%	5.0%
2014	4.0%	1.5%	6.0%	5.0%
2015	4.0%	1.5%	6.0%	5.0%

6.2.2 Estructura Industrial

Ante los datos parciales sobre el valor de la producción por sector económico, la proyección de la estructura industrial por Municipio fue inferida de los datos de la población total y de la población económicamente activa (PEA) del Censo de Población 2000, además de la tasa asumida de participación laboral (PEA/población) y las tasas asumidas de crecimiento económico. El Cuadro 6-7 resume la distribución proyectada de la PEA.

Cuadro 6-7: Estructura Industrial Asumida Según Distribución de PEA

Municipio	Sector	2001-2005	2006-2010	2011-2015
Othón P Blanco	Agricultura	20	15	10
	Industria	16	20	20
	Servicios	64	65	70
Felipe C Puerto	Agricultura	50	45	40
	Industria	12	15	15
	Servicios	38	40	45
Solidaridad	Agricultura	5	5	5
	Industria	20	20	20
	Servicios	75	75	75

6.3 Cantidad Proyectada de Aguas Residuales y Calidad

6.3.1 Porcentaje de Generación de Aguas Residuales

El porcentaje de generación de aguas residuales se define con base en el manual de CNA². El manual recomienda utilizar 75% del porcentaje de abastecimiento de agua como generación de aguas residuales para la planeación del sistema de alcantarillado. Asimismo, el manual recomienda el porcentaje de agua a suministrar dependiendo del clima.

En el Plan Maestro la estimación de 230 litros/persona/día se considera como el porcentaje previsto de abastecimiento, debido a que el Área de Estudio pertenece al “clima caliente”. Por consiguiente, 173 litros/persona/día como tasa de generación de aguas residuales se obtiene de la siguiente manera:

$$q = 230(\text{litro / persona / día}) \times 75\% = 173(\text{litro / persona / día})$$

6.3.2 Cantidad de Aguas Residuales

El Cuadro 6-8 indica la proyección de la cantidad generada de aguas residuales en el futuro, obtenida de la tasa de generación actual y de la proyección de población futura.

Cuadro 6-8: Resumen de la Cantidad Generada de Aguas Residuales

Unidad: m³/día

MUNICIPIO	2003	2005	2010	2015
OTHON P. BLANCO	39,813.7	47,326.7	62,676.2	72,529.8
FELIPE CARRILLO PUERTO	11,005.3	11,444.0	12,223.9	12,784.9
SOLIDARIDAD	29,920.0	41,358.4	61,614.6	78,991.5
Total	80,739.0	100,129.1	136,514.7	164,306.2

6.3.3 Calidad Proyectada de las Aguas Residuales

El manual de CNA también define las generaciones per capita de carga contaminante. Con esto y la tasa de generación de aguas residuales, se predice la calidad del agua en el cuadro siguiente.

Cuadro 6-9: Porcentaje de la Carga Contaminante

Aspecto	Porcentaje de la Carga Contaminante (g/persona/día)	Calidad del Agua (mg/litro)
BOD	54	312
COD	110	636
SS	52	300
T-N	8	46
T-P	4.60	27

Fuente: Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Ver3.0, 2001 CNA II-3.-4.2

² Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Ver 3.0, 2001 CNA.

6.4 Cantidad Proyectada de Residuos y su Composición

6.4.1 Tasa de Generación de Residuos

a. Residuos Domésticos

Investigaciones detalladas en la cantidad y composición de los rehuídos se llevaron a cabo recientemente en Chetumal, la ciudad de Felipe C Puerto y Tulum como parte del “Proyecto Ejecutivo de Rellenos Sanitarios”, financiado por el BID. Las tasas de generación se indican en el siguiente cuadro, basándose en el resultado de proyectos que JICA ha obtenido en otros países de América Latina.

Cuadro 6-10: Tasa de Generación de Residuos Domésticos

Municipio	Tasa de generación de residuos (g/persona/día)
OTHON P. BLANCO	970
FELIPE CARRILLO PUERTO	802
SOLIDARIDAD	970

b. Residuos No-domésticos

Al igual que la Tasa de Generación de Residuos Domésticos, la Tasa de Generación de Residuos No-domésticos se obtuvo de los Proyectos Ejecutivos. En consecuencia, 601.0 g/día/PEA se emplea en la planeación como el porcentaje de generación de residuos no domésticos.

c. Tasa de Generación de Residuos por Turista

Los turistas deberían ser considerados como generadores de desechos en áreas turísticas. La misma tasa de generación de residuos domésticos se aplica para turistas.

6.4.2 Composición de Residuos

Con base en los resultados de los Proyectos Ejecutivos, la composición de los residuos para la planeación se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro 6-11: Composición de los residuos

Composición	Porcentaje %
Papel	14.08
Residuos de cocina	18.74
Textiles	13.52
Césped & madera (residuos de jardines)	17.19
Plástico	5.93
Goma & piel	7.31
Metal	4.19
Vidrios	8.67
Tierra, piedra y cerámica	7.06
Otros	3.32
Total	100.00

6.4.3 Densidad

La densidad de los residuos obtenidos en el punto de generación se obtuvo de datos proporcionados por los Proyectos Ejecutivos. El promedio de 0.169 se emplea en esta planeación.

6.4.4 Cantidad Proyectada de Residuos

El Cuadro 6-12 indica la estimación de la cantidad de residuos generados en el futuro.

Cuadro 6-12: Cantidad de Residuos Generados en el Futuro

Categoría	Año	Othón P Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad	Total
Doméstico (ton/día)	2003	221.83	51.01	138.39	411.22
	2005	261.56	53.05	197.93	512.54
	2010	347.55	56.67	302.09	706.31
	2015	402.74	59.27	391.59	853.60
No doméstico (ton/día)	2003	42.20	10.60	25.90	78.70
	2005	46.01	11.10	34.20	91.31
	2010	59.44	12.40	55.10	126.94
	2015	72.33	13.40	73.80	159.53
Turístico (ton/día)	2003	1.50	-	29.40	30.90
	2005	3.80	-	33.90	37.70
	2010	4.00	-	43.40	47.40
	2015	4.00	-	51.40	55.40
Total (ton/día)	2003	265.52	61.61	193.69	520.82
	2005	311.37	64.15	266.03	641.55
	2010	410.99	69.07	400.59	880.65
	2015	479.06	72.67	516.79	1,068.52

Capitulo 7

Amenazas a Futuro

7 Amenazas a futuro

Sobre la base de lo entendido, acerca de las condiciones actuales del saneamiento ambiental, se confirma que, si la situación permanece tal como se encuentra actualmente y si el desarrollo turístico continua creciendo, las aguas subterráneas, única fuente de abastecimiento de agua y que mantiene vínculos con otros ambientes acuáticos, se verán enfrentadas a amenazas de contaminación y escasez. Entonces, esto representaría un factor importante que impediría el desarrollo sustentable en el área de estudio, como se muestra en la Figura 7-1.

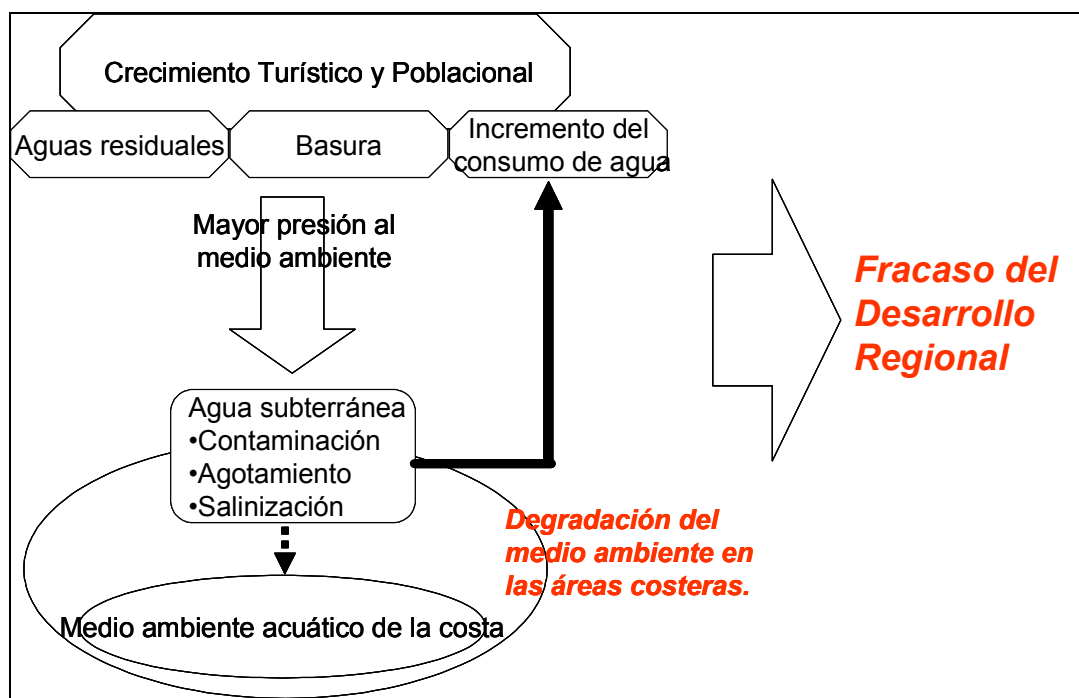


Figura 7-1: Desarrollo Sustentable y Aguas Subterráneas

Si no se toman nuevas medidas para el MRS y el MAR en el futuro, la cantidad de DBO descargada hacia el medio ambiente se incrementará de aproximadamente 13 mil toneladas en el año 2003 a alrededor de 26 mil toneladas en el 2015, como se muestra en el Cuadro 7-1. A partir de la cantidad de DBO descargada y por medio de un balance del agua (Ver Cuadro 7-2), se obtiene la concentración de DBO, como se muestra en el Cuadro 7-3. De acuerdo a este cuadro, se espera que la concentración de la DBO en las aguas subterráneas, se incremente a un poco más de 4.9 mg/litro en el 2015. Solamente las aguas residuales y los residuos sólidos han sido considerados en esta estimación, por lo que, se presume que la concentración de DBO en el agua subterránea será mayor de 4.9 mg/litro, debido a que existen otras fuentes de contaminación, tales como la agricultura.

La pregunta que surge ahora es, en que categoría podemos clasificar a la concentración de DBO de 4.9 mg/litro. Como no existe un estándar ambiental para los cuerpos de agua

públicos en México, se ha tomado como referencia el estándar de Japón. La concentración de DBO de 4.9 mg/litro corresponde a la categoría Clase B, y se aproxima en gran medida a la categoría Clase C (Ver Cuadro 7-4 y Cuadro 7-5). La categoría Clase C se define como el cuerpo de agua que requiere de una sofisticada purificación, para el abastecimiento del agua.

Consecuentemente, se encuentra que las aguas subterráneas podrían ser severamente contaminadas, deteriorando el ambiente acuático de las costas, si no se toman las medidas necesarias para el manejo del saneamiento ambiental, o para el MAR o MRS.

Cuadro 7-1: Cantidad de DBO Descargada al Medio Ambiente

Unidad: ton/año

	2003	2005	2010	2015
Aguas Residuales				
OTHON P. BLANCO	4,397.1	5,227.5	6,922.2	8,010.5
FELIPE CARRILLO PUERTO	1,250.4	1,299.3	1,388.4	1,451.8
SOLIDARIDAD	1,446.7	1,999.7	2,979.2	3,819.3
Total	7,094.2	8,526.5	11,289.8	13,281.6
Residuos Sólidos				
OTHON P. BLANCO	3,125.8	3,665.0	4,837.7	5,639.2
FELIPE CARRILLO PUERTO	725.5	754.7	813.0	855.5
SOLIDARIDAD	2,280.0	3,131.0	4,715.3	6,083.3
Total	6,131.3	7,550.7	10,366.0	12,578.0
Visión General				
OTHON P. BLANCO	7,522.9	8,892.5	11,759.9	13,649.7
FELIPE CARRILLO PUERTO	1,975.9	2,054.0	2,201.4	2,307.3
SOLIDARIDAD	3,726.7	5,130.7	7,694.5	9,902.6
Total	13,225.5	16,077.2	21,655.8	25,859.6

Cuadro 7-2: Balance del Agua en el Estado de Quintana Roo

Unidad: millones m³/año

	Othón P. Blanco	Felipe C. Puerto	Solidaridad	Otros	Total
Recarga y flujo					
Recarga	1,801.3	1,611.0	346.0	1,265.9	5,024.1
Flujo	366.6	211.3	124.1	731.3	1,433.2
Total	2,167.8	1,822.3	470.1	1,997.1	6,457.3
Cantidad de Aguas Subterráneas					
Al mar	-927.8	-2,428.6	-862.6	-815.6	-5,035
Extracción	-124.0	-21.2	-30.0	-94.7	-270
Flujo hacia otras áreas	-811.8	-31.0	0.0	-310.0	-1,153
Total	-1,863.6	-2,480.8	-892.6	-1,220.3	-6,457.3

Cuadro 7-3: Concentración de DBO estimada en las Aguas Subterráneas

Unidad: mg/litro

Aguas Residuales	2003	2005	2010	2015
En el campo de las aguas residuales				
OTHON P. BLANCO	2.4	2.8	3.7	4.3
FELIPE CARRILLO PUERTO	0.5	0.5	0.6	0.6
SOLIDARIDAD	1.6	2.2	3.3	4.3
Total	1.4	1.6	2.2	2.5
En el campo de los residuos sólidos				
OTHON P. BLANCO	1.7	2	2.6	3
FELIPE CARRILLO PUERTO	0.3	0.3	0.3	0.3
SOLIDARIDAD	2.6	3.5	5.3	6.8
Total	1.2	1.4	2	2.4
Visión General				
OTHON P. BLANCO	4.0	4.8	6.3	7.3
FELIPE CARRILLO PUERTO	0.8	0.8	0.9	0.9
SOLIDARIDAD	4.2	5.7	8.6	11.1
Total	2.5	3.1	4.1	4.9

Cuadro 7-4: Estándar Ambiental de los Cuerpos Públicos de Agua (Ríos) en Japón

Clase	Uso del Agua	pH	DBO mg/litro	SS mg/litro	DO mg/litro	Coliformes totales NMP/100ml
AA	<ul style="list-style-type: none"> Clase 1 de Abastecimiento de Agua Conservación del ambiente natural Usos en la lista A-E 	6.5 a 8.5	1 o menos	25 o menos	7.5 o más	50 o menos
A	<ul style="list-style-type: none"> Clase 2 de Abastecimiento de Agua Clase 1 de pesca Lista de usos B-E 	6.5 a 8.5	2 o menos	25 o menos	7.5 o más	1,000 o menos
B	<ul style="list-style-type: none"> Clase 3 de Abastecimiento de agua Clase de pesca 2 Lista de usos C-E 	6.5 a 8.5	3 o menos	25 o menos	5 o más	5,000 o menos
C	<ul style="list-style-type: none"> Clase de pesca 3 Clase 1 de Aguas Industriales Lista de usos D-E 	6.5 a 8.5	5 o menos	50 o menos	5 o más	-
D	<ul style="list-style-type: none"> Clase 2 de Aguas industriales Conservación del ambiente natural Lista de usos E 	6.5 a 8.5	8 o menos	100 o menos	2 o más	-
E	<ul style="list-style-type: none"> Clase 3 de Aguas Industriales Conservación del ambiente 	6.0 a 8.5	10 o menos	La materia flotante como la basura puede ser observada	2 o más	-

Fuente: Medio Ambiente del Agua en Japón, Ministerio de Medio Ambiente en Japón

Cuadro 7-5: Definición de los Usos del Agua en los Estándares Ambientales de los Cuerpos de Agua Públicos (Ríos) en Japón

Aspectos	Definiciones
Conservación del Medio Ambiente Natural	La conservación del medio ambiente natural, para propósitos de paisajes naturales (ejemplo. Parques Naturales, Herencia Mundial Natural, etc.)
Clase 1 de Abastecimiento de Agua	Fuentes de agua para la producción de agua potable, con bajo nivel de purificación (ejemplo. Filtro de arena, etc.)
Clase 2 de Abastecimiento de Agua	Fuentes de agua para la producción de agua potable, con nivel normal de purificación del agua (ejemplo sedimentación por incorporación de químicos y filtro de arena, etc.)
Clase 3 de Abastecimiento de Agua	Fuente de agua para la producción del agua potable con un nivel avanzado de purificación (ejemplo establecimiento de químicos y filtro de arena con absorción de carbono activado, etc.)
Clase 1 de Pesca	Altos cuerpos de agua oligotróficos
Clase 2 de Pesca	Cuerpos de agua eurotróficos
Clase 3 de Pesca	Punto intermedio entre cuerpos de agua eurotróficos y oligotróficos.
Clase 1 de Aguas Industriales	Fuente de Agua para la producción de aguas industriales con un nivel normal de purificación (ejemplo fijación simple, etc.)
Clase 2 de Aguas Industriales	Fuente de agua para la producción industrial con un nivel avanzado de purificación (ejemplo. sedimentación por incorporación de químicos, etc.)
Clase 3 de Aguas Industriales	Fuente de agua para la producción de aguas industriales con un especial nivel de purificación del agua
Conservación del Medio Ambiente	No altera el medio ambiente

Capítulo 8

Consideración de Alternativas

8 Consideración de Alternativas

8.1 Consideración del Objetivo Principal

El objetivo principal del estudio es formular un Plan Maestro (P/M) de manejo de aguas residuales (MAR) y de manejo de residuos sólidos (MRS) orientados a la preservación del ambiente acuático costero en el área de estudio. A saber,

El principal objetivo del P/M es preservar el ambiente acuático.

Ya se ha comprendido que la carga contaminante que tiene su origen en sectores como el de MAR y MRS, tiene un impacto significativo en el ambiente acuático subterráneo debido a las características geológicas, por lo que se debe enfocar a mantener el agua subterránea alejada de la carga contaminante debido a que las aguas del subsuelo se encuentran estrechamente relacionadas con el ambiente costero como en los cenotes, cuevas y arrecifes coralinos dentro del área de estudio.

Aun y cuando existen varios indicadores que nos permiten conocer la carga contaminante que tiene su origen en las aguas residuales y en los desechos sólidos, es recomendable enfocarse en la generación de DBO durante la elaboración del Plan Maestro, debido a que las aguas residuales y los desechos sólidos dentro del área de estudio provienen de las actividades domésticas y la DBO es el más común de los indicadores para la evaluación de la carga contaminante generada por dichas actividades. La cantidad de DBO se encuentra íntimamente relacionada con otros contaminantes como son los coliformes, nitrógeno y fósforo. Es por esto que el control en la cantidad de DBO nos lleva al control de los otros contaminantes.

a. **Concentración de DBO en el agua subterránea**

Como se mencionó anteriormente, el estándar ambiental en Japón para los cuerpos de agua públicos define a la clase AA para la conservación del ambiente natural, en la cual la calidad del agua tiene una concentración de DBO del orden de 1 mg/litro y menos. Esta cantidad se propone como referencia para la conservación del ambiente acuático costero dentro del área de estudio, ya que México no cuenta con dicho estándar. La propuesta es la siguiente:

Establecer como límite superior de descarga de DBO proveniente de las áreas de MAR y MRS la cantidad de 1mg/litro y menos, con la finalidad de controlar la concentración de DBO en el agua subterránea.

Se estima que la cantidad de aguas subterráneas dentro del área de estudio es del orden de los 5,237 millones de m³/año como se muestra en el Cuadro 8-1. Para poder mantener la

concentración de DBO en 1 mg/litro y menos, el flujo de DBO hacia las aguas subterráneas debe ser de 5,237 ton/año o menos.

$$BOD = 5,237,000,000(m^3 / año) \times \left(\frac{1(mg / litro)}{1,000 \times 1,000} \right) = 5,237(ton / año)$$

Cuadro 8-1: Cantidad de agua subterránea que se estima dentro del área de estudio

Unidad: millones m³/año

Aspecto	Othón P. Blanco	Felipe C. Puerto	Solidaridad	Total
Hacia el Mar	927.8	2,428.6	862.6	4219.0
Extracción	124.0	21.2	30.0	175.2
Fluye hacia otras áreas	811.8	31.0	0.0	842.8
Total	1,863.6	2,480.8	892.6	5,237.0

b. Generación de DBO

Se estima que la generación de DBO en el 2015 será de 18,719 ton/año en el sector de MAR y de 12,578 ton/año debida al MRS, lo que nos proporciona la cifra de 31,297 ton/año en total. Esta cantidad representa el doble del 2003 como se muestra en el Cuadro 8-2.

De acuerdo con el Cuadro 8-3, el 60% de la DBO provendrá del área de MAR y el 40% del área de MRS. De acuerdo al municipio, la generación de DBO será la siguiente: en Felipe C Puerto será mucho menor que en los otros municipios. Únicamente 8% de la DBO se generará en el municipio, mientras que Othón P Blanco y Solidaridad generarán cantidades considerables de DBO. Ambos municipios generan más del 40%. Más aún, la cantidad de DBO generada en Solidaridad se incrementará con mayor rapidez que en Othón P Blanco.

Cuadro 8-2: Cantidad Proyectada de generación de DBO

Unidad: ton/año

Aspecto	2003	2005	2010	2015
Agua residual				
OTHON P. BLANCO	4,535.9	5,392.5	7,140.7	8,263.4
FELIPE CARRILLO PUERTO	1,254.5	1,303.6	1,393.0	1,456.6
SOLIDARIDAD	3,408.7	4,711.8	7,019.9	8,999.4
Total	9,199.1	11,407.9	15,553.6	18,719.4
Desechos sólidos				
OTHON P. BLANCO	3,125.8	3,665.0	4,837.7	5,639.2
FELIPE CARRILLO PUERTO	725.5	754.7	813.0	855.5
SOLIDARIDAD	2,280.0	3,131.0	4,715.3	6,083.3
Total	6,131.3	7,550.7	10,366.0	12,578.0
totales				
OTHON P. BLANCO	7,661.7	9,057.5	11,978.4	13,902.6
FELIPE CARRILLO PUERTO	1,980.0	2,058.3	2,206.0	2,312.1
SOLIDARIDAD	5,688.7	7,842.8	11,735.2	15,082.7
Total	15,330.4	18,958.6	25,919.6	31,297.4

Cuadro 8-3: Distribución de generación de DBO

Aspecto	2003	2005	2010	2015
Agua residual				
OTHON P. BLANCO	29.6%	28.4%	27.5%	26.4%
FELIPE CARRILLO PUERTO	8.2%	6.9%	5.4%	4.7%
SOLIDARIDAD	22.2%	24.9%	27.1%	28.8%
Total	60.0%	60.2%	60.0%	59.8%
Desechos sólidos				
OTHON P. BLANCO	20.4%	19.3%	18.7%	18.0%
FELIPE CARRILLO PUERTO	4.7%	4.0%	3.1%	2.7%
SOLIDARIDAD	14.9%	16.5%	18.2%	19.4%
Total	40.0%	39.8%	40.0%	40.2%
TOTAL	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

c. Limite superior de descarga de DBO

La cantidad generada de DBO para el 2015 se estima en 31,297 ton/año, mientras que el límite de descarga es de 5,237 ton/año para poder mantener la concentración de DBO en el agua subterránea en 1 mg/litro o menos. Por lo que, 26,060 ton/año de DBO deberán ser removidas.

Consecuentemente, se propone establecer límites de descarga aún menores, por debajo de los 3,132.3 ton/año en lo que respecta al área de MAR y de 2,104.7 ton/año en lo que se refiere al área de MRS.

Cuadro 8-4: Eliminación de DBO requerida para el 2015

Aspecto	Cantidad de DBO a eliminar (ton/año)
Aguas residuales	15,587.1
Desechos sólidos	10,473.3
Total	26,060.4

Cuadro 8-5: Limite superior (cifra objetivo) de descarga de DBO para el 2015

Aspecto	Limite superior de descarga de DBO
Aguas residuales	3,132.3
Desechos sólidos	2,104.7
Total	5,237.0

8.2 Manejo de Aguas Residuales

8.2.1 Consideración de Objetivos y Escenario de Metas

8.2.1.1 Objetivos Principales y Valores Meta

El objetivo principal del Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales (MAR) es:

Preservar las aguas subterráneas y el medio ambiente acuático costero en el área de estudio.

El valor meta es;

La descarga de DBO proveniente de las aguas residuales será menor de 3,100 ton/año para el 2015.

8.2.1.2 Valores Meta en Comunidades de Diferente Tamaño

En esta sección se consideran los mecanismos necesarios para poder atender a las comunidades que se encuentran dispersas dentro del área de estudio y que además varían en tamaño, con la finalidad de poder alcanzar el valor meta del objetivo principal.

a. Generación de DBO dependiendo del tamaño de la comunidad

En el 2015, la generación de DBO en comunidades con poblaciones menores de 100 habitantes es de únicamente 0.4%. Las poblaciones con un número de habitantes de entre 100 y 2,499 ocupa el 12.8% y las comunidades que cuentan con una población de 2,500 y más habitantes, ocupa el 86.6% como se indica en el Cuadro 8-6.

Cuadro 8-6: Generación de DBO por comunidad (2015)

Tamaño de la población	Población total	Cantidad de agua residual (m3/día)	Carga contaminante (DBO ton/año)	Aportación a la carga contaminante
Menos de 100	3,846	664.8	75.5	0.4%
100 a 499	19,431	3,361.7	383.7	2.0%
500 a 999	39,916	6,905.6	786.5	4.2%
1,000 a 1,499	28,631	4,952.8	564.0	3.0%
1,500 a 2,499	33,914	5,867.1	668.4	3.6%
2,500 a 4,999	37,229	6,440.6	733.8	3.9%
5,000 a 9,999	34,510	5,970.1	680.1	3.6%
10,000 a 19,999	37,428	6,475.0	737.7	3.9%
20,000 a 49,999	114,109	19,740.8	2,249.1	12.0%
50,000 a 99,999	76,088	13,163.3	1,499.7	8.0%
100,000 y mas	524,649	90,764.4	10,340.9	55.2%
Total	949,751	164,306.2	18,719.4	100.0%

b. Nivel de tratamiento de aguas residuales por tamaño de comunidad

La densidad poblacional es por lo general menor en las comunidades pequeñas y la carga contaminante generada por éstas puede ser absorbida por el ambiente circundante. Sin embargo, en las comunidades grandes la población es densa y la economía es activa; por tanto la carga contaminante generada por las comunidades grandes es más significativa en comparación con aquellas que se encuentran en el área rural.

No es una estrategia útil aplicar las mismas medidas para comunidades que varían en tamaño. Es por ello que se recomienda el establecimiento de objetivos dependiendo del tamaño de la comunidad como se muestra en el Cuadro 8-7. Por ejemplo, un método simple de tratamiento puede ser utilizado en pequeñas comunidades mientras que tratamientos más avanzados se deben adoptar en comunidades grandes. Si se fijan dichas metas, la cantidad de DBO descargada al ambiente, con origen en el MAR, será de 3,026 ton/año como se muestra en el Cuadro 8-8.

Cuadro 8-7: Calidad de agua tratada requerida

Población por tamaño de comunidad	Calidad de agua requerida (DBO mg/litro)	Nivel de tratamiento
Menos de 100	312.1	Nivel 0(sin sistema de drenaje)
100 a 1,499	150	Nivel 1
1,500 a 9,999	75	Nivel 2
10,000 a 49,999	50	Nivel 3
Mas de 50,000	30	Nivel 4

Cuadro 8-8: Análisis de los resultados sobre la calidad de agua tratada requerida para el 2015

Tamaño de la población	Población total	Cantidad de agua residual (m3/día)	Carga contaminante (DBO ton/año)	Distribución de la carga contaminante	Calidad requerida de agua tratada (DBO mg/litro)	Descargas de carga contaminante (DBO ton/año)	Cantidad a reducir (DBO ton/año)
Menos de 100	3,846	664.8	75.5	0.4%	312.1	75.5	0.0
100 a 499	19,431	3,361.7	383.7	2.0%	150	184.1	199.6
500 a 999	39,916	6,905.6	786.5	4.2%	150	378.1	408.4
1,000 a 1,499	28,631	4,952.8	564.0	3.0%	150	271.2	292.8
1,500 a 2,499	33,914	5,867.1	668.4	3.6%	75	160.6	507.8
2,500 a 4,999	37,229	6,440.6	733.8	3.9%	75	176.3	557.5
5,000 a 9,999	34,510	5,970.1	680.1	3.6%	75	163.4	516.7
10,000 a 19,999	37,428	6,475.0	737.7	3.9%	50	118.2	619.5
20,000 a 49,999	114,109	19,740.8	2,249.1	12.0%	50	360.3	1,888.8
50,000 a 99,999	76,088	13,163.3	1,499.7	8.0%	30	144.1	1,355.6
100,000 y mas	524,649	90,764.4	10,340.9	55.2%	30	993.9	9,347.0
Total	949,751	164,306.2	18,719.4	100.0%	50.5	3,025.7	15,693.7

8.2.2 Consideración de Métodos de Tratamiento

Existen varios métodos de tratamiento de aguas residuales domésticas que consisten principalmente en materia orgánica como la DBO. Estos métodos de tratamiento se clasifican básicamente en dos categorías: tratamiento aerobio y tratamiento anaeróbico.

En el tratamiento anaerobio, la bacteria anaerobia utiliza procesos de digestión para la descomposición y eliminación de la materia orgánica.

El tratamiento aerobio oxida, descompone y elimina material orgánico utilizando suministro de oxígeno o a través de la aeración por medio de difusores. En comparación con el tratamiento anaerobio, el tratamiento aerobio obtiene alta calidad del agua tratada, aunque sin embargo requiere de energía para proveer oxígeno, lo cual ocasiona un alto costo en la construcción y operación de las instalaciones. La siguiente figura explica la diferencia entre el tratamiento aerobio y el tratamiento anaerobio en cuanto a la eliminación de DBO.

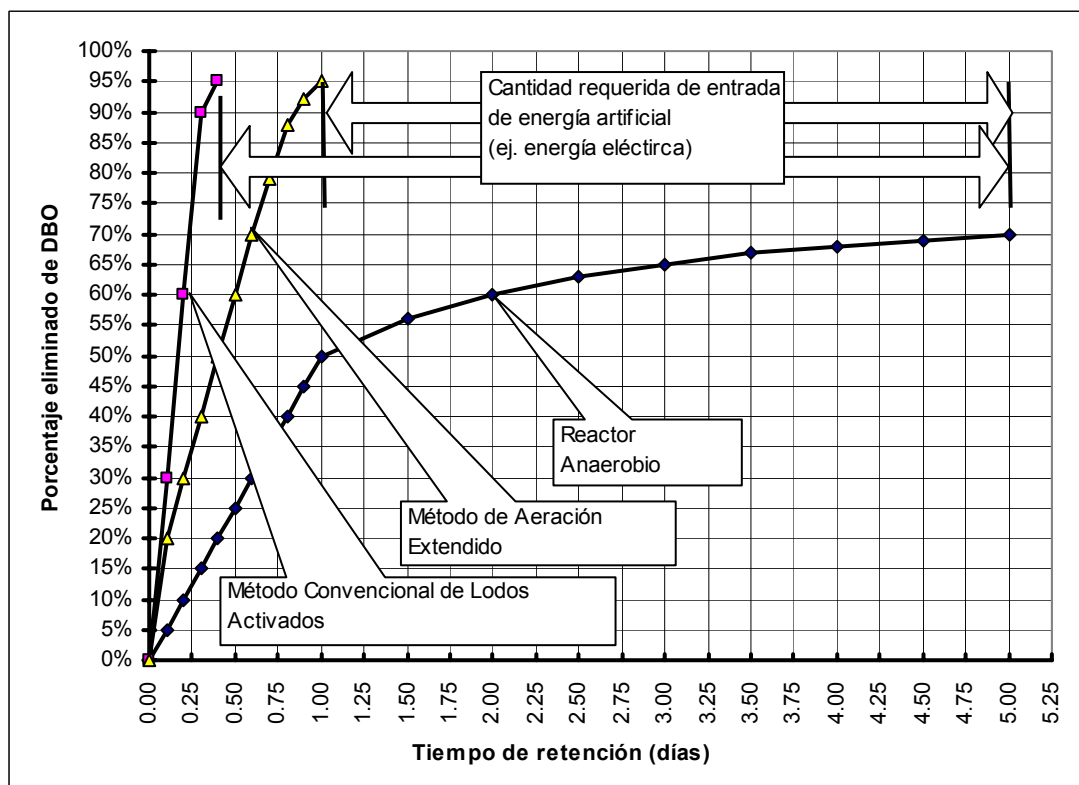


Figura 8-1: Concepto de Eliminación de DBO y Método de Tratamiento

La calidad requerida del agua tratada se establece dependiendo del tamaño de la comunidad, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 8-9: Nivel de Tratamiento Meta de acuerdo al Tamaño de la Comunidad

Nivel de tratamiento	Habitantes por comunidad	Meta requerida en la calidad del agua tratada y Porcentaje de eliminación de DBO	
		DBO (mg/litro)	Porcentaje de eliminación de DBO
Nivel 1	100 a 1,499	150	52 %
Nivel 2	1,500 a 9,999	75	76 %
Nivel 3	10,000 a 49,999	50	84 %
Nivel 4	Más de 50,000	30	90 %

8.2.3 Selección de Métodos de Tratamiento

Se consideraron varios métodos de tratamiento con la finalidad de encontrar los métodos apropiados para comunidades de diferente tamaño. Consecuentemente, se recomiendan los siguientes métodos de tratamiento.

Cuadro 8-10: Métodos Propuestos de Tratamiento

Nivel de tratamiento	Habitantes por comunidad	Método de tratamiento
Nivel 1	100 a 1,499	Reactor anaeróbico + desinfección
Nivel 2	1,500 a 9,999	Reactor anaeróbico + filtro aerobio + desinfección
Nivel 3	10,000 a 49,999	Zanja de oxidación tipo carrusel + desinfección
Nivel 4	Más de 50,000	Lodos activados + desinfección

8.2.4 Aspectos Financieros

Los ingresos por concepto de tratamiento de aguas residuales constituyeron solamente alrededor del 3% de los ingresos totales de CAPA entre el 2000 y el 2002, mientras que sus Costos de Operación fueron de alrededor del 7%. Más específicamente, los gastos en el tratamiento de aguas residuales variaron de 2.2 veces a 3.2 veces de los ingresos por concepto del servicio de tratamiento de aguas residuales.

La generación de aguas residuales fue estimada en 75% de la producción de agua, aproximadamente el doble del volumen del agua facturada. Las aguas residuales tratadas fueron estimadas en alrededor del 20% de la producción de agua y el 25% del agua residual generada. Aunque la tarifa del tratamiento de aguas residuales se ha fijado en 20% de la tarifa de agua, el monto recaudado fue relativamente pequeño debido posiblemente al bajo grado de conexión de las familias al sistema de alcantarillado.

Bajo estas circunstancias, la actividad tratamiento de las aguas residuales fue negativa en términos financieros durante los últimos 3 años, como se presenta en el siguiente Cuadro.

Cuadro 8-11: Ingresos y Gastos de CAPA por Aguas Residuales (Mill. Pesos)

Aspecto	2000	2001	2002
Ingresos por Aguas Residuales	3.89	4.69	6.74
Gastos por Aguas Residuales	10.86	14.96	14.91
Costo de Operación	8.89	12.37	12.57
Costo de Mantenimiento: Electromec.	1.32	1.02	1.33
Costo de Mantenimiento: Tubería	0.23	0.74	0.33
Control de Calidad	0.42	0.83	0.68
Ingresos - Gastos	-6.97	-10.27	-8.17

Fuente: CAPA

El punto importante es el déficit financiero del servicio de tratamiento de aguas residuales o cómo reducir la diferencia entre ingresos y gastos específicos del servicio.

8.3 Manejo de Residuos Sólidos

8.3.1 Consideración de Objetivos y Escenario Meta

8.3.1.1 Objetivo Principal y Valor Meta

El Objetivo Principal del Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos (MRS) es:

Preservar el agua subterránea y el ambiente acuático costero del área de estudio.

El valor meta es:

La cantidad descargada de DBO originada de residuos sólidos debe ser menor a 2,100 ton/año para el 2015

8.3.1.2 Objetivos Particulares y Valores Meta

El Plan Maestro formulado debería estar dirigido a alcanzar el valor meta del objetivo principal, además, debería alcanzar los siguientes objetivos inherentes al manejo de residuos sólidos.

- *Provisión de un medio ambiente habitable higiénico:* removiendo residuos de viviendas y comunidades.
- *Mitigación de impacto ambiental causado por residuos:* depositando de manera adecuada los residuos recolectados.
- *Conservación de recursos:* contribuyendo al establecimiento de una sociedad orientada al reciclaje a través de la minimización de residuos.

Los objetivos particulares deberán tener valores meta con el siguiente marco temporal: i) el porcentaje de recolección es un indicador representativo de la provisión de medios ambientes sanitarios; ii) el nivel de disposición final puede mostrar el grado de mitigación de impacto ambiental causado por residuos; y iii) el porcentaje de minimización de residuos es un indicador entre otros que representa la conservación de recursos. A continuación se discutirán los valores meta tomando en consideración los tres objetivos anteriores.

a. Aspectos del Escenario del Porcentaje de Recolección

a.1 Demanda del Manejo de Residuos Sólidos

La demanda en cuanto al manejo de residuos sólidos varía en el área de estudio, por ejemplo, pequeñas comunidades rurales pueden no requerir el servicio de recolección de residuos mientras que comunidades grandes como Chetumal y Playa del Carmen requieren niveles altos en el MRS. La prioridad en el MRS debería darse en el siguiente orden: i) poblaciones grandes y alta densidad poblacional; ii) poblaciones pequeñas pero con altas densidades o

poblaciones grandes pero con baja densidad; iii) poblaciones pequeñas con baja densidad. La siguiente figura esquematiza este concepto.

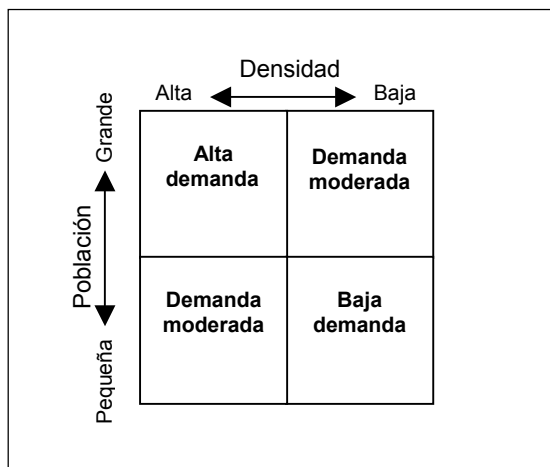


Figura 8-2: Relación entre Tamaño de la Población, Densidad y Demanda de MRS

a.2 Comunidades Dispersas de Varios Tamaños en el Área de Estudio

El área de estudio tiene una población de más o menos 500,000 habitantes en el 2003, dispersos en una superficie de 36,000 km². La población está distribuida en 288 comunidades y el tamaño de las localidades varía desde docenas hasta más de cien mil habitantes.

El número de comunidades urbanas en el 2003 es de 15 y 24 para el 2015, que ocupan menos del 10% del número total de comunidades. No obstante, como se observa en el Cuadro 8-12, la población de estas localidades ocupa el 75% en el 2003 y 85% en el 2015 del total de población. La cantidad de residuos generada por las comunidades urbanas representa más del 80% en el 2003 y casi el 90% en el 2015 del total de residuos producidos. Esto se puede apreciar con mayor detalle en el Cuadro 8-13.

Como las figuras indican, el enfoque en comunidades urbanas para solucionar los problemas de MRS será efectivo y eficiente. Comunidades urbanas con población de 2,500 habitantes y más en el 2015 se muestra en el Cuadro 8-14. PEDU agrupa a las comunidades tomando en cuenta aspectos de vecindad, relación económica, etc. y considera a esos grupos sistemas urbanos. En esta planeación, las 24 comunidades meta están reunidas en 10 grupos con base en sistemas urbanos de PEDU. El Cuadro 8-15 muestra el agrupamiento.

Cuadro 8-12: Población en Áreas Urbanas y Rurales

Año	2003		2015	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Tamaño de la Comunidad				
Rural (2,499 y menos)	110,571	25.4	130,408	14.6
Urbana (2,500 y más)	324,394	74.6	762,386	85.4
Total	434,965	100.0	892,794	100.0

Cuadro 8-13: Cantidad Generada de Residuos Sólidos en Áreas Urbanas y Rurales

Año	2003		2015	
	ton/día	%	ton/día	%
Tamaño de la Comunidad				
Rural (2,499 y menos)	94.7	18.2	122.7	11.5
Urbana (2,500 y más)	426.1	81.8	945.9	88.5
Total	520.8	100.0	1,068.6	100.0

Cuadro 8-14: Comunidades Seleccionadas en el Plan Maestro

Comunidad		Población en el 2015
		(personas)
I. Othón P Blanco		
1	Álvaro Obregón	4,156
2	Bacalar	21,618
3	Calderitas	6,359
4	Chetumal	163,275
5	Ingenio Álvaro Obregón	4,585
6	Limonos	18,752
7	Mahahual	73,335
8	Maya Balam	3,048
9	Nicolás Bravo	4,854
10	Punta Pulticub	8,440
11	Sergio Butrón Casas	3,733
12	Xahuachol	18,000
13	Xcalak	8,440
14	Xul-ha	2,854
	Sub-total	341,449
II. Felipe C Puerto		
1	Chunhuhub	5,410
2	Felipe Carrillo Puerto	22,069
3	Señor	2,940
4	Tepich	2,627
5	Tihosuco	5,227
	Sub-total	38,273
III. Solidaridad		
1	Ciudad Chemuyil	21,335
2	Coba	3,000
3	Nuevo Akumal	100,000
4	Playa del Carmen	214,664
5	Tulum	43,665
	Sub-total	382,664
	Total	762,386

Cuadro 8-15: Agrupamiento de Comunidades

Grupo urbano	Comunidad	Población (cantidad)
I. Othón P Blanco		
1	CALDERITAS, CHETUMAL, XUL-HA	172,488
2	ALVARO OBREGON, INGENIO ALVARO OBREGON, SERGIO BUTRON CASAS	12,474
3	NICOLAS BRAVO	4,854
4	BACALAR, LIMONES, MAYA BALAM	43,418
5	MAHAHUAL, PUNTA PULTICUB, XAHUACHOL, XCALAK	108,215
II. Felipe C Puerto		
6	FELIPE CARRILLO PUERTO, SEÑOR	25,009
7	CHUNHUHUB	5,410
8	TEPICH, TIHOSUCO	7,854
III. Solidaridad		
9	CIUDAD CHEMUYIL, NUEVO AKUMAL, PLAYA DEL CARMEN, TULUM	379,664
10	COBA	3,000
Total		762,386

a.3 Valores Meta del Porcentaje de Recolección

Tomando en consideración las demandas del servicio de MRS en cuanto a la eficiencia y efectividad de la recolección y disposición, se debería priorizar la realización adecuada del manejo de residuos sólidos en comunidades con gran población o comunidades urbanas. Sin embargo, aún en estas localidades las áreas marginales no requieren a menudo del servicio regular en la recolección, especialmente en pequeñas comunidades urbanas. Esta situación podría tomarse en cuenta al momento de establecer las metas de porcentaje en la cobertura de la recolección. Se han establecido dos opciones en cuanto al establecimiento de metas en la cobertura de la recolección.

1. 100% de cobertura en la recolección en todas las comunidades urbanas.
2. De 80% a 100% en la cobertura de recolección dependiendo de la densidad demográfica de una comunidad.

Ambos casos consideran la recolección especial de las comunidades rurales tomando en cuenta su demanda.

Cuadro 8-16: Consideración del Porcentaje de Recolección (Caso 1)

Población (cantidad)	Porcentaje de Recolección
1 – 2,499	0%
2,500 - 7,999	80%
8,000 - 34,999	90%
34,999 - 99,999	95%
100,000 -	100%

Cuadro 8-17: Consideración del Porcentaje de Recolección (Caso 2)

Población (cantidad)	Porcentaje de Recolección
1 – 2,499	0%
2,500 -	100%

b. Aspectos a Considerar al Establecer el Nivel de Disposición Final

b.1 Desarrollo por etapas para la Disposición de los Residuos

La cantidad de DBO originada de residuos sólidos puede reducirse considerablemente a través de la aplicación de procedimientos de disposición adecuados. El método más efectivo para reducir la cantidad de DBO generada es a través de los rellenos sanitarios; no obstante su construcción y operación requiere de una gran inversión monetaria y un alto nivel de tecnología. En el área de estudio, no se cuenta aún con un modelo sofisticado de relleno sanitario. En el Cuadro 8-18 se recomienda el desarrollo por etapas de la disposición de residuos hasta alcanzar el nivel de relleno sanitario.

Cuadro 8-18: Desarrollo por Etapas para la Disposición de Residuos

Nivel de Disposición	Contenido
0:Vertedero a cielo abierto	<ul style="list-style-type: none"> • Sin control • Los residuos son esparcidos en todo el botadero a cielo abierto. • No existe ningún sistema de drenaje pluvial • Se genera una gran cantidad de lixiviados • No existe control de biogás (incendios, descomposición lenta de residuos) • Mala condición de lixiviados debido a condiciones anaeróbicas
1:Vertedero de descarga controlada	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección del ingreso de residuos: para medir la cantidad de disposición, para controlar residuos peligrosos, etc. • Camino de acceso, camino dentro del sitio: para asegurar el acceso al área de descarga • Equipo para relleno: con el propósito de acumular residuos
2:Vertedero en sitio cerrado	<ul style="list-style-type: none"> • Cerca: para prohibir que personas no autorizadas entren al sitio • Dique: para evitar que los residuos sean esparcidos, para prevenir que se filtre agua • Zona de Amortiguamiento: para reservar espacio suficiente con la propiedad adyacente • Drenaje pluvial: en los alrededores y dentro del sitio
3:Relleno sanitario con control de gas	<ul style="list-style-type: none"> • Cubierta de tierra: para prohibir la proliferación de vectores, para prevenir incendios y mal olor, para minimizar filtración pluvial, para mejorar la estética • Instalación para la evacuación de gases: para prevenir incendios y explosiones, para fomentar la descomposición de residuos • Báscula camionera: importante para MRS
4:Relleno sanitario con control de lixiviados	<ul style="list-style-type: none"> • Capa impermeabilizante del fondo: para evitar la filtración de lixiviados en el subsuelo (contaminación de aguas subterráneas) • Instalación para la recolección de lixiviados: para recolectar y descargar lixiviados al exterior • Sistema de tratamiento de lixiviados: para tratar lixiviados hasta cierta calidad que no causen impactos ambientales serios

b.2 Comparación de la Reducción de DBO

La reducción en la cantidad de DBO se considera en cada nivel de disposición de residuos, suponiendo la altura del relleno, la densidad del volumen después de la compactación, etc. De acuerdo al cálculo, suponiendo que la cantidad de DBO de un vertedero a cielo abierto representa el 100%, un vertedero controlado reduciría la cantidad de DBO hasta un 50%, un vertedero cerrado hasta un 20%, un relleno con control de gas hasta un 8.33% y un relleno con control de lixiviados hasta un 0.29%.

b.3 Aplicación del Desarrollo por Etapas para la Disposición en Grupos Urbanos.

Se presentan en el Cuadro 8-19 dos casos que muestran cómo aplicar el desarrollo por etapas de la disposición de residuos. L1 se aplica a vertederos controlados, vertederos cerrados, rellenos con control de gas y rellenos sanitarios con control de lixiviados de acuerdo al tamaño de la población. L2 representa rellenos sanitarios con control de lixiviados para todos los grupos urbanos sin importar la densidad demográfica.

Cuadro 8-19: Aplicación del Desarrollo por Etapas para Disposición

Población	L1	L2
1 - 2,499	0	0
2,500 - 7,999	1	4
8,000 - 34,999	2	4
34,999 - 99,999	3	4
100,000 -	4	4

0: Vertedero a cielo abierto

1: Vertedero de descarga controlada

2: Vertedero en sitio cerrado

3: Relleno sanitario con control de gas

4: Relleno sanitario con control de lixiviados

Grupo Urbano	Comunidades	Población (cantidad)	L1	L2
1	CALDERITAS, CHETUMAL, XUL-HA	172,488	4	4
2	ALVARO OBREGON, INGENIO ALVARO OBREGON, SERGIO BUTRON CASAS	12,474	2	4
3	NICOLAS BRAVO	4,854	1	4
4	BACALAR, LIMONES, MAYA BALAM	43,418	3	4
5	MAHAHUAL, PUNTA PULTICUB, XAHUACHOL, XCALAK	108,215	4	4
6	FELIPE CARRILLO PUERTO, SENOR	25,009	2	4
7	CHUNHUHUB	5,410	1	4
8	TEPICH, TIHOSUCO	7,854	1	4
9	CIUDAD CHEMUYIL, NUEVO Akumal, PLAYA DEL CARMEN, TULUM	379,664	4	4
10	COBA	3,000	1	4
91	Comunidades rurales	130,408	0	0

c. Aspectos al Establecer la Minimización de Residuos

La minimización de residuos es actualmente el problema central en el Manejo de Residuos Sólidos. Los países desarrollados han marcado la pauta en cuanto a la minimización; sin embargo, se espera que otros países sigan el ejemplo ya que la minimización de residuos es una de las medidas más efectivas para preservar los recursos naturales, prevenir el calentamiento global, reducir las sustancias peligrosas y disminuir los costos en el MRS.

c.1 El Concepto de Minimización de Residuos

La minimización de residuos posee un sentido amplio que incluye el Control en la Generación, Control en la Descarga y la Recuperación de Recursos como se aprecia en la siguiente figura.

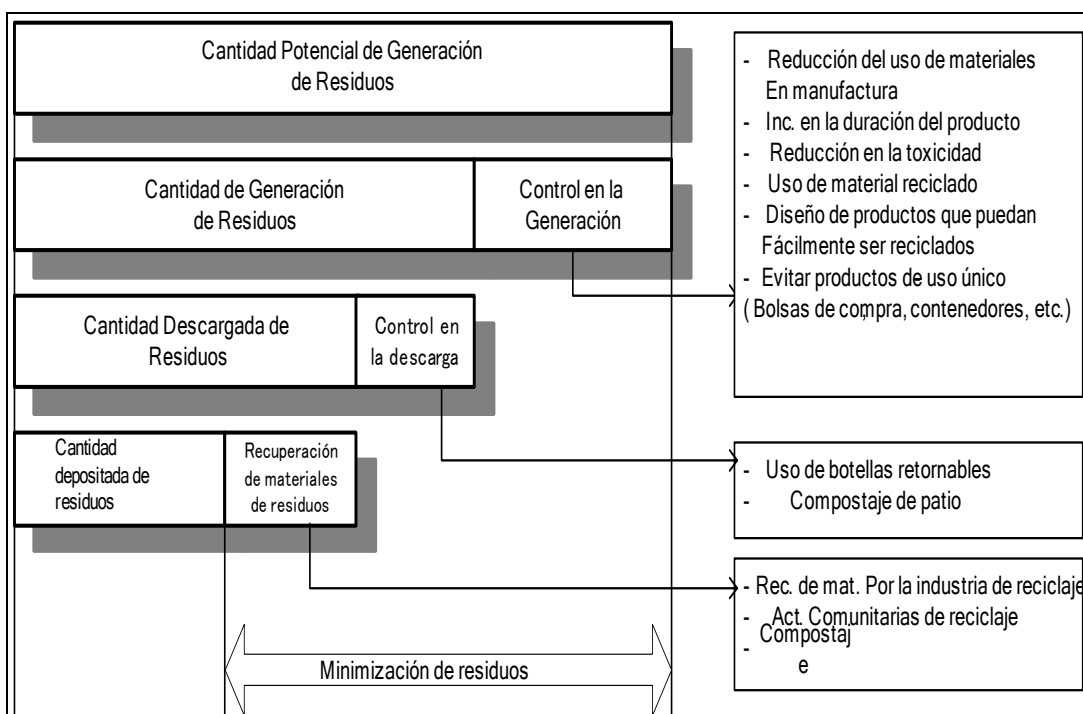


Figura 8-3: Concepto de Minimización de Residuos

Es de conocimiento común en el mundo que el orden prioritario de la política de MRS es 1) “Reducir”, 2) “Reusar”, 3) “Reciclar”.

El “Control en la Generación” es igual a la reducción y se le debería dar la primera prioridad. El “Control en la Descarga” practica el reuso y/o reciclaje en todas las fuentes de generación de residuos. Como ambas medidas intentan reducir los residuos descargados en la fuente de generación, se les conoce como “Reducción en la Fuente”.

La “Recuperación de Recursos” se refiere a actividades que buscan recuperar recursos de residuos descargados. Se le conoce generalmente como “Reciclaje” y a menudo se divide en “Recuperación de Material” y “Recuperación de Energía”.

En este contexto, el “Control en la Generación” y el “Control en la Descarga” significan “Reducción en la Fuente” y la “Recuperación de Recursos” equivale a “Reciclaje” en esta planeación.

c.2 Hacia la Minimización de Residuos en México

En octubre de 2003 se promulgó la “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”. Esta ley enfatiza los siguientes cuatro puntos:

- La prevención en la generación de residuos
- La valorización de los residuos
- El manejo integral de los residuos
- El compartir responsabilidades

Además, antes de la promulgación de la ley se desarrolló la campaña de MRS conocida como “México Limpio” y se tomaron varias medidas a nivel federal, estatal y municipal. Podría decirse que el ambiente político para la minimización de residuos ha iniciado en México.

c.3 Costos de Disposición

Uno de los principales motivos por los que el reciclaje es factible en países desarrollados es el alto costo de la disposición de residuos. La minimización de residuos reduce los costos de disposición así como también la cantidad de residuos vertidos y compensa los costos de reciclaje.

Sin embargo, los costos de disposición no son tan elevados en países en desarrollo como para compensar los costos de reciclaje. En este caso, el reciclaje aumenta la carga financiera y cesa su operación.

c.4 Composición de Residuos

La composición de residuos en el Área de estudio comprende casi 30% de residuos compostables. El compostaje de patio es una medida efectiva para reducir los residuos en la fuente de generación. En el caso del reciclaje, la composición de residuos indica que cerca del 30% de los residuos son reciclables.

c.5 Porcentaje de Minimización de Residuos

Cerca del 60% de los residuos son potencialmente reciclables. Sin embargo, prácticamente no todos pueden ser reciclados debido a que algunos materiales están contaminados o porque algunos materiales orgánicos no se descomponen rápidamente o no son adecuados para compostaje. El grado de reciclaje puede fomentarse a través de la promoción y/o educación. Tomando en consideración lo antes mencionado, las siguientes cinco opciones pueden ser concebidas.

- 1) 0% de minimización de residuos: ninguna medida para la minimización de residuos.
- 2) 2.5% de minimización de residuos: cambios en la conducta de consumo a través de la educación ambiental.
- 3) 15% de minimización de residuos: reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio en la conducta de consumo a través de la educación ambiental.
- 4) 25% de minimización de residuos: 15% de reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio en la conducta de consumo a través de la educación ambiental; 10% de compostaje de poda de jardines (residuos de jardines en viviendas y residuos de poda en áreas públicas).
- 5) 40% de minimización de residuos: 15% de reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio en la conducta de consumo a través de la educación ambiental; 10% de compostaje de poda de jardines (residuos de jardines en viviendas y residuos de poda en áreas públicas); 15% de recuperación de material.

8.3.2 Establecimiento de Escenarios Alternativos

Esta sección contempla algunos escenarios técnicos alternativos tomando en consideración las características del Área de Estudio. El requisito mínimo es alcanzar el objetivo principal, es decir, menos de 2,100 ton/año en la cantidad descargada de DBO en el 2015.

8.3.2.1 Escenarios alternativos

Se plantean los siguientes cinco escenarios. El contenido de los escenarios explica las situaciones a alcanzar en el 2015.

Escenario 1: Sistema Convencional

- 0% de minimización de residuos: ninguna medida para la minimización de residuos
- 100% en el porcentaje de recolección en el área urbana
- Se adoptan rellenos sanitarios en toda el área urbana

Escenario 2: Sistema Orientado al Reciclaje Conservador

- 2.5% de minimización de residuos: cambio en la conducta de consumo a través de educación ambiental.
- 80 – 100% en el porcentaje de recolección de residuos depende de la densidad demográfica de la comunidad
- Diferentes niveles de disposición se adoptan dependiendo de la densidad demográfica de la comunidad.

Escenario 3: Sistema Orientado al Reciclaje Semi Progresivo

- 15% de minimización de residuos: reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros y cambios en la conducta de consumo a través de educación ambiental.
- 80 – 100% en el porcentaje de recolección de residuos depende de la densidad demográfica de la comunidad
- Diferentes niveles de disposición se adoptan dependiendo de la densidad demográfica de la comunidad.

Escenario 4: Sistema Orientado al Reciclaje Progresivo

- 25% de minimización de residuos: 15% de reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio en la conducta de consumo a través de la educación ambiental; 10% de compostaje de poda de jardines (residuos de jardines en viviendas y residuos de poda en áreas públicas).
- 80 – 100% en el porcentaje de recolección de residuos depende de la densidad demográfica de la comunidad
- Diferentes niveles de disposición se adoptan dependiendo de la densidad demográfica de la comunidad.

Escenario 5: Sistema Orientado al Reciclaje Radical

- 40% de minimización de residuos: 15% de reducción en la fuente a través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio en la conducta de consumo a través de la educación ambiental; 10% de compostaje de poda de jardines (residuos de jardines en viviendas y residuos de poda en áreas públicas); 15% de recuperación de material.
- 80 – 100% en el porcentaje de recolección de residuos depende de la densidad demográfica de la comunidad
- Diferentes niveles de disposición se adoptan dependiendo de la densidad demográfica de la comunidad.

El siguiente cuadro resume los cinco escenarios.

Cuadro 8-20: Escenarios Alternativos

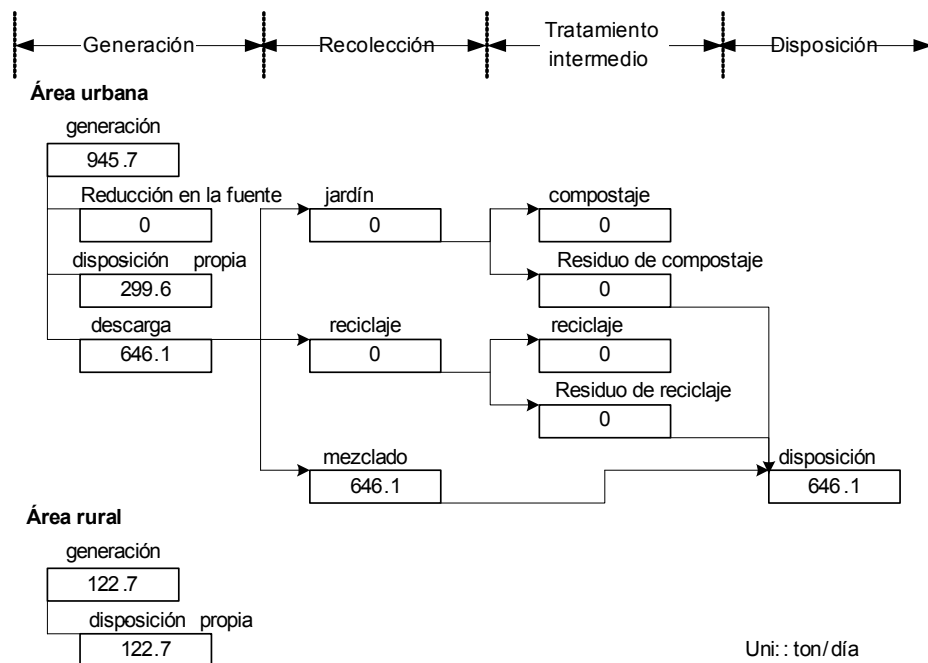
Escenario	Porcentaje de recolección	Nivel de disposición	Minimización de residuos				Total
			Reducción en la fuente		Reciclaje		
			Educación	Compostaje de patio	Composta	IRM	
1	100%	Relleno sanitario	0%	0%	0%	0%	0%
2	80-100%	Desarrollo por etapas	2.5%	0%	0%	0%	2.5%
3	80-100%	Desarrollo por etapas	15%		0%	0%	15%
4	80-100%	Desarrollo por etapas	15%		10%	0%	25%
5	80-100%	Desarrollo por etapas	15%		10%	15%	40%

Nota: los porcentajes de minimización de residuos equivalente a la cantidad sujeta a las respectivas medidas de minimización de residuos, no a la cantidad de residuos minimizada.

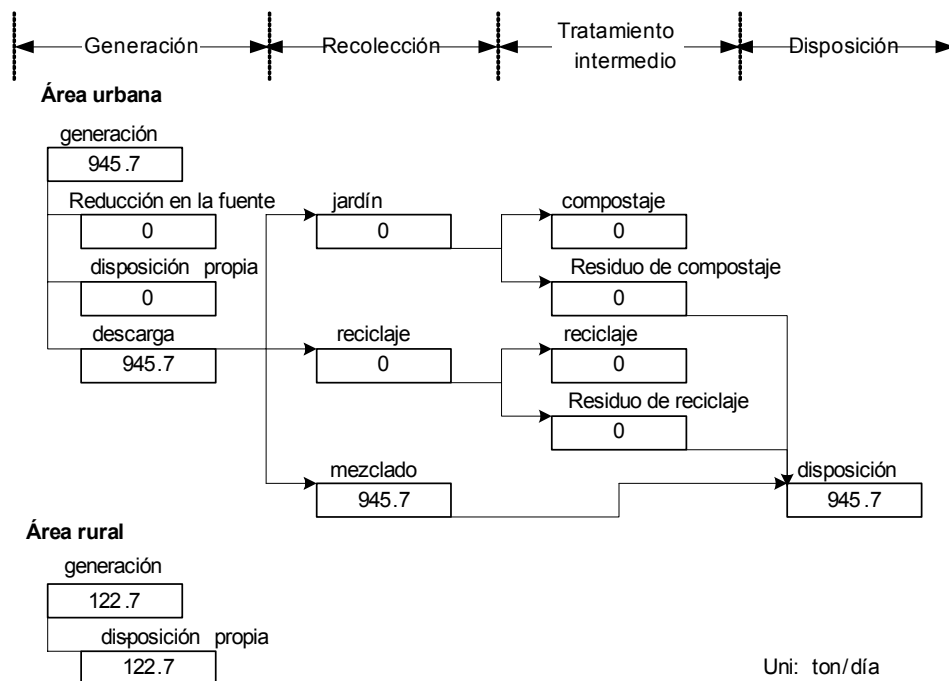
8.3.2.2 Flujo de Residuos de los Escenarios Alternativos

Esta sección presenta el flujo de residuos de los cinco escenarios alternativos

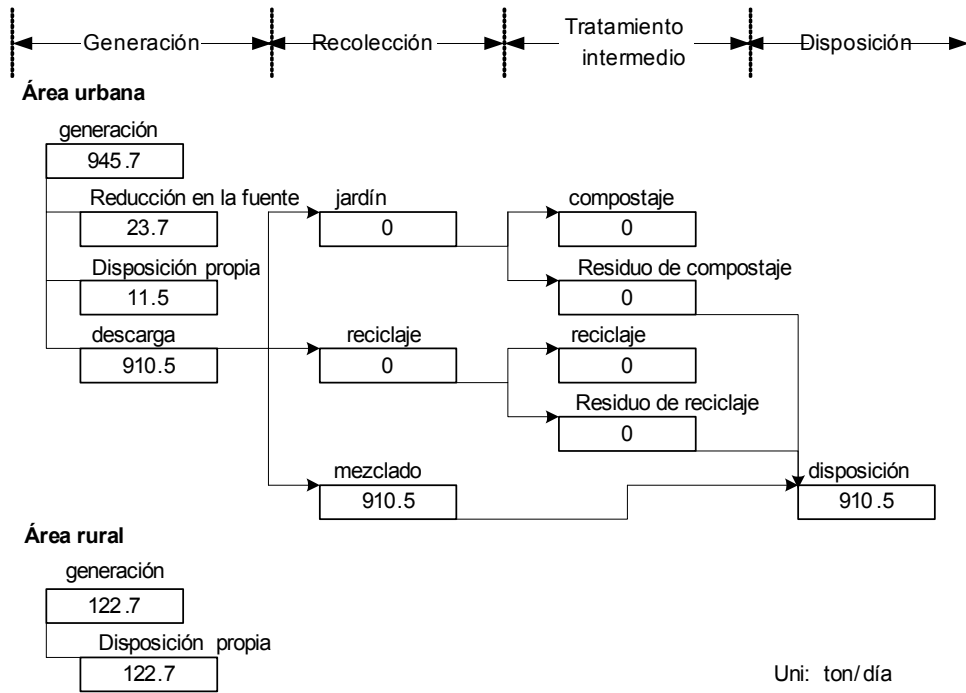
a. Flujo de Residuos sin el P/M



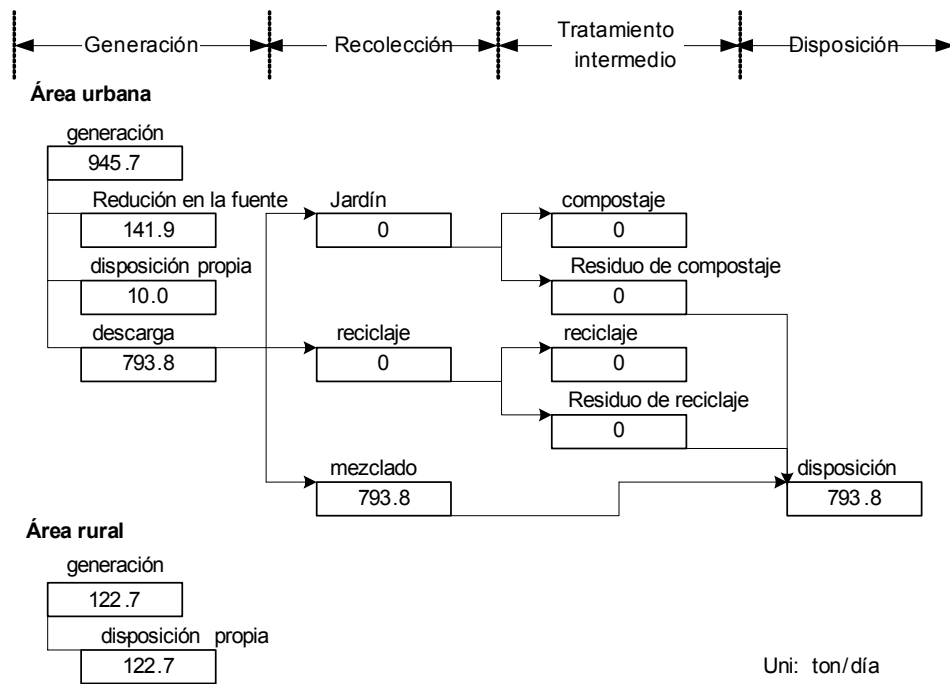
b. Flujo de Residuos del Escenario 1



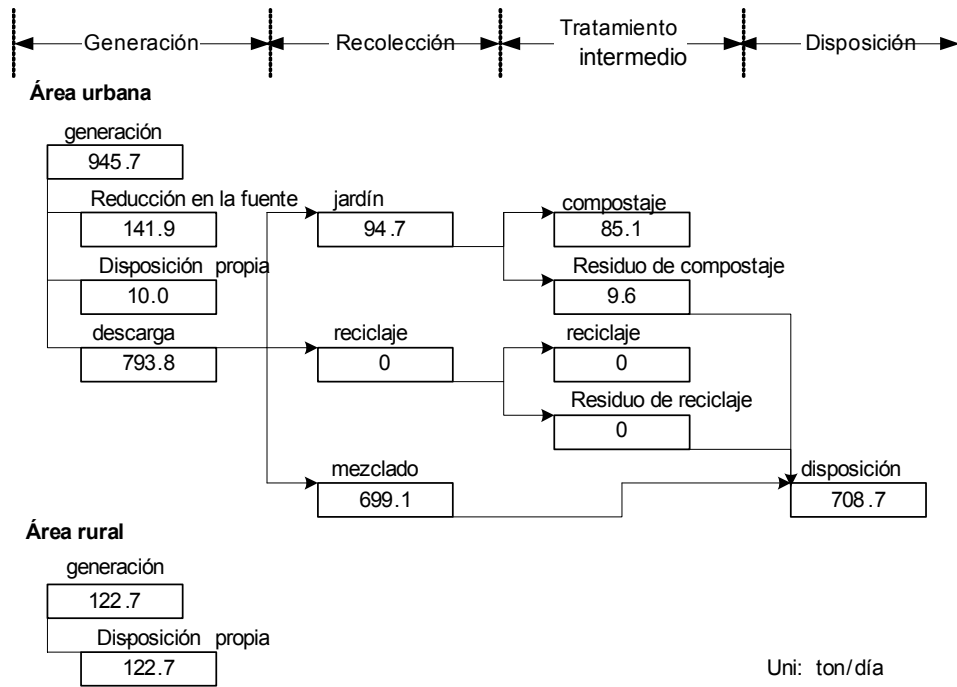
c. Flujo de Residuos del Escenario 2



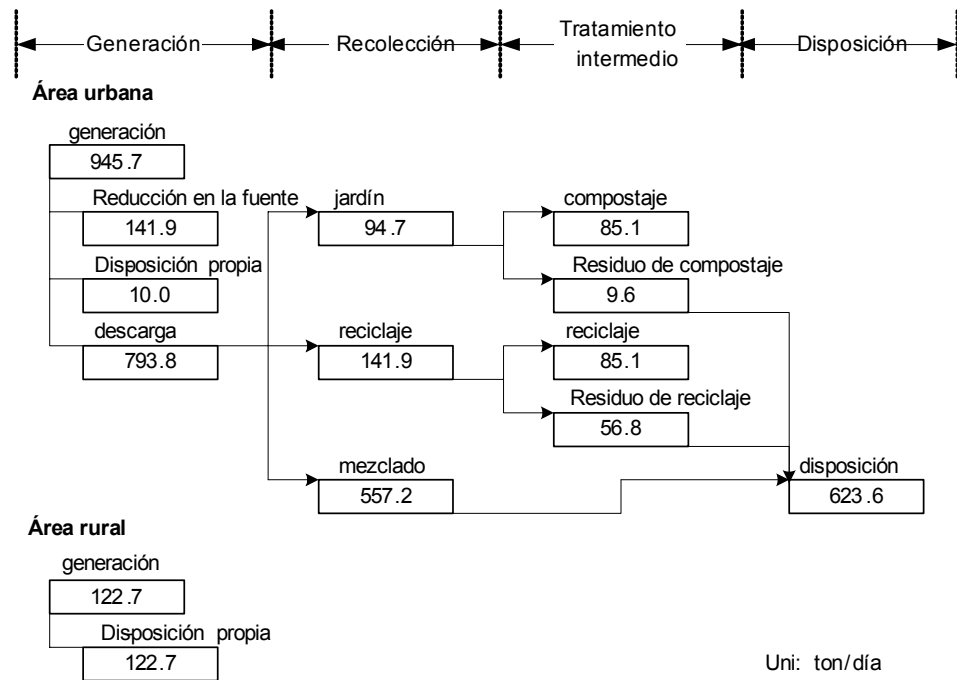
d. Flujo de Residuos del Escenario 3



e. Flujo de Residuos del Escenario 4



f. Flujo de Residuos del Escenario 5



8.3.3 Selección de un Sistema Óptimo

a. Evaluación de los Escenarios Alternativos

El siguiente cuadro muestra la evaluación de los Escenarios Alternativos

Cuadro 8-21: Evaluación de los Escenarios Alternativos

Aspectos de evaluación	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5
1. Objetivo principal	Todos los escenarios cumplen con el valor meta de menos de 2,100 ton/año de DBO en la cantidad descargada				
DBO (ton/año)	1,475	1,854	1,803	1,772	1,744
2. Objetivos particulares					
1) Provisión de ambientes sanitarios	El 100% del porcentaje de la recolección es asumido. Provee de un alto nivel al ambiente sanitario habitable, pero el servicio sería excesivo.	El porcentaje de recolección de 80% a 100% se adopta dependiendo de la densidad demográfica de las comunidades. Mientras más grande sea una comunidad, mayor será el porcentaje de recolección empleado. Aunque menor nivel de mitigación del impacto ambiental es alcanzado comparado con el escenario 1, éste será suficiente para mantener el ambiente habitable.			
Porcentaje de recolección (área urbana)	100%	99%	99%	99%	99%
Porcentaje de recolección (toda el área)	89%	87%	86%	86%	86%
2) Mitigación de impactos ambientales causados por los residuos	Se supone que todos los sitios de disposición deben ser rellenos sanitarios, incluso para comunidades rurales pequeñas. Estas serían medidas excesivas.	Diferentes niveles de disposición se deberían adoptar dependiendo de la densidad demográfica de las comunidades, es decir, de vertederos controlados a rellenos sanitarios. Aunque en comparación con el escenario 1 se alcanza menor nivel de mitigación del impacto ambiental, éste será suficiente para no ocasionar serios impactos al ambiente.			
3) Conservación de recursos	No se adopta ninguna medida de minimización de residuos.	Sólo se adopta la educación ambiental	Se adopta el compostaje de patio en adición a la educación ambiental.	Se introduce el compostaje de residuos de poda en adición a las medidas del escenario 3.	Se introduce la recuperación de material en adición a las medidas del escenario 4.
Porcentaje de minimización de residuos	0%a (0%)b	2.5% a (2.5%) b	15% a (15%) b	25% a (24%) b	40% a (33%) b
3. Aspectos financieros	Los porcentajes entre los costos estimados de todos los escenarios y el ingreso de las viviendas se encuentra dentro del rango de referencia de 0.5% a 1.3% para países de ingreso medio.				
1000 USD/año	13,927	13,086	11,927	12,632	14,065
Costos/vivienda. Ingreso	0.69%	0.65%	0.59%	0.63%	0.70%
4. Sistema legal	La nueva ley federal "Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos" busca prevenir la generación de residuos y reciclar materiales. Por lo tanto, la meta de mayor minimización de los residuos alcanza los objetivos de la ley.				
5. Sistema institucional	Se requiere la estrecha relación de las instituciones como el gobierno federal, estatal y municipal con la finalidad de alcanzar un cierto nivel de disposición final y alentar la minimización de los residuos.				
6. Sistema de manejo	Se requiere alta capacidad de las agencias ejecutoras (municipios) para el manejo apropiado de la disposición final y la minimización de residuos. Especialmente, los rellenos sanitarios son difíciles de operar en pequeñas comunidades respecto a la ingeniería y finanzas.				
7. Participación del sector privado	Hay oportunidades de que el sector público y el privado cooperen en el MRS. Con la finalidad de introducir al sector privado, el sector público debería tener la capacidad suficiente de controlarlos para proveer de servicios adecuados a los ciudadanos.				
8. Participación ciudadana	La minimización de residuos requiere la participación positiva de los ciudadanos en MRS, tal como descarga adecuada de residuos, compostaje de patio, separación y reciclaje de residuos.				

a: porcentaje de residuos que está sujeta a medidas de minimización

b: porcentaje de la cantidad minimizada de residuos

b. Selección de un Escenario Óptimo

La Contraparte Mexicana y el Equipo de Estudio mantuvieron discusiones para la selección de un escenario óptimo. Consecuentemente, el Escenario 4 fue seleccionado como el más óptimo.

Cuadro 8-22: Sistema Técnico de MRS seleccionado

Sistema Técnico	Escenario 4
1. Reducción en la fuente	Reducción en la fuente; A través del compostaje de patio, reciclaje de papeles y otros, y cambio de la conducta de consumo a través de la educación ambiental
2. Recolección y Transporte	80 - 100% del porcentaje de la recolección depende de la densidad demográfica de la comunidad
3. Tratamiento Intermedio	Compostaje de residuos de jardinería
4. Disposición Final	Diferentes niveles de disposición dependiendo de la densidad demográfica de la comunidad

Capitulo 9

Plan Maestro

9 Plan Maestro

9.1 Conceptos Básicos

9.1.1 Principio Guía, Objetivo Principal y Enfoque Básico

El Plan Maestro pretende integrar todos los esfuerzos del sector público, privado, residentes y visitantes bajo los siguientes valores compartidos.

a. **Principio Guía**

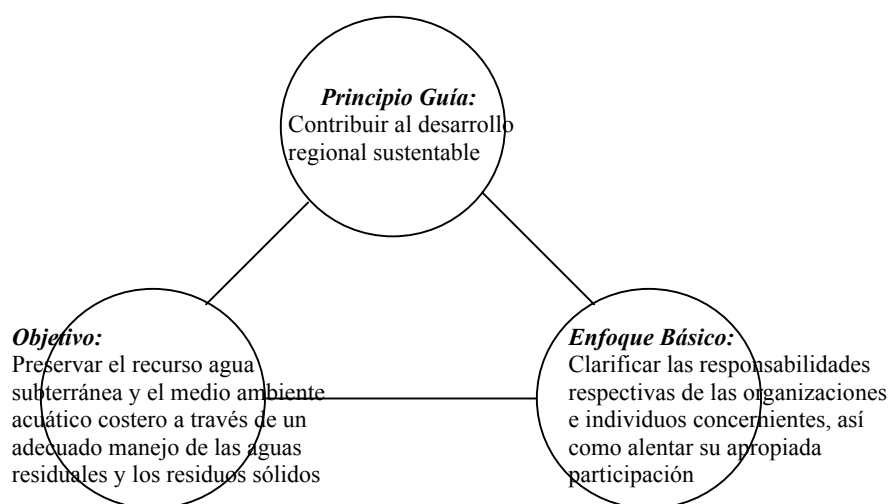
Contribuir con el desarrollo regional sustentable

b. **Objetivo Principal**

Preservar el recurso agua subterránea y el medio ambiente acuático en el sur del Estado de Quintana Roo o, en otras palabras, en los municipios de Othón P Blanco, Felipe C. Puerto y Solidaridad, a través de un adecuado manejo de los residuos sólidos y aguas residuales.

c. **Enfoques Básicos**

Clarificar las responsabilidades respectivas del sector público, privado, los residentes y los turistas, así como alentar la apropiada participación en el Manejo del Saneamiento Ambiental.



9.1.2 Cifra Meta del Plan Maestro

El objetivo principal del Plan Maestro es:

La cantidad de descarga de DBO proveniente de las aguas residuales y residuos sólidos deberá de ser menor de 5,200 ton/año para el año 2015, buscando controlar la concentración de DBO de las aguas subterráneas a 1.0 mg/litro y menos.

Menor a 3,100 ton/año de aguas residuales, y

Menor a 2,100 ton/año de residuos sólidos.

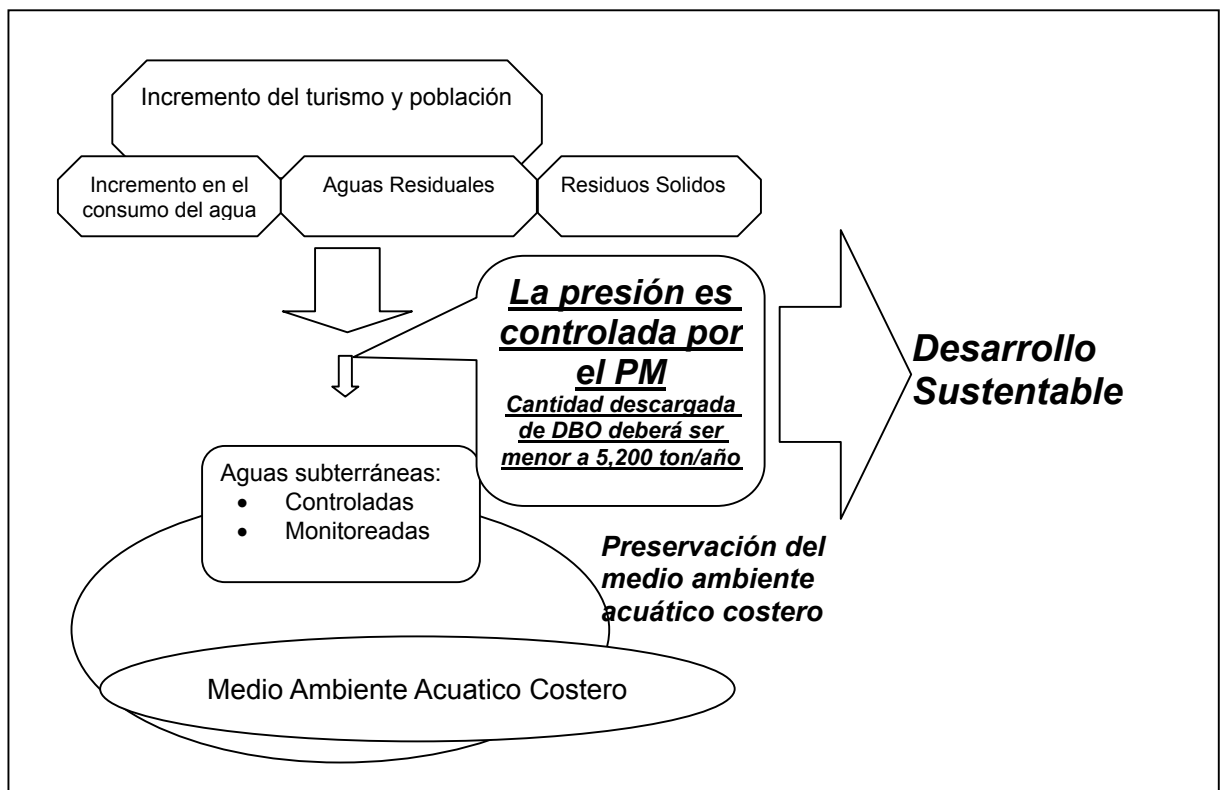


Figura 9-1: Cifra Meta del Plan Maestro

9.2 Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales

9.2.1 Objetivos, Cifras Meta y Año Meta

a. Objetivo Principal y Cifra Meta

EL objetivo principal del Plan Maestro en lo relacionado al Manejo de Aguas Residuales (MAR) es:

Preservar el recurso aguas subterráneas y el medio ambiente acuático en el área de estudio.

La cifra Meta es:

La cantidad descargada de DBO proveniente de aguas subterráneas sería de 3,100 ton/año en el 2015.

b. Objetivos Particulares y Cifras Meta

Un Plan Maestro debería apuntar a lograr el objetivo principal, además, debería cumplir con el objetivo particular que se presenta a continuación y que es inherente al manejo de aguas residuales.

Reducción en los riesgos a la salud de los residentes a través del empleo de tecnología adecuada.

Los objetivos particulares concernientes a la calidad del agua tratada y la cobertura del sistema de alcantarillado se indican en los Cuadro 9-1 y Cuadro 9-2.

Cuadro 9-1: Objetivos del Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales

Aspectos	Municipios	Actualmente	Obj. en el 2015
Número de conexiones	Othón P. Blanco	10,288	98,330
	Felipe Carrillo Puerto	114	14,562
	Solidaridad	1,770	107,059
Población con sistema de alcantarillado (base de población permanente)	Othón P. Blanco	37,044	413,971
	Felipe Carrillo Puerto	567	72,429
	Solidaridad	6,655	402,529
Proporción de servicio de cobertura en el sistema de alcantarillado (tubería de alcantarillado & tratamiento, base poblacional)	Othón P. Blanco	16.2%	99.7%
	Felipe Carrillo Puerto	0.9%	98.0%
	Solidaridad	4.7%	99.7%

Cuadro 9-2: Nivel de Tratamiento Meta según el Tamaño de la Población

Nivel de tratamiento	Densidad demográfica de la comunidad	Objetivo en la calidad de agua tratada	
		BOD (mg/litro)	SS (mg/litro)
Nivel 1	100 a 1,499	150	125
Nivel 2	1,500 a 9,999	75	75
Nivel 3	10,000 a 49,999	50	50
Nivel 4	Más de 50,000	30	40

c. Año meta

El año meta para el Plan Maestro es el siguiente: **Año 2015**

9.2.2 Medidas Propuestas

9.2.2.1 Método de Tratamiento de Aguas Residuales

Los métodos de tratamiento indicados en el Cuadro 9-3 se proponen para alcanzar los niveles de tratamiento sugeridos en el Cuadro 9-2.

Cuadro 9-3: Método de Tratamiento Propuesto

Nivel de tratamiento	Densidad demográfica de la comunidad	Método de tratamiento
Nivel 1	100 a 1,499	Reactor anaeróbico + desinfección
Nivel 2	1,500 a 9,999	Reactor anaeróbico + filtro aeróbico + desinfección
Nivel 3	10,000 a 49,999	zanja de oxidación (tipo carrusel)+ desinfección
Nivel 4	Más de 50,000	Lodos activados + desinfección

9.2.2.2 Plan de Manejo de Lodos

El exceso de lodo se generará en grandes cantidades en el futuro junto con la expansión de tratamiento de las aguas residuales por lo que deben tomarse medidas. El Cuadro 9-4 muestra la cantidad excedente de lodo a ser dispuestos con un contenido de agua de 85%.

Cuadro 9-4: Cantidad Requerida de Disposición de Lodos Excedentes

Unidad: m³/año

Año	OTHON P. BLANCO				FELIPE CARRILLO PUERTO			SOLIDARIDAD			
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
2003	0	0	0	6,947	0	0	107	0	0	0	19,733
2004	0	0	0	6,947	0	0	107	0	0	0	19,733
2005	0	0	0	12,167	0	0	393	0	0	0	22,487
2006	133	487	1,367	16,600	0	0	700	0	0	1,613	27,540
2007	260	967	2,733	21,033	0	0	1,007	0	0	3,233	32,600
2008	393	1,453	4,100	25,467	0	0	1,313	0	0	4,847	37,653
2009	520	1,940	5,467	29,900	0	0	1,620	0	0	6,460	42,193
2010	1,173	2,420	6,827	34,340	327	440	1,927	173	0	8,073	47,767
2011	1,820	3,873	7,320	35,380	867	880	2,233	347	347	8,673	50,153
2012	2,473	5,327	7,807	36,420	1,413	1,313	2,547	520	693	9,267	52,547
2013	3,120	6,780	8,293	37,467	1,953	1,753	2,853	693	1,040	9,867	54,933
2014	3,773	8,233	8,780	38,507	2,500	2,193	3,160	947	1,387	10,460	57,320
2015	5,073	10,167	9,273	39,547	3,040	3,073	3,467	1,207	1,740	11,060	59,707
Total	18,740	41,647	61,967	340,720	10,100	9,653	21,433	3,887	5,207	73,553	524,367

Algunas medidas de disposición del exceso de lodos son los rellenos sanitarios, la deshidratación y la incineración. La deshidratación y la incineración requieren inversiones altas y tecnología sofisticada. Tales medidas no se consideran apropiadas para el Área de

Estudio. Por consiguiente, es recomendable que el exceso de lodo deshidratado se disponga en el relleno sanitario.

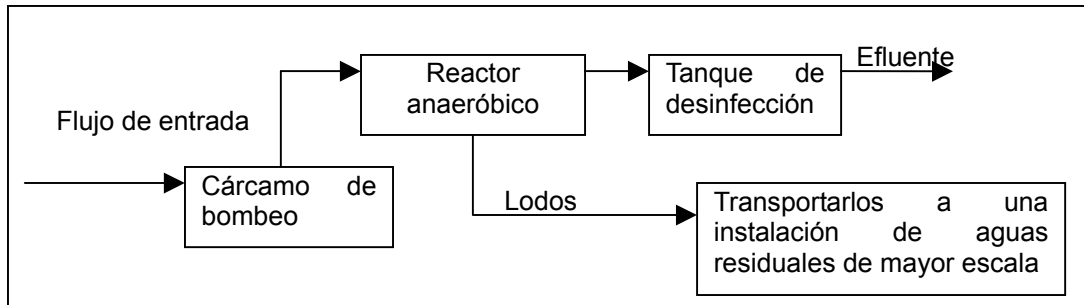
9.2.3 Diseño del Proceso de Tratamiento

9.2.3.1 Nivel 1

El método recomendado de tratamiento para el Nivel 1 es un reactor anaeróbico. Las condiciones de diseño y la hoja de flujo del proceso de tratamiento se muestran a continuación.

Cuadro 9-5: Condiciones de Diseño para el Nivel 1

Aspecto	Cifra
Método de tratamiento	Reactor anaeróbico
Tamaño de población para la que es aplicable (número de habitantes)	100 to1,499
Tasa de generación de aguas residuales (litros/persona/día)	173
Concentración de la DBO en el flujo de entrada (mg/litro)	312
Carga de DBO del reactor anaeróbico (g/ m3/día)	250
Tiempo de retención en el tanque de desinfección (minutos)	15
Tasa de generación de lodos (m3/persona/año)	0.04
Período de retención de los lodos (año)	3
Calidad del agua tratada (mg/litro)	DBO:150, SS:125



El siguiente cuadro muestra el volumen requerido del reactor con base en las condiciones antes expuestas.

Cuadro 9-6: Resumen de los Cálculos de Diseño

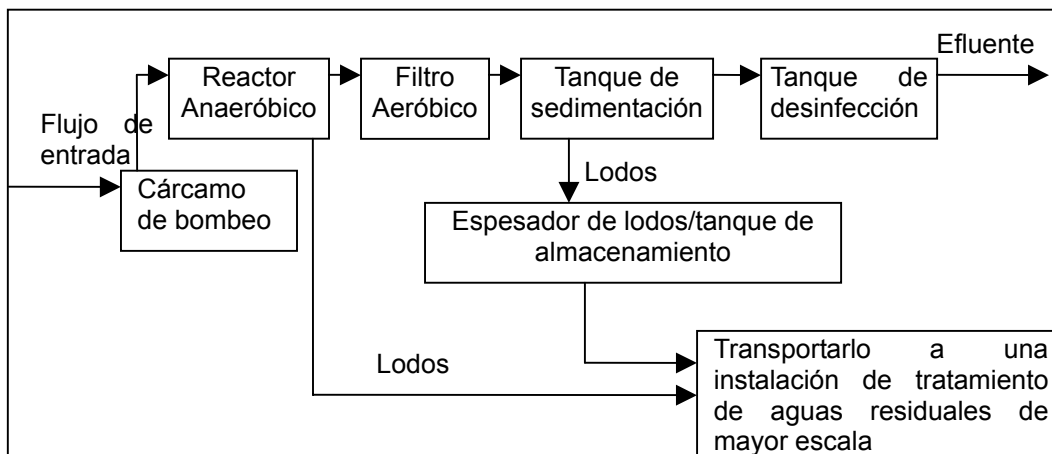
Magnitud de la población	Cantidad de agua residual (m3/día)	Reactor Anaeróbico			Total Requerido (m3)
		Cantidad de la DBO en el caudal de entrada (g/día)	Volumen de tratamiento (m3)	Volumen para almacenamiento de lodos (Volumen de lodos para 3 años (m3))	
100	17	5,305.7	21.2	12	33.2
250	43	13,420.3	53.7	30	83.7
500	87	27,152.7	108.6	60	168.6
750	130	40,573.0	162.3	90	252.3
1,499	259	80,833.9	323.3	180	503.3

9.2.3.2 Nivel 2

El método de tratamiento recomendado para el Nivel 2 es el reactor anaeróbico y el filtro aeróbico. Las condiciones de diseño y la hoja de flujo de tratamiento se muestran a continuación.

Cuadro 9-7: Condiciones de Diseño para el Nivel 2

Aspecto	Cifra
General	
Método de Tratamiento	Reactor anaeróbico y filtro aeróbico
Tamaño de población para la que es aplicable (número de habitantes)	1,500 to 9,999
Tasa de generación de aguas residuales (litros/persona/día)	173
Concentración de la DBO en el flujo de entrada (mg/litro)	312
Concentración de los SS en el flujo de entrada (mg/litro)	300
Concentración de la DBO en el agua tratada (mg/litro)	75
Concentración de los SS en el agua tratada (mg/litro)	75
Reactor Biológico	
Carga de DBO del reactor anaeróbico (g/m ³ /día)	250
Carga de DBO del filtro aeróbico (kg/m ³ /día)	0.8
Tasa de llenado del medio filtrante	Más de 80%
Tanque de Sedimentación	
Carga Superficial Hidráulica (m ³ /m ² /día)	25
Carga del Rebose Hidráulico del vertedero (m ³ /m/día)	30
Tiempo de retención (hr)	4.5
Tanque de Desinfección	
Tiempo de Retención (minutos)	15
Manejo de Lodos	
Cantidad de lodos generados (kg/día)	50% de la cantidad de DBO removida más 95% de la cantidad de SS removida
Contenido de humedad del lodo sin tratar	99%
Cantidad de humedad del lodo espesado	98%
Espesador	
Lodo (seco sólido) carga superficial (kg/m ² /día)	90
Tiempo de retención (hr)	12
Tanque de Almacenamiento del lodo espesado	
Tiempo de retención (día)	7
Tiempo de retención del tanque de desinfección (minutos)	15



El siguiente cuadro muestra el volumen requerido por los reactores con base en las condiciones anteriores.

Cuadro 9-8: Resumen sobre los Cálculos de Diseño

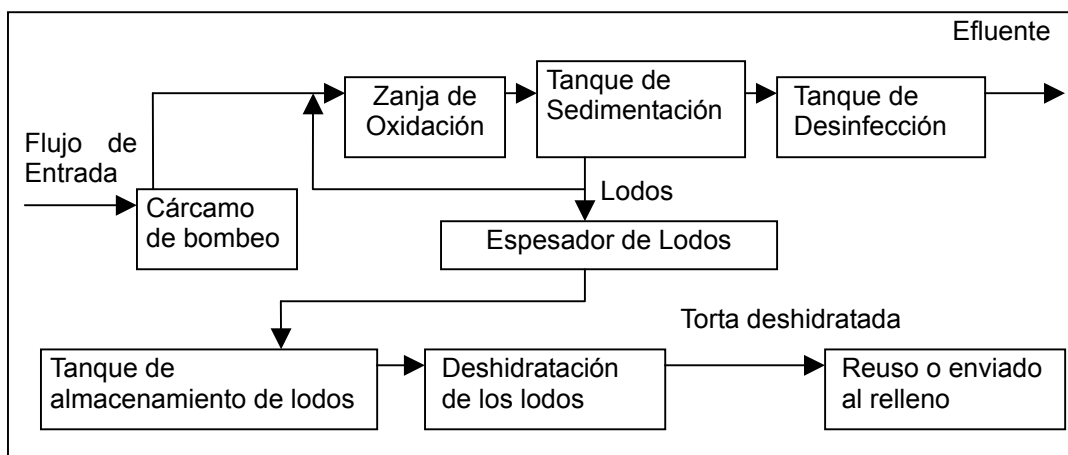
Magnitud de la Población	1,500	2,500	5,000	7,500	9,999
Caudal de entrada (m3/día)	260.0	433.0	865.0	1,298.0	1,730.0
Cantidad de DBO de entrada (g/día)	81,146.0	135,139.3	269,966.5	405,105.8	539,933.0
Reactor Anaeróbico					
Volumen 1 para tratamiento (m3)	324.6	540.6	1,079.9	1,620.4	2,159.7
Volumen 2 para lodos por 3 años (m3)	60.0	100.0	200.0	300.0	400.0
Volumen total (m3)	384.6	640.6	1,279.9	1,920.4	2,559.7
Tiempo de retención (día)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Filtro Aeróbico					
Conc. de DBO(mg/litro)	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
DBO que ingresa (kg/día)	39.0	65.0	129.8	194.7	259.5
Volumen Requerido (m3)	48.8	81.3	162.3	243.4	324.4
Tiempo de Retención (hr)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Sedimentación					
Carga superficial (m3/m2/día)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Área requerida (m2)	10.4	17.3	34.6	51.9	69.2
Tiempo de retención (hr)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Volumen (m3)	32.5	54.1	108.1	162.3	216.3
Profundidad (m)	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
Longitud del vertedero (m)	8.7	14.4	28.8	43.3	57.7
Lodos					
Flujo de entrada de DBO después del proceso aeróbico (mg/litro)	150	150	150	150	150
Flujo de entrada de SS después del proceso aeróbico (mg/litro)	125	125	125	125	125
DBO del efluente (mg/litro)	75	75	75	75	75
SS del efluente (mg/litro)	75	75	75	75	75
Cantidad de remoción de la DBO (kg/día)	19.5	32.5	64.9	97.4	129.8
Cantidad de remoción de SS (kg/día)	13.0	21.7	43.3	64.9	86.5
Lodo derivado de la DBO (kg/día)	9.8	16.3	32.5	48.7	64.9
Lodo derivado de los SS (kg/día)	12.4	20.6	41.1	61.7	82.2
Total (kg/día)	22.2	36.9	73.6	110.4	147.1
Volumen de lodos con contenido de agua de 99% (m3)	2.2	3.7	7.4	11.0	14.7
Volumen de lodos con contenido de agua de 98% (m3)	1.1	1.8	3.7	5.5	7.4
Espesador/tanque de almacenamiento					
Tiempo de retención (día)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Volumen requerido (m3)	7.7	12.6	25.9	38.5	51.8

9.2.3.3 Nivel 3

El método recomendado de tratamiento para un Nivel 3 es la zanja de oxidación tipo carrusel.
 Las condiciones de diseño y la hoja de flujo de tratamiento se muestran a continuación.

Cuadro 9-9: Condiciones de Diseño y Hoja de Flujo para el Proceso del Tratamiento para el Nivel 3

Aspecto	Cifra
General	
Método de Tratamiento	Zanja de oxidación
Tamaño de población para la que es aplicable (número de habitantes)	De 10,000 hasta 49,999
Tasa de generación de aguas residuales (litro/persona/día)	173
Concentración de la DBO en el flujo de entrada (mg/litro)	312
Concentración de los SS en el flujo de entrada (mg/litro)	300
Concentración de la DBO en el agua tratada (mg/litro)	50
Concentración de los SS en el agua tratada (mg/litro)	50
Desarenador & Cárcamo de bombeo	
Coeficiente de diseño hidráulico	$M=1+(14/(4+P0.5))$
Carga superficial hidráulica (m ³ /m ² /día)	1,800
Tiempo de retención en el cárcamo de bombeo (min.)	10
Zanja de Oxidación tipo Carrusel	
Concentración del Licor Mezclado o MLSS (mg/litro)	4,000
Carga de DBO-MLSS (DBO-kg/MLSS-kg/día)	0.05
Tanque de Sedimentación	
Carga Superficial Hidráulica (m ³ /m ² /día)	25
Carga Hidráulica de Rebose (m ³ /m ² /día)	30
Tiempo de Retención (hr)	6.0
Tanque de Desinfección	
Tiempo de retención (minutos)	15
Manejo de Lodos	
Cantidad de Generación de Lodos (kg/día)	50% de la remoción de la DBO más 95% de la remoción de los SS
Contenido de humedad en el lodo sin tratar	99%
Contenido de humedad en el lodo espesado	98%
Espesador	
Carga Superficial de Lodos (sólidos secos) (kg/m ² /día)	90
Tiempo de Retención (hr)	12
Tanque para almacenar los lodos espesados	
Tiempo de retención (día)	
Tiempo de retención del tanque de desinfección (minutos)	15
Deshidratación de los Lodos	
Tipo de deshidratador de lodos	Filtro Banda
Tasa de filtración de lodos (kg-SS/m)	120



El siguiente cuadro muestra el volumen requerido en los reactores con base en las condiciones anteriores.

Cuadro 9-10: Resumen de los Cálculos de Diseño

Magnitud de la Población	10,000	20,000	30,000	40,000	49,999
Caudal de entrada (m3/día)	1,730.0	3,460.0	5,190.0	6,920.0	8,650.0
DBO de entrada (g/día)	539,933	1,079,866	1,619,799	2,159,732	2,699,665
Cámara Desarenadora					
Coefficiente (M)	3.0	2.7	2.5	2.4	2.3
Caudal de Diseño (m3/día)	5,104.0	9,169.0	12,871.0	16,331.0	19,549.0
Área Superficial Requerida (m2)	2.8	5.1	7.2	9.1	10.9
Volumen Requerido en el Cárcamo de bombeo (m3)	35.4	63.7	89.4	113.4	135.8
Zanja de Oxidación tipo Carrusel					
Carga de DBO-SS (kg/kg/día)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Licor Mezclado MLSS (mg/litro)	4,000.0	4,000.0	4,000.0	4,000.0	4,000.0
Volumen Requerido (m3)	2,699.7	5,399.3	8,099.0	10,798.7	13,498.3
Tiempo de Retención	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
Tanque de Sedimentación					
Carga superficial (m3/m2/día)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Área Requerida (m2)	144.2	288.3	432.5	576.7	720.8
Tiempo de Retención (hr)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Volumen Requerido (m3)	432.5	865.0	1,297.5	1,730.0	2,162.5
Profundidad (m)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Tanque de Desinfección					
Tiempo de Retención (min)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Volumen Requerido (m3)	18.0	36.0	54.1	72.1	90.1
Manejo de Lodos					
Conc. de DBO en el Efluente (mg/litro)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Conc. de SS en el Efluente (mg/litro)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Cantidad de remoción de la DBO(kg/día)	453.3	906.5	1,359.8	1,813.0	2,266.3
Cantidad de remoción de los SS(kg/día)	432.5	865.0	1,297.5	1,730.0	2,162.5
Secos Sólidos provenientes de los SS (kg/día)	226.7	453.3	679.9	906.5	1,133.2
Secos Sólidos provenientes de la DBO (kg/día)	410.9	821.8	1,232.6	1,643.5	2,054.4
Cantidad de Lodos (Secos Sólidos-kg/día)	637.6	1,275.1	1,912.5	2,550.0	3,187.6
Volumen de los Lodos con contenido de humedad de 99% (m3)	63.8	127.5	191.3	255.0	318.8
Volumen de los Lodos con contenido de	31.9	63.8	95.6	127.5	159.4

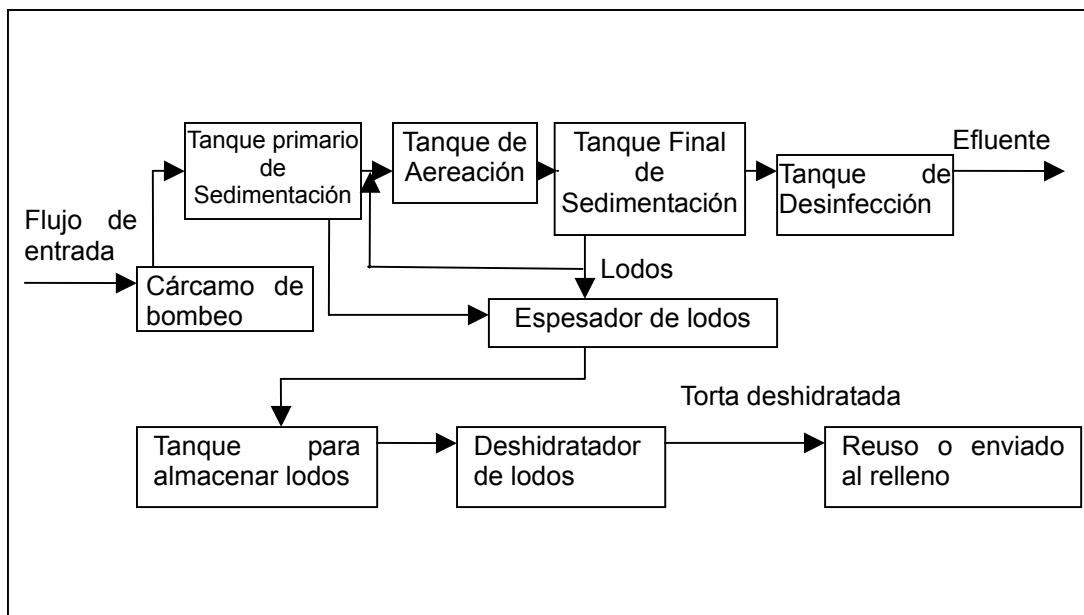
Magnitud de la Población	10,000	20,000	30,000	40,000	49,999
humedad de 98% (m3)					
Espesador					
Carga de Sólidos (kg/m2/día)	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
Área Requerida (m2)	7.1	14.2	21.3	28.3	35.4
Tiempo de Retención (hr)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Volumen Requerido (m3)	31.9	63.8	95.7	127.5	159.4
Tanque para Almacenamiento de Lodos					
Tiempo de Retención (días)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Volumen Requerido (m3)	95.7	191.4	286.8	382.5	478.2
Deshidratación de Lodos					
Tasa de Filtración (kg/m/h)	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0
Tiempo de Operación (hr)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Cantidad de Tratamiento (kg/hr)	79.7	159.4	239.1	318.8	398.5
Ancho Requerido de la Banda (m)	0.7	1.3	2.0	2.7	3.3
Cantidad de Equipos	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0
Anchura del filtro banda (m/equipo)	0.7	1.3	1.0	1.4	1.7

9.2.3.4 Nivel 4

El método recomendado de tratamiento para el Nivel 4 es de lodos activados. Las condiciones de diseño y la hoja de flujo de tratamiento se muestran a continuación.

Cuadro 9-11: Condiciones de Diseño y Hoja de Flujo para el Proceso de Tratamiento para el Nivel 4

Aspecto	Cifra
General	
Método de Tratamiento	Método convencional de Lodos Activados
Tamaño de población para la que es aplicable (número de habitantes)	50,000 to 200,000
Tasa de generación de aguas residuales (litro/persona/día)	173
Concentración de la DBO en el flujo de entrada (mg/litro)	312
Concentración de los SS en el flujo de entrada (mg/litro)	300
Concentración de la DBO en el agua tratada (mg/litro)	30
Concentración de los SS en el agua tratada (mg/litro)	40
Desarenador & Cárcamo de bombeo	
Coeficiente de diseño hidráulico	$M=1+(14/(4+P0.5))$
Carga superficial hidráulica (m ³ /m ² /día)	1,800
Tiempo de retención en el cárcamo de bombeo (min.)	10
Tanque Primario de Sedimentación	
Carga Hidráulica Superficial (m ³ /m ² /día)	35
Carga Hidráulica sobre el Vertedero (m ³ /m/día)	250
Tiempo de Retención (hr)	3.0
Tanque de Aeración	
Concentración de Licor Mezclado MLSS (mg/litro)	2,000
Carga de DBO-MLSS (DBO-kg/MLSS-kg/día)	0.3
Tanque Final de Sedimentación	
Carga Hidráulica Superficial (m ³ /m ² /día)	20
Carga Hidráulica sobre el Vertedero (m ³ /m/día)	150
Tiempo de Retención (hr)	4.0
Tanque de Desinfección	
Tiempo de Retención (minutos)	15
Manejo de Lodos	
Cantidad de Generación de Lodos (kg/día)	50% de eliminación de DBO más 95% de la cantidad de remoción de SS.
Contenido de Humedad en el Lodo sin procesar	99%
Contenido de Humedad en el Lodo espesado	98%
Espesador	
Carga superficial de lodos (seco sólido) (kg/m ² /día)	90
Tiempo de retención (hr)	12
Tanque para el Almacenamiento de Lodo Espesado	
Tiempo de Retención (día)	3
Tiempo de retención en el tanque de desinfección (minuto)	15
Deshidratación de Lodos	
Tipo de deshidratador de lodos	Filtro banda
Tasa de filtración (kg-SS/m)	120



El siguiente cuadro muestra el volumen requerido de reactores con base en las condiciones previas.

Cuadro 9-12: Resumen del Cálculo de Diseño

Magnitud de la Población	50,000	75,000	100,000	150,000	200,000
Caudal de entrada (m3/día)	8,650.0	12,975.0	17,300.0	25,950.0	34,600.0
DBO de entrada (g/día)	2,699,665	4,049,498	5,399,330	8,098,995	10,798,660
Cámara Desarenadora					
Coefficiente (M)	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8
Caudal de Diseño (m3/día)	19,549.0	27,377.0	34,600.0	48,267.0	61,242.0
Área superficial requerida (m2)	10.9	15.2	19.2	26.8	34.0
Volumen requerido del cárcamo de bombeo (m3)	135.8	190.1	240.3	335.2	425.3
Tanque de Sedimentación Primario					
Tasa de remoción de la DBO (%)	30	30	30	30	30
Carga superficial (m3/m2/día)	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Área requerida (m2)	247.1	370.7	494.3	741.4	988.6
Tiempo de retención (hr)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Volumen requerido (m3)	1,081.3	1,621.9	2,162.5	3,243.8	4,325.0
Profundidad (m)	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
Cantidad de DBO en el efluente (kg/día)	1,889.2	2,833.7	3,778.3	5,667.5	7,556.6
Tanque de aeración					
Carga de DBO-MLSS (kg/kg/día)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Licor mezclado MLSS (mg/litro)	2,000.0	2,000.0	2,000.0	2,000.0	2,000.0
Volumen requerido (m3)	3,148.7	4,722.8	6,297.2	9,445.8	12,594.3
Tiempo de retención (hr)	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7
Profundidad (m)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Tanque Final de Sedimentación					
Carga superficial (m3/m2/día)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Área requerida (m2)	432.5	648.8	865.0	1,297.5	1,730.0
Tiempo de retención (hr)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Volumen requerido (m3)	1,441.7	2,162.5	2,883.3	4,325.0	5,766.7

Magnitud de la Población	50,000	75,000	100,000	150,000	200,000
Profundidad (m)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Desinfección					
Tiempo de retención (min)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Volumen requerido (m3)	90.1	135.2	180.2	270.3	360.4
Manejo de Lodos					
Concentración de la DBO en el efluente (mg/litro)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Concentración de los SS en el efluente (mg/litro)	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Cantidad de remoción de la DBO (kg/día)	2,439.3	3,659.0	4,878.6	7,317.9	9,757.2
Cantidad de remoción de los SS(kg/día)	2,249.0	3,373.5	4,498.0	6,747.0	8,996.0
Secos sólidos provenientes de los SS (kg/día)	1,219.7	1,829.5	2,439.3	3,659.0	4,878.6
Secos sólidos provenientes de la DBO (kg/día)	2,136.6	3,204.8	4,273.1	6,409.7	8,546.2
Cantidad de lodos (DS-kg/día)	3,356.3	5,034.3	6,712.4	10,068.7	13,424.8
Volumen de lodos con contenido de agua de 99% (m3)	335.6	503.4	671.2	1,006.9	1,342.5
Volumen de lodos con contenido de agua de 98% (m3)	167.8	251.7	335.6	503.4	671.2
Espesador					
Carga sólida (kg/m2/día)	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
Área requerida (m2)	37.3	55.9	74.6	111.9	149.2
Tiempo de retención (hr)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Volumen requerido (m3)	167.8	251.7	335.6	503.5	671.3
Tanque de almacenamiento de lodos					
Tiempo de retención (días)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Volumen requerido (m3)	503.4	755.1	1,006.8	1,510.2	2,013.6
Deshidratación de lodos					
Tasa de filtración (kg/m/h)	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0
Tiempo de operación (hr)	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Cantidad de tratamiento (kg/hr)	419.5	629.3	839.1	1,258.6	1,678.1
Ancho requerido de la banda (m)	3.5	5.2	7.0	10.5	14.0
Cantidad de equipo	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Anchura del filtro banda (m/equipo)	1.8	2.6	2.3	2.6	2.8

9.2.4 Estimación de Costos

Los costos del Plan Maestro son los siguientes.

Cuadro 9-13: Costo General del Plan Maestro

Unidad: millones de pesos

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Othón P. Blanco	7.382	276.593	60.320	186.677	193.609	199.550	66.678	98.409	102.773	91.251	109.209	128.425	1,520.876
Felipe C. Puerto	2.028	17.505	3.264	3.701	17.539	4.514	23.511	43.399	30.525	31.369	32.946	33.956	244.257
Solidaridad	165.711	186.520	56.711	338.476	62.655	209.531	199.490	64.701	62.171	64.418	69.171	58.874	1,538.429
Total	175.121	480.618	120.295	528.854	273.803	413.595	289.679	206.509	195.469	187.038	211.326	221.255	3,303.562

Cuadro 9-14: Costo del Plan Maestro en Othón P. Blanco

Unidad: millones pesos

Aspecto	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Tubería de alcantarillado														
Construcción	Nivel 1	0	0	2.546	2.452	2.388	2.344	11.419	12.651	10.447	10.296	11.734	21.356	87.633
	Nivel 2	0	0	10.61	8.912	2.026	12.523	2.266	18.467	21.638	12.345	19.323	23.171	131.281
	Nivel 3	0	10.491	10.491	10.491	10.491	10.491	3.76	3.76	3.76	3.76	3.76	0	71.255
	Nivel 4	0	0	14.169	14.241	14.241	14.241	3.647	3.647	3.647	3.647	3.647	0	75.127
	total	0	10.491	37.816	36.096	29.146	39.599	21.092	38.525	39.492	30.048	38.464	44.527	365.296
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0.076	0.074	0.072	0.07	0.343	0.38	0.313	0.309	0.352	0.641	0	2.63
	Nivel 2	0	0.318	0.267	0.061	0.376	0.068	0.554	0.649	0.37	0.58	0.695	0	3.938
	Nivel 3	0.315	0.315	0.315	0.315	0.315	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0	0	2.14
	Nivel 4	0	0.425	0.427	0.427	0.427	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0	0	2.251
	total	0.315	1.134	1.083	0.875	1.188	0.633	1.156	1.184	0.901	1.154	1.336	0	10.959
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0.127	0.25	0.368	0.486	1.056	1.691	2.213	2.725	3.313	4.382	16.611
	Nivel 2	0	0	0.532	0.978	1.077	1.707	1.818	2.737	3.82	4.437	5.402	6.564	29.072
	Nivel 3	0	0	0.524	1.049	1.574	2.099	2.623	2.812	2.999	3.187	3.375	3.563	23.805
	Nivel 4	0.662	1.021	1.734	2.442	3.154	3.866	4.578	4.761	4.943	5.126	5.308	5.49	43.085
	total	0.662	1.021	2.917	4.719	6.173	8.158	10.075	12.001	13.975	15.475	17.398	19.999	112.573
Tubería de alcantarillado total		0.977	12.646	41.816	41.69	36.507	48.39	32.323	51.71	54.368	46.677	57.198	64.526	488.828
Instalación de tratamiento														
Construcción	Nivel 1	0	0	2.15	2.071	2.019	1.98	9.645	10.687	8.825	8.698	9.912	18.042	74.029
	Nivel 2	0	0	4.071	5.178	1.177	7.276	1.316	10.728	12.571	7.172	11.226	13.462	74.177
	Nivel 3	0	38.561	0	38.561	0	38.561	0	0	0	0	0	0	115.683
	Nivel 4	0	215.68	0	81.431	134.25	81.431	0	0	0	0	0	0	512.789
	total	0	254.24	6.221	127.24	137.44	129.25	10.961	21.415	21.396	15.87	21.138	31.504	776.678
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0.065	0.062	0.061	0.059	0.289	0.321	0.265	0.261	0.297	0.541	0	2.221
	Nivel 2	0	0.122	0.155	0.035	0.218	0.039	0.322	0.377	0.215	0.337	0.404	0	2.224
	Nivel 3	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578	0	0	0	0	0	0	3.468
	Nivel 4	3.235	3.235	1.221	3.235	2.014	1.221	0	0	0	0	0	0	14.161
	total	3.813	4	2.016	3.909	2.869	2.127	0.643	0.642	0.476	0.634	0.945	0	22.074
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0.107	0.211	0.311	0.411	0.892	1.429	1.869	2.302	2.798	3.701	14.031
	Nivel 2	0	0	0.3	0.553	0.608	0.964	1.027	1.547	2.159	2.507	3.052	3.709	16.426
	Nivel 3	0	0	1.44	1.993	2.411	2.759	3.064	3.166	3.265	3.361	3.453	3.543	28.455
	Nivel 4	1.799	4.338	6.338	8.267	9.977	11.409	12.796	13.12	13.442	13.762	14.08	14.396	123.724
	total	1.799	4.338	8.185	11.024	13.307	15.543	17.779	19.262	20.735	21.932	23.383	25.349	182.636
Instalación de tratamiento total		5.612	262.58	16.422	142.17	153.62	146.92	29.383	41.319	42.607	38.436	45.466	56.853	981.388
Manejo de lodos														
Costo de disposición	Nivel 1	0	0	0.016	0.032	0.047	0.062	0.135	0.216	0.282	0.348	0.422	0.558	2.118
	Nivel 2	0.029	0.031	0.09	0.166	0.183	0.29	0.309	0.467	0.651	0.757	0.921	1.118	5.012
	Nivel 3	0	0	0.15	0.301	0.451	0.601	0.751	0.805	0.859	0.912	0.966	1.02	6.816
	Nivel 4	0.764	1.338	1.826	2.314	2.801	3.289	3.777	3.892	4.006	4.121	4.236	4.35	36.714
	total	0.793	1.369	2.082	2.813	3.482	4.242	4.972	5.38	5.798	6.138	6.545	7.046	50.66
General														
Tubería de alcantarilla		0.977	12.646	41.816	41.69	36.507	48.39	32.323	51.71	54.368	46.677	57.198	64.526	488.828
Instalación de tratamiento		5.612	262.58	16.422	142.17	153.62	146.92	29.383	41.319	42.607	38.436	45.466	56.853	981.388
Manejo de lodos		0.793	1.369	2.082	2.813	3.482	4.242	4.972	5.38	5.798	6.138	6.545	7.046	50.66
Total general		7.382	276.59	60.32	186.68	193.61	199.55	66.678	98.409	102.77	91.251	109.21	128.43	1,520.88

Cuadro 9-15: Costos del Plan Maestro en Felipe C Puerto

Unidad: millones pesos

Aspecto	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Tubería de alcantarillado														
Construcción	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	5.444	11.974	7.827	9.188	9.476	8.605	52.514
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	1.637	0.015	1.625	0.944	0.863	1.774	6.858
	Nivel 3	1.584	3.219	2.274	2.248	2.274	2.274	2.248	2.274	2.274	2.248	2.274	0	25.191
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	1.584	3.219	2.274	2.248	2.274	2.274	9.329	14.263	11.726	12.38	12.613	10.379	84.563
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0	0	0	0	0.163	0.359	0.235	0.276	0.284	0.258	0	1.575
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0.049	0	0.049	0.028	0.026	0.053	0	0.205
	Nivel 3	0.097	0.068	0.067	0.068	0.068	0.067	0.068	0.068	0.067	0.068	0	0	0.706
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0.097	0.068	0.067	0.068	0.068	0.279	0.427	0.352	0.371	0.378	0.311	0	2.486
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	0.273	0.872	1.263	1.722	2.195	2.626	8.951
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0.082	0.083	0.164	0.211	0.254	0.343	1.137
	Nivel 3	0.018	0.097	0.258	0.372	0.484	0.598	0.712	0.824	0.938	1.052	1.164	1.278	7.795
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0.018	0.097	0.258	0.372	0.484	0.598	1.067	1.779	2.365	2.985	3.613	4.247	17.883
Tubería de alcantarillado total		1.699	3.384	2.599	2.688	2.826	3.151	10.823	16.394	14.462	15.743	16.537	14.626	104.932
Instalación de tratamiento														
Construcción	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	4.689	10.311	6.74	7.913	8.16	7.41	45.223
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	5.69	0.053	5.65	3.283	2.999	6.168	23.843
	Nivel 3	0	13.574	0	0	13.574	0	0	13.574	0	0	0	0	40.722
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0	13.574	0	0	13.574	0	10.379	23.938	12.39	11.196	11.159	13.578	109.788
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0	0	0	0	0.141	0.309	0.202	0.237	0.245	0.222	0	1.356
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0.171	0.002	0.17	0.098	0.09	0.185	0	0.716
	Nivel 3	0.204	0.204	0	0.204	0.204	0	0.204	0.204	0	0	0	0	1.224
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0.204	0.204	0	0.204	0.204	0.312	0.515	0.576	0.335	0.335	0.407	0	3.296
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	0.235	0.751	1.088	1.483	1.89	2.261	7.708
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0.285	0.287	0.57	0.734	0.883	1.192	3.951
	Nivel 3	0.113	0.3	0.588	0.698	0.791	0.873	0.947	1.015	1.078	1.137	1.193	1.246	9.979
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0.113	0.3	0.588	0.698	0.791	0.873	1.467	2.053	2.736	3.354	3.966	4.699	21.638
Instalación de tratamiento total		0.317	14.078	0.588	0.902	14.569	1.185	12.361	26.567	15.461	14.885	15.532	18.277	134.722
Manejo de lodos														
Costo de disposición	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	0.034	0.111	0.161	0.219	0.279	0.334	1.138
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0.081	0.081	0.161	0.208	0.25	0.338	1.119
	Nivel 3	0.012	0.043	0.077	0.111	0.144	0.178	0.212	0.246	0.28	0.314	0.348	0.381	2.346
	Nivel 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	total	0.012	0.043	0.077	0.111	0.144	0.178	0.327	0.438	0.602	0.741	0.877	1.053	4.603
General														
Tubería de alcantarilla		1.699	3.384	2.599	2.688	2.826	3.151	10.823	16.394	14.462	15.743	16.537	14.626	104.932
Instalación de tratamiento		0.317	14.078	0.588	0.902	14.569	1.185	12.361	26.567	15.461	14.885	15.532	18.277	134.722
Manejo de lodos		0.012	0.043	0.077	0.111	0.144	0.178	0.327	0.438	0.602	0.741	0.877	1.053	4.603
Total general		2.028	17.505	3.264	3.701	17.539	4.514	23.511	43.399	30.525	31.369	32.946	33.956	244.257

Cuadro 9-16: Costos del Plan Maestro en Solidaridad

Unidad: millones pesos

Aspecto	Level	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Tubería de alcantarillado														
Construcción	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	3.395	3.358	3.016	3.085	2.954	3.878	19.686
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0	0.867	0.045	0.045	0.708	0.594	2.259
	Nivel 3	0	11.438	11.438	11.438	11.438	11.438	4.174	4.174	4.174	4.174	4.174	0	78.06
	Nivel 4	9.38	20.291	20.383	20.383	18.498	22.176	9.186	9.186	9.186	9.186	9.186	0	157.041
	total	9.38	31.729	31.821	31.821	29.936	33.614	16.755	17.585	16.421	16.49	17.022	4.472	257.046
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0	0	0	0	0.102	0.101	0.09	0.093	0.089	0.116	0	0.591
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0.026	0.001	0.001	0.021	0.018	0	0.067
	Nivel 3	0.343	0.343	0.343	0.343	0.343	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0	0	2.345
	Nivel 4	0.608	0.611	0.611	0.555	0.665	0.276	0.276	0.276	0.276	0.276	0	0	4.43
	total	0.951	0.954	0.954	0.898	1.008	0.504	0.529	0.493	0.496	0.512	0.134	0	7.433
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0.05	0.052	0.053	0.055	0.216	0.374	0.516	0.661	0.801	0.984	3.762
	Nivel 2	0	0	0.019	0.021	0.024	0.026	0.028	0.061	0.062	0.064	0.091	0.113	0.509
	Nivel 3	0	0	0.572	1.144	1.716	2.287	2.859	3.068	3.277	3.486	3.694	3.903	26.006
	Nivel 4	3.63	4.099	5.114	6.133	7.152	8.077	9.186	9.644	10.104	10.563	11.023	11.482	96.207
	total	3.63	4.099	5.755	7.35	8.945	10.445	12.289	13.147	13.959	14.774	15.609	16.482	126.484
Tubería de alcantarillado total		13.961	36.782	38.53	40.069	39.889	44.563	29.573	31.225	30.876	31.776	32.765	20.954	390.963
Instalación de tratamiento														
Construcción	Nivel 1	0	0	0	0	0	0	2.8	2.767	2.487	2.543	2.435	3.198	16.23
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0	3.301	0.172	0.171	2.696	2.262	8.602
	Nivel 3	0	38.734	0	38.734	0	38.734	0	0	0	0	0	0	116.202
	Nivel 4	138.94	98.931	0	237.87	0	98.931	138.94	0	0	0	0	0	713.598
	total	138.94	137.67	0	276.6	0	137.67	141.74	6.068	2.659	2.714	5.131	5.46	854.632
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0	0	0	0	0.084	0.083	0.075	0.076	0.073	0.096	0	0.487
	Nivel 2	0	0	0	0	0	0	0.099	0.005	0.005	0.081	0.068	0	0.258
	Nivel 3	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0	0	0	0	0	0	3.486
	Nivel 4	3.568	1.484	3.568	3.568	1.484	3.568	2.084	0	0	0	0	0	19.324
	total	4.149	2.065	4.149	4.149	2.065	4.233	2.266	0.08	0.081	0.154	0.164	0	23.555
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0	0	0.041	0.043	0.044	0.045	0.178	0.308	0.425	0.545	0.661	0.812	3.102
	Nivel 2	0	0	0.071	0.08	0.09	0.098	0.108	0.231	0.238	0.244	0.345	0.43	1.935
	Nivel 3	0	0	1.24	1.717	2.077	2.377	2.639	2.726	2.809	2.888	2.966	3.041	24.48
	Nivel 4	6.47	7.506	9.443	11.841	13.777	15.157	16.783	17.461	18.132	18.796	19.455	20.11	174.931
	total	6.47	7.506	10.795	13.681	15.988	17.677	19.708	20.726	21.604	22.473	23.427	24.393	204.448
Instalación de tratamiento total		149.55	147.24	14.944	294.43	18.053	159.58	163.71	26.874	24.344	25.341	28.722	29.853	1,082.64
Manejo de lodos														
Costo de disposición	Nivel 1	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.029	0.051	0.07	0.089	0.108	0.133	0.522
	Nivel 2	0.018	0.021	0.024	0.028	0.031	0.034	0.037	0.08	0.082	0.084	0.12	0.149	0.708
	Nivel 3	0	0	0.177	0.356	0.533	0.711	0.888	0.954	1.019	1.085	1.151	1.217	8.091
	Nivel 4	2.171	2.474	3.029	3.586	4.142	4.641	5.254	5.517	5.78	6.043	6.305	6.568	55.51
	total	2.196	2.502	3.237	3.977	4.713	5.393	6.208	6.602	6.951	7.301	7.684	8.067	64.831
General														
Tubería de alcantarilla		13.961	36.782	38.53	40.069	39.889	44.563	29.573	31.225	30.876	31.776	32.765	20.954	390.963
Instalación de tratamiento		149.55	147.24	14.944	294.43	18.053	159.58	163.71	26.874	24.344	25.341	28.722	29.853	1,082.64
Manejo de lodos		2.196	2.502	3.237	3.977	4.713	5.393	6.208	6.602	6.951	7.301	7.684	8.067	64.831
Total general		165.71	186.52	56.711	338.48	62.655	209.53	199.49	64.701	62.171	64.418	69.171	58.874	1,538.43

9.2.5 Análisis Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

9.2.5.1 Consideraciones sobre las Fuentes de Ingresos

Las posibles fuentes de ingresos consideradas para el tratamiento de las aguas residuales fueron: (1) derechos de servicio para el tratamiento de las aguas residuales, (2) excedentes de ingresos del abastecimiento de aguas, y (3) contribución de la industria turística. Los ingresos fueron estimados en base al número de los residentes más el número de los turistas y su estadía (“turistas/días”), el consumo de agua de estas personas y su generación de aguas residuales.

Los datos sobre ingresos por metro cúbico fueron obtenidos de los resultados financieros de CAPA durante los primeros nueve meses de 2003, los cuales indicaron 7.11 Pesos por metro cúbico de agua abastecida, y 1.42 Pesos por metro cúbico de aguas residuales tratadas. El ingreso por metro cúbico de aguas residuales tratadas fue equivalente al 20% de los ingresos por metro cúbico de agua abastecida, probablemente basado en la situación actual del tratamiento de las aguas residuales como proporción del consumo de agua. Por lo tanto, se presume que el ingreso por metro cúbico de aguas residuales tratadas debe aumentar de la misma manera que el incremento en el tratamiento de las aguas residuales como proporción del agua consumida hasta el 75% en 2011 y más adelante, como se indica en el siguiente Cuadro.

Cuadro 9-17: Metas de Tratamientos de Aguas Residuales y Tasas Asumidas

Año	Metas de Tratamiento de Aguas Residuales (%)	Tasas asumidas / agua consumida (%)
2003	17.5	20
2004	17.6	20
2005	22.9	25
2006	31.8	35
2007	40.8	45
2008	49.4	50
2009	58.2	60
2010	68.8	70
2011	74.9	75
2012	81.1	75
2013	86.6	75
2014	92.8	75
2015	100.0	75

El límite superior del tratamiento de las aguas residuales se asumió como el 75% del consumo de aguas.

Con el fin de estimar el excedente de ingresos del agua abastecida como la segunda fuente de ingresos para el Plan Maestro de Aguas Residuales, se estimó el costo de producción de aguas

como el 90% de los ingresos brutos por abastecimiento de aguas, de acuerdo al análisis de los Ingresos y Egresos de CAPA en 2002, y como 95% de acuerdo a los Ingresos y Egresos de 2000 y 2001.

Para el consumo de agua, se tomó la recomendación de CNA para climas cálidos, es decir, 230 l/c/d.

Como la tercera fuente de ingresos para la implementación del Plan Maestro de Aguas Residuales, se asumió que la industria turística participaría en los costos del Plan Maestro de acuerdo al consumo de aguas de los turistas como proporción del consumo total de aguas.

9.2.5.2 Análisis Financiero

a. Ingresos y Costos del Plan Maestro de Aguas Residuales

La estimación de los ingresos de las tres fuentes consideradas en este análisis se presenta en el siguiente Cuadro que indica los posibles niveles de ingresos en relación a los costos del Plan Maestro de Aguas Residuales.

Cuadro 9-18: Ingresos por Fuente y Costo del Plan Maestro de Aguas Residuales por Municipio

Unidad: Millones de Pesos

Fuentes de Ingresos	OPB	FCP	Solidaridad	Área de Estudio
Ingresos por Derechos de Aguas Residuales	1,170.07	130.75	2,847.86	4,148.67
Excedente de Ingresos de Agua Abastecida (Gastos = 90% de los ingresos brutos)	176.93	18.23	439.16	634.31
Excedente de Ingresos de Agua Abastecida (Gastos = 95% de los ingresos brutos)	88.46	9.11	219.58	317.16
Participación de la Industria Turística en el Costo del Plan Maestro de Aguas Residuales	34.41	0	142.37	176.78
Costo del Plan Maestro de Aguas Residuales	1,521.00	244.20	1,538.50	3,303.70

Los ingresos por los derechos del servicio de tratamiento de las aguas residuales en el Área de Estudio fueron estimados en alrededor de 4,149 Millones por el período del Plan Maestro, mientras que el costo del Plan Maestro de Aguas Residuales fue estimado en 3,304 Millones de Pesos.

El excedente de los ingresos del agua abastecida como otra fuente de ingresos para el Plan Maestro de Aguas Residuales en el Área de Estudio podría agregar alrededor de 634 Millones de Pesos durante el período del Plan Maestro cuando se asumió el costo de producción de las

aguas como el 90% de los ingresos brutos del abastecimiento de aguas, y alrededor de 317 Millones de Pesos durante el período del Plan Maestro cuando se asumió el costo de producción de las aguas como el 95% de los ingresos brutos del abastecimiento de aguas.

La contribución de los operadores de la industria turística como la tercera fuente de ingresos para el Plan Maestro de las Aguas Residuales fue estimada en base al consumo de agua de los turistas como proporción del consumo total de aguas, que resultó ser de alrededor de 5.3% en el Área de Estudio (7.1% en Solidaridad), y el monto monetario resultó ser de alrededor de 177 Millones de Pesos para el Área de Estudio durante el período del Plan Maestro.

b. Balance Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

El balance financiero resultante de la diferencia entre los ingresos y costos del Plan Maestro de Aguas Residuales presentó una gran variación dependiendo del Municipio en el Área de Estudio, lo cual equivaldría a decir que el número proyectado de turistas presentó una gran diferencia entre los tres Municipios. La gran afluencia de turistas prevista para el Municipio de Solidaridad hizo que el balance financiero fuese positivo no solamente para el Municipio, sino que el excedente resultante fue suficiente para cubrir el déficit financiero que se estima ocurriría en Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto, y producir un excedente financiero para el Plan Maestro de Aguas Residuales en el Área de Estudio, como se presenta en el siguiente Cuadro.

Cuadro 9-19: Balance Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: Millones de Pesos

Balance Financiero	OPB	FCP	Solidaridad	Área de Estudio
Balance Financiero con Ingresos por Derechos de Aguas Residuales	-350.93	-113.45	1,309.36	844.97
Balance Financiero con todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento = 90% de ingresos brutos)	-139.59	-95.23	1,890.88	1,656.07
Balance Financiero con todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento = 95% de ingresos brutos)	-228.05	-104.34	1,671.30	1,389.77

El Cuadro precedente muestra que el balance financiero estimado sería negativo en Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto bajo los tres supuestos para la estimación de los ingresos: solamente derechos del servicio de aguas residuales, y todas las fuentes de ingresos incluyendo los derechos del servicio de aguas residuales, el excedente de ingresos del abastecimiento de aguas (suponiendo que los costos constituyeron el 90% y el 95% de los

ingresos brutos), y la participación de la industria turística en el costo del Plan Maestro de Aguas Residuales.

c. Índices de Viabilidad Financiera del Plan Maestro de Aguas Residuales

El flujo de ingresos y costos del Plan Maestro de Aguas Residuales por el período del Plan Maestro fue examinado con respecto a la viabilidad financiera utilizando los siguientes índices: tasa interna de retorno financiera (TIRF), valor presente neto (VPN) calculado con tasa de descuento del 10%, y la relación beneficio costo (B/C) también calculado con tasa de descuento del 10%, como se indica en el siguiente Cuadro.

Cuadro 9-20: Índices de Viabilidad Financiera del Plan Maestro de Aguas Residuales

Fuentes de Ingresos e Índices	OPB	FCP	Solidaridad	Área de Estudio
Derechos de Aguas Residuales				
TIRF (%)			20.18	8.35
VPN10% (Millones de Pesos)	No aplicable	No aplicable	331.45	-84.84
B/C 10%			1.34	0.96
Todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento =90% de ingresos brutos)				
TIRF (%)			32.76	17.12
VPN10% (Millones de Pesos)	No aplicable	No aplicable	644.72	343.79
B/C 10%			1.67	1.18
Todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento =95% de ingresos brutos)				
TIRF (%)			28.66	14.62
VPN10% (Millones de Pesos)	No aplicable	No aplicable	537.06	220.13
B/C 10%			1.56	1.11

c.1 Viabilidad Financiera con Derechos de Servicio de Aguas Residuales

Aun en el caso en que se consideró como única fuente de ingresos a los derechos de servicio de aguas residuales, la TIRF resultó ser de 20.18% en Solidaridad y 8.35% en el Área de Estudio. Por otra parte, no se consideró pertinente calcular la TIRF en Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto, los dos Municipios en donde el balance financiero fue negativo.

Con respecto a los otros índices, se estimó que Solidaridad produciría un VPN de 331.45 Millones de Pesos y una relación B/C de 1.34, mientras que en el Área de Estudio se estimó que el VPN sería negativo y la relación B/C sería de 0.96 cuando la tasa de descuento fuese del 10%. También estos índices no se consideraron pertinentes ser computados en el caso de Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto, los dos Municipios en donde el balance financiero fue negativo.

c.2 Viabilidad Financiera con todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de Abastecimiento de Agua = 90% de Ingresos Brutos)

Cuando se incluyeron las tres fuentes de ingresos, y el excedente de los ingresos de abastecimiento de agua se consideró como el 10% de los ingresos brutos, la TIRF resultante se estimó en 32.76% en Solidaridad y 17.12% en el Área de Estudio. Además, se estimó que el VPN sería de 644.72 Millones de Pesos en Solidaridad y 343.79 Millones de Pesos en el Área de Estudio, mientras que la relación B/C sería de 1.67 en Solidaridad y 1.18 en el Área de Estudio utilizando 10% como tasa de descuento.

Aun incluyendo las tres fuentes de ingresos, el balance financiero fue negativo en los Municipios de Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto, por lo cual no se consideró pertinente calcular estos índices de viabilidad financiera.

c.3 Viabilidad Financiera con todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de Abastecimiento de Agua = 95% de Ingresos Brutos)

Cuando se incluyeron las tres fuentes de ingresos, y el excedente de los ingresos de abastecimiento de agua se consideró como el 5% de los ingresos brutos, lógicamente los índices de viabilidad financiera disminuyeron ligeramente. La TIRF resultante se estimó en 28.66% en Solidaridad y 14.62% en el Área de Estudio. Además, se estimó que el VPN sería de 537.06 Millones de Pesos en Solidaridad y 220.13 Millones de Pesos en el Área de Estudio, mientras que la relación B/C sería de 1.56 en Solidaridad y 1.11 en el Área de Estudio utilizando 10% como tasa de descuento.

También en este caso, aun incluyendo las tres fuentes de ingresos, el balance financiero fue negativo en los Municipios de Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto, por lo cual no se consideró pertinente calcular estos índices de viabilidad financiera.

9.2.5.3 Análisis de Sensibilidad

Se realizó el análisis de sensibilidad suponiendo los tres casos generalmente utilizados.

Caso 1: 10% de disminución en los ingresos

Caso 2: 10% de incremento en los costos

Caso 3: 10% de disminución en los ingresos y 10% de incremento en los costos

Las fuentes de ingresos considerados fueron los derechos de servicio de aguas residuales solamente, y todas las fuentes de ingresos en donde el excedente de ingresos de abastecimiento de aguas se estimó asumiendo que el costo de abastecimiento de aguas sería el 90% de los ingresos brutos. No se consideró pertinente realizar el análisis de sensibilidad

para el caso en que se supuso como el costo de abastecimiento de aguas el 95% de los ingresos brutos, ya que sería una mera repetición del caso previo con el 90% de los ingresos brutos, por lo cual los índices de viabilidad financiera serían simplemente más bajos.

Cuadro 9-21: Análisis de Sensibilidad del Plan Maestro de Aguas Residuales

Fuentes de Ingresos e Índices	OPB	FCP	Solidaridad	Área de Estudio
Caso Base Derechos de Aguas Residuales solamente TIRF (%) VPN10% (Millones de Pesos) B/C 10%	No aplicable	No aplicable	20.18 331.45 1.34	8.35 -84.84 0.96
Caso 1: ingresos -10% Derechos de Aguas Residuales solamente TIRF (%) VPN10% (Millones de Pesos) B/C 10%	No aplicable	No aplicable	16.41 202.05 1.21	4.48 -271.96 0.86
Caso 2: costos +10% Derechos de Aguas Residuales solamente TIRF (%) VPN10% (Millones de Pesos) B/C 10%	No aplicable	No aplicable	16.76 235.20 1.22	4.85 -280.45 0.87
Caso 3: ingresos -10% y costos +10% Derechos de Aguas Residuales solamente TIRF (%) VPN10% (Millones de Pesos) B/C 10%	No aplicable	No aplicable	13.15 105.80 1.1	0.99 -467.57 0.78
Caso Base Todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento=90% de ingresos brutos) TIRF (%) VPN10% (Millones de Pesos) B/C 10%	No aplicable	No aplicable	32.76 644.72 1.67	17.12 343.79 1.18
Caso 1: ingresos -10% Todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento=90% de ingresos brutos) TIRF (%) VPN10% (Millones de Pesos) B/C 10%	No aplicable	No aplicable	28.59 515.32 1.54	12.42 113.80 1.06
Caso 2: costos +10% Todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento=90% de ingresos brutos) TIRF (%) VPN10% (Millones de Pesos) B/C 10%	No aplicable	No aplicable	28.22 558.26 1.53	12.85 148.18 1.07
Caso 3: ingresos -10% y costos +10% Todas las Fuentes de Ingresos (Gastos de abastecimiento=90% de ingresos brutos) TIRF (%) VPN10% (Millones de Pesos) B/C 10%	No aplicable	No aplicable	23.07 396.56 1.37	8.37 -81.81 0.96

En Solidaridad, el análisis de sensibilidad indicó que los ingresos estimados, aun en el caso de que los ingresos fuesen solamente en concepto de derechos de tratamiento de las aguas residuales, resultarían en una situación financiera estable que respondería de manera similar a una disminución de los ingresos o a un incremento en los costos. Aun en el peor caso de un 10% de incremento en los costos en forma simultánea con un 10% de disminución en los ingresos, los índices de viabilidad financiera se estimarían en TIRF de 13.15%, VPN de 105.80 Millones de Pesos y relación B/C de 1.1 utilizando una tasa de descuento del 10%. Lógicamente todos los índices mejoraron notablemente cuando se consideraron todas las fuentes de ingresos.

Para el Plan Maestro de Aguas Residuales en el Área de Estudio, los ingresos por derechos del servicio de aguas residuales resultaron en un caso base en donde la TIRF se estimó en 8.35%, lo cual significó que el VPN fue negativo y la relación B/C fue menor que la unidad cuando la tasa de descuento fue del 10%. En casos de un 10% de disminución en los ingresos o un 10% de incremento en los costos, se estimó que la TIRF resultante sería ligeramente inferior al 5%. Y en el peor caso de un incremento en costos en forma simultánea con una disminución en los ingresos, la TIRF estimada sería ligeramente inferior al 1%.

Cuando se consideraron todas las fuentes de ingresos en el Plan Maestro de Aguas Residuales en el Área de Estudio, en el caso base resultante se estimó una TIRF de 17.12%, un VPN de 343.79 Millones de Pesos y una relación B/C de 1.18 cuando la tasa de descuento fue del 10%. Los casos de una disminución en los ingresos del 10%, o un incremento en los costos del 10%, la TIRF estimada sería de alrededor del 13%. Y en el caso peor de un incremento de costos del 10% en forma simultánea con una disminución de los ingresos del 10%, los valores estimados serían una TIRF del 8.37%, un VPN negativo y una relación B/C de 0.96 utilizando una tasa de descuento del 10%.

9.2.5.4 Plan Financiero

Como se indicaron en las discusiones previas, Solidaridad y el Área de Estudio tendrían ingresos suficientes para cubrir el costo del Plan Maestro de Aguas Residuales. Por otra parte, Othón P. Blanco necesitaría alrededor de 614 Millones de Pesos y Felipe Carrillo Puerto alrededor de 98 Millones de Pesos en fondos adicionales para cubrir el costo del Plan Maestro de Aguas Residuales en sus respectivos Municipios. Othón P. Blanco necesitaría los fondos adicionales hasta el 2009 mientras que se estiman que presentaría excedentes entre el 2010 y el 2015. Felipe Carrillo Puerto, por el contrario, necesitaría de estos fondos hasta el 2014.

Como ya se ha mencionado, estos fondos adicionales requeridos en OPB y FCP podrían ser cubiertos con los excedentes que se estiman en Solidaridad, Municipio que a pesar de los

ingresos propios deficitarios en 2004, 2005 y 2007 se estima que presentaría excedentes de alrededor de 1,890 Millones de Pesos durante el período del Plan Maestro.

Los detalles sobre costos y fuentes de ingresos por Municipio y por año se presentan en los cuadros correspondientes:

Othón P Blanco: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales,

Felipe C Puerto: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales,

Solidaridad: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales, y

Área de Estudio: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales.

Cuadro 9-22: Othón P Blanco: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: millones de pesos

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Costos	7.4	276.6	60.3	186.7	193.6	199.6	66.7	98.4	102.8	91.3	109.2	128.4	1,521.0
Ingresos	8.7	276.6	60.3	186.7	193.6	199.6	137.8	160.1	173.8	184.6	198.2	215.4	1,381.4
Derechos	5.5	11.9	25.1	43.5	59.7	87.3	119.8	140.2	152.3	162.0	173.8	189.0	1,170.1
Abastec agua	2.8	4.8	7.2	9.7	11.9	14.6	17.1	18.7	20.3	21.6	23.2	25.2	176.9
Industria turist	0.4	13.6	2.0	4.6	3.8	3.3	0.9	1.3	1.2	1.0	1.1	1.2	34.4
Otras fuentes	0.0	246.4	26.0	129.0	118.1	94.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	614.0
Balance	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	71.1	61.7	71.0	93.3	89.0	87.0	474.5

Cuadro 9-23: Felipe C Puerto: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: millones de pesos

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Costos	2.0	17.5	3.3	3.7	17.5	4.5	23.5	43.4	30.5	31.4	32.9	34.0	244.2
Ingresos	2.0	17.5	3.3	3.7	17.5	4.5	23.5	43.4	30.5	31.4	32.9	36.7	149.0
Derechos	0.1	0.4	0.9	1.7	2.5	3.7	8.5	13.0	18.1	22.5	26.9	32.4	130.7
Abastec agua	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	1.2	1.7	2.4	3.0	3.6	4.3	18.2
Industria turist	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Otras fuentes	1.9	17.0	2.1	1.6	14.5	0.2	13.7	28.7	10.0	5.9	2.4	0.0	98.0
Balance	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	2.9

Cuadro 9-24: Solidaridad: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: millones de pesos

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Costos	165.7	186.5	56.7	338.5	62.7	209.5	199.5	64.7	62.2	64.4	69.2	58.9	1,538.5
Ingresos	62.9	78.5	96.8	170.4	186.6	262.7	343.9	386.0	416.1	443.2	473.8	508.5	3,429.4
Derechos	23.7	37.5	70.4	113.9	151.3	212.1	289.7	337.0	363.9	387.8	414.7	445.9	2,847.9
Abastec agua	11.9	15.0	20.1	25.3	30.3	35.4	41.4	44.9	48.5	51.7	55.3	59.5	439.2
Industria turist	27.3	26.0	6.3	31.3	5.1	15.2	12.9	4.0	3.7	3.7	3.8	3.1	142.4
Otras fuentes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Balance	-102.8	-108.0	40.1	-168.1	123.9	53.2	144.4	321.3	353.9	378.8	404.6	449.6	1,890.9

Cuadro 9-25: Área de Estudio: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: millones de pesos

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Costos	175.1	480.6	120.3	528.9	273.8	413.6	289.7	206.5	195.5	187.1	211.3	221.3	3,303.7
Ingresos	73.6	372.6	160.4	360.9	397.7	466.8	505.2	589.5	620.3	659.3	704.9	760.6	4,959.8
Derechos	29.3	49.7	96.5	159.1	213.5	303.1	418.0	490.2	534.2	572.4	615.4	667.3	4,148.7
Abastec agua	14.7	19.9	27.6	35.4	42.7	50.5	59.7	65.4	71.2	76.3	82.1	89.0	634.3
Industria turist	27.7	39.6	8.2	35.8	8.9	18.5	13.8	5.3	4.9	4.7	5.0	4.4	176.8
Otras fuentes	1.9	263.4	28.1	130.6	132.6	94.7	13.7	28.7	10.0	5.9	2.4	0.0	712.0
Balance	-101.5	-108.0	40.1	-168.0	123.9	53.2	215.5	383.0	424.8	472.2	493.6	539.3	2,368.1

9.2.6 Programa de Implementación

El orden en la implementación de los trabajos debería decidirse tomando en consideración la efectividad de costos. El Cuadro 9-26 muestra los costos por tonelada de la cantidad eliminada de DBO. De acuerdo con el cuadro, se encuentra que los trabajos de implementación en Solidaridad son los más efectivos en términos de costos; subsecuentemente, Othón P. Blanco y Felipe C. Puerto, desde el aspecto de nivel de tratamiento, el nivel 4 es el más efectivo en costos; subsecuentemente los niveles 3, 2 y 1. El Cuadro 9-27, Cuadro 9-28, Cuadro 9-29by Cuadro 9-30.

Cuadro 9-26: Costo Unitario de Inversión para Eliminar DBO (2004 al 2015)

Nivel	Inversión total	Cantidad a eliminar de DBO (ton)	Costo Unitario de Inversión para eliminar DBO(pesos/ton)
Othón P Blanco			
Nivel 1	166.513	1,960.8	84,921
Nivel 2	211.62	4,996.0	42,358
Nivel 3	192.546	6,752.6	28,514
Nivel 4	604.328	37,119.5	16,281
Total	1,175.007	50,828.9	23,117
Felipe C Puerto			
Nivel 1	100.668	1,056.0	95,330
Nivel 2	31.622	1,115.3	28,353
Nivel 3	67.843	2,323.6	29,197
Total	200.133	4,494.9	44,524
Solidaridad			
Nivel 1	36.994	482.4	76,687
Nivel 2	11.186	705.5	15,855
Nivel 3	200.093	8,015.6	24,963
Nivel 4	894.393	56,121.2	15,937
Total	1,142.666	65,324.7	17,492

Cuadro 9-27: Porcentaje de Alcance en el Área de Estudio

Año	Cantidad de tratamiento meta (m ³ /día)					Porcentaje de alcance				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	nivel 4	Total	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Total
2003	91.0	472.3	115.7	27,934.1	28,613.1	0.6%	2.7%	0.4%	26.9%	17.5%
2004	94.3	524.2	115.7	27,934.1	28,668.3	0.6%	2.9%	0.4%	26.9%	17.6%
2005	97.7	575.3	432.0	36,279.4	37,384.4	0.6%	3.2%	1.6%	34.9%	22.9%
2006	341.5	1,273.1	4,055.0	46,216.9	51,886.5	2.2%	7.1%	15.5%	44.5%	31.8%
2007	576.4	2,152.7	7,678.0	56,154.4	66,561.5	3.8%	12.1%	29.3%	54.0%	40.8%
2008	805.4	2,381.0	11,301.0	66,091.9	80,579.3	5.3%	13.4%	43.1%	63.6%	49.4%
2009	1,030.1	3,598.8	14,924.0	75,489.9	95,042.8	6.8%	20.2%	56.9%	72.6%	58.2%
2010	2,945.2	4,743.7	18,546.6	85,966.7	112,202.2	19.4%	26.6%	70.7%	82.7%	68.8%
2011	5,590.4	6,971.7	20,080.4	89,558.8	122,201.3	36.7%	39.1%	76.6%	86.2%	74.9%
2012	7,603.1	9,930.2	21,614.2	93,150.9	132,298.4	50.0%	55.8%	82.4%	89.6%	81.1%
2013	9,736.8	11,637.8	23,148.0	96,743.0	141,265.6	64.0%	65.4%	88.3%	93.1%	86.6%
2014	12,021.0	14,323.0	24,681.8	100,335.1	151,360.9	79.0%	80.4%	94.1%	96.5%	92.8%
2015	15,220.1	17,807.9	26,215.8	103,927.7	163,171.5	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

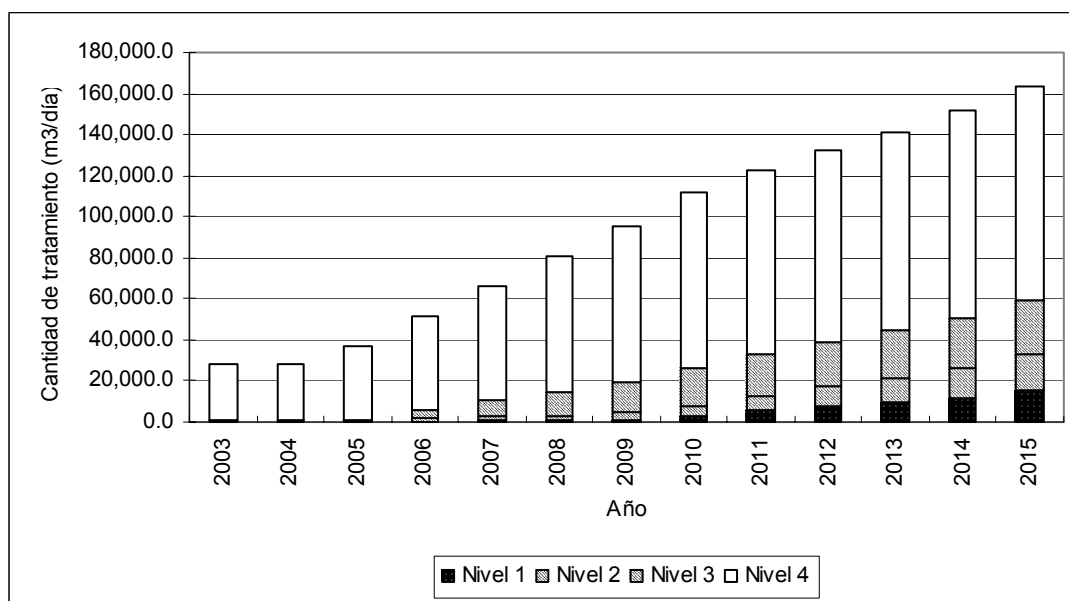


Figura 9-2: Cantidad de tratamiento Meta en el Área de Estudio

Cuadro 9-28: Porcentaje de alcance en Othón P. Blanco

Año	Cantidad de tratamiento meta (m ³ /día)					Porcentaje de alcance				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	nivel 4	Total	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Total
2003	0	314.7	0	7,273	7,587	0.0%	2.5%	0.0%	17.6%	10.5%
2004	0	327.7	0	7,273	7,600	0.0%	2.6%	0.0%	17.6%	10.5%
2005	0	340.5	0	12,737	13,078	0.0%	2.7%	0.0%	30.8%	18.1%
2006	240.6	1,003.0	1504.9	17,380	20,129	2.9%	8.1%	14.7%	42.0%	27.8%
2007	472.4	1,845.6	3009.8	22,023	27,351	5.7%	14.9%	29.5%	53.2%	37.8%
2008	698.3	2,037.1	4514.7	26,666	33,916	8.4%	16.4%	44.2%	64.4%	46.9%
2009	919.9	3,221.0	6019.6	31,309	41,470	11.1%	26.0%	58.9%	75.6%	57.3%
2010	1,999.3	3,435.1	7524.4	35,953	48,911	24.1%	27.7%	73.7%	86.8%	67.6%
2011	3,195.3	5,180.8	8062.5	37,044	53,483	38.6%	41.7%	78.9%	89.5%	74.0%
2012	4,182.9	7,226.4	8600.6	38,135	58,145	50.5%	58.2%	84.2%	92.1%	80.4%
2013	5,156.3	8,393.4	9138.7	39,227	61,915	62.2%	67.6%	89.5%	94.7%	85.6%
2014	6,265.5	10,220.1	9676.8	40,318	66,481	75.6%	82.3%	94.7%	97.4%	91.9%
2015	8,284.5	12,410.6	10214.9	41,410	72,320	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

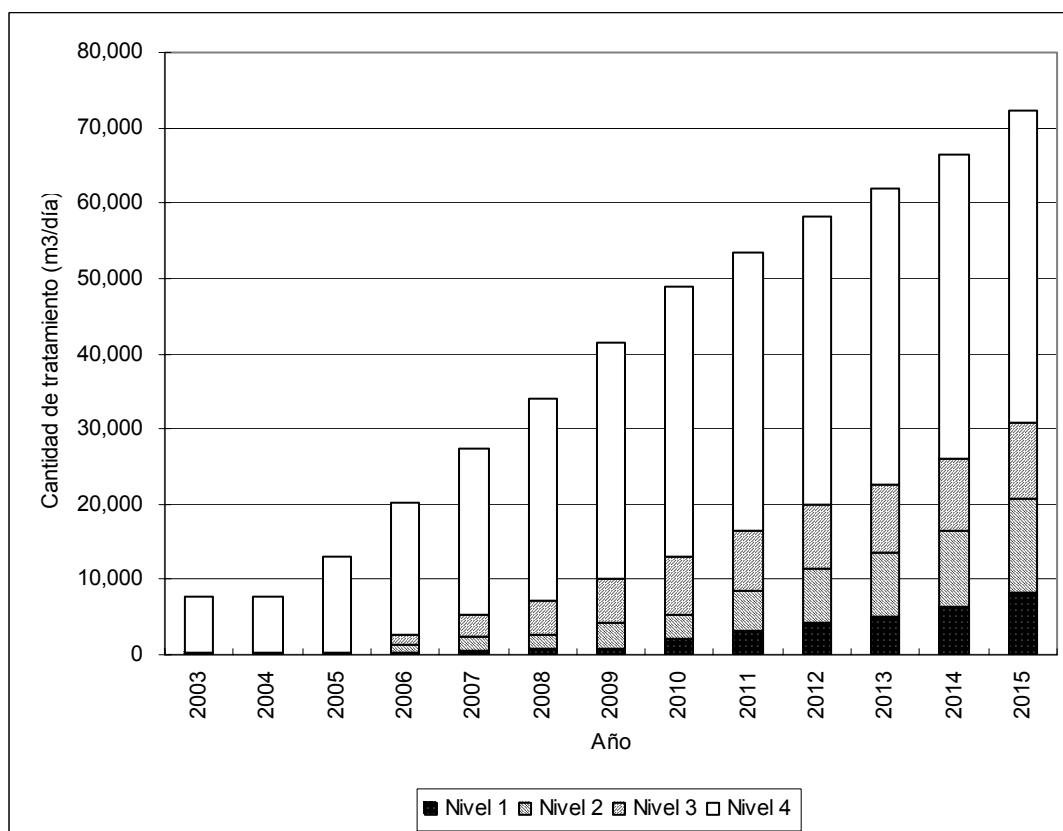


Figura 9-3: Caudal de tratamiento meta en Othón P. Blanco

Cuadro 9-29: Porcentaje de alcance en Felipe Carrillo Puerto

Año	Cantidad de tratamiento meta (m ³ /día)				Porcentaje de alcance			
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
2003	0.0	0.0	115.7	115.7	0.0%	0.0%	3.0%	0.9%
2004	0.0	0.0	115.7	115.7	0.0%	0.0%	3.0%	0.9%
2005	0.0	0.0	432.0	432.0	0.0%	0.0%	11.3%	3.4%
2006	0.0	0.0	770.6	770.6	0.0%	0.0%	20.2%	6.1%
2007	0.0	0.0	1,109.2	1,109.2	0.0%	0.0%	29.1%	8.9%
2008	0.0	0.0	1,447.8	1,447.8	0.0%	0.0%	37.9%	11.6%
2009	0.0	0.0	1,786.4	1,786.4	0.0%	0.0%	46.8%	14.3%
2010	514.7	894.4	2,125.0	3,534.1	10.4%	23.9%	55.7%	28.2%
2011	1,646.6	902.7	2,463.6	5,012.9	33.2%	24.1%	64.5%	40.0%
2012	2,386.5	1,790.9	2,802.2	6,979.6	48.1%	47.8%	73.4%	55.7%
2013	3,255.2	2,306.9	3,140.8	8,702.9	65.6%	61.6%	82.3%	69.5%
2014	4,151.0	2,778.3	3,479.4	10,408.7	83.6%	74.1%	91.1%	83.1%
2015	4,964.4	3,747.9	3,817.9	12,530.2	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

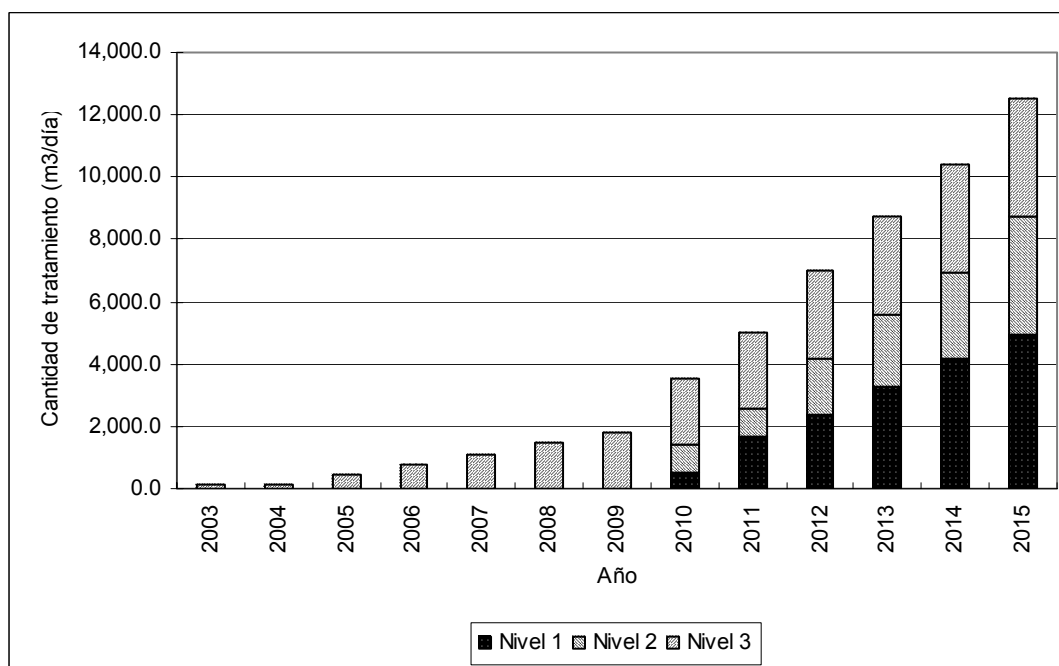


Figura 9-4: Caudal de tratamiento Meta en Felipe Carrillo Puerto

Cuadro 9-30: Porcentaje de Alcance en Solidaridad

Año	(m ³ /día)					Porcentaje de alcance				
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Total	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Total
2003	91.0	157.6	0.0	20,661.5	20,910.1	4.6%	9.6%	0.0%	33.0%	26.7%
2004	94.3	196.5	0.0	20,661.5	20,952.3	4.8%	11.9%	0.0%	33.0%	26.8%
2005	97.7	234.8	0.0	23,542.4	23,874.9	5.0%	14.2%	0.0%	37.7%	30.5%
2006	100.9	270.1	1,779.5	28,836.8	30,987.3	5.1%	16.4%	14.6%	46.1%	39.6%
2007	104.0	307.1	3,559.0	34,131.2	38,101.3	5.3%	18.6%	29.2%	54.6%	48.6%
2008	107.1	343.9	5,338.5	39,425.6	45,215.1	5.4%	20.9%	43.8%	63.1%	57.7%
2009	110.2	377.8	7,118.0	44,180.5	51,786.5	5.6%	22.9%	58.4%	70.7%	66.1%
2010	431.2	414.2	8,897.2	50,014.2	59,756.8	21.9%	25.1%	73.0%	80.0%	76.3%
2011	748.5	888.2	9,554.3	52,514.9	63,705.9	38.0%	53.8%	78.4%	84.0%	81.3%
2012	1,033.7	912.9	10,211.4	55,015.6	67,173.6	52.4%	55.3%	83.8%	88.0%	85.8%
2013	1,325.3	937.5	10,868.5	57,516.3	70,647.6	67.2%	56.8%	89.2%	92.0%	90.2%
2014	1,604.5	1,324.6	11,525.6	60,017.0	74,471.7	81.4%	80.3%	94.6%	96.0%	95.1%
2015	1,971.2	1,649.4	12,183.0	62,517.8	78,321.4	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

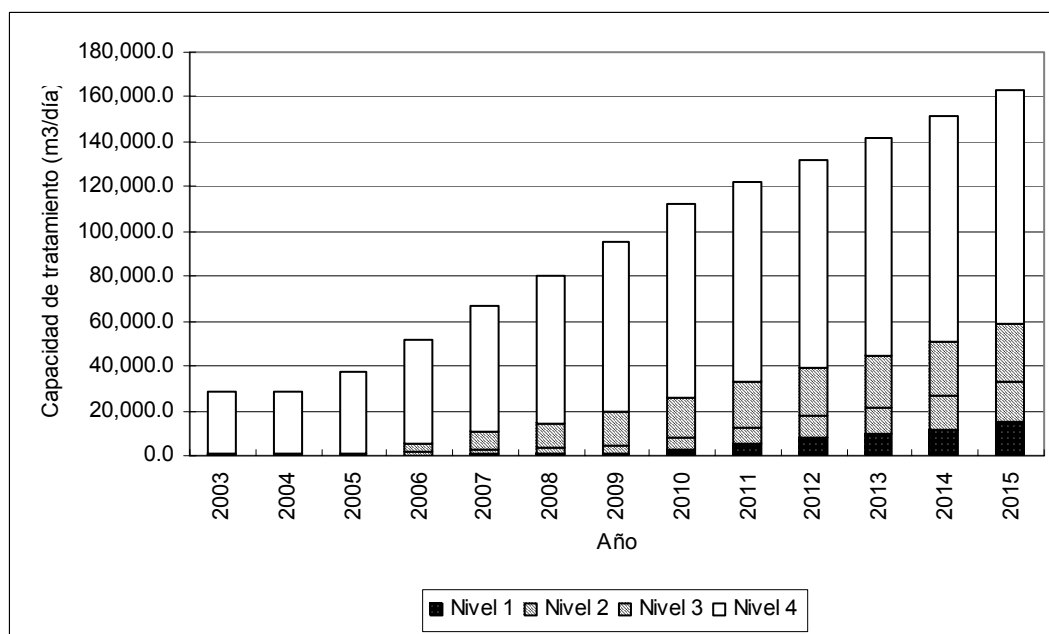


Figura 9-5: Caudal meta de tratamiento en Solidaridad

9.3 Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos

9.3.1 Objetivos, Cifras Meta y Año Meta

a. Objetivo principal y Cifras Meta

El principal objetivo del Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos es:

Preservar el recurso agua subterránea y el medio ambiente acuático costero en el área de estudio

La cifra meta establecida es:

La cantidad de descarga de DBO que es originada por los residuos sólidos debe ser menor a 2,100 ton/año para el año 2015.

b. Objetivos Particulares y Cifras Metas

El Plan Maestro apunta hacia el logro del objetivo principal, asimismo tiene la finalidad de cumplir con los siguientes roles para el manejo de los residuos sólidos.

- ***Proveer de un medio ambiente habitable higiénico:*** a través de la remoción de los desechos de las casas y comunidades (recolección de los residuos)
- ***Mitigar el impacto medio ambiental originado por los residuos:*** a través de una apropiada disposición de los residuos recolectados (una apropiada disposición)
- ***Conservación de los recursos:*** a través de la contribución del establecimiento de una sociedad orientada hacia el reciclaje utilizando la reducción y el reciclaje, etc. (reducción en las fuentes de origen de los residuos).

El siguiente cuadro muestra los valores meta de los objetivos particulares por municipio:

Cuadro 9-31: Valores Meta del Plan Maestro para el MRS (por Municipios)

Aspectos	Presente		Objetivos Particulares para el 2015	
Tasa de Minimización de Residuos	0		Área de Estudio: 23% OPB: 23% FCP: 23% SOL: 24%	
Tasa de Recolección (cobertura): incluye la cifra para el área rural	Área de Estudio: 75% (61%) OPB: 72% (57%) FCP: 29% (18%) SOL: 88% (82%)		Área de Estudio: 99% (86%) OPB: 99% (82%) FCP: 87% (49%) SOL: 100% (95%)	
Nivel de Disposición	OPB:	Descarga a cielo abierto y controlada	Población 2,500 - 7,999:	Nivel de Disposición Descarga controlada
	FCP:	Descarga a cielo abierto	8,000 - 34,999:	Botadero cercado
	SOL:	Descarga a cielo abierto y relleno sanitario con control de gas	34,999 - 99,999: 100,000 y más:	Relleno con control de gas Relleno sanitario con control de lixiviados

OPB, Othón P Blanco; FCP, Felipe C Puerto, SOL, Solidaridad

Las cifras meta también han sido establecidas por grupos urbanos. El Cuadro 9-32 muestra las comunidades que pertenecen a dichos grupos. El Cuadro 9-33 muestra las cifras meta establecidas para cada grupo urbano. El Cuadro 9-34 muestra los componentes de la minimización de residuos.

Cuadro 9-32: Grupos Urbanos

G Urbano	Municipio	Comunidad
1	OPB	CALDERITAS, CHETUMAL, XUL-HA
2	OPB	ALVARO OBREGON, INGENIO ALVARO OBREGON, SERGIO BUTRON CASAS
3	OPB	NICOLAS BRAVO
4	OPB	BACALAR, LIMONES, MAYA BALAM
5	OPB	MAHAHUAL, PUNTA PULTICUB, XAHUACHOL, XCALAK
6	FCP	FELIPE CARRILLO PUERTO, SENOR
7	FCP	CHUNHUHUB
8	FCP	TEPICH, TIHOSUCO
9	SOL	CIUDAD CHEMUYIL, NUEVO AKUMAL, PLAYA DEL CARMEN, TULUM
10	SOL	COBA

Cuadro 9-33: Las Cifras Meta del Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos por Grupo Urbano

Grupo Urbano	Población		Minimización de Residuos		Tasa Recolección de		Nivel de Disposición	
	2003	2015	2003	2015	2003	2015	2003	2015
1	137,355	172,488	0.0%	25%	90%	100%	Descarga Controlada	Relleno Sanitario con control de lixiviados
2	9,558	12,474	0.0%	15%	0%	90%	Tiradero Abierto	Tiradero cercado
3	3,893	4,854	0.0%	15%	0%	80%	Tiradero Abierto	Descarga controlada
4	19,106	43,418	0.0%	15%	0%	95%	Tiradero Abierto	Relleno sanitario con control de gas
5	626	108,215	0.0%	25%	0%	100%	Tiradero Abierto	Relleno Sanitario con control de lixiviados
6	21,784	25,009	0.0%	15%	44%	90%	Tiradero Abierto	Tiradero cercado
7	4,582	5,410	0.0%	15%	0%	80%	Tiradero Abierto	Tiradero controlado
8	6,659	7,854	0.0%	15%	0%	80%	Tiradero Abierto	Tiradero Controlado
9	128,061	379,664	0.0%	25%	89%	100%	Relleno Sanitario con control de Gas	Relleno Sanitario con control de lixiviados
10	1,704	3,000	0.0%	15%	0%	80%	Tiradero Abierto	Tiradero controlado
Total	333,328	762,386	-	-	-	-	-	-

Cuadro 9-34: Tasa de Minimización de Residuos para el Plan Maestro de MRS

Grupo Urbano	Población para el	Tasa de Minimización		Métodos
	2015	Reducción en la Fuente	Compostaje	
1	172,488	15%	10%	Educación ambiental, compostaje de patio, compostaje de residuos de poda
2	12,474	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
3	4,854	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
4	43,418	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
5	108,215	15%	10%	Educación ambiental, compostaje de patio, compostaje de la poda
6	25,009	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
7	5,410	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
8	7,854	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio
9	379,664	15%	10%	Educación ambiental, compostaje de patio
10	3,000	15%	0%	Educación ambiental, compostaje de patio, compostaje de la poda
Total	762,386	-	-	-

9.3.1.2 Año meta

El año meta para el Plan Maestro ha sido establecido de la siguiente manera:

Plan Maestro: año 2015

Las acciones estratégicas que ayudarán a conseguir los objetivos deberán de ser, en la práctica, introducidos paso a paso hasta alcanzar el año meta 2015. Se recomienda dividir el periodo hasta alcanzar el año meta en tres fases.

<i>Fase 1:</i>	<i>Mejoramiento a corto plazo</i>	<i>(2004 al 2007)</i>
<i>Fase 2:</i>	<i>Mejoramiento a mediano plazo</i>	<i>(2008 al 2011)</i>
<i>Fase 3:</i>	<i>Mejoramiento a largo plazo</i>	<i>(2012 al 2015)</i>

9.3.2 Estrategias

Se definen los siguientes ocho puntos como estrategias para lograr las metas.

1. *Enfoque en el área urbana*
2. *Desarrollo de sistemas de MRS para ajustarlos a comunidades de diferentes magnitudes*
3. *Introducción y promoción de la minimización de residuos*
4. *Auto-suficiencia Financiera*
5. *Cooperación entre los tres niveles de gobierno*
6. *Desarrollo de un sistema legal*
7. *Fortalecimiento de los cuerpos ejecutores para el MRS*
8. *Establecimiento de un nuevo sistema para el MRS en Costa Maya*

1. Enfoque en el área urbana

La mayoría de la población se concentra en sólo algunas comunidades, aunque existen cientos de ellas en el área de estudio; de hecho, solamente 24 comunidades urbanas con una población igual o superior a las 2,500 personas concentrarán casi 85% de la población total para el año meta 2015.

Por otra parte, las comunidades rurales descargan pequeñas cantidades de residuos y existen espacios para disponer de ellos. Por lo tanto, la demanda por servicios de residuos sólidos no es tan acentuada.

En consecuencia, el Plan Maestro para el MRS se enfoca en el área urbana tomando en cuenta la demanda y la eficiencia en costos.

2. Desarrollo de sistemas de MRS para ajustarlos a comunidades de diferentes magnitudes

Aún para comunidades urbanas, el tamaño de la población varía; por lo tanto, es inapropiado adoptar el mismo sistema de MRS para todas las comunidades que sean de diferentes tamaños. En otras palabras, las comunidades con población pequeña no pueden pagar y no requieren de un 100% de tasa de recolección y rellenos sanitarios sofisticados.

Por lo tanto, diversos tipos de sistemas para el MRS deben ser preparados y empleados en correspondencia a la magnitud de la población en la comunidad.

3. Introducción y promoción de la minimización de residuos

La cantidad de residuos generados por persona en el área de estudio no es muy diferente a la generada en países desarrollados. Además, se debe considerar que la nueva ley federal denominada “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos” toma en cuenta la minimización de residuos como una política importante. En consecuencia, tomando en cuenta los asuntos antes mencionados, la minimización de residuos deberá ser introducida y promovida en el área de estudio.

4. Auto-suficiencia Financiera

Gran parte de los costos del MRS en los tres municipios no son cubiertos con los derechos del servicio sino más bien con los fondos generales del presupuesto municipal, que consisten en gran medida de los aportes y contribuciones del gobierno Estatal o Federal. En estas circunstancias, existe el riesgo de que el MRS pueda caer en desorden si los gobiernos Estatal o Federal cambian sus políticas de aporte a los presupuestos municipales, aun reconociendo que el MRS es una de las responsabilidades inherentes al gobierno municipal. Cuando el MRS en un municipio se paga con fondos generales, un resultado probable es la baja conciencia en prestar el servicio en base a consideraciones cuidadosas de los costos e ingresos específicos del servicio. Entonces, el MRS operado con fondos generales puede resultar en un negligente manejo de costos, en trabajo ineficiente y en baja calidad del servicio, además de que la baja conciencia sobre los costos e ingresos del MRS por parte de las funcionarios municipales puede extenderse al público en general. Con el fin de mejorar estas posibles dificultades, lograr la autosuficiencia financiera será la meta del plan financiero.

5. Cooperación entre los tres niveles de gobierno

Los requerimientos en el MRS recientemente se han tornado variados y sofisticados, por ejemplo, en la actualidad se implementan técnicas de relleno sanitario, se realiza la minimización de residuos, se establecen asociaciones públicas-privadas, se requiere de un manejo de residuos peligrosos, etc. Se estima que hacia el futuro, este MRS se tornará más complejo; en consecuencia, será imposible para los municipios hacerle frente a esta tarea por ellos mismos. Por lo tanto, es necesario formular un marco donde los tres niveles de gobierno, el federal, el estatal y el municipal sean capaces de cooperar.

6. Desarrollo de un Sistema Legal

Existen diversos actores en el MRS, por ejemplo, los gobiernos que sirven de proveedores o supervisores, los ciudadanos y negocios que son generadores de residuos, el sector privado que participa en la provisión de servicios, y organizaciones no-gubernamentales que sirven de

punte entre el gobierno y los ciudadanos. Con el propósito de que puedan participar apropiadamente en el MRS, se debe desarrollar un sistema legal.

7. Fortalecimiento de los Cuerpos Ejecutores para el MRS

Los cuerpos ejecutores para el MRS son requeridos de desarrollar su capacidad con el fin de hacerle frente a nuevos asuntos como el relleno sanitario, la minimización de residuos y la urbanización rápida debido al desarrollo del turismo. Todas las otras estrategias fortalecen su capacidad; sin embargo, dichos esfuerzos no deben realizarse de manera individual; deberían ser integrados. Las experiencias y el conocimiento deberían ser acumulados por los cuerpos ejecutores. De otra manera, no serían capaces de desarrollar continuamente su capacidad en el futuro.

8. Establecimiento de un Nuevo Sistema para el MRS en la Costa Maya

En la Costa Maya, se han construido diversas infraestructuras para el desarrollo del turismo, por ejemplo, caminos, infraestructura para la electricidad, y muelles para cruceros. Además, la cantidad de turistas ha ido en aumento; sin embargo, los servicios públicos no se han desarrollado al mismo ritmo en el área. El servicio por residuos sólidos se realiza a pequeña escala por personas de las pequeñas comunidades. Considerando que dicho sistema no será capaz de hacerle frente al desarrollo futuro, un sistema de MRS debe establecerse para proteger la belleza natural en el área.

9.3.3 Medidas Propuestas

9.3.3.1 Descripción de las Medidas Propuestas

Esta sección describe las medidas propuestas para lograr los objetivos. El cuadro que se muestra a continuación resume las medidas propuestas y cada una de ellas es posteriormente explicada.

Cuadro 9-35: Las Estrategias y Medidas Propuestas

Estrategias	Medidas Propuestas
1. Enfoque en el área urbana	11. Enfoque en el área urbana
2. Desarrollo de sistemas de MRS para ajustarlos a comunidades de diferentes magnitudes	21. Arreglo flexible de la tasa de recolección 22. Arreglo flexible de las maneras de disposición final
3. Introducción y promoción de la minimización de residuos	31. Educación ambiental sobre minimización de residuos 311. Educación ambiental y actividades de reciclaje en las escuelas 312. Educación ambiental y actividades de reciclaje en las comunidades 313. Anuncio de la importancia de la minimización de residuos por medio de instituciones públicas y/o medios de comunicación 32. Promoción del compostaje de patio 321 Preparación y distribución de materiales sobre la manera cómo hacer compostaje de los residuos de jardín 322. Establecimiento de un sistema de instrucción por visita para el compostaje 333. Demostración del compostaje en las instituciones públicas 33. Compostaje de residuos de poda 34. Establecimiento de la Tasa de Minimización de Residuos
4. Auto-suficiencia Financiera	41. Mejoría del ingreso 411. Aplicación general de los cargos por servicio 412. Cobros realistas por el servicio y mejoría de los ingresos 413. Facturación oportuna y facilidades de pago 414. Control de la recolección de las facturas 415. Uso específico de los ingresos 42. Reducción de costos 421. Mejoramiento de los trabajos de recolección de residuos 422. Monitoreo constante
5. Cooperación entre los tres niveles de gobierno	51. Establecimiento de un sistema de información para el manejo integral
6. Desarrollo del sistema legal	61. Formulación de una regulación sobre el MRS 62. Formulación de reglas para la asociación de entidades públicas-privadas
7. Fortalecimiento de los cuerpos ejecutores para el MRS	71. Establecimiento de una unidad administrativa especializada en SEDUMA 72. Re-estructuración de los cuerpos ejecutores para el MRS
8. Establecimiento de un Nuevo sistema para el MRS en Costa Maya	81. Establecimiento de un marco institucional y organizacional 82. Introducción de una cultura para la minimización de residuos 83. Preparar establecer un sistema bien fundamentado para el MRS

1. Enfoque en el área urbana

11. Enfoque en el área urbana

Los diez grupos urbanos que están conformados por 24 comunidades urbanas que se muestran en el siguiente cuadro son sujetos del Plan Maestro.

Cuadro 9-36: Comunidades Urbanas sujetas al Plan Maestro

G Urbano	Municipio	Comunidad	Población	
			2003	2015
1	OPB	CALDERITAS, CHETUMAL, XUL-HA	137,355	172,488
2	OPB	ALVARO OBREGON, INGENIO ALVARO OBREGON, SERGIO BUTRON CASAS	9,558	12,474
3	OPB	NICOLAS BRAVO	3,893	4,854
4	OPB	BACALAR, LIMONES, MAYA BALAM	19,106	43,418
5	OPB	MAHAHUAL, PUNTA PULTICUB, XAHUACHOL, XCALAK	626	108,215
6	FCP	FELIPE CARRILLO PUERTO, SENOR	21,784	25,009
7	FCP	CHUNHUHUB	4,582	5,410
8	FCP	TEPICH, TIHOSUCO	6,659	7,854
9	SOL	CIUDAD CHEMUYIL, NUEVO AKUMAL, PLAYA DEL CARMEN, TULUM	128,061	379,664
10	SOL	COBA	1,704	3,000
Sub-total Urbana			333,328	762,386
Rural			101,637	130,408
Total			434,965	892,794
Urbana/Total			76.6%	85.4%

2. Desarrollo de sistemas de MRS para ajustarlos a comunidades de diferentes magnitudes

21. Flexibilidad en la tasa de recolección

La tasa de recolección de los residuos deberá ser flexible y arreglada de manera tal que esté en correspondencia con el tamaño de la comunidad y tomando en consideración no deteriorar el medio ambiente donde se vive y aumentando la efectividad de costos del servicio, de la manera como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 9-37: Tasa de Recolección adoptada en el Plan Maestro

Población (habitantes)	Tasa de recolección
1 – 2,499	0%
2,500 - 7,999	80%
8,000 - 34,999	90%
34,999 - 99,999	95%
100,000 -	100%

22. Flexibilidad en la manera de disposición final

La manera de disposición final deberá ser establecida con flexibilidad en correspondencia con el tamaño de la comunidad y tomando en cuenta no deteriorar el medio ambiente donde se disponen los residuos y, además, tratando de incrementar la efectividad de costos de la operación del sitio de disposición final. En el Cuadro 9-38 se presentan cuatro maneras de disposición final propuestas, las que pueden ser desarrolladas en fase en correspondencia con el crecimiento de la comunidad. Es necesario mencionar que las maneras 1, 2 y 3 son mejoramientos de sitios de disposición existentes, mientras que la manera 4 es la construcción de un nuevo relleno sanitario el cual deberá cumplir con las normas mexicanas.

Cuadro 9-38: Maneras de Disposición Final adoptadas en el Plan Maestro

Maneras de Disposición	Contenidos
1: Descarga controlada (población: menos de 8,000)	<ul style="list-style-type: none"> Inspección de los residuos que ingresan: medir la cantidad de disposición, controlar los residuos peligrosos, etc. Camino de acceso, camino interno: asegurar el acceso al área de descarga Equipo para el relleno: para acumular los residuos
2: Vertedero cercado (población: 8,000 - 34,999)	<ul style="list-style-type: none"> Cerca: para prohibir que personas no-autorizadas entren al sitio Dique: para evitar que los residuos se esparzan, para prevenir que el agua ingrese Zona de amortiguamiento: para mantener suficiente espacio con la propiedad adyacente Drenaje: drenaje en los alrededores y dentro del sitio
3: Relleno sanitario con control de gases (población: 34,999 - 99,999)	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura de suelo: para prohibir la proliferación de vectores, para prevenir fuegos y malos olores, para minimizar la infiltración, para mejorar la estética. Instalación para la remoción de gases: para prevenir el fuego y las explosiones, para promover la descomposición de residuos Báscula: importante para el MRS
4: Relleno sanitario con control de lixiviados (población: igual o mayor de 100,000 habitantes)	<ul style="list-style-type: none"> La capa para impermeabilización del fondo: para prevenir que el lixiviado se infiltre en el sub-suelo (contaminación del agua subterránea) Instalación para la recolección de lixiviados: para recolectar y descargar el lixiviado al exterior Instalación para el tratamiento de lixiviados: para tratar el lixiviado hasta lograr cierta calidad que no represente ningún impacto serio hacia el medio ambiente.

3. Introducción y promoción de la minimización de residuos

31. Educación ambiental sobre la minimización de residuos

La importancia de la conservación de recursos y las maneras para minimizar los residuos deberá ser diseminada por medio de la educación ambiental y las actividades de reciclaje. Se proponen las siguientes actividades:

- 311. Educación ambiental y actividades de reciclaje en las escuelas
- 312. Educación ambiental y actividades de reciclaje en las comunidades
- 313. Publicidad sobre la importancia de la minimización de residuos por medio de instituciones públicas y/o medios de comunicación

32. Promoción del compostaje de patio

La composición de los residuos en el Área de Estudio se ve acentuada por la presencia de una gran cantidad de residuos de jardín que pueden ser dispuestos en las casas por medio del compostaje. La cantidad de residuos descargados por las casas podría ser reducida por medio del compostaje y los ciudadanos podrían ser alentados a realizar actividades de minimización de residuos y de conservación de recursos por medio de acciones concretas. Las siguientes medidas se proponen para dicho propósito.

- 321 Preparar y distribuir materiales sobre la manera cómo hacer composta a partir de residuos de jardín.
- 322 Establecer un sistema de visitas instructivas para actividades de composta
- 333 Demostrar actividades de compostaje en instituciones públicas

Se anticipa que se llegue a minimizar hasta 15% de la cantidad de generación de residuos en la fuente por medio de la educación ambiental y compostaje de patio.

33. Compostaje de residuos de poda

Se genera una gran cantidad de residuos de poda de árboles ubicados a lo largo del camino; además, los residuos de poda que no sean aptos para el compostaje de patio son descargados a menudo de las viviendas; dicho residuo no deberá ser sujeto a compostaje ni a prácticas de relleno. La cantidad en mención representará el 10% de la cantidad total de residuos generado.

4. Auto-suficiencia Financiera

El mejoramiento de los ingresos y la reducción de costos son cruciales para lograr la autosuficiencia financiera en el MRS. Para este propósito, son importantes el logro de la equidad fundamentada en que los beneficiarios paguen la tarifa justa acorde con el servicio que reciben, el logro del mejoramiento de la calidad del servicio, el logro de la transparencia en la contabilidad financiera, y el logro de las condiciones sanitarias mínimas en el medio

ambiente en donde viven. Las medidas que pueden ser aplicadas para lograr la autosuficiencia financiera a través del mejoramiento de los ingresos y la reducción de los costos son las siguientes

41. Mejoría del Ingreso

411. Aplicación general de los derechos del servicio

La aplicación de las tarifas o los derechos del servicio difiere grandemente en los tres municipios que constituyen el Área de Estudio. Solidaridad aplica los derechos del servicio a las familias (usuarios domésticos) y a las firmas comerciales/industriales, mientras que OPB aplica las tarifas solamente a las firmas comerciales/industriales, y FCP no aplica ningún derecho del servicio. OPB y Solidaridad establecen sus propios derechos del servicio cada año.

Desde el punto de vista financiero, todos los usuarios del servicio de residuos sólidos deben pagar los derechos del servicio que le correspondan, ya que el servicio de residuos sólidos conlleva costos, y los usuarios generalmente aceptan pagar al menos parcialmente los costos del servicio. Las familias son generadores importantes de residuos sólidos, y por lo tanto los usuarios domésticos del servicio de MRS deben participar activamente en el esfuerzo de recuperación de costos pagando la porción de costos que les corresponda. En el reglamento sobre el manejo de residuos sólidos que se propone, se espera que las familias o usuarios domésticos paguen un derecho del servicio que sea una suma mensual fija, mientras que los negocios o firmas comerciales/industriales e instituciones deberían pagar tarifas volumétricas como una forma de introducir la equidad por medio de la aplicación práctica del principio “el que contamina paga.”

La aplicación general de las tarifas o derechos del servicio busca principalmente aumentar los ingresos del servicio de residuos sólidos incorporando a las familias y los negocios como grupos de usuarios que pagan por el servicio, tratando de incluir a todos los generadores de residuos sólidos.

4.1.2. Derechos realistas del servicio

La práctica vigente en OPB y Solidaridad en fijar las tarifas o derechos del servicio cada año elimina una rigidez importante en el manejo financiero. Esta rigidez se refiere a la dificultad muy común en la actualización de los derechos del servicio como respuesta a los costos cambiantes. Los derechos del servicio deben buscar la recuperación de los costos del servicio tanto como sea posible. Sin embargo, el aumento de las tarifas o derechos del servicio como medio de mejorar los ingresos debe ser una de las opciones, debiéndose recurrir mas bien a

otras medidas como la actualización constante y la expansión de la base de datos de los usuarios, y el mejoramiento en la eficiencia de la recaudación.

La base de datos de los usuarios del servicio debe ser actualizada y expandida en forma permanente. La comparación con otras bases de datos puede aumentar la precisión. Además, un mejor conocimiento de los tipos de usuarios podría permitir el diseño y la implementación de las medidas necesarias para proveer mejores servicios por tipo o grupos de usuarios. Esto podría aumentar el número de usuarios satisfechos y mejorar su disposición de pagar por el servicio.

413. Facturación oportuna y lugares de pago accesibles

La periodicidad de la facturación establecida en el propuesto reglamento sobre residuos sólidos debe ser estrictamente respetado, bimensual para las familias o usuarios domésticos, y mensual para las firmas comerciales/industriales y para los clientes institucionales. Los usuarios del servicio de residuos sólidos deberían tener la facilidad de efectuar los pagos no solamente en las oficinas centrales del gobierno municipal, sino que también en lugares adonde el público concurre con frecuencia, tales como los supermercados, en forma similar al caso de los pagos por los servicios de utilidad pública. Se debe efectuar todo el esfuerzo posible para asegurar que los pagos se efectúen en lugares oficialmente autorizados, y evitar las cobranzas por medios no oficiales como ser por los choferes de los camiones recolectores que no tienen la autorización de efectuar cobranzas. En otras palabras, los pagos efectuados por los usuarios del servicio de residuos sólidos deben llegar a las arcas municipales en lugar de ser desviados a usos particulares y personales.

414. Control de la recaudación

La recaudación debe ser realizada con todo cuidado con el fin de mantener la morosidad bajo control. Esto implica el esclarecimiento de los motivos de la morosidad, y la aplicación de multas y penalidades cuando los pagos no se efectúen en forma oportuna. El período de dos meses después del vencimiento para iniciar los procesos legales de cobro debería ser estrictamente aplicado, además de la aplicación de multas y penalidades cuando se consideren necesarias.

La recaudación debería ser monitoreada en cada período de manera a mejorar la eficiencia de la recaudación (recaudación como porcentaje de la facturación), y minimizar el número de usuarios con más de dos meses de morosidad. Aun cuando la eficiencia de la recaudación sea satisfactoria, los grupos morosos deberían ser sistemáticamente monitoreados con el fin de tener una mejor idea sobre la morosidad, como ser el número de semanas o meses de morosidad. Los datos sobre los tipos de usuarios que sean morosos pueden permitir la toma

de acciones apropiadas como campañas informativas/educativas, y la aplicación de multas y penalidades. La idea de agregar automáticamente el valor monetario de las moras al impuesto predial del siguiente año podría ser muy efectiva.

415. Uso específico de los ingresos

Los ingresos obtenidos en concepto de derechos del servicio deberían ser idealmente dedicados exclusivamente para el mejoramiento del servicio. La aplicación estricta de esta recomendación podría causar dificultades financieras en la etapa inicial, si la implicancia es que los fondos generales no podrían ser aplicados al servicio de residuos sólidos. Por lo tanto, probablemente se debería hacer una excepción en los años iniciales durante los cuales se podrían usar una mezcla de fondos generales e ingresos generados por los derechos del servicio para cubrir el servicio de residuos sólidos. Durante este tiempo se deberían introducir los procedimientos apropiados en el sistema existente de tal manera a mejorar los ingresos y poder usar con exclusividad los ingresos generados. De esta manera, la Dirección de Servicios Públicos Municipales podría moverse hacia la autonomía operativa, y puede tener la satisfacción de jugar un papel activo en el mejoramiento del servicio, viendo en realidad que el servicio se hace cada vez más eficiente.

42. Reducción de Costos

421. Mejoramiento en los trabajos de recolección de residuos

Como los trabajos de recolección de los residuos sólidos constituyen una proporción grande de los costos de MRS (42% en OPB en 2002), la reducción de los costos de recolección de los residuos sólidos puede tener un impacto grande en la reducción del costo total del MRS. El re-diseño de las rutas de recolección y otras mejoras pueden inducir una mejor utilización del tiempo y de los recursos, contribuyendo así a una operación más eficiente del servicio de recolección de los residuos sólidos a un costo menor.

422. Monitoreo constante

El desempeño financiero debe ser constantemente monitoreado a través de unos indicadores cuantificados que se seleccionen, de tal manera a poder introducir mejoras sin pérdidas de tiempo donde y cuando los indicadores monitoreados se alejan del rango de los valores aceptables.

Los indicadores de desempeño servirán para monitorear aspectos como el costo por tonelada de recolección de los residuos sólidos, el costo del barrido, el costo de la disposición final, y el costo total por tonelada del manejo de residuos sólidos. El monitoreo cuidadoso de la evolución temporal de estos indicadores permitirá tomar medidas correctivas oportunas. Un

indicador importante será la eficiencia de la recaudación, o la relación entre el monto monetario de la recaudación y el monto monetario de la facturación.

5. Cooperación entre los tres niveles de gobierno

51. Establecimiento de un Sistema de Información para un Manejo Integral

La nueva ley requiere la creación de un Sistema de Información para el Manejo Integral de los Residuos con el propósito de construir una coordinación y metodología de información entre los tres niveles de gobierno en tópicos relacionados con la prevención de la generación, valorización y manejo integral de residuos.

Ha quedado conformado el Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos (SIGIR). Este sistema constituye el mecanismo de coordinación e información entre los tres órdenes de gobierno en materia de prevención de la generación, valorización y gestión integral de los residuos sólidos.

Inicialmente forman parte del SIGIR: SEMARNAT (Delegación en el Estado de Quintana Roo), SEDUMA y los municipios de Othón P. Blanco, Felipe Carrillo Puerto y Solidaridad. Adicionalmente, el SIGIR será utilizado para darle seguimiento a la implementación del Plan Maestro.

Se recomienda incorporar a otras organizaciones gubernamentales, académicas, comunales y del sector privado, cuyas actividades se encuentren relacionadas con el manejo de los residuos sólidos y la protección ambiental en general.

El SIGIR puede ser el instrumento idóneo para iniciar la estructuración de la Unidad Ejecutora del Plan Maestro. Se sugiere a la SEDUMA como órgano coordinador para esta Unidad Ejecutora.

La JICA debería considerar un enlace electrónico con el SIGIR y la posible Unidad Ejecutora con el propósito de dar seguimiento y asistencia en la implementación del Plan Maestro durante el periodo de implementación.

6. Desarrollo de un Sistema Legal

61. Formulación de una regulación municipal para el MRS

El borrador del “Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos” está siendo considerado para su aprobación por los municipios de Othón P. Blanco, Felipe Carrillo Puerto y Solidaridad.

Se espera que al breve plazo se cuente con un instrumento que permita normar las relaciones entre el municipio, los clientes y los prestadores particulares en el servicio de

manejo integral de los residuos sólidos con la finalidad de preservar y recuperar la calidad del medio ambiente y la protección de la salud pública.

La “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos” no ha tenido la difusión necesaria por parte de las organizaciones competentes. Utilizando el SIGIR se debe iniciar el proceso de información pública y de coordinación entre las diversas organizaciones competentes y dar cumplimiento a lo dispuesto en la Ley General.

62. Formulación de reglas para asociaciones públicas-privadas

La experiencia lograda con la participación del sector privado (PSP) en el MRS no ha sido exitosa. El Municipio de Solidaridad ha dado por terminado el contrato que mantenía con el sector privado. En el vecino municipio de Benito Juárez se está generando una situación muy grave con la deficiente disposición final de los RS y las deudas que se mantienen con el contratista.

Previa a la PSP los municipios deben definir, en conjunto con la comunidad, sobre la calidad del servicio que debe prestarse, el costo estimado, el nivel de tarifas y la intención y capacidad de pago de la población.

Por tratarse de un servicio considerado como un bien público, es preciso que la población pague los derechos de la prestación del servicio, que sea universal a toda la población y que la sociedad en su conjunto subsidie a las familias que no puedan atender el pago.

El Plan Maestro establece las bases que deberían considerarse en la prestación del servicio y es una guía para definir la participación del sector privado.

Los procedimientos legales para la PSP son de conocimiento de las autoridades competentes; la PSP en el MRS en México tiene ejemplos exitosos en varias ciudades.

7. Fortalecimiento de los cuerpos ejecutores para el MRS

71. Establecimiento de una unidad administrativa en SEDUMA

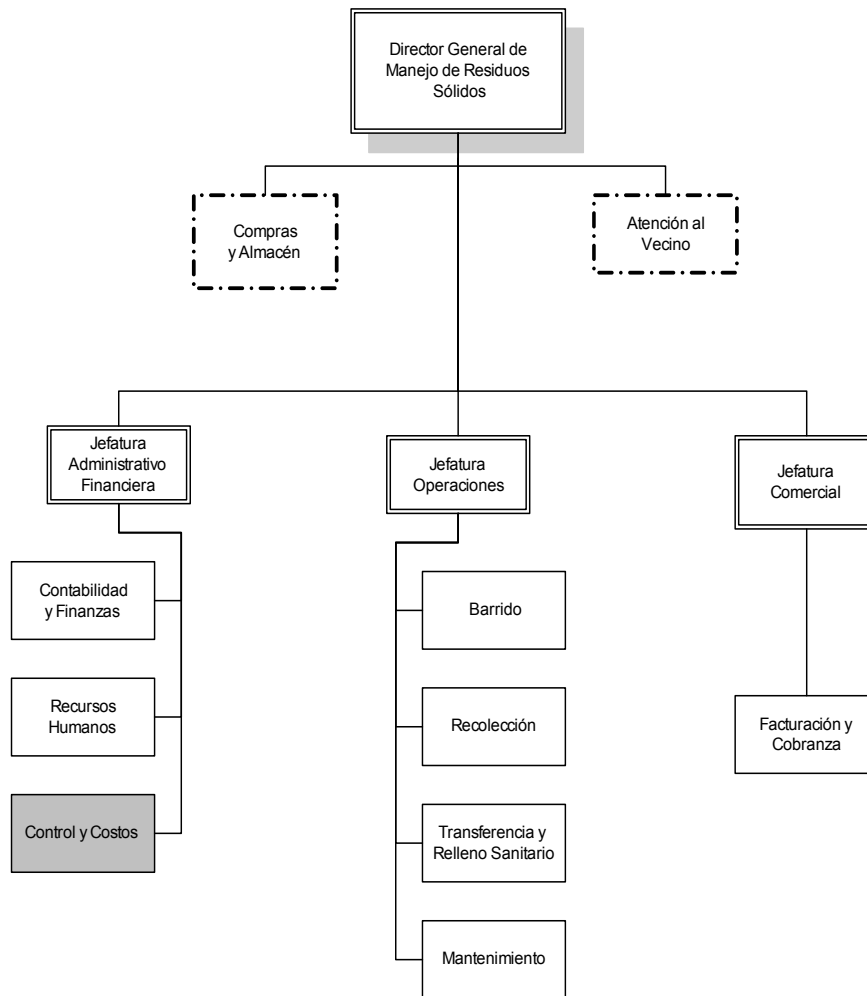
Se propone la estructuración de la Unidad Ejecutora del Plan Maestro. Esta unidad tendrá por objetivo la implementación del Plan Maestro y el logro de las metas propuestas, fortalecer y facilitar la coordinación entre los tres órdenes de gobierno, con el propósito de proteger el ambiente acuático de la costa del Estado de Quintana Roo.

Se recomienda que esta Unidad Ejecutora se encuentre bajo la coordinación de la SEDUMA, por tratarse del órgano rector del desarrollo urbano y el manejo ambiental al nivel del Estado.

72. Reestructuración de los cuerpos municipales ejecutores para el MRS

En la figura siguiente aparece la estructura organizativa propuesta para el MRS en el Municipio de Othón P. Blanco.

Municipio de Othón P Blanco Manejo de Residuos Sólidos Estructura Organizativa Propuesta



Por la importancia que representa el MRS en la protección de la salud y la preservación de los recursos naturales, así como por la participación en el presupuesto municipal, es preciso privilegiar la jerarquía de la unidad administrativa a cargo de la prestación del servicio.

Se propone la creación de una Dirección General de Manejo de Residuos Sólidos que dependa directamente del despacho del Presidente Municipal. La toma de decisiones al mayor nivel político facilitará la implementación de los cambios y ajustes que se plantean en el Plan Maestro.

Compras y Almacén:	Orientada a dar soporte a la unidad de Mantenimiento con el propósito de aumentar la disponibilidad de los vehículos y facilitar las actividades previstas en la prestación del servicio
Atención al Vecino:	Establecer un vínculo de información y atención inmediata con los usuarios del servicio
Administración y Finanzas:	Administra los recursos del servicio; prepara el presupuesto y lo ejecuta de acuerdo a las necesidades operativas. La unidad de Control y Costos tiene el encargo de verificar que el servicio alcance las metas de calidad de servicio (eficacia) y que el uso de los recursos sea eficiente.
Operaciones:	Presta el servicio de acuerdo a las normas de calidad establecidas en el Reglamento.
Comercial:	Procura los ingresos suficientes para lograr la sostenibilidad del servicio.

8. Establecimiento de un Nuevo Sistema para el MRS en Costa Maya

Se pronostica que cierta cantidad de turistas y población, en general, incrementará hacia el futuro como resultado del desarrollo del turismo. Sin embargo, este pronóstico involucra mucha incertidumbre porque es afectado por varios factores, como por ejemplo, la situación económica del país y del resto del mundo, clima anormal, otros centros turísticos competentes, etc. En este sentido es arriesgado construir infraestructuras que requieran una gran cantidad de inversión y que tengan poca flexibilidad, por ejemplo, rellenos y estaciones de transferencia.

Por lo tanto, es recomendable en la etapa inicial desarrollar un marco institucional e introducir una cultura de minimización de residuos que sea flexibles para avanzar en su desarrollo y, posteriormente, desarrollar las infraestructuras requeridas. Se proponen las siguientes medidas:

8.1. Establecer un marco organizacional e institucional

El marco institucional está constituido por la “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos” (Diario Oficial de la Federación 08 de octubre de 2003 y en vigencia desde el pasado 08 de abril de 2004); el documento del “Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”, actualmente en la consideración del Cabildo Municipal; y, el “Reglamento de Recoja, Manejo y Disposición Final de los Residuos Sólidos en Mahahual”. Se recomienda la aprobación del reglamento por parte de las autoridades municipales de Othón P. Blanco.

La comunidad de Mahahual ha constituido la “Comisión para el Manejo de los Residuos Sólidos” y se espera el pronto reconocimiento por parte del Municipio de Othón P. Blanco.

Recomendamos la estructuración de la unidad de administrativa de desarrollo urbano, que necesariamente deberá incluir la planificación y el control de manejo de los residuos sólidos y el de formular un esquema de tarifas justas y equitativas que permita la sostenibilidad financiera del sistema.

82. Introducción de una cultura de minimización de residuos

La comunidad de Mahahual ha dado inicio a la creación de la cultura de la minimización en el manejo integral de los residuos sólidos. Los transeúntes colocan separadamente sus residuos en las estaciones que se han instalado en la calle costanera.

Los alumnos de la Telesecundaria han tomado bajo su responsabilidad el manejo de los productos provenientes de la separación y han construido una compostera para tratar los residuos orgánicos generados por los restaurantes.

El grupo ECOCE, formado por las principales empresas embotelladoras de refrescos en México, se ha interesado en recoger las botellas de PET. La Telesecundaria está construyendo, para tal fin, un pequeño centro de acopio en los terrenos de su propiedad.

Las autoridades de los tres niveles de gobierno coinciden que la minimización es el camino correcto para el manejo sostenible de los residuos sólidos.

Se recomienda alentar, facilitar y establecer la cultura de la minimización utilizando los incentivos creados en la Ley General.

83. Preparación del establecimiento de un sistema firme para el MRS

El Municipio de Othón P. Blanco ha decidido intervenir directamente en el manejo integral de los residuos sólidos de Mahahual.

Así mismo, ha iniciado las gestiones pertinentes para lograr el aporte de la FONATUR en la construcción del relleno sanitario de Costa Maya por un monto superior a los 20 millones de pesos y que incluye el equipo mecánico para la operación.

Esta construcción formará parte de la infraestructura que será necesaria para el desarrollo turístico de Costa Maya. Se recomienda a las autoridades competentes apoyar la solicitud del Municipio de Othón P. Blanco en sus gestiones frente a la FONATUR.

9.3.3.2 Compartimiento de Responsabilidades de las Medidas Propuestas

El siguiente cuadro muestra el compartimiento de responsabilidades para las medidas propuestas entre las partes interesadas.

Cuadro 9-39: Compartimiento de Responsabilidades para las Medidas Propuestas

Partes Interesadas	Federal	Estatal	Municipal	Privado sector/ NGO	Ciudadanos
Medidas Propuestas					
símbolos	R responsable, A apoyo, P participación/cooperación				
11. Enfoque del área urbana			R		
21. Arreglo Flexible de la tasa de recolección			R		
22. Arreglo flexible de las maneras de disposición final			R		
31. Educación ambiental sobre la minimización de residuos 311. Educación ambiental sobre las actividades de reciclaje en las escuelas 312. Educación ambiental y actividades de reciclaje en las comunidades 313. Propaganda sobre la importancia de la minimización de residuos por medio de instituciones públicas y/o medios de comunicación		R	R	P	P
32. Promoción del compostaje de patio 321. Preparación y distribución de materiales sobre cómo hacer compostaje de los residuos de jardín 322. Establecimiento de visitas de instrucción sobre el sistema de compostaje 333. Demostración del compostaje en las instituciones públicas		A	R	P	P
33. Compostaje de los residuos de poda		A	R	P	
34. Establecimiento de una Tasa de Minimización de Residuos		A	R		
41. Mejoramiento del ingreso 411. Aplicación General del cobro por el servicio 412. Cobros realistas por el servicio y mejoramiento del ingreso 413. Facturación oportuna y pago por la instalación 414. Control de la factura de recolección 415. Uso específico del ingreso			R	P	P
42. Reducción de costos 421. Mejoramiento de los trabajos de recolección 422. Monitoreos constantes			R	P	
51. Establecimiento de un sistema de información para un manejo integral	R	R	R		
61. Formulación de una regulación municipal sobre el MRS		A	R		
62. Formulación de reglas para una asociación pública-privada		A	R		
71. Establecimiento de una unidad administrativa especializada en SEDUMA		R			
72. Re-estructuración de los cuerpos ejecutores para el MRS			R		
81. Establecimiento de un marco institucional		A	R	P	P

Partes Interesadas	Federal	Estatat	Municipal	Privado sector/ NGO	Ciudadanos
Medidas Propuestas	símbolos R responsable, A apoyo, P participación/cooperación				
82. Introducción de una cultura de minimización de residuos 83. Preparar establecer un sistema de MRS firme					

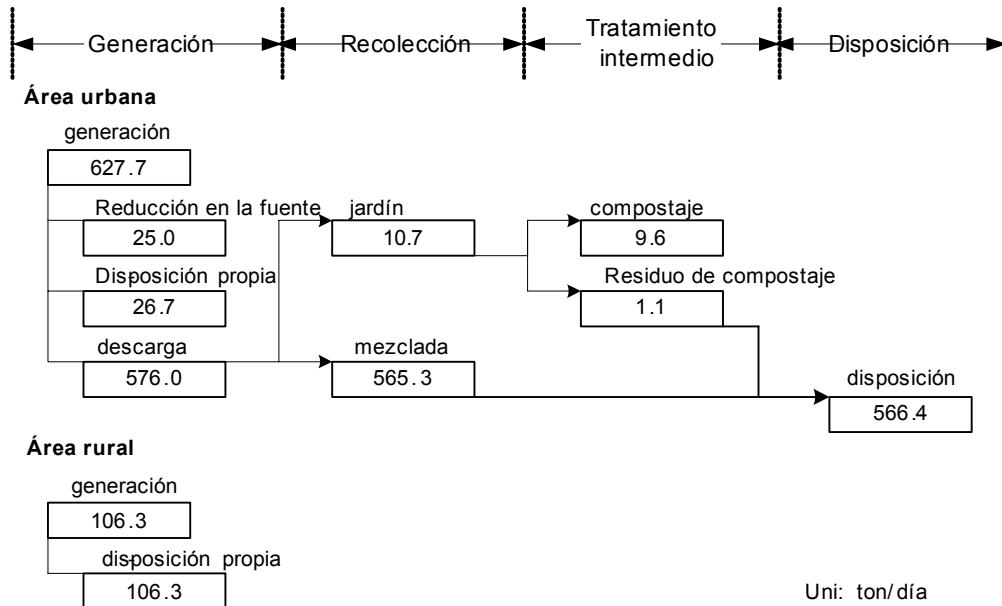
9.3.4 Flujo de los Residuos

Esta sección describe el flujo de los residuos para el Plan Maestro.

a. Flujo de Residuos en el Año 2007

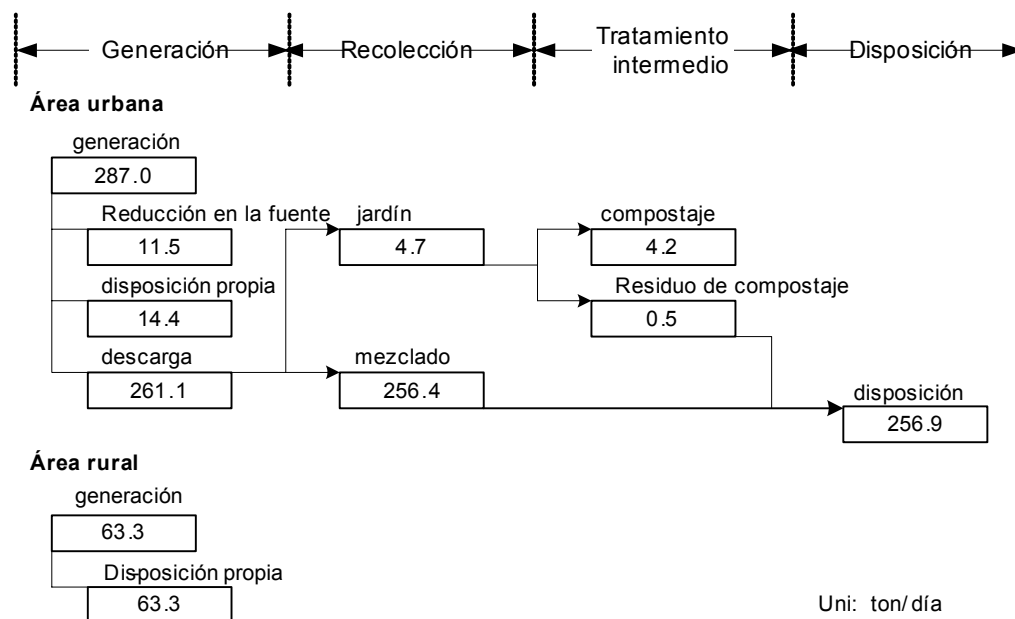
a.1 Toda el Área de Estudio en el 2007

Toda el Área de Estudio



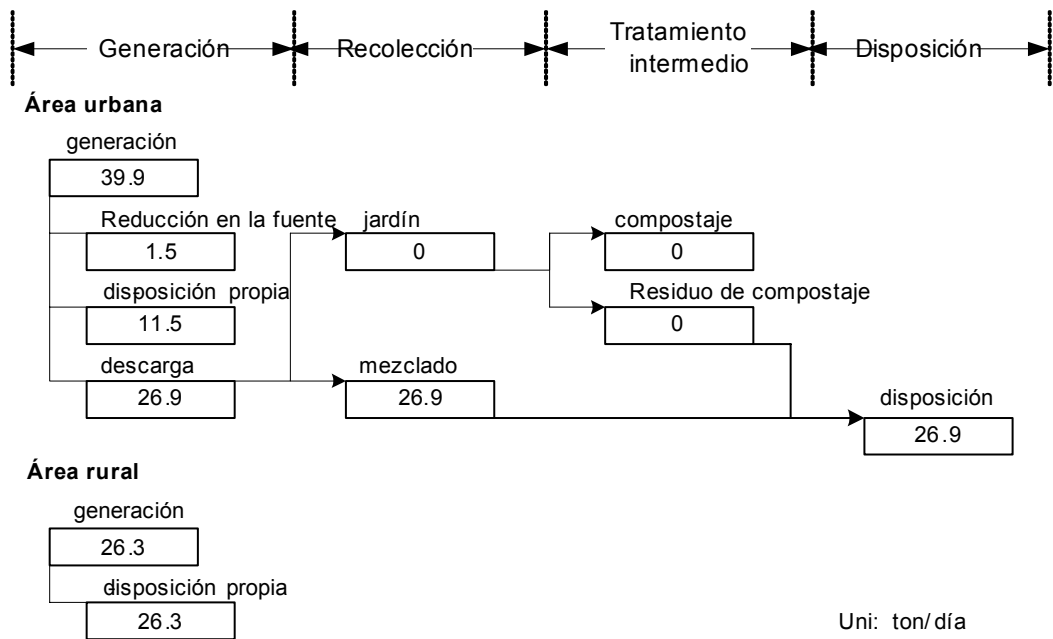
a.2 Othón P. Blanco en el año 2007

Othón P Blanco



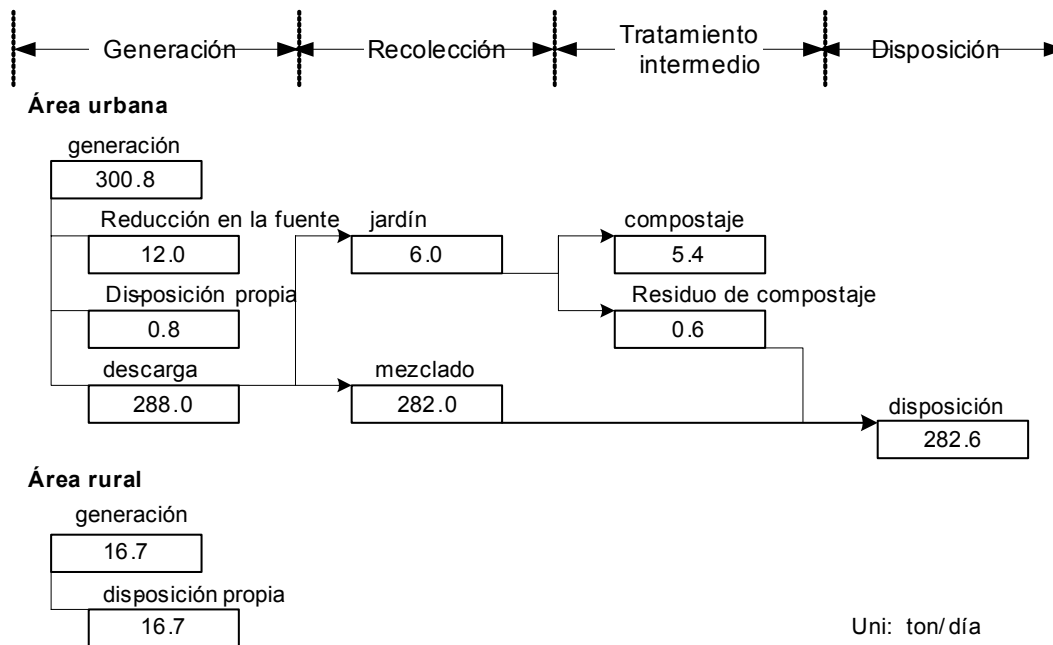
a.3 Felipe C. Puerto en el año 2007

Felipe C Puerto



a.4 Solidaridad en el año 2007

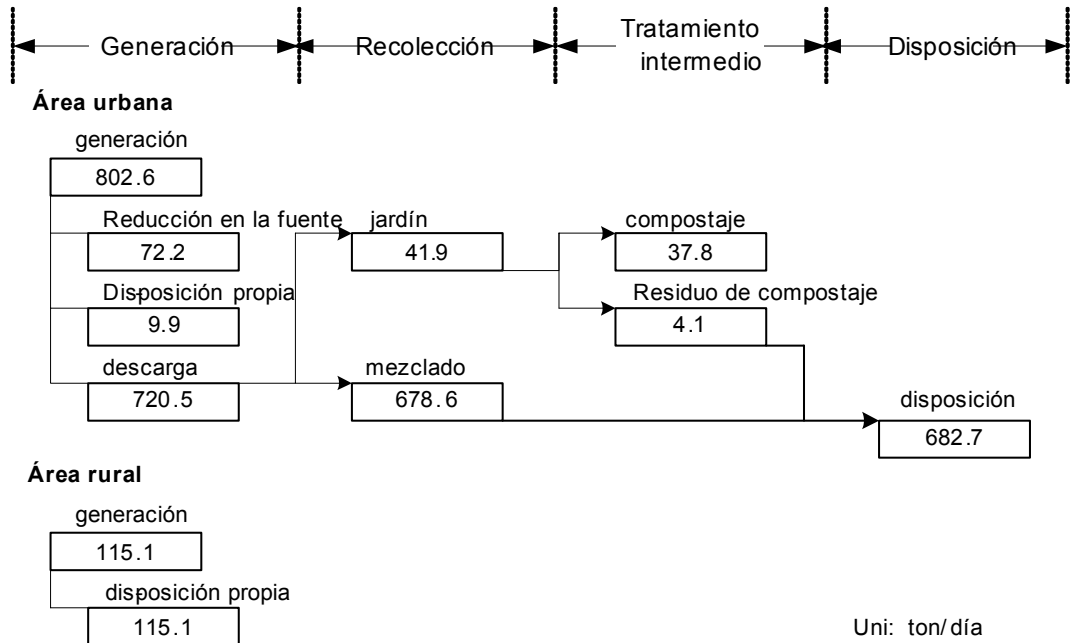
Solidaridad



b. Flujo de residuos en el año 2011

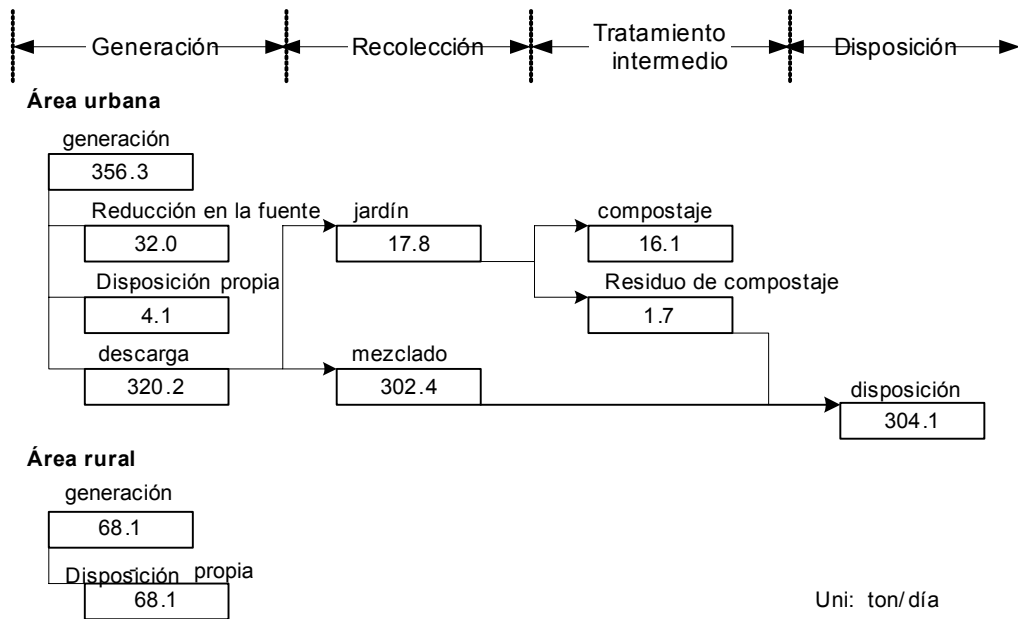
b.1 En toda el Área de Estudio en el año 2011

Toda el Área de Estudio



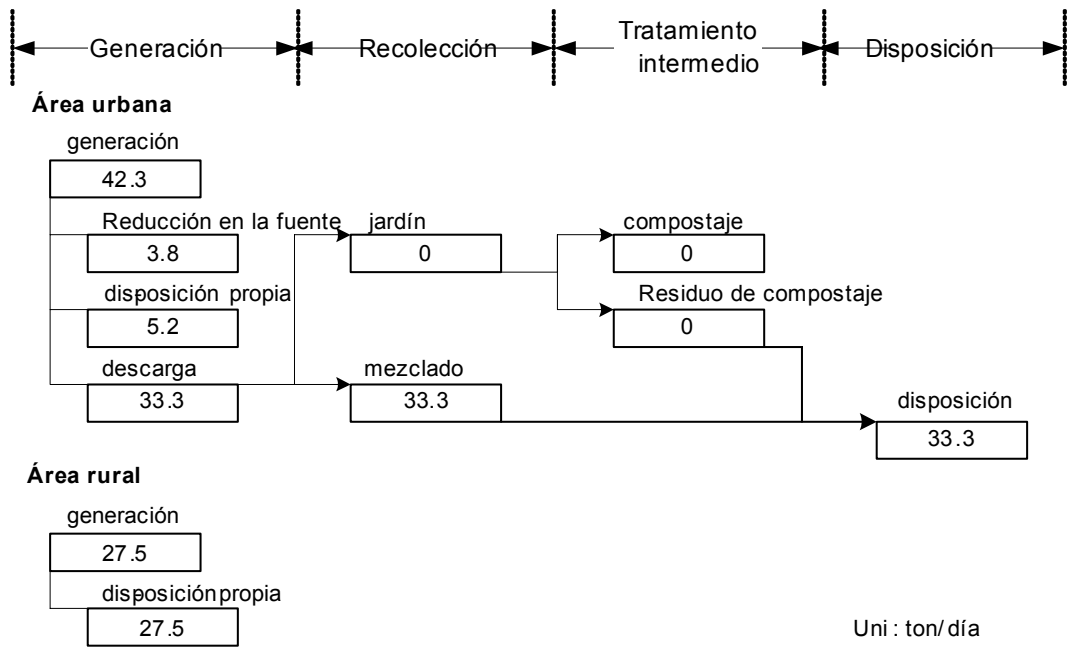
b.2 Othón P. Blanco en el año 2011

Othón P Blanco



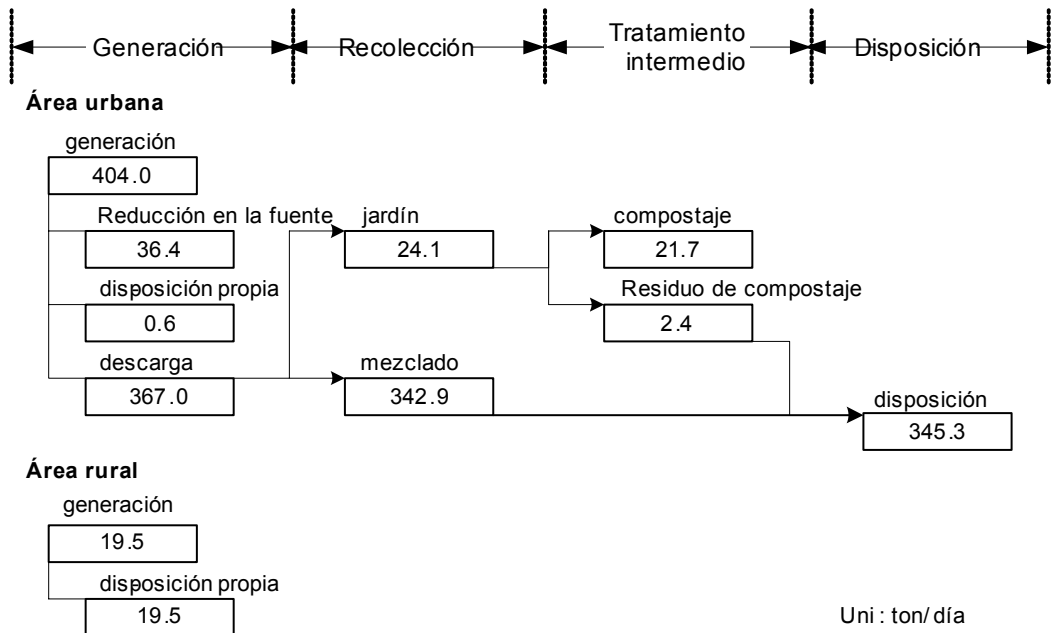
b.3 Felipe C. Puerto en el año 2011

Felipe C Puerto



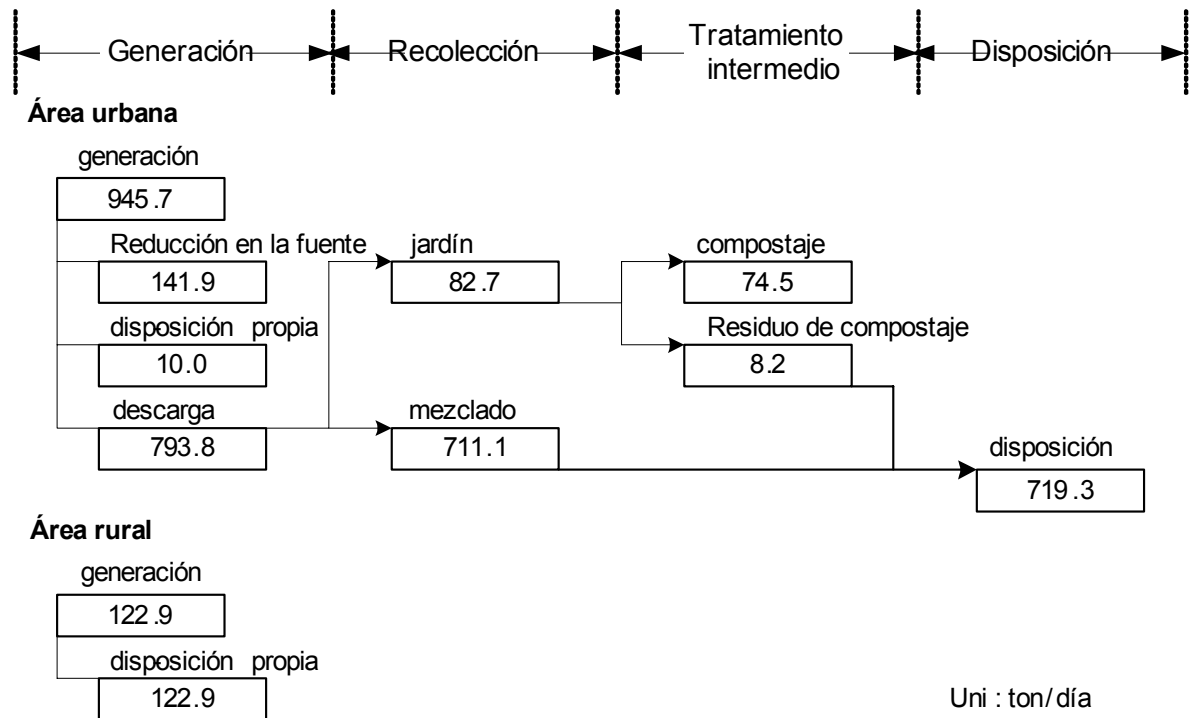
b.4 Solidaridad en el año 2001

Solidaridad

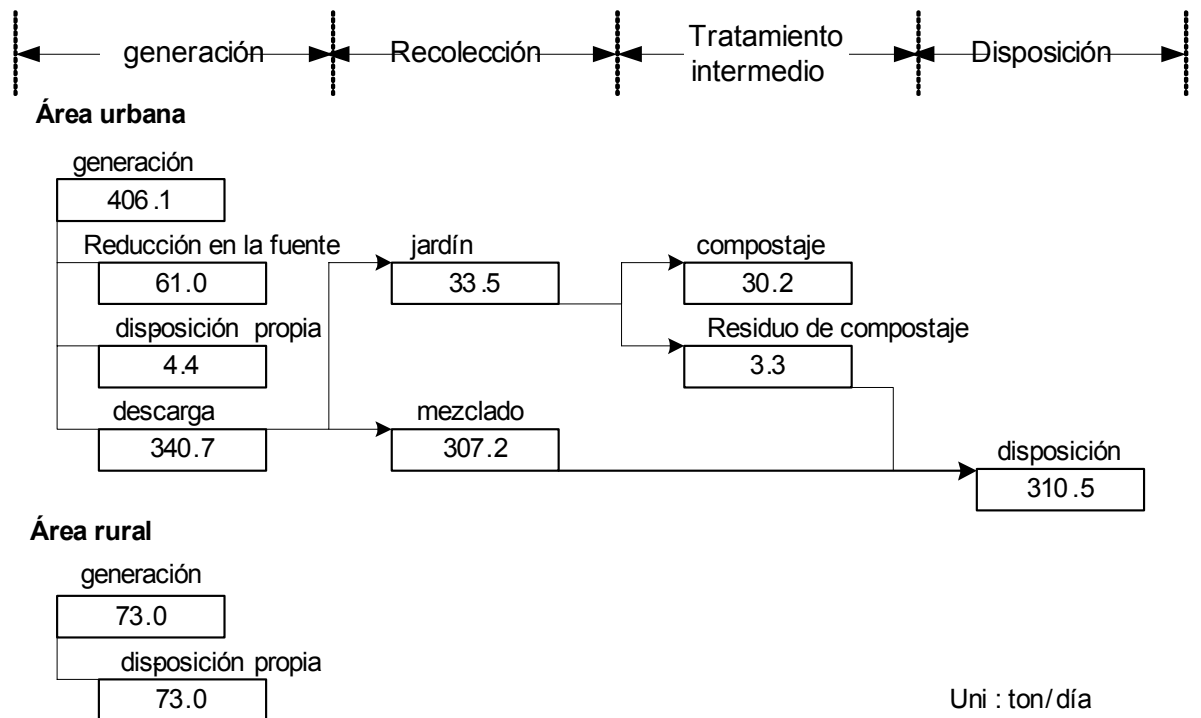


c. Flujo de los Residuos en el año 2015

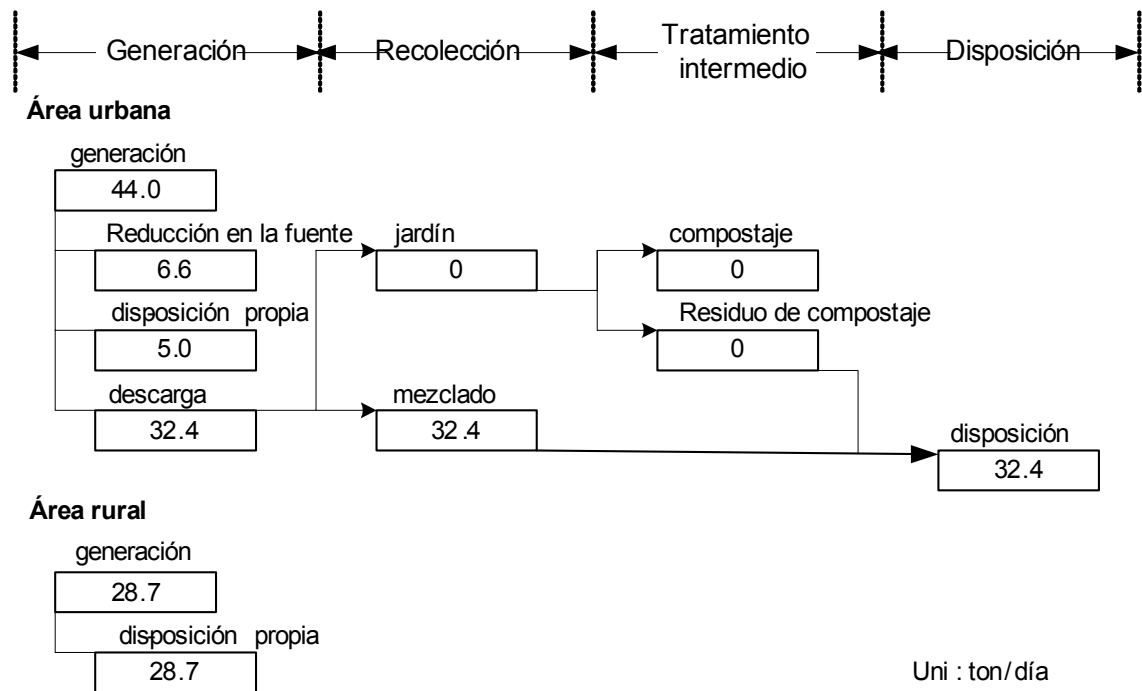
c.1 En toda el Área de Estudio en el año 2011



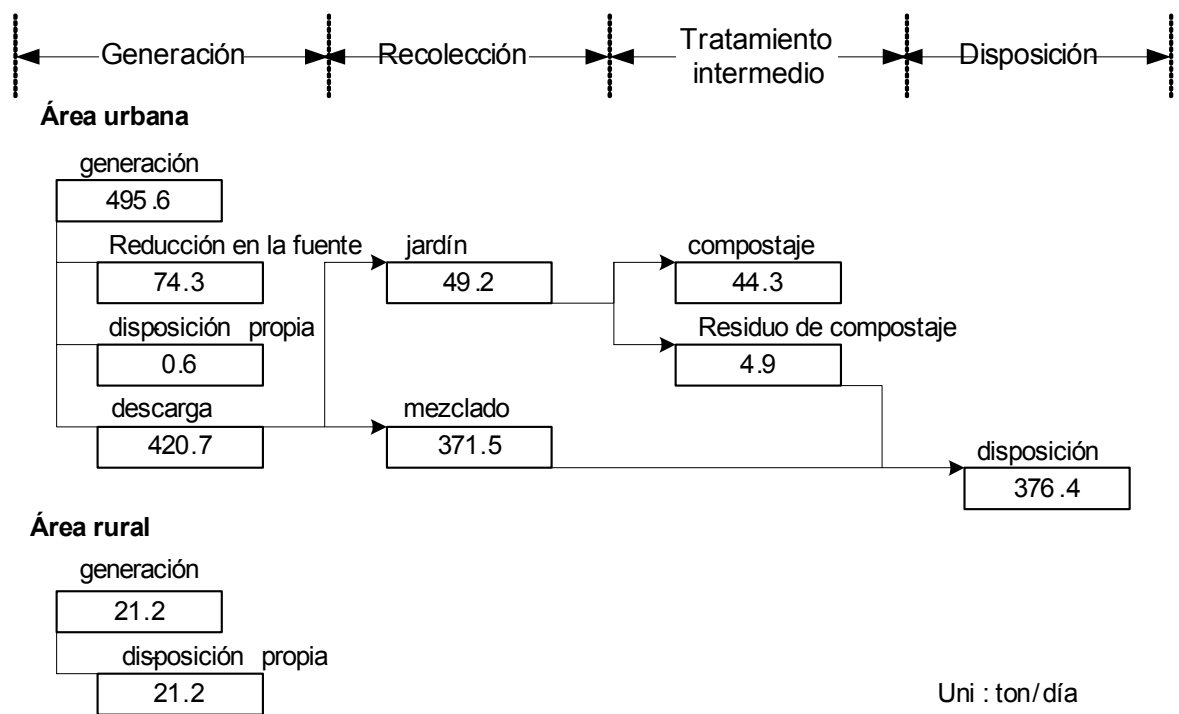
c.2 Othón P Blanco en el año 2015



c.3 Felipe C. Puerto en el año 2015



c.4 Solidaridad en el año 2015



9.3.5 Estimación de costos

El costo total requerido para la implementación del Plan Maestro se muestra en los siguientes cuadros.

Cuadro 9-40: Costo Total del Plan Maestro de MRS (en toda el Área de Estudio)

Unidad: 1,000 pesos

Aspecto	Corto				Mediano				Largo				Total
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Reducción en la fuente	0	1,193	749	852	1,716	1,121	2,421	3,156	4,768	4,017	4,366	3,957	28,316
Recolección	34,001	54,560	48,763	58,608	54,670	56,298	57,915	69,421	74,547	67,694	73,876	70,477	720,830
Inversión	11,187	23,507	13,475	17,545	11,176	10,483	9,724	17,963	23,155	15,378	20,207	14,960	188,760
O&M	22,814	31,053	35,288	41,063	43,494	45,815	48,191	51,458	51,392	52,316	53,669	55,517	532,070
Reciclaje (compostaje)	0	0	4,818	1,683	2,596	2,596	4,070	4,070	4,983	8,899	7,579	7,579	48,873
Inversión	0	0	3,135	0	704	352	1,408	704	1,045	4,543	2,101	1,397	15,389
O&M	0	0	1,683	1,683	1,892	2,244	2,662	3,366	3,938	4,356	5,478	6,182	33,484
Disposición final	13,348	15,927	17,949	21,377	25,282	24,167	25,436	33,861	28,118	26,794	27,300	33,446	293,004
Inversión	0	0	0	0	2,486	0	0	7,600	1,865	0	0	5,700	17,650
O&M	13,348	15,927	17,949	21,377	22,796	24,167	25,436	26,261	26,253	26,794	27,300	27,746	275,354
Sub-total	47,349	71,680	72,279	82,520	84,264	84,182	89,842	110,508	112,416	107,404	113,121	115,459	1,091,023
Inversión	11,187	23,507	16,610	17,545	14,366	10,835	11,132	26,267	26,065	19,921	22,308	22,057	221,799
O&M	36,162	48,173	55,669	64,975	69,898	73,347	78,710	84,241	86,351	87,483	90,813	93,402	869,224
administración (10% de O&M)	3,616	4,818	5,567	6,498	6,990	7,335	7,872	8,425	8,636	8,748	9,081	9,341	86,927
Total	50,965	76,498	77,846	89,018	91,254	91,517	97,714	118,933	121,052	116,152	122,202	124,800	1,177,950
Inversión	11,187	23,507	16,610	17,545	14,366	10,835	11,132	26,267	26,065	19,921	22,308	22,057	221,799
O&M	39,778	52,991	61,236	71,473	76,888	80,682	86,582	92,666	94,987	96,231	99,894	102,743	956,151

Cuadro 9-41: Costo del Plan Maestro MRS (Othón P Blanco)

Unidad: 1,000 pesos

Aspecto	Corto				Mediano				Largo				Total
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Reducción en la fuente	0	576	356	402	805	516	1,138	1,460	2,177	1,819	1,962	1,748	12,959
Recolección	13,552	26,378	24,156	30,019	29,238	27,082	28,413	29,073	35,365	31,306	35,442	35,244	345,268
Inversión	3,355	12,309	8,239	11,187	8,943	6,358	6,721	6,017	12,309	8,250	11,957	10,835	106,480
O&M	10,197	14,069	15,917	18,832	20,295	20,724	21,692	23,056	23,056	23,056	23,485	24,409	238,788
Reciclaje (compostaje)	0	0	3,212	1,122	1,122	1,122	2,035	2,035	1,683	4,686	3,509	3,157	23,683
Inversión	0	0	2,090	0	0	0	704	352	0	2,794	1,056	352	7,348
O&M	0	0	1,122	1,122	1,122	1,122	1,331	1,683	1,683	1,892	2,453	2,805	16,335
Disposición final	6,107	6,891	7,541	9,616	12,899	11,023	11,598	13,469	13,626	11,903	12,035	13,328	130,036
Inversión	0	0	0	0	2,486	0	0	1,593	1,865	0	0	1,195	7,139
O&M	6,107	6,891	7,541	9,616	10,413	11,023	11,598	11,876	11,761	11,903	12,035	12,133	122,897
Sub-total	19,659	33,845	35,265	41,159	44,064	39,743	43,184	46,037	52,851	49,714	52,948	53,477	511,946
Inversión	3,355	12,309	10,329	11,187	11,429	6,358	7,425	7,962	14,174	11,044	13,013	12,382	120,967
O&M	16,304	21,536	24,936	29,972	32,635	33,385	35,759	38,075	38,677	38,670	39,935	41,095	390,979
administración (10% de O&M)	1,630	2,154	2,494	2,997	3,264	3,339	3,576	3,808	3,868	3,867	3,994	4,110	39,101
Total	21,289	35,999	37,759	44,156	47,328	43,082	46,760	49,845	56,719	53,581	56,942	57,587	551,047
Inversión	3,355	12,309	10,329	11,187	11,429	6,358	7,425	7,962	14,174	11,044	13,013	12,382	120,967
O&M	17,934	23,690	27,430	32,969	35,899	36,724	39,335	41,883	42,545	42,537	43,929	45,205	430,080

Cuadro 9-42: Costo del Plan Maestro (Felipe C Puerto)

Unidad: 1,000 pesos

Aspecto	Corto				Mediano				Largo				Total
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Reducción en la fuente	0	94	49	50	101	54	150	199	259	210	214	169	1,549
Recolección	2,090	5,302	1,936	3,542	2,420	2,420	2,420	5,148	4,664	2,420	3,542	2,420	38,324
Inversión	1,122	3,366	0	1,122	0	0	0	2,233	2,244	0	1,122	0	11,209
O&M	968	1,936	1,936	2,420	2,420	2,420	2,420	2,915	2,420	2,420	2,420	2,420	27,115
Reciclaje (compostaje)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O&M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Disposición final	151	225	379	465	461	514	516	583	570	570	570	568	5,572
Inversión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O&M	151	225	379	465	461	514	516	583	570	570	570	568	5,572
Sub-total	2,241	5,621	2,364	4,057	2,982	2,988	3,086	5,930	5,493	3,200	4,326	3,157	45,445
Inversión	1,122	3,366	0	1,122	0	0	0	2,233	2,244	0	1,122	0	11,209
O&M	1,119	2,255	2,364	2,935	2,982	2,988	3,086	3,697	3,249	3,200	3,204	3,157	34,236
administración (10% de O&M)	112	226	236	294	298	299	309	370	325	320	320	316	3,425
Total	2,353	5,847	2,600	4,351	3,280	3,287	3,395	6,300	5,818	3,520	4,646	3,473	48,870
Inversión	1,122	3,366	0	1,122	0	0	0	2,233	2,244	0	1,122	0	11,209
O&M	1,231	2,481	2,600	3,229	3,280	3,287	3,395	4,067	3,574	3,520	3,524	3,473	37,661

Cuadro 9-43: Costo del Plan Maestro

Unidad: 1,000 pesos

Aspecto	Corto				Mediano				Largo				Total
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Reducción en la fuente	0	523	344	400	810	551	1,133	1,497	2,332	1,988	2,190	2,040	13,808
Recolección	18,359	22,880	22,671	25,047	23,012	26,796	27,082	35,200	34,518	33,968	34,892	32,813	337,238
Inversión	6,710	7,832	5,236	5,236	2,233	4,125	3,003	9,713	8,602	7,128	7,128	4,125	71,071
O&M	11,649	15,048	17,435	19,811	20,779	22,671	24,079	25,487	25,916	26,840	27,764	28,688	266,167
Reciclaje (compostaje)	0	0	1,606	561	1,474	1,474	2,035	2,035	3,300	4,213	4,070	4,422	25,190
Inversión	0	0	1,045	0	704	352	704	352	1,045	1,749	1,045	1,045	8,041
O&M	0	0	561	561	770	1,122	1,331	1,683	2,255	2,464	3,025	3,377	17,149
Disposición final	7,090	8,811	10,029	11,296	11,922	12,630	13,322	19,808	13,922	14,321	14,695	19,550	157,396
Inversión	0	0	0	0	0	0	0	6,006	0	0	0	4,505	10,511
O&M	7,090	8,811	10,029	11,296	11,922	12,630	13,322	13,802	13,922	14,321	14,695	15,045	146,885
Sub-total	25,449	32,214	34,650	37,304	37,218	41,451	43,572	58,540	54,072	54,490	55,847	58,825	533,632
Inversión	6,710	7,832	6,281	5,236	2,937	4,477	3,707	16,071	9,647	8,877	8,173	9,675	89,623
O&M	18,739	24,382	28,369	32,068	34,281	36,974	39,865	42,469	44,425	45,613	47,674	49,150	444,009
administración (10% de O&M)	1,874	2,438	2,837	3,207	3,428	3,697	3,987	4,247	4,443	4,561	4,767	4,915	44,401
Total	27,323	34,652	37,487	40,511	40,646	45,148	47,559	62,787	58,515	59,051	60,614	63,740	578,033
Inversión	6,710	7,832	6,281	5,236	2,937	4,477	3,707	16,071	9,647	8,877	8,173	9,675	89,623
O&M	20,613	26,820	31,206	35,275	37,709	40,671	43,852	46,716	48,868	50,174	52,441	54,065	488,410

9.3.6 Análisis Financiero

9.3.6.1 Análisis Financiero

a. Escenarios

Para los propósitos del análisis financiero, tres escenarios básicos se presentaron por cada municipio y también para el Área de Estudio. Los escenarios básicos fueron diferenciados de acuerdo a las tarifas o derechos mensuales de la manera siguiente:

Escenario 1: Usuarios domésticos 30 Pesos, firmas comerciales 100 Pesos

Escenario 2: Usuarios domésticos 40 Pesos, firmas comerciales 150 Pesos

Escenario 3: Usuarios domésticos 50 Pesos, firmas comerciales 200 Pesos

Dentro de cada escenario, se varió el número de firmas comerciales en función de la proporción del número de usuarios domésticos, y se asumió que la eficiencia de la recaudación aumentaría año por año.

b. Resultados

b.1 Othón P. Blanco

La autosuficiencia financiera y la viabilidad del MRS se lograrían cuando las tarifas o derechos del servicio sean de 50 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 200 Pesos mensuales para las firmas comerciales, las cuales se asumieron como el 15% del número de los usuarios domésticos, además de asumirse una eficiencia de la recaudación del 90% a partir del 2009. La TIRF resultante fue del 18.9%

b.2 Felipe Carrillo Puerto

La autosuficiencia financiera y la viabilidad del MRS se lograrían cuando las tarifas o derechos del servicio sean de 40 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 150 (100) Pesos mensuales para las firmas comerciales, las cuales se asumieron como el 15% del número de los usuarios domésticos, además de asumirse una eficiencia de la recaudación del 90% a partir del 2009. La TIRF resultante fue del 37.4 (10.7) %

b.3 Solidaridad

La autosuficiencia financiera y la viabilidad del MRS se lograrían cuando las tarifas o derechos del servicio sean de 50 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 200 Pesos mensuales para las firmas comerciales, las cuales se asumieron como el 15% del número de los usuarios domésticos, además de asumirse una eficiencia de la recaudación del 90% a partir del 2009. La TIRF resultante fue del 11.4%

b.4 Área de Estudio

La autosuficiencia financiera y la viabilidad del MRS se lograrían cuando las tarifas o derechos del servicio sean de 50 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 200 Pesos mensuales para las firmas comerciales, las cuales se asumieron como el 15% del número de los usuarios domésticos, además de asumirse una eficiencia de la recaudación del 90% a partir del 2009. La TIRF resultante fue del 18.1%

c. Comentarios

Asumiendo que aun en el caso en que se apliquen tarifas o derechos del servicio a todos los generadores de residuos sólidos, si las consideraciones políticas dificultan la aplicación de tarifas superiores a los 30 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 100 Pesos mensuales para las firmas comerciales, y además se asume que el número de firmas comerciales es el mínimo constituyendo el 10% del número de usuarios domésticos, cada municipio excepto Felipe Carrillo Puerto incurriría déficit financiero en cada año del Plan Maestro y tendría que aplicar los fondos generales al MRS con los montos indicados en el siguiente Cuadro.

Cuadro 9-44: Déficit Financiero del MRS con Tarifas de \$30 Familias y \$100 Negocios

Año	OPB	FCP	Solidaridad	Área de Estudio
2004	15.93	1.40	23.30	40.64
2005	25.98	4.20	25.55	55.73
2006	22.50	0.24	23.28	46.02
2007	23.68	1.37	21.07	46.11
2008	22.17	0	16.22	38.19
2009	15.15	0	17.50	32.26
2010	17.15	0	17.75	34.56
2011	19.20	2.54	31.14	52.88
2012	25.03	2.02	25.03	52.09
2013	20.86	0	23.73	44.29
2014	23.19	0.78	23.46	47.43
2015	22.80	0	24.75	47.12

En el caso de Othón P. Blanco cuando las tarifas o derechos del servicio sean de 30 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 100 Pesos mensuales para las firmas comerciales, los montos mayores requeridos de 25.98 Millones de pesos en 2005 y 25.03 Millones de Pesos en 2012, no son mucho más elevados que los aproximadamente 25 Millones de Pesos gastados en el MRS en 2002, pero la calidad del servicio sería mucho mejor.

En el caso de Felipe Carrillo Puerto, aun con tarifas o derechos del servicio de 30 Pesos mensuales para usuarios domésticos y 100 Pesos mensuales para firmas comerciales, el MRS puede producir excedentes financieros en 2008, 2009, 2010, 2013 y 2015.

En el caso de Solidaridad cuando las tarifas o derechos del servicio sean de 30 Pesos mensuales para usuarios domésticos y 100 Pesos mensuales para firmas comerciales, la necesidad de aplicación de los fondos generales al MRS oscilaría entre 16.22 Millones de Pesos en 2008 y 31.14 Millones de Pesos en 2011.

Para el total del Área de Estudio cuando las tarifas o derechos del servicio sean de 30 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 100 Pesos mensuales para las firmas comerciales, la necesidad de aplicación de los fondos generales al MRS oscilaría entre 32.26 Millones de Pesos en 2009 y 55.73 Millones de Pesos en 2005.

9.3.6.2 Autosuficiencia Financiera o Ingresos Insuficientes

Del análisis realizado y presentado más arriba, se deduce que el Plan Maestro de MRS que se propone puede ser financieramente autosuficiente o puede requerir el uso de los fondos generales, dependiendo de las decisiones políticas y administrativas que se tomen y las condiciones resultantes. El supuesto básico es que las tarifas o derechos del servicio, aunque sean bajas, se aplicarían a todos los generadores de residuos sólidos. Entonces, el uso de los fondos generales no debe ser considerado igual que el caso “sin el Plan Maestro”, ya que aun en el caso de que se necesite el uso de los fondos generales, los montos necesarios serían por la diferencia entre los costos estimados y los ingresos estimados bajo una serie de supuestos. Y el MRS sería muy mejorado comparado con el caso “sin el Plan Maestro”.

Como ya se ha explicado más arriba, se lograría la autonomía financiera cuando todos los generadores de residuos sólidos paguen por el servicio de residuos sólidos, 50 Pesos mensuales por parte de los usuarios domésticos y 200 Pesos mensuales por parte de las firmas comerciales. Por otra parte, la necesidad de los fondos generales fue estimada asumiendo las tarifas más bajas, es decir, 30 Pesos mensuales para los usuarios domésticos y 100 Pesos mensuales para las firmas comerciales, las cuales se asumieron que constituían el 10% del número de viviendas.

9.3.7 El Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos

Esta sección resume el Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos descrito con anterioridad, en los siguientes cuadros.

Cuadro 9-45: El Plan Maestro de MRS (en toda el Área de Estudio)

Aspecto	unidad	Presente	Corto					Mediano					Largo			
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
1. Población																
Población	cantidad	333,328	364,986	431,638	468,473	505,308	543,476	581,644	619,811	648,326	676,841	705,356	733,871	762,386		
viviendas	cantidad	78,615	86,082	101,801	110,489	119,176	128,178	137,180	146,182	152,907	159,632	166,358	173,083	179,808		
2. Cantidad de residuos																
1) En la fuente																
Generación	ton/día	426.1	465.5	539.7	583.4	627.7	673.8	720.4	767.5	802.6	838.1	873.5	909.6	945.7		
Reducción en la fuente	ton/día	0	0	10.9	17.5	25	40.5	50.5	61.5	72.2	100.6	113.5	127.3	141.9		
Disposición propia	ton/día	106.2	124.3	100.9	71.3	26.7	26.9	20.5	17.3	9.9	9.8	9.8	9.9	10		
Descarga	ton/día	319.9	341.2	427.9	494.6	576	606.4	649.4	688.7	720.5	727.7	750.2	772.4	793.8		
2) Recolección																
Residuos mezclados	ton/día	319.9	341.2	427.9	489.7	565.3	589.1	624.5	655.5	678.6	676.7	689.3	701	711.1		
Residuos de jardín	ton/día	0	0	0	4.9	10.7	17.3	24.9	33.2	41.9	51	60.9	71.4	82.7		
3) Disposición																
Disposición	ton/día	319.9	341.2	427.9	490.3	566.4	590.8	627	658.8	682.7	681.9	695.5	708.1	719.3		
3. Minimización de residuos	%	0	0	2	4	6	9	10	12	14	18	20	22	24		
Reducción en la fuente	%	0	0	2	3	4	6	7	8	9	12	13	14	15		
reciclaje	%	0	0	0	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9		
4. Sistema Técnico																
1) Reducción en la fuente																
Participante (vivienda)	%	0%	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%		
Participante (vivienda)	cantidad	-	0	10,860	17,679	25,424	41,018	51,214	62,370	73,395	102,166	115,341	129,236	143,848		
Compra de contenedor	cantidad	-	0	10,860	6,819	7,745	15,594	10,196	22,016	28,704	43,335	36,514	39,685	35,964		
2) Recolección																
Porcentaje de recolección	%	75	73	81	87	96	96	97	98	99	99	99	99	99		
Compactador (requerido)	cantidad	-	47	64	70	81	86	89	93	97	96	97	98	100		
Camión de volteo (requerido)	cantidad	-	0	0	3	4	4	6	7	10	11	12	14	16		
Compactador (compra)	cantidad	-	10	21	10	15	10	8	8	14	20	11	16	12		
Camión de volteo (compra)	cantidad	-	0	0	3	1	0	2	1	3	1	4	3	2		
3) Reciclaje (compostaje)																
Cargador frontal (requerido)	cantidad	-	0	0	3	3	4	4	6	6	7	9	11	11		
Desfibradora (requerido)	cantidad	-	0	0	3	3	3	4	4	6	7	7	9	11		
Cargador frontal (compra)	cantidad	-	0	0	3	0	1	0	2	0	1	5	2	1		
Desfibradora (compra)	cantidad	-	0	0	3	0	0	1	0	2	1	3	2	2		
4) Disposición final																
Desarrollo por etapas			several levels of landfilling are to be adopted depending on community size													
5. Costo de MRS															Total	
Reducción en la fuente	1000pesos	-	0	1,193	749	852	1,716	1,121	2,421	3,156	4,768	4,017	4,366	3,957	28,316	
Recolección	1000pesos	-	34,001	54,560	48,763	58,608	54,670	56,298	57,915	69,421	74,547	67,694	73,876	70,477	720,830	
Reciclaje (compostaje)	1000pesos	-	0	0	4,818	1,683	2,596	2,596	4,070	4,070	4,983	8,899	7,579	7,579	48,873	
Disposición final	1000pesos	-	13,348	15,927	17,949	21,377	25,282	24,167	25,436	33,861	28,118	26,794	27,300	33,446	293,004	
sub-total	1000pesos	-	47,349	71,680	72,279	82,520	84,264	84,182	89,842	110,508	112,416	107,404	113,121	115,459	1,091,023	
administración	1000pesos	-	3,616	4,818	5,567	6,498	6,990	7,335	7,872	8,425	8,636	8,748	9,081	9,341	86,927	
total	1000pesos	-	50,965	76,498	77,846	89,018	91,254	91,517	97,714	118,933	121,052	116,152	122,202	124,800	1,177,950	
6. Ingreso (tarifa suficiente)																
Vivienda (50 Pesos/mes)	1000pesos	-	5,165	18,324	33,147	50,054	65,371	74,077	78,938	82,570	86,201	89,833	93,465	97,096	774,241	
Entidades comerciales (200 Pesos/mes)	1000pesos	-	21,693	29,319	35,799	38,613	41,530	44,446	47,363	49,542	51,721	53,900	56,079	58,258	528,263	
Otras Fuentes	1000pesos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	1000pesos	-	26,858	47,643	68,946	88,667	106,901	118,523	126,301	132,112	137,922	143,733	149,544	155,354	1,302,504	
7. Saldo																
Saldo	1000pesos	-	-24,107	-28,855	-8,900	-0,351	15,646	27,007	28,587	13,180	16,870	27,580	27,342	30,554	124,553	

Cuadro 9-46: El Plan Maestro de MRS (Othón P Blanco)

Aspecto	unidad	Presente 2003	Corto					Mediano				Largo			
			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1. Población															
Población	cantidad	170,538	189,359	208,179	224,676	241,173	257,670	274,167	290,664	300,821	310,978	321,135	331,292	341,449	
viviendas	cantidad	40,221	44,660	49,099	52,990	56,880	60,771	64,662	68,553	70,948	73,344	75,739	78,135	80,530	
2. Cantidad de residuos															
1) En la fuente															
Generación	ton/día	208.4	229.1	250	268.5	287	306	325.1	344.2	356.3	368.7	380.9	393.6	406.1	
Reducción en la fuente	ton/día	0	0	5	8	11.5	18.4	22.8	27.6	32	44.3	49.4	55	61	
Disposición propia	ton/día	58.3	77	55.8	40.5	14.4	14.8	10.8	7.5	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4	
Descarga	ton/día	150.1	152.1	189.2	220	261.1	272.8	291.5	309.1	320.2	320.3	327.3	334.3	340.7	
2) Recolección															
Residuos mezclados	ton/día	150.1	152.1	189.2	217.8	256.4	265.2	280.7	294.8	302.4	298.9	302.1	305.1	307.2	
Residuos de jardín	ton/día	0	0	0	2.2	4.7	7.6	10.8	14.3	17.8	21.4	25.2	29.2	33.5	
3) Disposición															
Disposición	ton/día	150.1	152.1	189.2	218.1	256.9	265.9	281.8	296.2	304.1	301.1	304.7	308	310.5	
3. Minimización de residuos															
Reducción en la fuente	%	0	0	2	4	6	8	10	12	14	18	20	21	23	
reciclaje	%	0	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	7	8	
4. Sistema Técnico															
1) Reducción en la fuente															
Participante (vivienda)	%	0%	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante (vivienda)	cantidad	-	0	5,238	8,478	12,135	19,448	24,141	29,249	34,055	46,941	52,512	58,341	64,425	
Compra de contenedor	cantidad	-	0	5,238	3,240	3,657	7,313	4,693	10,346	13,284	19,783	16,541	17,835	15,885	
2) Recolección															
Porcentaje de recolección	%	72	66	77	84	95	95	96	98	99	99	99	99	99	
Compactador (requerido)	cantidad	-	21	29	31	37	40	40	42	43	43	43	43	44	
Camión de volteo (requerido)	cantidad	-	0	0	2	2	2	3	3	5	5	5	6	7	
Compactador (compra)	cantidad	-	3	11	6	10	8	5	6	4	11	6	10	9	
Camión de volteo (compra)	cantidad	-	0	0	2	0	0	1	0	2	0	2	1	1	
3) Reciclaje (compostaje)															
Cargador frontal (requerido)	cantidad	-	0	0	2	2	2	2	3	3	3	4	5	5	
Desfibradora (requerido)	cantidad	-	0	0	2	2	2	2	2	3	3	3	4	5	
Cargador frontal (compra)	cantidad	-	0	0	2	0	0	0	1	0	0	3	1	0	
Desfibradora (compra)	cantidad	-	0	0	2	0	0	0	0	1	0	2	1	1	
4) Disposición final															
Desarrollo por etapas		several levels of landfilling are to be adopted depending on community size													
5. Costo de MRS															
Reducción en la fuente	1000pesos	-	0	576	356	402	805	516	1,138	1,460	2,177	1,819	1,962	1,748	12,959
Recolección	1000pesos	-	13,552	26,378	24,156	30,019	29,238	27,082	28,413	29,073	35,365	31,306	35,442	35,244	345,268
Reciclaje (compostaje)	1000pesos	-	0	0	3,212	1,122	1,122	1,122	2,035	2,035	1,683	4,686	3,509	3,157	23,683
Disposición final	1000pesos	-	6,107	6,891	7,541	9,616	12,899	11,023	11,598	13,469	13,626	11,903	12,035	13,328	130,036
sub-total	1000pesos	-	19,659	33,845	35,265	41,159	44,064	39,743	43,184	46,037	52,851	49,714	52,948	53,477	511,946
administración	1000pesos	-	1,630	2,154	2,494	2,997	3,264	3,339	3,576	3,808	3,868	3,867	3,994	4,110	39,101
total	1000pesos	-	21,289	35,999	37,759	44,156	47,328	43,082	46,760	49,845	56,719	53,581	56,942	57,587	551,047
6. Ingreso (tarifa suficiente)															
Vivienda (50 Pesos/mes)	1000pesos	-	2,680	8,838	15,897	23,890	30,993	34,917	37,019	38,312	39,606	40,899	42,193	43,486	358,730
Entidades comerciales (200 Pesos/mes)	1000pesos	-	11,254	14,141	17,169	18,429	19,690	20,950	22,211	22,987	23,763	24,539	25,316	26,092	246,541
Otras Fuentes	1000pesos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	1000pesos	-	13,934	22,979	33,066	42,319	50,683	55,867	59,230	61,299	63,369	65,438	67,509	69,578	605,271
7. Saldo															
Saldo	1000pesos		-7,355	-13,020	-4,693	-1,837	3,355	12,785	12,470	11,454	6,650	11,857	10,567	11,991	54,224

Cuadro 9-47: El Plan Maestro de MRS (Felipe C Puerto)

Aspecto	unidad	Presente	Corto					Mediano				Largo			
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1. Población															
Población	cantidad	33,025	33,630	34,232	34,699	35,166	35,633	36,100	36,568	36,909	37,250	37,591	37,932	38,273	
viviendas	cantidad	7,789	7,932	8,074	8,184	8,294	8,404	8,514	8,625	8,705	8,785	8,866	8,946	9,027	
2. Cantidad de residuos															
1) En la fuente															
Generación	ton/día	37.1	37.9	38.6	39.1	39.9	40.4	41.1	41.8	42.3	42.7	43.2	43.7	44	
Reducción en la fuente	ton/día	0	0	0.8	1.2	1.5	2.4	2.9	3.4	3.8	5.1	5.7	6.2	6.6	
Disposición propia	ton/día	26.3	25.4	19.1	16.4	11.5	11.3	8.9	9	5.2	5.1	5	5	5	
Descarga	ton/día	10.8	12.5	18.7	21.5	26.9	26.7	29.3	29.4	33.3	32.5	32.5	32.5	32.4	
2) Recolección															
Residuos mezclados	ton/día	10.8	12.5	18.7	21.5	26.9	26.7	29.3	29.4	33.3	32.5	32.5	32.5	32.4	
Residuos de jardín	ton/día	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3) Disposición															
Disposición	ton/día	10.8	12.5	18.7	21.5	26.9	26.7	29.3	29.4	33.3	32.5	32.5	32.5	32.4	
3. Minimización de residuos	%	0	0	2	3	4	6	7	8	9	12	13	14	15	
Reducción en la fuente	%	0	0	2	3	4	6	7	8	9	12	13	14	15	
reciclaje	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4. Sistema Técnico															
1) Reducción en la fuente															
Participante (vivienda)	%	0%	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante (vivienda)	cantidad	-	0	862	1,310	1,769	2,689	3,178	3,679	4,178	5,623	6,147	6,680	7,222	
Compra de contenedor	cantidad	-	0	862	448	459	920	489	1,363	1,809	2,352	1,903	1,942	1,532	
2) Recolección															
Porcentaje de recolección	%	29	33	49	57	70	70	77	77	86	86	87	87	87	
Compactador (requerido)	cantidad	-	2	4	4	5	5	5	5	6	5	5	5	5	
Camión de volteo (requerido)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Compactador (compra)	cantidad	-	1	3	0	1	0	0	0	2	2	0	1	0	
Camión de volteo (compra)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3) Reciclaje (compostaje)															
Cargador frontal (requerido)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Desfibradora (requerido)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cargador frontal (compra)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Desfibradora (compra)	cantidad	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4) Disposición final															
Desarrollo por etapas			several levels of landfilling are to be adopted depending on community size												
5. Costo de MRS															Total
Reducción en la fuente	1000pesos	-	0	94	49	50	101	54	150	199	259	210	214	169	1,549
Recolección	1000pesos	-	2,090	5,302	1,936	3,542	2,420	2,420	2,420	5,148	4,664	2,420	3,542	2,420	38,324
Reciclaje (compostaje)	1000pesos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Disposición final	1000pesos	-	151	225	379	465	461	514	516	583	570	570	570	568	5,572
sub-total	1000pesos	-	2,241	5,621	2,364	4,057	2,982	2,988	3,086	5,930	5,493	3,200	4,326	3,157	45,445
administración	1000pesos	-	112	226	236	294	298	299	309	370	325	320	320	316	3,425
total	1000pesos	-	2,353	5,847	2,600	4,351	3,280	3,287	3,395	6,300	5,818	3,520	4,646	3,473	48,870
6. Ingreso (tarifa suficiente)															
Vivienda (40 Pesos/mes)	1000pesos	-	0,381	1,163	1,964	2,787	3,429	3,678	3,726	3,761	3,795	3,830	3,865	3,900	36,279
Entidades comerciales (150 Pesos/mes)	1000pesos	-	1,499	1,744	1,989	2,015	2,042	2,069	2,096	2,115	2,135	2,154	2,174	2,194	24,226
Otras Fuentes	1000pesos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1000pesos	-	1,880	2,907	3,953	4,802	5,471	5,747	5,822	5,876	5,930	5,984	6,039	6,094	60,505
7. Saldo															
Saldo	1000pesos		-0,473	-2,940	1,353	0,451	2,191	2,460	2,427	-0,424	0,112	2,464	1,393	2,621	11,635

Cuadro 9-48: El Plan Maestro de MRS (Solidaridad)

Aspecto	unidad	Presente	Corto					Mediano				Largo			
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1. Población															
Población	cantidad	129,765	141,997	189,227	209,098	228,969	250,173	271,377	292,579	310,596	328,613	346,630	364,647	382,664	
viviendas	cantidad	30,605	33,490	44,629	49,316	54,002	59,003	64,004	69,004	73,254	77,503	81,752	86,002	90,251	
2. Cantidad de residuos															
1) En la fuente															
Generación	ton/día	180.6	198.5	251.1	275.8	300.8	327.4	354.2	381.5	404	426.7	449.4	472.3	495.6	
Reducción en la fuente	ton/día	0	0	5.1	8.3	12	19.7	24.8	30.5	36.4	51.2	58.4	66.1	74.3	
Disposición propia	ton/día	21.6	21.9	26	14.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
Descarga	ton/día	159	176.6	220	253.1	288	306.9	328.6	350.2	367	374.9	390.4	405.6	420.7	
2) Recolección															
Residuos mezclados	ton/día	159	176.6	220	250.4	282	297.2	314.5	331.3	342.9	345.3	354.7	363.4	371.5	
Residuos de jardín	ton/día	0	0	0	2.7	6	9.7	14.1	18.9	24.1	29.6	35.7	42.2	49.2	
3) Disposición															
Disposición	ton/día	159	176.6	220	250.7	282.6	298.2	315.9	333.2	345.3	348.3	358.3	367.6	376.4	
3. Minimización de residuos	%	0	0	2	4	6	9	11	13	15	19	21	23	25	
Reducción en la fuente	%	0	0	2	3	4	6	7	8	9	12	13	14	15	
reciclaje	%	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4. Sistema Técnico															
1) Reducción en la fuente															
Participante (vivienda)	%	0%	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante (vivienda)	cantidad	-	0	4,760	7,891	11,520	18,881	23,895	29,442	35,162	49,602	56,682	64,215	72,201	
Compra de contenedor	cantidad	-	0	4,760	3,131	3,629	7,361	5,014	10,307	13,611	21,200	18,070	19,908	18,547	
2) Recolección															
Porcentaje de recolección	%	88	89	89	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Compactador (requerido)	cantidad	-	24	31	35	39	41	44	46	48	48	49	50	51	
Camión de volteo (requerido)	cantidad	-	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	
Compactador (compra)	cantidad	-	6	7	4	4	2	3	2	8	7	5	5	3	
Camión de volteo (compra)	cantidad	-	0	0	1	1	0	1	1	1	1	2	2	1	
3) Reciclaje (compostaje)															
Cargador frontal (requerido)	cantidad	-	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	6	
Desfibradora (requerido)	cantidad	-	0	0	1	1	1	2	2	3	4	4	5	6	
Cargador frontal (compra)	cantidad	-	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2	1	1	
Desfibradora (compra)	cantidad	-	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	
4) Disposición final															
Desarrollo por etapas			several levels of landfilling are to be adopted depending on community size												
5. Costo de MRS															Total
Reducción en la fuente	1000pesos	-	0	523	344	400	810	551	1,133	1,497	2,332	1,988	2,190	2,040	13,808
Recolección	1000pesos	-	18,359	22,880	22,671	25,047	23,012	26,796	27,082	35,200	34,518	33,968	34,892	32,813	337,238
Reciclaje (compostaje)	1000pesos	-	0	0	1,606	561	1,474	1,474	2,035	2,035	3,300	4,213	4,070	4,422	25,190
Disposición final	1000pesos	-	7,090	8,811	10,029	11,296	11,922	12,630	13,322	19,808	13,922	14,321	14,695	19,550	157,396
sub-total	1000pesos	-	25,449	32,214	34,650	37,304	37,218	41,451	43,572	58,540	54,072	54,490	55,847	58,825	533,632
administración	1000pesos	-	1,874	2,438	2,837	3,207	3,428	3,697	3,987	4,247	4,443	4,561	4,767	4,915	44,401
total	1000pesos	-	27,323	34,652	37,487	40,511	40,646	45,148	47,559	62,787	58,515	59,051	60,614	63,740	578,033
6. Ingreso (tarifa suficiente)															
Vivienda (50 Pesos/mes)	1000pesos	-	2,009	8,033	14,795	22,681	30,092	34,562	37,262	39,557	41,852	44,146	46,441	48,736	370,166
Entidades comerciales (200 Pesos/mes)	1000pesos	-	8,439	12,853	15,978	17,497	19,117	20,737	22,357	23,734	25,111	26,488	27,865	29,241	249,417
Otras Fuentes	1000pesos	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	1000pesos	-	10,448	20,886	30,773	40,178	49,209	55,299	59,619	63,291	66,963	70,634	74,306	77,977	619,583
7. Saldo															
Saldo	1000pesos		-16,875	-13,766	-6,714	-0,333	8,563	10,151	12,060	0,504	8,448	11,583	13,692	14,237	41,550

9.3.8 Plan de Implementación

9.3.8.1 Plan Global de Implementación

Los siguientes cuadros muestran como implementar el Plan Maestro en etapas.

Cuadro 9-49: Plan de Implementación (Fase 1: 2004-2007)

Aspecto	Othón P Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad
1. Estrategia básica	<ul style="list-style-type: none"> Enfoque en el área urbana 		
2. Sistema Técnico			
1) Reducción en la fuente	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar el compostaje de traspatio en todos los grupos urbanos 		
2) Recolección y transporte	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar la expansión del área de recolección Iniciar el mejoramiento de los trabajos de recolección de residuos 		
3) Tratamiento intermedio	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar el compostaje de residuos de jardinería en los Grupos Urbanos 1 y 5 	-	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar el compostaje de residuos de jardinería en el Grupo Urbano 9
4) Disposición final	<ul style="list-style-type: none"> Construir un relleno sanitario con control de lixiviados en el Grupo Urbano 1 Mejorar el vertedero en el Grupo Urbano 2 a vertedero cerrado Mejorar el vertedero en el Grupo Urbano 4 a vertedero cerrado Mejorar el vertedero en el Grupo Urbano 5 a un relleno sanitario con control de gas 	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar el vertedero en el Grupo Urbano 6 a un vertedero cerrado 	<ul style="list-style-type: none"> Operar los sitios de disposición existentes
3. Sistema de manejo			
1) Planeación y operaciones	<ul style="list-style-type: none"> Planear y operar el SMR de acuerdo al P/M Seguir los manuales de operación y sugerencias hechas en los Proyectos Modelo 		
2) Comercial & financiero	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar el mejoramiento del ingreso 		
3) Administración	<ul style="list-style-type: none"> Establecer una unidad administrativa especializada en SEDUMA Llevar a cabo acciones para reestructurar los cuerpos ejecutivos municipales de MRS 		
4) Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar el monitoreo de los indicadores de ejecución del MRS 		
4. Sistema legal & institucional	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un sistema de información para el manejo integral de residuos sólidos Llevar a cabo acciones para la formulación de un reglamento municipal de MRS 		
5. Asociación pública privada	<ul style="list-style-type: none"> Revisar la actual asociación pública privada Formular reglas de asociación pública privada si es necesario 		
6. Participación ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar la educación ambiental en la minimización de residuos 		
7. Área urbana de nuevo desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar el establecimiento de un nuevo sistema de MRS en Costa Maya 	-	-

Cuadro 9-50: Plan de Implementación (Fase 2: 2008-2011)

Aspecto	Othón P Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad
1. Estrategia básica	<ul style="list-style-type: none"> Enfoque en el área urbana 		
2. Sistema Técnico			
1) Reducción en la fuente	<ul style="list-style-type: none"> Expandir el compostaje de traspatio en todos los grupos urbanos 		
2) Recolección y transporte	<ul style="list-style-type: none"> Continuar la expansión del área de recolección Continuar el mejoramiento de los trabajos de recolección de residuos 		
3) Tratamiento intermedio	<ul style="list-style-type: none"> Expandir el compostaje de residuos de jardinería en los Grupos Urbanos 1 y 5 	-	<ul style="list-style-type: none"> Expandir el compostaje de residuos de jardinería en el Grupo Urbano 9
4) Disposición final	<ul style="list-style-type: none"> Iniciar las operaciones en el relleno sanitario con control de lixiviados en el Grupo Urbano 1 Construir e iniciar las operaciones del relleno sanitario con control de lixiviados en el Grupo Urbano 5 	<ul style="list-style-type: none"> Continuar la operación de los sitios de disposición 	<ul style="list-style-type: none"> Construir e iniciar las operaciones de un relleno sanitario con control de lixiviados en el Grupo Urbano 9
3. Sistema de manejo			
1) Planeación y operaciones	<ul style="list-style-type: none"> Planear y operar el MRS de acuerdo al P/M Seguir los manuales de operación y sugerencias hechas en los Proyectos Modelo 		
2) Comercial & financiero	<ul style="list-style-type: none"> Continuar el mejoramiento del ingreso 		
3) Administración	<ul style="list-style-type: none"> Operar la unidad administrativa especializada en SEDUMA Operar los cuerpos ejecutivos municipales de MRS reestructurados 		
4) Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> Continuar el monitoreo de los indicadores de ejecución del MRS 		
4. Sistema legal & institucional	<ul style="list-style-type: none"> Operar el sistema de información para el manejo integral de residuos sólidos Supervisar los servicios de MRS de acuerdo al reglamento municipal 		
5. Asociación pública privada	<ul style="list-style-type: none"> Revisar la actual asociación pública privada Formular reglas de asociación pública privada si es necesario 		
6. Participación ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> Continuar la educación ambiental en la minimización de residuos 		
7. Área urbana de nuevo desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un firme sistema de MRS en Costa Maya 	-	-

Cuadro 9-51: Plan de Implementación (Fase 3: 2012-2015)

Aspecto	Othón P Blanco	Felipe C Puerto	Solidaridad
1. Estrategia básica	<ul style="list-style-type: none"> Enfoque en el área urbana 		
2. Sistema Técnico			
1) Reducción en la fuente	<ul style="list-style-type: none"> Expandir el compostaje de traspatio en todos los grupos urbanos 		
2) Recolección y transporte	<ul style="list-style-type: none"> Continuar la expansión del área de recolección Continuar el mejoramiento de los trabajos de recolección de residuos 		
3) Tratamiento intermedio	<ul style="list-style-type: none"> Expandir el compostaje de residuos de jardinería en los Grupos Urbanos 1 y 5 	<ul style="list-style-type: none"> 	<ul style="list-style-type: none"> Expandir el compostaje de residuos de jardinería en el Grupo Urbano 9
4) Disposición final	<ul style="list-style-type: none"> Continuar la operación de los sitios de disposición 	<ul style="list-style-type: none"> Continuar la operación de los sitios de disposición 	<ul style="list-style-type: none"> Continuar la operación de los sitios de disposición
3. Sistema de manejo			
1) Planeación y operaciones	<ul style="list-style-type: none"> Planear y operar el MRS de acuerdo al P/M Seguir los manuales de operación y sugerencias hechas en los Proyectos Modelo 		
2) Comercial & financiero	<ul style="list-style-type: none"> Continuar el mejoramiento del ingreso 		
3) Administración	<ul style="list-style-type: none"> Operar la unidad administrativa especializada en SEDUMA Operar los cuerpos ejecutivos municipales de MRS reestructurados 		
4) Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> Continuar el monitoreo de los indicadores de ejecución del MRS 		
4. Sistema legal & institucional	<ul style="list-style-type: none"> Operar el sistema de información para el manejo integral de residuos sólidos Supervisar los servicios de MRS de acuerdo al reglamento municipal 		
5. Asociación pública privada	<ul style="list-style-type: none"> Revisar la actual asociación pública privada Formular reglas de asociación pública privada si es necesario 		
6. Participación ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> Continuar la educación ambiental en la minimización de residuos 		
7. Área urbana de nuevo desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un firme sistema de MRS en Costa Maya 	-	-

9.4 Evaluación del Plan Maestro

9.4.1 Evaluación Económica

a. Concepto de la Evaluación

El desafío en el Área de Estudio es “buscar un desarrollo sustentable logrando un equilibrio entre la preservación del rico ambiente costero y el desarrollo turístico.” La información obtenida hasta el momento indica que el manejo inapropiado de las aguas residuales y los residuos sólidos resultaría en una seria contaminación de las aguas subterráneas y en la destrucción del ambiente costero debido a la peculiar característica geológica – formación cárstica – de la Península de Yucatán. El Plan Maestro apunta a la prevención de la contaminación de las aguas y la destrucción del medio ambiente, las cuales pueden causar serios perjuicios al turismo, a la rica biodiversidad, a los recursos hídricos únicos y a la salud humana en el Área de Estudio. Estos son asumidos como los beneficios a ser producidos con la implementación del Plan Maestro.

Para propósitos analíticos en esta evaluación económica, se asume que el costo incremental es el costo necesario para producir los beneficios. El costo incremental es la diferencia entre el costo requerido para implementar el Plan Maestro y el costo requerido para continuar con los sistemas actuales de Manejo de Aguas Residuales y Manejo de Residuos Sólidos (sin el Plan Maestro).

La evaluación económica trata básicamente de realizar una comparación entre el beneficio y el costo del Plan Maestro.

b. Costo

El siguiente cuadro presenta el costo incremental del Plan Maestro que alcanza a 3,304 Millones de Pesos para el Manejo de las Aguas Residuales y 441 Millones de Pesos para el Manejo de los Residuos Sólidos, por un total de 3,745 Millones de Pesos para el Plan Maestro.

Cuadro 9-52: Costo Total del Plan Maestro

Año	Manejo de Aguas Residuales	Manejo de Residuos Sólidos	Total
2004	175	14	189
2005	481	32	513
2006	120	29	149
2007	529	37	566
2008	274	35	309
2009	414	31	445
2010	290	33	323
2011	206	51	257
2012	196	49	245
2013	187	42	229
2014	211	44	255
2015	221	44	265
Total	3,304	441	3,745

c. Beneficios

El Plan Maestro apunta a *preservar las aguas subterráneas y el ambiente acuático costero en el Área de Estudio* protegiéndolos del manejo inapropiado de las aguas residuales y de los residuos sólidos, y se espera que produzca los siguientes beneficios:

- 1) Mantenimiento de las atracciones para los turistas: para evitar impactos negativos en el turismo por causa de la degradación ambiental*
- 2) Preservación de la biodiversidad: para evitar la pérdida de los recursos que podrían ser utilizados como alimentos y/o medicinas en el futuro*
- 3) Protección de la fuente de agua para consumo humano: para evitar el costo de tratamiento de las aguas subterráneas contaminadas, y prevenir el brote de enfermedades*

La prosperidad a través del desarrollo turístico no puede ser lograda una vez que la imagen de un lugar determinado esté dañada¹. En los últimos tiempos se ha enfatizado la contaminación por las aguas residuales y por los residuos sólidos como una de las mayores amenazas al ambiente costero, además de las amenazas directas como la sobreexplotación de las playas. En épocas recientes se ha informado sobre la contaminación de las aguas marinas causada por las aguas residuales en Acapulco, uno de los famosos centros turísticos de México, y ha causado daños a su imagen. En 1990 los números de turistas en Acapulco y Cancún fueron casi los mismos, siendo de alrededor de 1.5 millones. Sin embargo, hubo una gran diferencia entre ellos en 2001, alrededor de 3 millones en Cancún y aproximadamente 2.2 millones en

¹ Pautas para el Manejo Integral de Áreas Marinas y Costeras, UNEP, 1995.

Acapulco. Varios factores pueden ser considerados como posibles causas de esta diferencia, tales como los recursos de los turistas, clima anormal, etc. También la contaminación de las áreas costeras causada por el manejo inapropiado de las aguas residuales y los residuos sólidos se considera como un factor importante. En México, una disminución en el número de turistas causa serios perjuicios a la economía regional y nacional. En 2000, el sector turismo constituyó el 8.4% del Producto Nacional Bruto (PNB), el 5.5% del empleo del país, y el tercer lugar como fuente de divisas por un total de 8,295 Millones de Dólares². Quintana Roo es uno de los Estados importantes en relación al turismo. Se estima que el Estado es responsable por una tercera parte de los ingresos del país proveniente del turismo. Como ya se ha descrito anteriormente, el turismo es importante tanto para la economía regional como para la nacional. Por lo tanto, el beneficio a ser obtenido del turismo se evalúa cuantitativamente.

México posee una rica biodiversidad debido a la gran variedad de los ecosistemas del país. El número de especies de mamíferos es el primero y el de los reptiles es el segundo en el mundo. Y un gran número de plantas y animales son especies endémicas de México. En el Estado de Quintana Roo, en donde se ubica el Área de Estudio, tienen sus hábitat unas 669 especies de animales y 1500 especies de plantas, incluyendo muchas especies en peligro de extinción, como las tortugas verdes (*Chelonia mydas*), manatíes (*Trichechus manatus*) y jaguares (*Panthera onca*)³. La biodiversidad es un recurso económico altamente valorado en todo el mundo, ya que se consideran como fuentes potenciales de alimentos y medicinas en el futuro. Una indicación de este valor consiste en la ratificación del tratado sobre “Conservación de la Diversidad Biológica” por más de 180 países. Sin embargo, no se ha establecido aun un método económico para evaluar cuantitativamente el valor de la biodiversidad. Esto no significa que la biodiversidad carece de valor en términos económicos, sino que su cuantificación requiere de un método práctico. Por lo tanto, aunque el valor de la biodiversidad en el Área de Estudio es alto cualitativamente, el Estudio no intenta realizar un análisis cuantitativo.

La protección de la fuente de agua para consumo humano tiene efectos benéficos en la prevención de epidemias. Se informa⁴ que el número de casos de infecciones intestinales por 100,000 habitantes en la Península de Yucatán es más alto que el promedio nacional, el cual en 1999 fue de 4,955.2, mientras que los promedios Estatales fueron de 8,698.3 en Yucatán, 6,005.9 en Campeche y 6,178.9 en Quintana Roo. Se acepta generalmente que la contaminación de las aguas subterráneas puede ser la causa principal; y las pérdidas

² SECTUR

³ SEMARNAT

⁴ Impacto de las enfermedades diarreicas agudas en la Península de Yucatán.

económicas causadas por ausentismo debido a afecciones intestinales son significativas. Es obvio que la implementación del Plan Maestro protegerá las fuentes de agua para consumo humano y contribuirá a la prevención de epidemias. Sin embargo, es difícil identificar cuantitativamente el grado en que el Plan Maestro pueda disminuir la morbilidad. Por lo tanto, aunque se respeta debidamente el efecto benéfico sobre la prevención de las enfermedades intestinales, no se intenta una evaluación cuantitativa.

d. Evaluación Económica Cuantitativa sobre Ingresos por Turismo

Es obvio que una zona turística no puede florecer una vez que su imagen esté dañada, a pesar de que no haya habido una teoría o pruebas empíricas que expliquen la correlación entre el grado de la contaminación de agua/degradación ambiental y la disminución en ingresos por turismo. Quintana Roo tiene muchos sitios históricos de la cultura Maya que son atractivos para los turistas. Sin embargo, la atracción más importante es su área costera que tiene playas de arena blanca y aguas de azul turquesa que son alimentadas por las abundantes aguas subterráneas. Por consiguiente, es razonable estimar que la destrucción del ambiente costero causada por la contaminación de las aguas subterráneas y de las aguas marinas puede causar una seria disminución en los ingresos por turismo.

d.1 Proyección del Número de Turistas sin el Plan Maestro

Por alrededor de 10 años entre 1990 y 2001, el número de turistas aumentó de 1.5 a 3.0 millones por año en Cancún, y de 1.5 a 2.2 millones por año en Acapulco. Se considera grande esta diferencia de 0.8 millones por año entre Cancún y Acapulco. Comparando la tasa de incremento del número de turistas en Acapulco con el promedio nacional y el en Cancún, la tasa de 3.7%/año en Acapulco es 1.6%/año menos que el promedio nacional de 5.3%/año y 2.3%/año menos que el de 6.0%/año en Cancún.

No tiene sentido asumir que únicamente la contaminación del agua y la resultante imagen negativa disminuyeron la tasa de crecimiento de turistas en Acapulco. Por consiguiente, la evaluación económica de este Estudio estima en forma conservadora los efectos adversos de la contaminación de agua/degradación ambiental sobre el turismo en el caso “sin el Plan Maestro”, definiendo los efectos adversos como una disminución del 1%/año con respecto a las tasas proyectadas de crecimiento después de 2006, y una disminución del 10% en 2015.

Cuadro 9-53: Número de Turistas (1990-2001)

Unidad: 1,000 personas

Año	Cancún	Acapulco	México
1990	1,566	1,466	22,260
1991	1,904	1,581	22,403
1992	2,036	1,784	22,188
1993	1,974	1,902	21,976
1994	1,958	1,930	22,077
1995	2,155	1,782	27,483
1996	2,306	1,914	29,460
1997	2,640	1,860	31,456
1998	2,652	1,899	33,164
1999	2,819	4,226	41,948
2000	3,043	2,178	40,782
2001	2,986	2,197	39,091

Fuente: Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos EDICIÓN 2002, INEGI

Cuadro 9-54: Tasa de Crecimiento del Número de Turistas (1990-2001)

Año	Cancún	Acapulco	México
1990	100.0%	100.0%	100.0%
1991	121.6%	107.8%	100.6%
1992	130.0%	121.7%	99.7%
1993	126.1%	129.7%	98.7%
1994	125.0%	131.7%	99.2%
1995	137.6%	121.6%	123.5%
1996	147.3%	130.6%	132.3%
1997	168.6%	126.9%	141.3%
1998	169.3%	129.5%	149.0%
1999	180.0%	288.3%	188.4%
2000	194.3%	148.6%	183.2%
2001	190.7%	149.9%	175.6%

Cuadro 9-55: Tasa Anual de Crecimiento del Número de Turistas (1990-2001)

Año	Cancún	Acapulco	México
1991	21.6%	7.8%	0.6%
1992	6.9%	12.8%	-1.0%
1993	-3.0%	6.6%	-1.0%
1994	-0.8%	1.5%	0.5%
1995	10.1%	-7.7%	24.5%
1996	7.0%	7.4%	7.2%
1997	14.5%	-2.8%	6.8%
1998	0.5%	2.1%	5.4%
1999	6.3%	122.5%	26.5%
2000	7.9%	-48.5%	-2.8%
2001	-1.9%	0.9%	-4.1%
Promedio	6.0%	3.7%	5.3%

d.2 Proyección del Número de Turistas e Ingresos por Turismo

La proyección del número de turistas se encuentra en un plan de desarrollo del Estado de Quintana Roo⁵. Además, el mismo plan estimó el ingreso por turista como USD604 en 2000. En el caso “con el Plan Maestro”, se supone que no ocurrirá ninguna disminución en el número de turistas causado por la contaminación de aguas, ya que no se anticipa ningún deterioro en la calidad de las aguas subterráneas. En el caso “sin el Plan Maestro”, se supone que el número de turistas disminuiría en un 1%/año con respecto a las tasas proyectadas a partir de 2006, como se ha explicado anteriormente. El Cuadro siguiente presenta el resultado del cálculo.

Cuadro 9-56: Proyección del Número de Turistas e Ingresos por Turismo

Año	No. de turistas		Ingresos (millones de pesos)	
	Con el P/M	Sin el P/M	Con el P/M	Sin el P/M
2004	1,945,788	1,945,788	12,928	12,928
2005	2,156,471	2,156,471	14,328	14,328
2006	2,275,250	2,252,498	15,117	14,966
2007	2,387,939	2,340,180	15,865	15,548
2008	2,495,671	2,420,801	16,581	16,084
2009	2,599,220	2,495,251	17,269	16,578
2010	2,699,138	2,564,181	17,933	17,036
2011	2,795,833	2,628,083	18,576	17,461
2012	2,889,614	2,687,341	19,199	17,855
2013	2,980,722	2,742,264	19,804	18,220
2014	3,069,348	2,793,107	20,393	18,557
2015	3,155,645	2,840,081	20,966	18,869
Total	31,450,639	29,866,045	208,959	198,430

d.3 Beneficio

Se considera como beneficio la diferencia en ingresos entre los casos “con el Plan Maestro” y “sin el Plan Maestro”. El Cuadro siguiente muestra que los beneficios acumulados al 2015 se estiman en 10,529 Millones de Pesos.

⁵ Programa Estatal de Desarrollo del Estado de Quintana Roo (PEDU)

Cuadro 9-57: Beneficios del Plan Maestro

Unidad: millones de pesos

Año	Ingresos		Beneficios (equilibrio)
	Con el P/M	Sin el P/M	
2004	12,928	12,928	0
2005	14,328	14,328	0
2006	15,117	14,966	151
2007	15,865	15,548	317
2008	16,581	16,084	497
2009	17,269	16,578	691
2010	17,933	17,036	897
2011	18,576	17,461	1,115
2012	19,199	17,855	1,344
2013	19,804	18,220	1,584
2014	20,393	18,557	1,836
2015	20,966	18,869	2,097
Total	208,959	198,430	10,529

d.4 Evaluación

Se calcularon el Valor Presente Neto (VPN), la relación Beneficio Costo (B/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) a partir de los valores de Costos y Beneficios. Los resultados fueron, como se presenta en el Cuadro siguiente, VPN = 2,545 Millones de Pesos, relación B/C = 2.06, TIR = 39.00%.

Cuadro 9-58: VPN, Relación B/C, y TIR del Plan Maestro (tasa de disminución: 1.0% por año con respecto a las tasas proyectadas)

Unidad: millones de pesos

Año	Beneficio	Costo	Balance	Porcentaje de reducción 10%		
				Beneficio	Costo	VPN
2004	0	189	-189	0	189	-189
2005	0	513	-513	0	466	-655
2006	151	149	2	125	123	-653
2007	317	566	-249	238	425	-840
2008	497	309	188	339	211	-712
2009	691	445	246	429	276	-559
2010	897	323	574	506	182	-235
2011	1,115	257	858	572	132	205
2012	1,344	245	1,099	627	114	718
2013	1,584	229	1,355	672	97	1,293
2014	1,836	255	1,581	708	98	1,903
2015	2,097	265	1,832	735	93	2,545
Total	10,529	3,745	6,784	4,951	2,406	
					VPN =	2,545
					B/C=	2.06
					TIR=	39.00%

d.5 Análisis de Sensibilidad

Se establecieron dos casos para el análisis de sensibilidad, una disminución del 0.5%/año (Caso 1) y una disminución del 1.5%/año (Caso 3) con respecto a las tasas proyectadas de crecimiento de turistas después de 2006. El Cuadro 9-59 y la Figura 9-6 muestran los números de turistas cada año en Caso 1 y Caso 3, juntamente con el Caso 2 (disminución de 1%/año) que fue analizado previamente. Los resultados del análisis de sensibilidad fueron NPV = 68 Millones de Pesos, B/C = 1.03 y TIR = 10.87% en Caso 1; NPV = 5,020 Millones de Pesos, B/C = 3.09, y TIR = 50.68% en Caso 3.

Cuadro 9-59: Casos en Análisis de Sensibilidad

Unidad: número de turistas

Año	Con el P/M	Caso 1 (-0.5%)	Caso 2 (-1.0%)	Caso 3 (-1.5%)
2004	1,945,788	1,945,788	1,945,788	1,945,788
2005	2,156,471	2,156,471	2,156,471	2,156,471
2006	2,275,250	2,263,874	2,252,498	2,241,121
2007	2,387,939	2,364,060	2,340,180	2,316,301
2008	2,495,671	2,458,236	2,420,801	2,383,366
2009	2,599,220	2,547,236	2,495,251	2,443,267
2010	2,699,138	2,631,660	2,564,181	2,496,703
2011	2,795,833	2,711,958	2,628,083	2,544,208
2012	2,889,614	2,788,478	2,687,341	2,586,205
2013	2,980,722	2,861,493	2,742,264	2,623,035
2014	3,069,348	2,931,227	2,793,107	2,654,986
2015	3,155,645	2,997,863	2,840,081	2,682,298

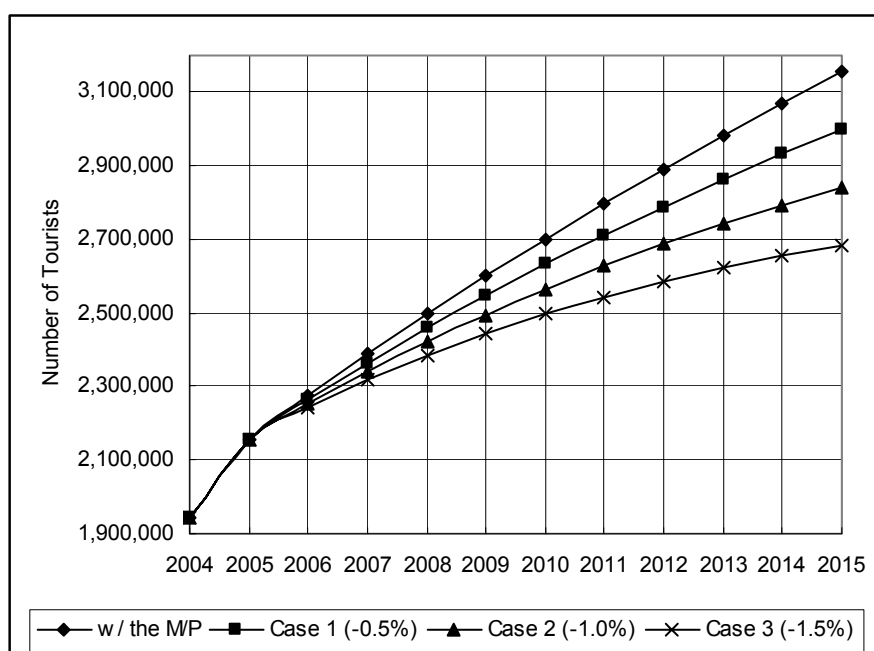


Figura 9-6: Casos en Análisis de Sensibilidad

Cuadro 9-60: Análisis de Sensibilidad a una Tasa de Disminución del 0.5% por año

Unidad: millones de pesos

Año	Beneficio	Costo	Balance	Porcentaje de reducción 10%		
				Beneficio	Costo	VPN
2004	0	189	-189	0	189	-189
2005	0	513	-513	0	466	-655
2006	76	149	-73	63	123	-715
2007	158	566	-408	119	425	-1,021
2008	248	309	-61	169	211	-1,063
2009	345	445	-100	214	276	-1,125
2010	448	323	125	253	182	-1,054
2011	558	257	301	286	132	-900
2012	672	245	427	313	114	-701
2013	792	229	563	336	97	-462
2014	918	255	663	354	98	-206
2015	1,048	265	783	367	93	68
Total	5,263	3,745	1,518	2,474	2,406	
					VPN=	68
					B/C=	1.03
					TIR=	10.87%

Cuadro 9-61: Análisis de Sensibilidad a una Tasa de Disminución del 1.5% por año

Unidad: millones de pesos

Año	Beneficio	Costo	Costo	Porcentaje de reducción 10%		
				Beneficio	Costo	VPN
2004	0	189	-189	0	189	-189
2005	0	513	-513	0	466	-655
2006	227	149	78	188	123	-590
2007	475	566	-91	357	425	-658
2008	746	309	437	510	211	-359
2009	1,036	445	591	643	276	8
2010	1,345	323	1,022	759	182	585
2011	1,672	257	1,415	858	132	1,311
2012	2,016	245	1,771	940	114	2,137
2013	2,377	229	2,148	1,008	97	3,048
2014	2,753	255	2,498	1,061	98	4,011
2015	3,145	265	2,880	1,102	93	5,020
Total	15,792	3,745	12,047	7,426	2,406	
					VPN=	5,020
					B/C=	3.09
					TIR=	50.68%

Cuadro 9-62: Resumen del Análisis de Sensibilidad

Aspecto	Caso 1(-0.5%)	Caso 2 (-1.0%)	Caso 3 (-1.5%)
VPN (millones de pesos)	68	2,545	5,020
B/C	1.03	2.06	3.09
TIR	10.87%	39.00%	50.68%

e. Conclusiones

Se debe reconocer que el Plan Maestro consiste en una serie de medidas preventivas diseñadas a evitar la destrucción de las aguas subterráneas y del ambiente acuático costero. Una vez que estos recursos se encuentren devastados, las pérdidas económicas son enormes, la recuperación es muy difícil y costosa, y la recuperación total es imposible, como lo indican muchos casos históricos como el Love Canal en los Estados Unidos de Norte América.

Se espera que la preservación de las aguas subterráneas y del ambiente acuático costero como metas del Plan Maestro resulte en tres beneficios, los cuales se resumen en el Cuadro siguiente. El análisis cuantitativo de los beneficios provenientes del turismo se realizó asumiendo que sin el Plan Maestro la tasa de crecimiento en el número de turistas después del 2006 disminuiría en 1%/año con respecto a las tasas proyectadas. Aunque la tasa de disminución en el crecimiento puede ser objeto de discusiones, el análisis ilustró que una pequeña disminución en la tasa de crecimiento del número de turistas resultaría en grandes perjuicios económicos, de acuerdo a lo demostrado en el análisis de sensibilidad. En otras palabras, los ingresos por turismo son considerablemente mayores que el costo del Plan Maestro.

Como se ha explicado anteriormente, el Plan Maestro busca prevenir las pérdidas económicas con respecto al turismo, a la biodiversidad y a la salud humana, cuyos beneficios se consideran como significativamente mayores que el costo del Plan Maestro. Por lo tanto, se evalúa que el Plan Maestro es factible desde el punto de vista económico.

Cuadro 9-63: Resumen de la Evaluación Económica del Plan Maestro

No.	Beneficio	Evaluación
1	Mantenimiento de atracciones para los turistas: para evitar impactos negativos sobre el turismo debido a la degradación ambiental	El turismo en el Área de Estudio es importante no solamente para la economía regional sino también para la economía nacional. El Plan Maestro trata de evitar la imagen negativa causada por la degradación ambiental. La evaluación económica cuantitativa resultó en VPN=2,545 Millones de Pesos, B/C=2.06, TIR=39.00%
2	Preservación de la biodiversidad: para evitar la pérdida de los recursos que podrían ser utilizados como alimentos y/o medicinas en el futuro	El Área de Estudio abarca un ambiente acuático único y ecosistemas valiosos en donde se encuentra una rica biodiversidad. El Plan Maestro contribuye a preservar esta biodiversidad.
3	Protección de la fuente de agua para consumo humano: para evitar costos adicionales de tratamiento de las aguas subterráneas contaminadas, y prevenir el brote de enfermedades	El número de casos de infecciones intestinales causadas por la contaminación del agua para consumo humano es más alto en la Península de Yucatán que el promedio nacional. La pérdida económica causada por el ausentismo debido a esta afección intestinal es significativa. El Plan Maestro contribuye a evitar esta pérdida.

9.4.2 Evaluación Financiera

a. El Plan Maestro de Aguas Residuales

El Plan Maestro de Aguas Residuales es financieramente viable en las condiciones asumidas, pero debe ser implementado como un plan único, debido a que si la implementación fuese encarada por Municipio, no podrían hacerlo Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto. Afortunadamente, CAPA es una entidad Estatal-Municipal y estaría en condiciones de implementar tal proyecto que pudiera tener dificultades financieras en algún Municipio pero que es financieramente viable como proyecto. Esto sería posible debido a que el excedente estimado en Solidaridad puede ser aplicado para neutralizar el déficit estimado en OPB y FCP para hacer financieramente viable el Plan Maestro de Aguas Residuales. Se hace notar que la evaluación financiera se basó en el consumo de agua para uso doméstico diario, sin consideración de los usos industriales o comerciales.

A pesar de que los ingresos como derechos por el servicio de aguas residuales puedan no ser suficientes para implementar el Plan Maestro de Aguas Residuales, el análisis de sensibilidad indicó los efectos significativos que resultarían de los cambios en los costos y los ingresos. Sobre todo, la viabilidad financiera depende de que los usuarios del servicio de tratamiento de las aguas residuales paguen los derechos correspondientes de acuerdo al plan de expansión del tratamiento de las aguas residuales. Pero el pago de los derechos del servicio de aguas residuales por parte de los usuarios constituye un factor incierto, por lo cual sería más seguro considerar otras fuentes de ingresos. Las fuentes sugeridas fueron una interna a CAPA consistente en el posible excedente de los ingresos de abastecimiento de aguas, y una externa a CAPA consistente en la participación de la industria turística en el costo del Plan Maestro de Aguas Residuales. La contribución de la industria turística, o la participación del sector privado, puede ser considerada como razonable, ya que la industria turística es el grupo que obtendría los mayores beneficios de la preservación del ambiente acuático costero. Otras fuentes, posiblemente subsidios de los gobiernos estatal y federal, deberían ser consideradas de acuerdo a la experiencia de CAPA en la implementación de proyectos.

b. El Plan Maestro de Residuos Sólidos

El Plan Maestro de Residuos Sólidos en el Área de Estudio puede ser financieramente viable dependiendo de algunas decisiones difíciles. Estas decisiones administrativas/gerenciales se refieren a la imposición de derechos de servicio a todos los generadores de residuos, los niveles de estos derechos, y la eficiencia de la recaudación. Los valores indicativos para alcanzar la viabilidad y autosuficiencia financiera fueron de 50 Pesos mensuales para los usuarios residenciales y 200 Pesos para las firmas comerciales/industriales, considerando que estas firmas constituían el 15% del número de los usuarios residenciales, y que la eficiencia

de la recaudación alcanzaría el 90% en 2009. Bajo estas condiciones, la TIRF del Plan Maestro sería de alrededor del 18%.

Las mismas condiciones harían que el Plan Maestro de Residuos Sólidos sea financieramente viable y autosuficiente en dos de los tres Municipios, como lo indican una TIRF de 18% en Othón P. Blanco y 11% en Solidaridad. En el caso de Felipe Carrillo Puerto, bajo condiciones menos estrictas consistentes en derechos de uso de 40 Pesos mensuales para los usuarios residenciales y 100 Pesos mensuales para las firmas comerciales/industriales, de nuevo asumiendo que estas firmas constituían el 15% del número de los usuarios residenciales y una eficiencia de recaudación del 90% en 2009, la TIRF sería de alrededor del 11%.

Se espera que los resultados de los Proyectos Modelo contribuyan a la viabilidad y autosuficiencia financiera del Plan Maestro de Residuos Sólidos. Una mejor eficiencia operativa, el cálculo rutinario y control de los costos del servicio, el cambio de actitud en encarar la provisión del servicio en base a los ingresos y gastos específicos del servicio, son factores que se espera contribuyan a la viabilidad financiera del Plan Maestro.

Si no se pueden tomar las decisiones difíciles y no se persigue la autosuficiencia financiera, los fondos requeridos deberían ser obtenidos de otras fuentes. En este caso, surgiría la pregunta sobre las posibles dificultades en lograr los fondos necesarios, los cuales aumentarían año tras año.

9.4.3 Evaluación del Saneamiento Ambiental

El Plan Maestro busca preservar las aguas subterráneas y el medio ambiente acuático costero en el Área de Estudio a través de un manejo apropiado de las aguas residuales y los residuos sólidos. En términos específicos, propone controlar la calidad del agua subterránea a 1.0 mg/litro o menos en la concentración de DBO, a través de la reducción de contaminantes provenientes de las aguas residuales y residuos sólidos. Este valor se ha adoptado en Japón como estándar ambiental, con la finalidad de preservar los cuerpos de agua del medio ambiente natural y la fuente de agua potable que sólo requiere purificación simple. Por lo tanto, se puede decir que el valor establecido es apropiado, tomando en consideración el estado del tratamiento del agua y el rico ambiente acuático costero del Área de Estudio.

El agua subterránea es una fuente exclusiva de agua potable en el Área de Estudio y nutre el rico ambiente acuático costero, que forma parte del segundo arrecife de coral más grande, el Arrecife de Coral Mesoamericano. Por consiguiente, la preservación del agua subterránea conlleva a proteger la salud de los residentes, de millones de turistas y del ambiente acuático costero.

El saneamiento ambiental puede deteriorarse fácilmente en ciudades grandes y densamente pobladas, por lo que su impacto en la salud humana y en el medio ambiente es grave. Por otra parte, los impactos ambientales en pequeñas ciudades son relativamente leves y pueden ser asimilados por el ambiente. Además, a pesar de que la infraestructura del manejo de aguas residuales y residuos sólidos requiere gran inversión, ésta ocasionará extensos beneficios en ciudades grandes debido a la escala de la economía. Consecuentemente, es apropiado que el Plan Maestro priorice tomar medidas en grandes ciudades.

No es necesario decir que los esfuerzos desarrollados por administradores públicos para proveer servicios son significantes para proteger el saneamiento ambiental. Sin embargo, las acciones de los ciudadanos que son quienes reciben los servicios, son indispensables para obtener los resultados esperados, Ej. Aceptar los costos de conexión a la tubería de alcantarillado y cooperar en la minimización de los residuos. Con la finalidad de inducir tales acciones, los residentes, turistas y empresarios deberían ser conscientes de la protección ambiental a través de educación ambiental apropiada. En el Estudio, el Proyecto Modelo de Educación Ambiental se llevó a cabo bajo la coordinación de varias organizaciones involucradas. Tal coordinación dará al Plan Maestro sustentabilidad y expansión.

El Plan Maestro se enfoca en la reducción de contaminantes originados por las aguas residuales y los residuos sólidos. A pesar de que ambas son las principales fuentes de contaminación, en parte porque las industrias no se han desarrollado en el Área de Estudio, otras fuentes de contaminación pueden surgir en el futuro tal como la descarga de agua de tormentas en el área urbana. Con el propósito de definir si las medidas propuestas en el Plan Maestro se están llevando a cabo de forma apropiada, si tales medidas funcionan de manera efectiva o si hay otros problemas a parte de las aguas residuales y los residuos sólidos, se espera establecer un sistema de monitoreo de las aguas subterráneas y en el agua costera.

9.4.4 Evaluación Técnica

a. El Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales

El Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales propone diferentes niveles de tratamiento dependiendo de la densidad demográfica de las comunidades, tomando en consideración la cantidad generada de contaminantes y la capacidad de asimilación del medio ambiente.

El sistema de alto nivel de tratamiento, propuesto en el Plan Maestro para grandes ciudades, se ha operado dentro del Área de Estudio en Playa del Carmen y en Chetumal. CAPA y otras instituciones involucradas han adquirido tecnología necesaria para su planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento. Se espera que esa tecnología mejore a través de la implementación del Plan Maestro.

Por otra parte, CAPA construyó nuevas instalaciones de tratamiento en tres pequeñas ciudades y en Julio de 2004 se realizaron los trabajos finales para su operación. La construcción de las instalaciones fue la primera experiencia para CAPA, por lo que varios problemas surgieron en el proceso. Sin embargo, tales problemas han sido solucionados gracias a los esfuerzos de CAPA y a las sugerencias del Equipo de Estudio. La experiencia obtenida hará más viable la implementación del Plan Maestro.

Uno de los mayores problemas en el sector de manejo de aguas residuales es la falta de viviendas conectadas al sistema de alcantarillado, debido a que los residentes rechazan pagar por los costos de conexión; por ejemplo, la planta de tratamiento en Chetumal recibe aguas residuales únicamente al 15% de su capacidad. En el Proyecto Modelo de Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Villa realizado durante el Estudio, se desarrollaron reuniones con residentes locales en cuanto a actividades de educación ambiental y se estableció un fondo para reducir la carga financiera, con la finalidad de promover la conexión al sistema de alcantarillado. Estas medidas fueron exitosas, por lo que pueden aplicarse a otras áreas; no solamente en las que tengan nuevos sistemas sino que en aquellas que tienen sistemas establecidos. De esta manera, incrementará la cobertura de alcantarillado como propone el Plan Maestro.

b. Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos

El Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos propone también un sistema de alto nivel para el MRS en grandes ciudades y un sistema más simple para ciudades más pequeñas, tomando en consideración la distribución de la población y la densidad demográfica de las comunidades en el Área de Estudio. El Plan Maestro tiene los siguientes tres objetivos, inherentes al MRS: 1) provisión de un medio ambiente habitable sano, a través del mejoramiento en los trabajos de recolección de residuos; 2) mitigación del impacto ambiental a través de la disposición adecuada de residuos y; 3) contribuir en la conservación de los recursos a través de medidas de minimización de residuos.

La cobertura de recolección de residuos se estableció entre 80 y 100% dependiendo del tamaño de las comunidades y de los diferentes niveles de demanda del servicio de recolección de residuos. Con el objetivo de aumentar la cobertura, es preferible realizar de manera eficiente los trabajos de recolección y consiguientemente expandir el área de recolección con el exceso de capacidad. El Proyecto Modelo de Mejoramiento de la Recolección en Felipe C Puerto, mejoró de hecho la cobertura en la recolección de un 50% a un 90%. La viabilidad y efectividad de las medidas propuestas en el Proyecto Modelo se probaron y el personal del municipio involucrado en el proyecto adquirió el conocimiento y las técnicas necesarias para desarrollar las medidas. Por consiguiente, se puede decir que la

implementación del Plan Maestro ha iniciado y los municipios están listos para darle continuidad.

Con respecto a la disposición de residuos, se han propuesto cuatro niveles de medidas técnicas, dependiendo de la densidad demográfica de la comunidad. Los primeros tres niveles consisten en el mejoramiento de sitios de disposición existentes. El cuarto nivel propone la construcción de un relleno sanitario que tenga sistemas de recolección de lixiviados y tratamiento. El Proyecto Modelo de Mejoramiento del Sitio Actual de Disposición Final en Othón P. Blanco, actualizó el tiradero a cielo abierto a nivel tres, el cual consiste en un relleno sanitario con instalación para la remoción de gas. Como resultado, operaciones adecuadas, tal como compactación de residuos y cobertura con tierra, se han realizado y la generación de lixiviados, principal fuente de contaminación del agua subterránea, se ha reducido en gran medida. Además, la introducción de la báscula camionera ha hecho posible conocer la cantidad de residuos que ingresan al sitio, lo que permite al municipio planear la operación. Los conocimientos y habilidades adquiridos a través del Proyecto Modelo serán las bases para llevar a cabo el proyecto del nuevo relleno sanitario suspendido.

En el Área de Estudio se encontraron actividades precedentes relacionadas con la minimización de residuos; sin embargo, el enfoque no era estratégico sino que consistía en reciclaje desarrollado por el sector informal y eventos esporádicos organizados por instituciones con respecto a la educación ambiental. El Plan Maestro propone actividades de reciclaje y educación ambiental en escuelas y comunidades. Una parte de la propuesta se ha realizado a través del Proyecto Modelo de Educación Ambiental, en el que un método educativo se transfirió a la contraparte mexicana y a los maestros. Asimismo, se impartieron clases de educación ambiental en algunas escuelas, usando material educativo provisto por JICA, bajo la coordinación de las organizaciones involucradas. Por lo tanto, puede decirse que las medidas propuestas en el Plan Maestro han iniciado y las organizaciones e individuos involucrados han adquirido la capacidad necesaria para continuar y desarrollarlas.

9.4.5 Evaluación Institucional

El Estado de Quintana Roo dispone de un marco jurídico y administrativo suficiente para promover y regular las actividades asociadas a la implementación del Plan Maestro.

La legislación al nivel federal en materia de manejo de los residuos sólidos se ha complementado con la entrada en vigencia de la “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”. Subsidiariamente, con la aprobación del “Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos”, los municipios contarían con el marco regulatorio para la prestación de los servicios.

El manejo de las aguas residuales se regula al nivel federal a través de la “Ley de Aguas Nacionales” y la “Ley Federal de Derechos en Materia de Agua”; la primera de estas leyes está en proceso de modificación.

Al nivel estatal la CAPA se regula con la “Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo”, la que en su artículo 36° determina que los propietarios o poseedores de predios edificados y de giro mercantiles e industriales y de cualquier otro establecimiento que por su naturaleza estén obligados al uso de agua potable, ***también están obligados a la conexión a la red de alcantarillado en los lugares donde exista este servicio, dentro de los plazos consignados.***

Existe la normativa pero lamentablemente no se cumple. Tal es el caso de las conexiones intra domiciliarias para conectarse a la red de alcantarillado y con ello, proteger al acuífero frente a las descargas libres de las fosas sépticas. Un nuevo esfuerzo en la promoción de las conexiones se está realizando en la población de Sub Teniente López con fondos de la JICA.

La información y coordinación entre los tres órdenes de gobierno debe de ser fluida y rutinaria con el propósito de ganar sinergia. El Plan Maestro deja instalado el “Sistema de Información sobre la Gestión Integral de Residuos (SIGIR), la cual puede ser ampliada para incorporar otras organizaciones y alcances.

En el P/M aparece un documento sobre la creación de la Unidad Ejecutora del Plan Maestro. Esta unidad tiene por objetivo la implementación del Plan Maestro y el logro de las metas propuestas; fortalecer y facilitar la coordinación entre las tres órdenes de gobierno con el propósito de proteger el ambiente acuático de la costa de Quintana Roo.

9.4.6 Evaluación General

El Plan Maestro propuesto preservará el agua subterránea y el ambiente acuático costero del Área de Estudio. La contaminación y deterioro de los mismos inducirá a la reducción de los ingresos provenientes del turismo, al incremento en los costos médicos, a la pérdida de oportunidades de empleo y a la pérdida de la biodiversidad. Estas son pérdidas económicas considerables, en comparación con los costos del Plan Maestro. Puede deducirse que el Plan Maestro es por lo tanto económicamente viable.

El Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales es viable desde el punto de vista financiero, bajo el sistema actual de tarifas de CAPA. Sin embargo, si se analizan los municipios de manera separada, Othon P Blanco y Felipe C Puerto, incurrirán en déficit financiero. Por lo tanto, el Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales será financieramente viable si se consideran los tres municipios en conjunto.

El servicio de recolección de residuos sólidos no ha sido cobrado de manera adecuada en el Área de Estudio con excepción de Solidaridad. El Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos será financieramente factible si se toma la decisión política de cobrar a los beneficiarios por el servicio.

El Plan Maestro contribuirá a la protección de la salud de los residentes y turistas, ya que preservará el agua subterránea, única fuente de agua potable en el Área de Estudio. De esta manera, el Plan Maestro contribuirá a conservar en gran medida este ecosistema único a nivel mundial.

CAPA, quien está a cargo del manejo de aguas residuales en el Área de Estudio, tiene la capacidad técnica para implementar el Plan Maestro. Por otra parte, los municipios a cargo del manejo de residuos sólidos han adquirido conocimiento y habilidades a través de los Proyectos Modelos contenidos en el Plan Maestro. Puede indicarse entonces que el Plan Maestro es técnicamente viable y se espera que esas organizaciones desarrollen sus capacidades a través de la implementación del Plan Maestro.

Consecuentemente, se deduce que la implementación del Plan Maestro es razonable y viable en todo sentido, y que formulará las bases para el desarrollo sustentable a futuro en el Área de Estudio.

Capitulo 10

*Recomendaciones sobre Manejo
de Aguas Subterráneas*

10 Recomendaciones sobre Manejo de Aguas Subterráneas

El Estudio se enfoca a las áreas relacionadas al Manejo de Aguas Residuales (MAR) y Manejo de Residuos Sólidos (MRS) de acuerdo con los alcances de los trabajos acordados entre la parte Mexicana y la parte Japonesa. Sin embargo, se ha comprendido que la importancia del Manejo de Aguas Subterráneas (MAS) se debe a su estrecha relación con el MAR y MRS, por las características geológicas del Área de Estudio. Por lo tanto, este capítulo proporciona recomendaciones generales sobre el MAS.

10.1 Evaluación de Riesgos

El manejo de agua subterránea de la cuenca implica un de programas de desarrollo y utilización del agua subterránea con un propósito definido, comúnmente de una naturaleza social o económica. En general, el objetivo primordial es obtener al menor costo la máxima cantidad de agua que cumpla determinados con requisitos de calidad.¹

Tomando en consideración las características del acuífero y la creciente demanda de agua por parte del turismo en la Península de Yucatán, se torna indudable que en el futuro la situación de las aguas subterráneas alcanzará progresivamente condiciones críticas. Es por consiguiente que el objetivo del manejo en el Área de Estudio debe establecer basándose en la evaluación de riesgos prevista.

Riesgo 01

La intrusión o “desplazamiento vertical” (*Upconing*) de agua salada puede ocurrir debido a la sobreexplotación del agua subterránea.

- De acuerdo al cálculo de balance de agua del estado de Quintana Roo², se estima que aproximadamente 13,350 Mm³/año de agua recargan los acuíferos de piedra caliza. Por una parte, la cantidad aproximada de extracción es de 350 Mm³/año, lo que representa únicamente 2.6% de la recarga. Además, la evapotranspiración y descarga alcanza 6,300 Mm³/año (47.2%) y 5,850 Mm³/año (43.8%) respectivamente. El volumen de extracción parece aún mínimo comparado con la cantidad actual de recarga; de igual manera, el creciente volumen de extracción puede ser compensado por reducciones en el volumen de descarga al mar y a otras áreas. Sin embargo, debería notarse que la mayoría de los pozos de bombeo se concentran en las áreas

¹ Todd, D.K.(1980): Groundwater Hydrology, Second Edition, John Wiley & Sons

² SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRALICOS, COMISION NACIONAL DEL AGUA (1989) :SINOPSIS GEOHIDROLOGICA DEL ESTADO DE QUITANA ROO,

urbanas costeras. Considerando el equilibrio de las aguas subterráneas en las zonas urbanas, si éstas se sobreexplotan más de lo que se recargan, el agua de mar puede penetrar con mayor facilidad al acuífero y compensar la recarga. Especialmente, el acuífero de la Península de Yucatán contiene un manto subyacente de agua salada y el agua subterránea esta siendo bombeada a través de pozos que alcanzan únicamente el manto superior de agua dulce. Cuando el agua se bombea excesivamente, sobreviene una elevación local del nivel de la interfase de agua dulce y de agua salada debajo de los pozos³. En consecuencia, a menos que la extracción del agua subterránea sea controlada, ésta se deteriorará totalmente y el suministro de agua podría dañarse.

Riesgo 02

La contaminación del agua subterránea puede ocurrir debido a su contacto con aguas residuales, residuos animales, fertilizantes con pesticida y efluentes de tanques sépticos entre otros.

- Aunque el agua salada es el contaminante más común del agua dulce, las aguas subterráneas también pueden contaminarse debido a la filtración de diversos contaminantes en zonas vadosa y/o a la filtración directa al acuífero, como consecuencia de la descargas de aguas residuales. El acuífero de piedra caliza se caracteriza generalmente por tener gran variedad de densidad, porosidad y permeabilidad, características que dependen del grado de consolidación y desarrollo de zonas permeables después de la deposición. Las grietas en la piedra caliza pueden variar en tamaño, oscilando desde poros microscópicos hasta grandes cavernas que forman canales subterráneos suficientemente largos para el transporte de agua. En la Península de Yucatán es frecuente la existencia de estas cavernas, las cuales son utilizadas muchas veces con fines turísticos. Podría señalarse que tomando en consideración las cavidades mencionadas y la alta permeabilidad en la roca caliza, el agua subterránea se puede extender rápidamente sobre todo el sistema acuífero⁴.
- Actualmente el porcentaje de cobertura del sistema de alcantarillado en el área de estudio es muy bajo; incluso en las áreas urbanas. Las aguas residuales tratadas, por sistema de drenaje de CAPA, se inyectan a través de pozos de inyección al manto de agua salada subyacente al estrato de agua dulce. Además, las aguas residuales de

³ Este fenómeno es conocido como desplazamiento vertical o *upconing*

restaurantes, hoteles e industrias se inyectan en el manto de agua salada. Sin embargo, es incierto si el agua se inyecta después de haber recibido tratamiento en los tanques sépticos; generalmente, la mayoría de las aguas residuales de áreas no-cubiertas por el sistema de alcantarillado se descargan en cenotes (sink-holes), de la misma manera que se descarga el agua doméstica en las áreas rurales. Las zonas rurales no están exentas de contaminación y de hecho las probabilidades son altas debido a los residuos de animales, fertilizantes y pesticidas. Los sitios de disposición de residuos también constituyen otras fuentes de contaminación porque a pesar de que los desechos se descargan y cubren con tierra, no se toman medidas en contra de la filtración.

⁴ Generalmente, la pluma contaminante de una fuente punto tiende a ser larga y delgada cuando el agua subterránea se mueve rápidamente; pero cuando el porcentaje de fluidez es lento, el contaminante tiende a expandirse de forma más lateral.

10.2 Objetivo de Manejo

Basándose en la evaluación de riesgos se pueden establecer los siguientes objetivos para el manejo de aguas subterráneas.

Objetivo 1

Controlar la extracción de aguas subterráneas basándose en la evaluación de 'rendimiento permanente'.

- El 'rendimiento permanente' del depósito de aguas subterráneas define el porcentaje de agua que bajo condiciones específicas puede ser extraída permanentemente, sin causar resultados no deseados⁵. Un resultado no deseado es una situación adversa, como por ejemplo la reducción progresiva de fuentes de agua, el desarrollo de condiciones económicamente no-factibles, la degradación de la calidad del agua subterránea, el asentamiento del terreno, etc. El concepto de 'resultado no deseado' puede aplicarse al objetivo de manejo de los acuíferos de calizas en la Península de Yucatán. Como se mencionó antes, el agua subterránea constituye una sola fuente de abastecimiento de agua en el área; la intrusión de agua salada, causada por la sobreexplotación, es un resultado no deseado que se debería evitar a toda costa. Por consiguiente, el control estricto de la extracción de agua subterránea llega a ser un objetivo en sí mismo en el manejo del agua. Una vez que el 'rendimiento permanente' se determina, la extracción permisible de aguas subterráneas puede asignarse para cada área urbana y rural, tomando en consideración limitantes socioeconómicas. El grado de control puede ser obtenido a través de la observación del monitoreo de pozos y el registro de bombeo. Sin embargo, es necesario a largo plazo un estudio hidrogeológico comprensivo y amplio si se pretenden alcanzar los objetivos establecidos.

Objetivo 2

Proteger al acuífero de contaminación causada por fuentes domésticas, industriales, agrícolas, etc.

- La protección al acuífero se puede alcanzar mediante la construcción de sistemas de alcantarillado y la contención de fuentes contaminantes. No obstante, en el transcurso del proceso de adquisición de recursos y el establecimiento de escenarios legales e institucionales adecuados, se deberían tomar medidas de protección viables. Es

⁵ Todd, D.K (1980, mencionado anteriormente)

indispensable establecer redes de monitoreo de aguas subterráneas para observar la calidad del agua y los niveles del agua a corto y mediano plazo. En adición, los pozos existentes de abastecimiento municipal de agua, como los de CAPA, deberían monitorearse con regularidad teniendo como parámetros los estándares nacionales de agua potable.

- Debido a que la topografía de la Península de Yucatán está compuesta de material calizo, no existen superficies fluviales con excepción del Río Hondo y los ‘cenotes’. Con la finalidad de conservar los cuerpos costeros de agua de mar, las aguas residuales se inyectan en la actualidad al estrato de aguas subterráneas saladas, dicha manera de disposición puede continuar por mucho tiempo. Sin embargo, el comportamiento del agua inyectada y su efecto sobre los mantos de agua dulce no se conocen a la perfección. Aunque los pozos de inyección se registran en la CNA, el diseño de los mismos, su equipamiento, instalación y registro de inyecciones no se recopila en una base de datos. Es primordial la información concerniente la profundidad de colocación de las rejillas, la detección la interfase de agua dulce y salada, la obtención de parámetros hidrogeológicos, el método para sellar el espacio anular entre paredes de perforación y el ademe. Es claro que el manejo de aguas subterráneas se debería enfocar en este asunto.

10.3 Medidas para Mejoramiento

En el siguiente cuadro se señalan algunas medidas para mejoramiento correspondiente al objetivo de manejo de aguas subterráneas.

Cuadro 10-1: Propuesta de Medidas de Mejoramiento Respecto al Manejo de Aguas Subterráneas

Estrategias		Contenido (Medidas de Perfeccionamiento Propuestas)
Sistema de Manejo de Aguas Subterráneas	Establecimiento de una Base de Datos de Aguas Subterráneas	Establecimiento y mantenimiento de una base de datos de aguas subterráneas, la cual es necesaria para la planeación, implementación, monitoreo y evolución de los recursos de aguas subterráneas. <ol style="list-style-type: none"> 1) Recopilación de información respecto a pozos existentes <ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de información de usuarios y compañías perforadoras • Elaboración de un inventario de pozos 2) Recopilación de información relevante e implementación del SIG <ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de materiales para el SIG (condiciones naturales, uso de la tierra, población, abastecimiento de agua, etc.) • Construcción del sistema SIG ligado al inventario de pozos 3) Establecimiento de informes, inspección, análisis y sistemas de evaluación usando SIG, vinculado a la base de datos de aguas subterráneas. <ul style="list-style-type: none"> • Escenarios legales e institucionales • Mantenimiento de una base de datos (Actualización y modificación regular)
	Construcción de redes de Monitoreo	Expansión y mejoramiento de las redes y métodos de Monitoreo de aguas subterráneas con la finalidad de prevenir la contaminación y declive anual del nivel freático de agua en los acuíferos calizos. <ol style="list-style-type: none"> 1) Mecanización de pozos de monitoreo existentes <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la estructura de los pozos, niveles de agua y calidad • Mecanización en estaciones existentes • Visitas periódicas y chequeo de equipo 2) Expansión y construcción de las redes de monitoreo <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la información de los pozos existentes • Obtención de los niveles del agua subterránea en los pozos seleccionados • Interpretación de las condiciones geológicas • Estudio geofísico • Perforaciones de los pozos de monitoreo (obtener núcleos cuando sea necesario) • Análisis de la calidad del agua • Instalación de equipos • establecimiento de una metodología de recolección y procesamiento de registros de monitoreo • publicación anual de la información de monitoreo 3) Evaluación la información de monitoreo <ul style="list-style-type: none"> • reunión de evaluación anual sostenida en CNA • guías administrativas basadas en la evaluación • investigaciones de campo

Estrategias	Contenido (Medidas de Perfeccionamiento Propuestas)
Establecimiento de Estándares para el diseño y construcción de pozos de inyección y su O&M	Establecimiento de un estándar técnico para el diseño, construcción, y O&M de los pozos de inyección con la finalidad de prevenir la contaminación de las capas de agua dulce. <ol style="list-style-type: none"> 1) Evaluación de pozos de inyección existentes y compañías perforadoras <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación para los pozos de los métodos constructivos, estructura, calidad y porcentaje de agua inyectada, registro de inyección en pozos existentes seleccionados. • Evaluación de compañías perforadoras en cuestión de equipo, métodos de construcción, materiales y experiencias. 2) Monitoreo de niveles y calidad de agua en áreas cercanas a pozos de inyección. <ul style="list-style-type: none"> • Obtención regular de los niveles freáticos de las aguas subterráneas y análisis de las mismas • Análisis de la información 3) Preparación de los estándares técnicos <ul style="list-style-type: none"> • Definición del comportamiento del agua inyectada en la capa de agua marina • Investigaciones de campo y construcción de pozos de inyección de prueba • Establecimiento de estándares de diseño y métodos de construcción • Establecimiento de estándares para la O&M basados en el monitoreo • Dirección administrativa y técnica por parte de CNA

Parte IV

Proyectos Modelo

Capitulo 11

*Generalidades de
los Proyectos Modelo*

11 Generalidades de los Proyectos Modelo

a. Papel del proyecto modelo

Primero, un proyecto modelo debe implementar en la realidad una de las actividades listadas en el plan maestro y evaluar su factibilidad.

Segundo, el proyecto modelo sería la etapa inicial para la implementación del plan maestro; además, tiene la función de iniciar dicha implementación exitosamente. La agencia ejecutora y las organizaciones relacionadas pueden en la realidad observar los efectos ventajosos obtenidos por el proyecto modelo. Entonces, podrían implementar con confianza el proyecto modelo y el plan maestro.

Con el fin de alentar a la agencia ejecutora para que sienta como propio el plan maestro, es necesario inspirar cambios dentro de la agencia, teniendo en cuenta que plan maestro mismo es una manera de reforma del sistema existente. En general, el sistema existente se resiste a cualquier cambio; sin embargo, los proyectos modelos son una buena herramienta para traer cambios dentro del sistema existente, teniendo en cuenta que los miembros pueden experimentar nuevos retos y efectos por medio de la implementación de dichos proyectos.

El proyecto modelo no es sólo un acto de realizar algo; sino que forma parte de un proceso para lograr una meta. Al transitar por dicho proceso, se establece el sistema requerido y se obtienen las capacidades necesarias para la implementación del plan maestro.

Resumiendo todo lo anterior, se pueden establecer cuatro puntos como funciones del proyecto modelo.

- Evaluar la factibilidad de las actividades listadas en el plan maestro.
- Iniciar la implementación del plan maestro
- Promover una agencia ejecutora para que se asuma como propio el plan maestro.
- Fomentar el establecimiento del sistema requerido y la adquisición de capacidades necesarias para implementar el plan maestro.

b. Los proyectos modelo seleccionados

La Contraparte mexicana y el Equipo de Estudio seleccionaron algunas actividades enlistadas en el Plan Maestro y las desarrollaron como Proyectos Modelo. Los títulos y ubicación de los sitios de los proyectos se indican a continuación.

No.	Título
1	Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Urbanas
2	Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Villa
3	Establecimiento del SIGIR
4	Formación de la Capacidad de la Agencia Ejecutora en Othón P. Blanco
5	Mejoramiento del sitio actual de disposición final en OPB
6	Mejoramiento de la Recolección en OPB
7	Mejoramiento de la Recolección en FCP
8	Establecimiento de un Sistema de MRS en Costa Maya
9	Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje

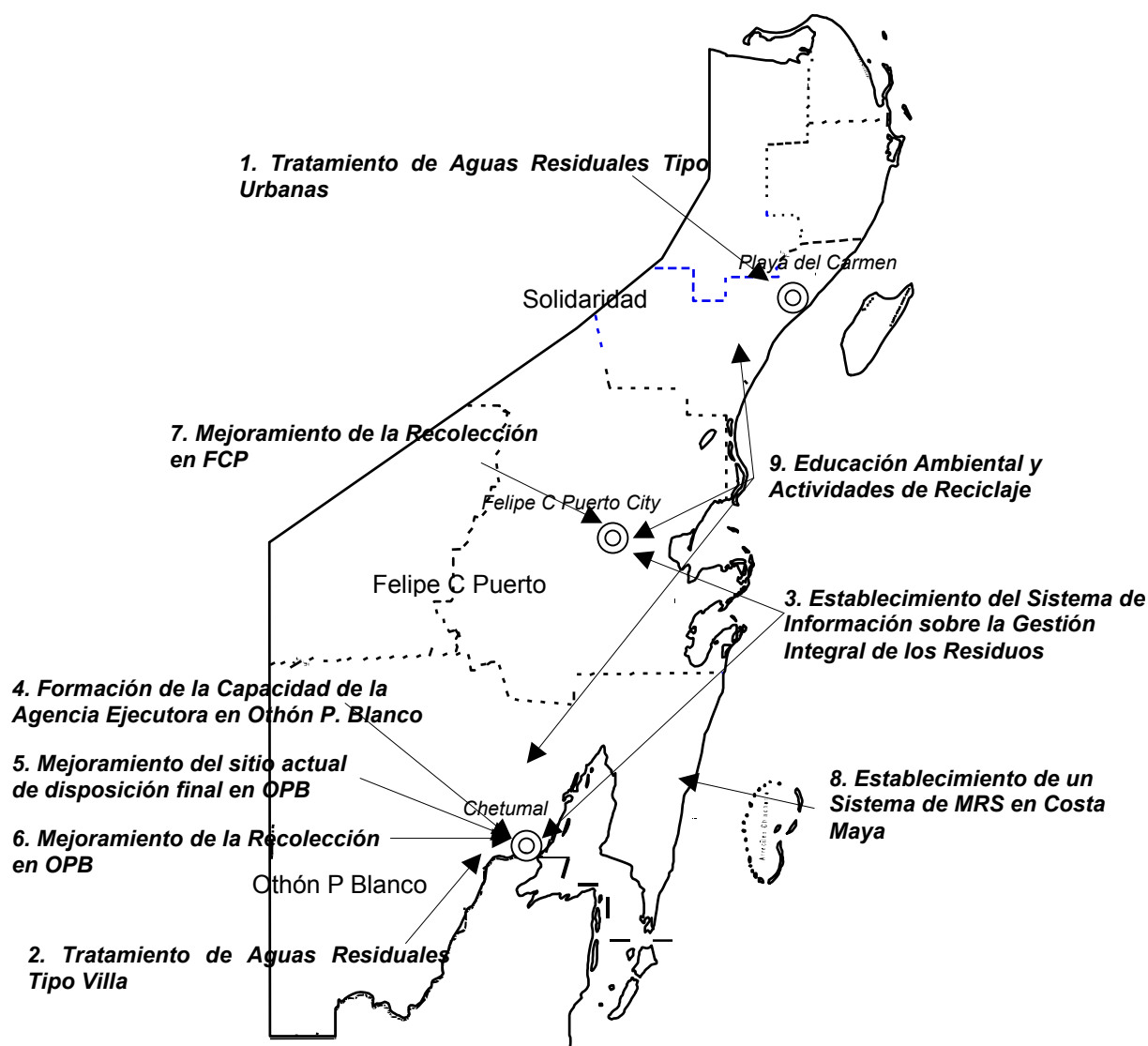


Figura 11-1: Mapa de Ubicación de los Proyectos Modelo

c. Programación de los Proyectos Modelo

La Figura 11-2 muestra el programa para los Proyectos Modelo. La etapa de preparación tomó alrededor de dos meses, en los cuales se analizó la situación actual y se elaboraron los planes para los Ps/Mo. Así mismo, se consideraron dos meses más para la etapa de implementación, en los que la contraparte y el equipo de estudio trabajaron estrechamente. De Marzo a Junio de 2004, se llevaron a cabo tanto los Ps/Mo como su monitoreo por los contrapartes mismo de acuerdo con los manuales preparado. Finalmente, los Ps/Mo fueron evaluados tomando como base los datos obtenidos a través del monitoreo.

Este es el programa de los Proyectos Modelo.

Proceso	2003			2004						
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Preparación										
Implementación										
Monitoreo										
Evaluación										

Figura 11-2: Programación de los Proyectos Modelo

Capitulo 12

*Tratamiento de Aguas
Residuales Tipo Urbano*

12 Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Urbano

12.1 Sondeo Electromagnético

12.1.1 Propósito del Sondeo

En Playa del Carmen se realizó un sondeo geofísico por el método electromagnético con base en el tiempo (TEM). El objetivo primordial del sondeo fue determinar en el área de estudio la composición y la distribución del acuífero calizo, así como definir la interfase entre el agua dulce y la salina.

12.1.2 Generalidades del Sondeo

12.1.2.1 Area de Estudio

El sondeo TEM se dividió en cinco zonas en Playa del Carmen: *a)* zona urbana, *b)* zona de la planta de tratamiento actual, *c)* zona de la nueva planta de tratamiento (en construcción), *d)* zona del sitio de disposición final del municipio, y *e)* zona de la tubería de impulsión de los pozos.

Cuadro 12-1: Área de Sondeo y Cantidad de Estaciones

LINEA	Número de Estaciones	ZONA
L100	27	Zona Urbana
L200	23	Zona Urbana
L300	16	Zona Urbana
L400	30	Zona Urbana
L500	25	Zona Urbana
L600	27	Zona Urbana
L700	19	Zona Urbana hacia la nueva PTAR
L800	16	PTAR existente
L900	16	Sitio de Disposición Final
L1000	18	Zona Urbana hacia el campo de pozos
Total	217	

12.2 Construcción de los Pozos de Monitoreo

12.2.1 Lugares de Perforación

Con base en el estudio geofísico, se procedió a construir los pozos de monitoreo gradiente abajo de los pozos de producción de CAPA en dirección del área costera de la ciudad; dicha construcción se realizó a diferentes profundidades con el fin de confirmar la litología del acuífero, la distribución de las fracturas, la presencia de cavidades, la interfase agua dulce-agua salina, la calidad de las aguas.

Los pozos en mención fueron construidos a las profundidades y acuíferos como se muestra en el Cuadro 12-2.

Cuadro 12-2: Construcción de los Pozos de Monitoreo

Sitio	Ubicación	Código del pozo	Acuífero	Profundidad (m)
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	20 38' 16N 87 04' 53W	1'	Agua dulce superior	15.0
		2'	Agua dulce inferior	17.65
		3	Agua salada superior	35.0
		4	Agua salada inferior	100.0
Sitio de Disposición de Residuos	20 43' 41N 87 00' 58W	1'	Agua dulce superior	15
		2'	Agua dulce inferior	20.45
Casa Ejidal	20 37' 57N 87 05' 07W	1'	Agua dulce superior	15.40
		2'	Agua dulce inferior	17.35
Reservorio para Abastecimiento de CAPA	20 38' 51N 87 03' 52W	1'	Agua dulce superior	14.75
		2'	Agua dulce inferior	17.00

Las ubicaciones de los sitios de monitoreo se muestran en la Figura 12-1. Una vez finalizada la perforación, se realizaron registros geofísicos; además, se ejecutaron pruebas de dilución con el fin de determinar la permeabilidad del acuífero.

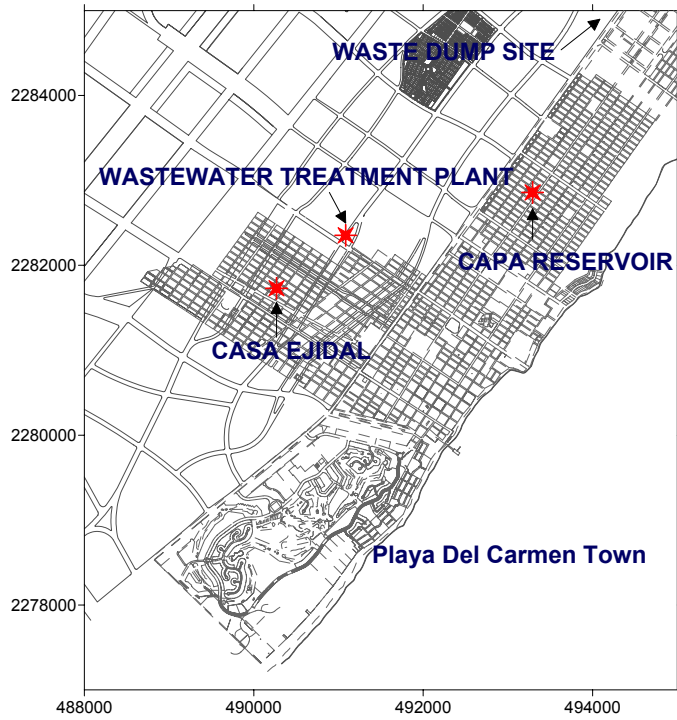


Figura 12-1: Ubicación de los Sitios de Perforación

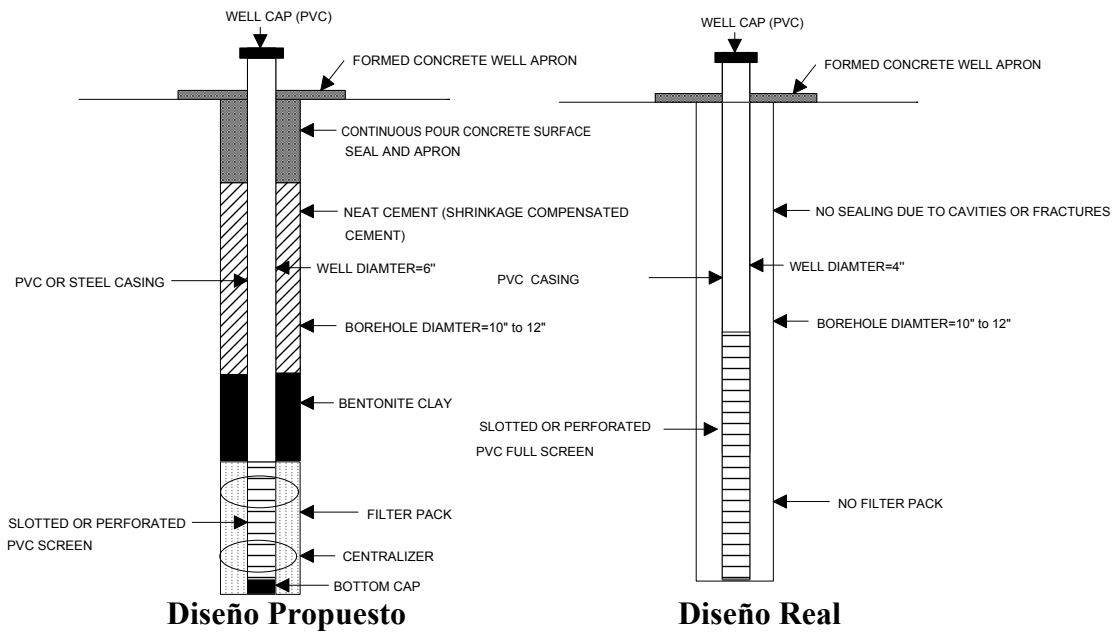


Figura 12-2: Diseño del Pozo de Monitoreo

12.2.2 Prueba de Dilución Puntual

Con el propósito de medir las velocidades del agua subterránea en el acuífero calizo, se aplicó un método de dilución puntual (Drost et al, 1968)¹ para las 10 (diez) perforaciones.

Tres litros de agua marina fueron introducidos a unos 30-50 cm bajo el nivel freático del agua. Después de la inyección, se monitoreó el declive o aumento de la CE.

Cuadro 12-3: Velocidad y Conductividad Hidráulica Derivadas de la Prueba de Dilución

Sitio	Pozo No.	Diámetro (cm)	Velocidad (cm/sec)	Conductividad (cm/sec)
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	1	20.32	0.0040	4.0
	2	20.32	0.0052	5.2
	3	20.32	0.0220	22.0
	4	20.32	0.0206	20.6
Sitio de Disposición de Residuos	1	10.0	***	***
	2	10.0	0.0005	0.5
Casa Ejidal	1	25.4	0.0207	20.7
	2	25.4	0.0065	6.5
Reservorio para Abastecimiento de Agua de CAPA	1	25.4	0.0035	3.5
	2	25.4	0.0011	1.1

*** no fue analizado

¹ Es un método de dilución puntual para investigar el flujo del agua subterránea por medio de radioisotopos, Water Resources Research, v.4, pp. 125-146

12.3 Análisis de la Calidad del Agua

12.3.1 Propósito

La calidad del agua subterránea es un factor de suma importancia para suplir de agua potable a los tres municipios del área de estudio. Si el agua subterránea se contamina, el área costera cercana puede también ser afectada porque el agua contaminada podría fluir en dirección a dicha área costera por medio de acuíferos subterráneos. En la península de Yucatán, el agua salina se encuentra debajo del espesor del lente de agua dulce; además, los pozos de abastecimiento de agua municipales se encuentran ubicados en el interior del área rural a unos 15 o 40 kms. de la costa. El agua subterránea de dichos pozos no se encuentra contaminada aún, sin embargo, el agua dulce podría contaminarse debido al mal manejo de las aguas residuales, en particular, en las áreas urbanas donde el sistema de alcantarillado no ha sido implementado ampliamente.

12.3.2 Muestreo y Análisis del Agua Subterránea

La calidad del agua subterránea de los pozos de monitoreo recientemente construidos fue monitoreada durante el período que va desde Febrero has Junio del 2004, una vez que finalizó la construcción de dichos pozos.

12.3.2.1 Parámetros y Muestreo realizado en Febrero del 2004

a. Parámetros

En Febrero del 2004, las muestras del agua subterránea fueron recolectadas por el equipo de estudio y los siguientes parámetros físicos, biológicos, y químicos fueron analizados aplicando la Norma Mexicana para Agua Potable (NOM-127-SSA1-1994). La cantidad de parámetros es de treinta y siete (37).

b. Muestreo

Las muestras de agua subterránea fueron recolectadas de los pozos de monitoreo como se presenta en el siguiente cuadro. Además del muestreo del agua subterránea, fue tomada una muestra del agua tratada de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Playa del Carmen.

Cuadro 12-4: Ubicación y Fecha del Muestreo

No.	Ubicación	Código del Pozo	Profundidad del Pozo	Profundidad del Muestreo	Fecha
1	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	P1	15.0	9.0	28-Feb-04
2	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	P2	17.6	16.0	28-Feb-04
3	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	P3	35.0	30.0	28-Feb-04
4	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	P4	100.0	61.0	28-Feb-04
5	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Agua Tratada	-	-	28-Feb-04
6	Sitio de Disposición Final	P1	15.0	8.0	29-Feb-04
7	Sitio de Disposición Final	P2	20.45	8.0	29-Feb-04
8	Reservorio de CAPA	P1	14.7	10.0	29-Feb-04
9	Reservorio de CAPA	P2	17.0	16.0	29-Feb-04
10	Casa Ejidal	P1	15.4	10.0	29-Feb-04
11	Casa Ejidal	P2	17.3	16.0	29-Feb-04

12.3.2.2 Parámetros y Muestreo en el Período de Monitoreo

Los análisis y muestreos del agua subterránea fueron realizados cuatro (4) veces por el equipo de la CNA desde Marzo hasta Junio del 2004. Los siguientes diez (10) parámetros fueron analizados en el laboratorio de Mérida: Temperatura, pH, Color, Nitratos (NO₂), Nitritos (NO₃), Conductividad eléctrica (CE), Sulfatos (SO₄), Sólidos disueltos totales (TDS), bacteria general, Coliformes.

12.4 Estudios para la Simulación del Agua Subterránea

En concordancia con el propósito de la simulación del agua subterránea, se ejecutaron varios tipos de modelos. Usualmente, tres de ellos son realizados 1) un modelo regional de 2-D o 3-D; 2) un modelo de sección de 2-D o 3-D; y 3) un modelo de 3-D detallado.

El primero, un modelo regional de 3-D es usualmente utilizado para dejar claro de una manera comprensible las características generales de la cuenca de aguas subterráneas donde se ubica el área de estudio. Por lo tanto, este tipo de modelo se aplica principalmente como un primer paso en la simulación de las aguas subterráneas, y el modelo regional cubre no sólo el área de estudio, sino también el área aledaña.

12.4.1 Resultado de la Simulación

a. Manto Freático

El resultado de la calibración se muestra en la Figura 12-3.

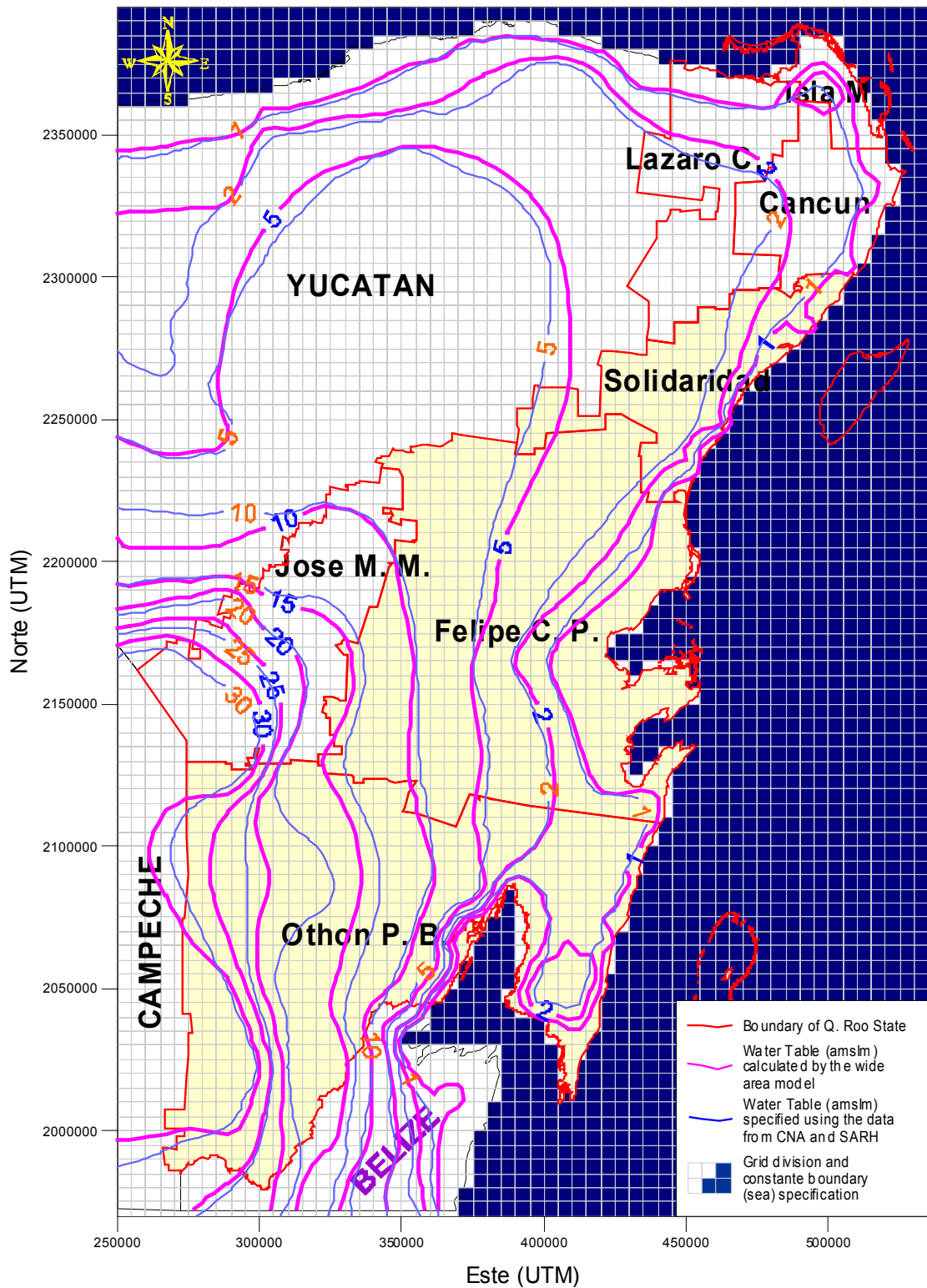


Figura 12-3: Resultados de la Calibración

b. Flujo del Agua Subterránea

La Figura 12-4 muestra la distribución del agua subterránea en la dirección del flujo y un esquema de la velocidad del flujo en el área del modelo.

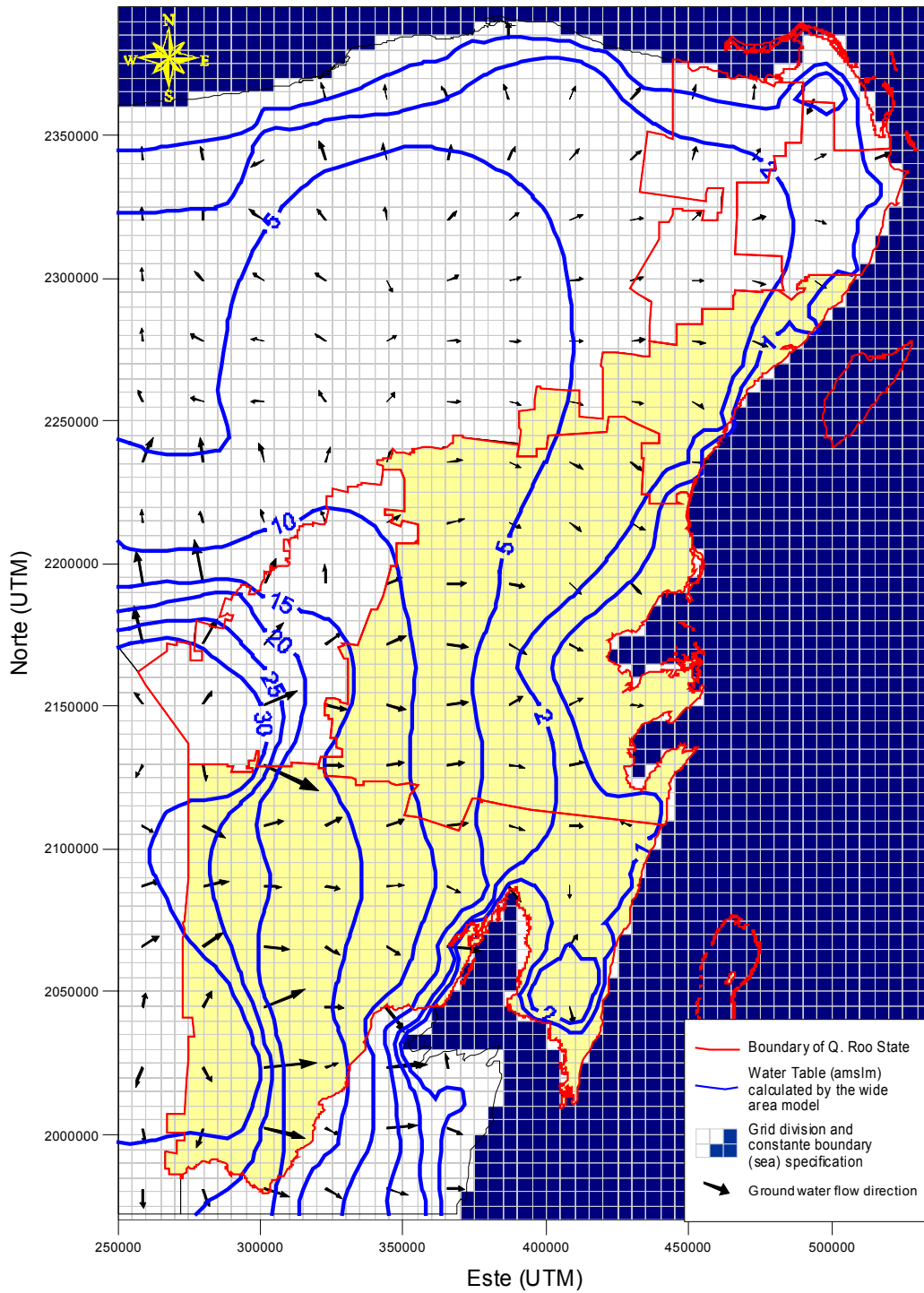


Figura 12-4: Distribución de la Dirección y Velocidad del Flujo

c. Balance Hídrico

El Cuadro 12-5 muestra el balance hídrico en el Estado de Quintana Roo y los tres municipios del área de estudio.

Cuadro 12-5: Balance Hídrico de los Municipios en el Área de Estudio

Othon P. Blanco		(Fluye desde)		Campeche		Felipe C.P.		Otros(N)		unidad: m3
Recarga	Precipitación	Belice								Sub Total
	1,801,261,350	6,635,269		359,936,743		141,590,009		46,452,032		2,355,875,403
Pérdida	Hacia el mar	(Fluye hacia)		(Extracción)		(Fluye hacia)				Sub Total
	-927,837,776	Belice		-123,977,440		Felipe C.P.		Otros(N)		-2,355,875,403
		-811,771,379				-481,786,978		-10,501,830		
Felipe C. Puerto										
		(Fluye desde)								
Recarga	Recarga	Yucatán		Othon P.B.		Solidaridad		Otros(W)		Sub Total
	1,610,991,604	211,264,170		481,786,978		213,610,567		225,206,455		2,742,859,774
Pérdida	Hacia el mar	(Fluye hacia)		(Extracción)		(Fluye hacia)				Sub Total
	-2,428,581,014	Yucatán		-21,230,411		Solidaridad		Otros(W)		-2,742,859,774
		-30,986,790				-253,959,433		-8,102,127		
Solidaridad										
		(Fluye desde)								
Recarga	Recarga	Yucatán				Felipe C.P.		Otros(N)		Sub Total
	345,952,623	124,132,185				253,959,433		384,361,957		1,108,406,197
Pérdida	Hacia el mar	(Fluye hacia)		(Extracción)		(Fluye hacia)				Sub Total
	-862,624,899	Yucatán		-29,973,482		Felipe C.P.		Otros(N)		-1,108,406,197
		0				-213,610,567		-2,197,249		

12.4.1.2 Interfase entre el Agua Dulce y el Agua Salina

La extracción del agua subterránea se considera generalmente segura cuando la cantidad extraída es menor a la recarga y, en este sentido, la descarga de bombeo es mucho menor que la recarga en el área de estudio y en todo el Estado de Quintana Roo. La verificación es especialmente importante en el área costera donde la vulnerabilidad del acuífero es alta porque existe un alto riesgo de intrusión salina (agua de mar).

La Figura 12-5 muestra la distribución estimada de la interfase entre el agua dulce y la salina. La interfase se profundiza desde la costa hacia el continente. A manera de ejemplo, a una distancia de 10 km desde la línea costera, la interfase podría encontrarse tan somera como a -20 metros (MSNM). Teniendo en cuenta la elevación del terreno, se puede presumir que pozos que se ubiquen a sólo 10 kms de la línea costera podrían penetrar el agua salina si la profundidad del pozo es superior a 30 metros.

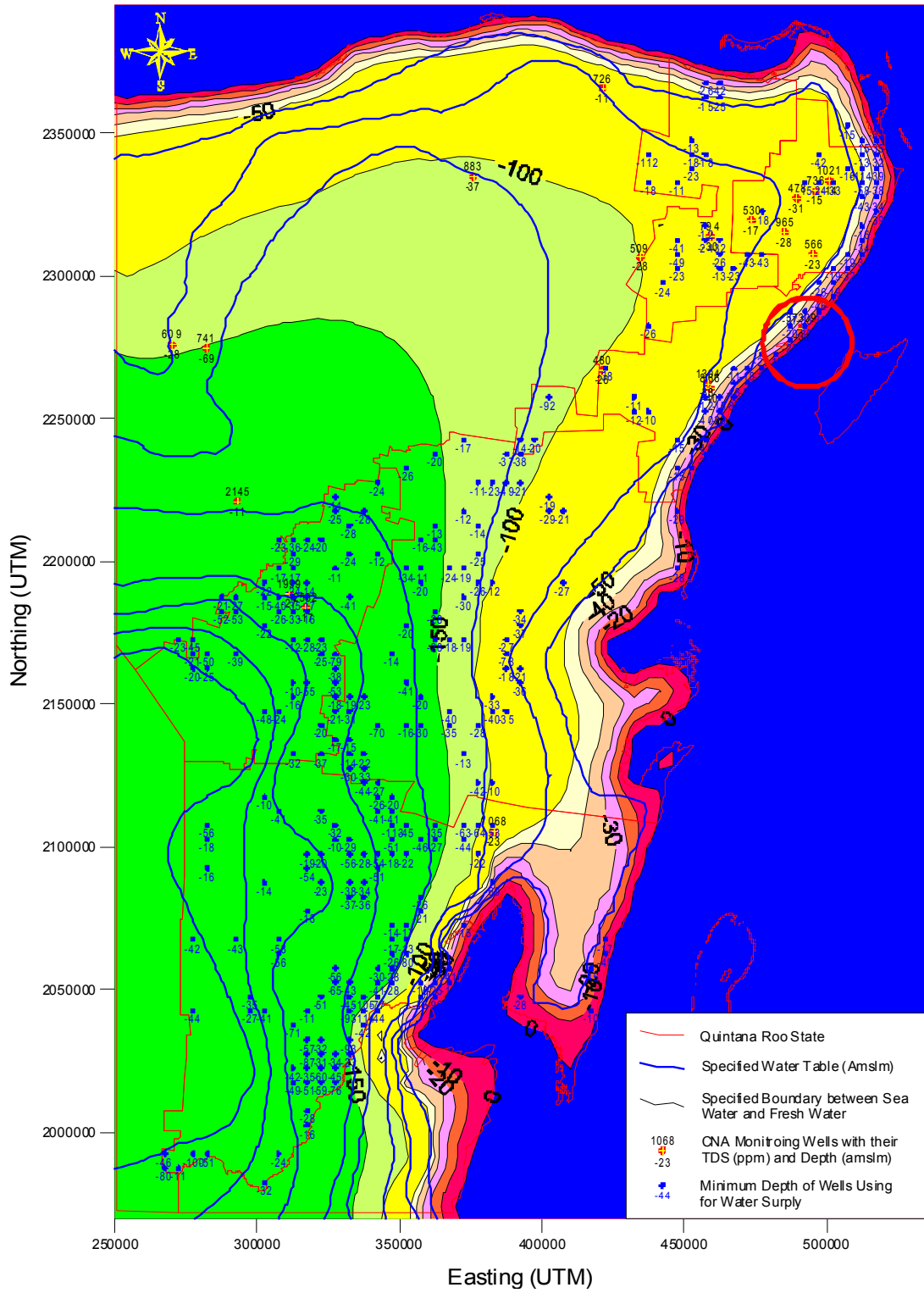


Figura 12-5: Distribución de la Interfase Salina

12.4.2 Flujo del Agua Inyectada en un Modelo Conceptual

12.4.2.1 Modelo Conceptual

Con la finalidad de entender el flujo de las aguas residuales inyectadas en el acuífero salino se desarrolló un modelo conceptual del agua subterránea. La concentración en el modelo se representa con mg/l de cloruro, en el cual 1mg/l representa el agua dulce y 100mg/l el agua salina. Sin embargo, el modelo no toma en consideración el flujo de densidad dependiente debido a que se busca simplificar el comportamiento de la pluma de aguas residuales.

12.4.2.2 Resultados del Modelo

El modelo se usó para evaluar el comportamiento de la pluma de agua residual inyectada al acuífero salino, correspondiente a la 7ma y a la 14va capas. En este modelo de simulación, los efectos del valor de conductividad hidráulica y su relación vertical/horizontal fueron evaluados al examinar la extensión areal y vertical de la pluma.

a. Efectos de la permeabilidad horizontal

La extensión de área de la pluma de agua residual inyectada en la décima capa se muestra en la Figura 12-6. La pluma muestra una forma elíptica y se extiende en dirección del flujo de agua subterránea dirigida hacia el mar. En correspondencia con el incremento de la conductividad horizontal, el ancho de la pluma disminuye en dirección-y y se alarga en dirección- x, mientras que el agua residual se extiende rápidamente en la capa de agua salina. En el caso de conductividad hidráulica baja, el agua subterránea tiene un movimiento relativamente lento y el agua residual tiende a extenderse lateralmente hasta formar una pluma más amplia, la cual llega a ser estable donde el agua residual es inyectada al acuífero a una velocidad constante ya que se compensa con el agua salina o llega al mar o a un acuífero somero y emerge del nivel subterráneo.

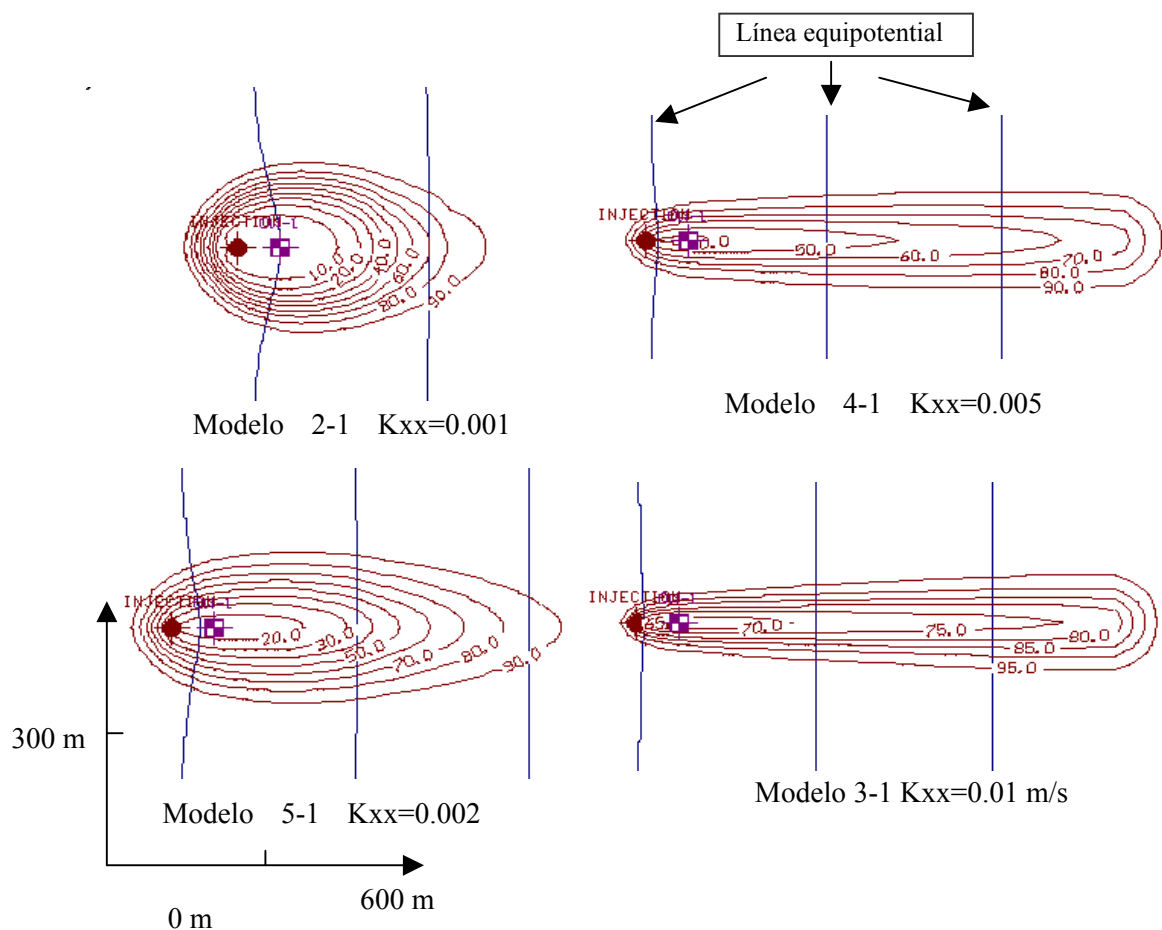


Figura 12-6: Extensión Areal de la Pluma de Agua Residual en la Décima Capa

b. Efectos de la proporción de permeabilidad vertical a horizontal

La Figura 12-7 indica la vista de sección transversal de la pluma a diferentes proporciones de conductividad vertical a horizontal en el Modelo 2. En el caso de $K_{zz}/K_{xx}=1/10$, la pluma llega ser más espesa y fluye no únicamente hacia el mar sino que también hacia los acuíferos poco profundos. El agua salina es impulsada hacia arriba y el agua residual emerge de los acuíferos donde se realizó la inyección. En el caso de $K_{zz}/K_{xx}=1/20$ y $1/40$, la pluma fluye lateralmente. Sin embargo la zona de transición sufre de perturbaciones debido a que el agua salina es impulsada ligeramente hacia arriba.

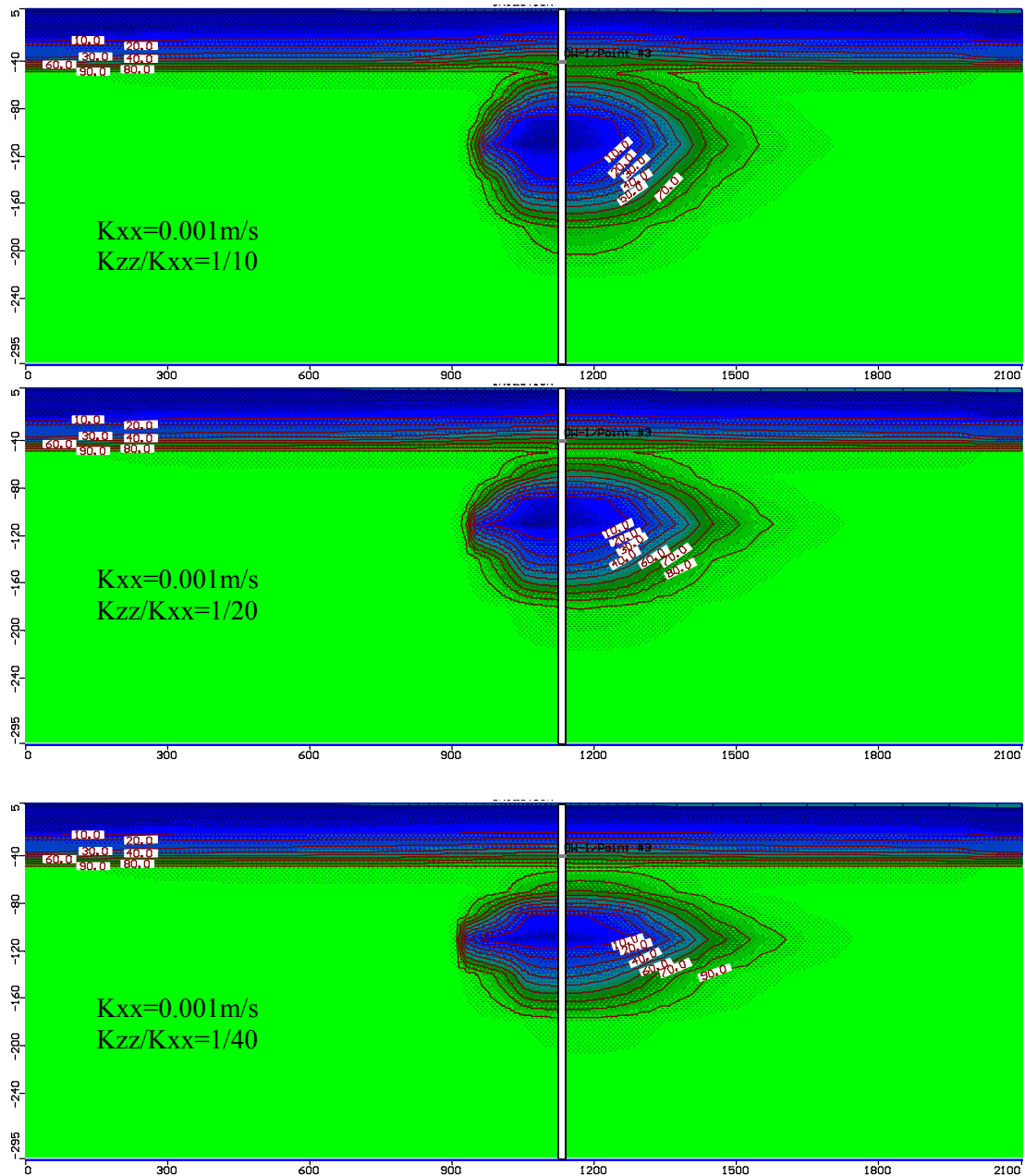


Figura 12-7: Vista de la Sección Transversal de la Pluma

c. Efectos de la Capa de Alta Permeabilidad

En la Figura 12-8 se muestra un panorama plano y de la sección transversal de la pluma en la capa de mayor permeabilidad. La pluma llega a ser llana cuando la permeabilidad aumenta. En caso que el contraste de permeabilidad entre dos capas, K_{xx1}/K_{xx2} se de 1/10 y $K_{zz}/K_{xx}=1/40$ (figura inferior), la pluma inyectada de aguas residuales no fluye de manera ascendente sino que fluye de manera lateral hacia el mar.

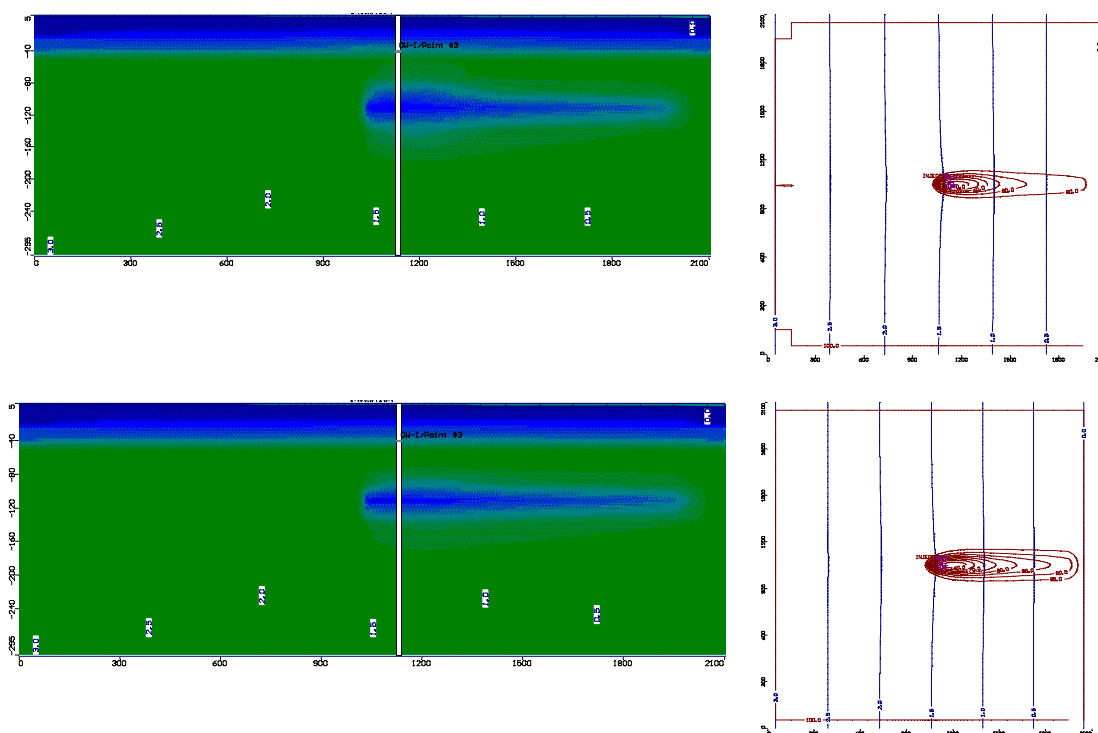


Figura 12-8: Movimiento de la Pluma en la Capa de Mayor Permeabilidad

12.4.3 Modelo Dependiente de la Densidad en Playa del Carmen

La Figura 12-9 muestra los resultados de la simulación de transporte por medio de un modelo dependiente de la densidad. Como se puede ver en la figura, el agua dulce fluye del interior del continente hacia la costa, mientras que el agua salina fluye desde la costa hacia el interior continental. Cerca de la costa, el agua salina fluye hacia arriba y retorna hacia la costa, lo anterior tiene lugar debido a la diferencia en densidades entre el agua dulce y la salina. En la zona de transición, la dirección del flujo se torna más complicada; el agua dulce fluye hacia abajo mientras que la salina fluye hacia arriba.

El espesor del agua dulce varía entre 50 m y 70 m, a una distancia de aproximadamente 2.0 y 4.0 km de la costa, respectivamente. Dicho valor es superior al valor real. Lo anterior se debe posiblemente a las diferencias en densidades que se le asignó al modelo y la densidad verdadera. Sin embargo, prácticamente el comportamiento del agua inyectada puede ser examinada comenzando por las condiciones de estado constante definidas y establecidas como condiciones iniciales del modelo.

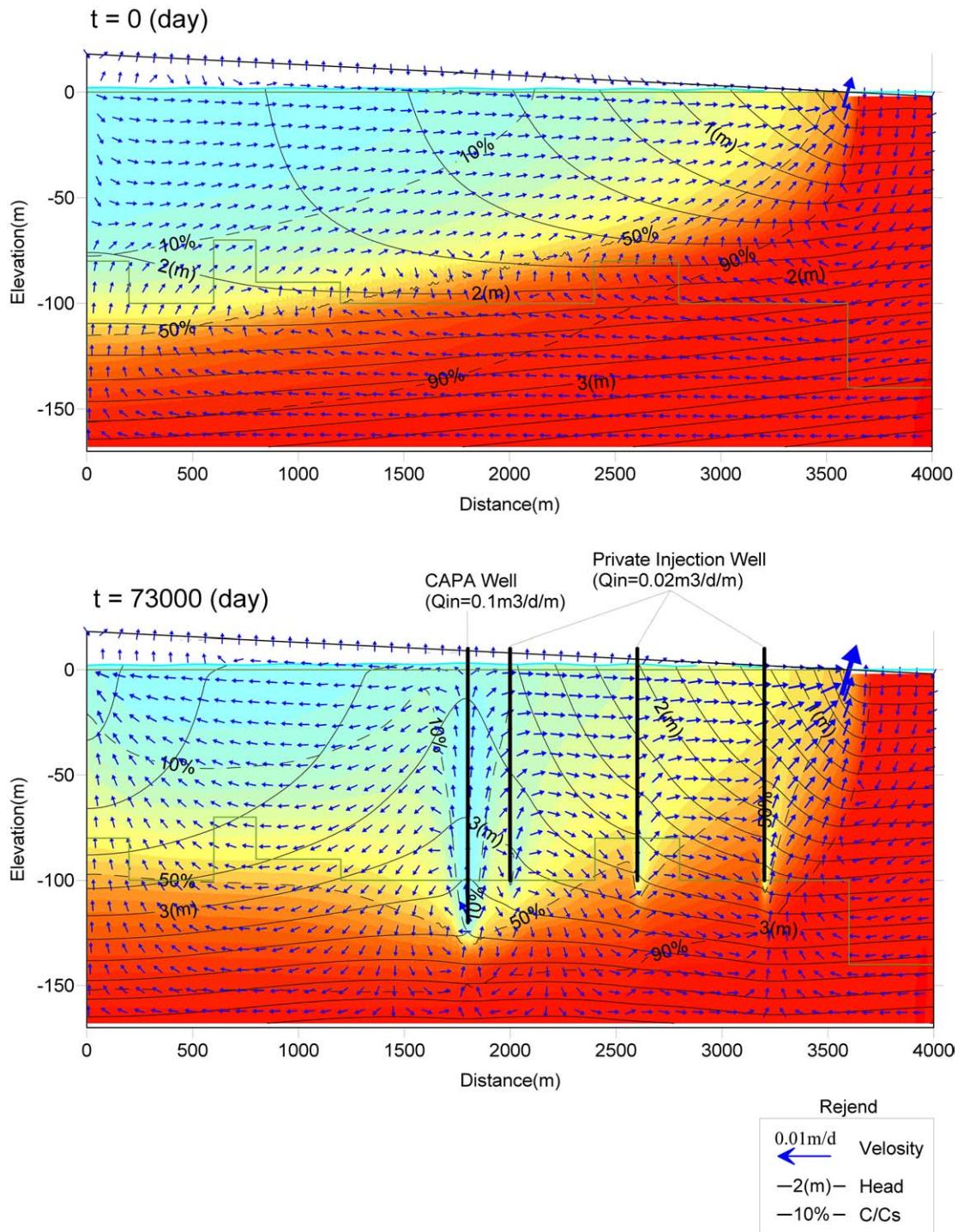


Figura 12-9: Resultados de la Simulación de Flujo Dependiente de la Densidad

12.5 Resumen y Recomendaciones

12.5.1 Resumen del Estudio Hidrogeológico

12.5.1.1 Distribución y Características del Acuífero Calizo

1) La geología sub-terránea del área de estudio puede ser dividida en 3 capas de resistividad, en otras palabras, U1, U2, y U3; dicha denominación puede considerarse que va desde la superficie hasta la parte inferior que alcanza este estudio, ubicada a unos 200 m de profundidad. Las capas de resistividad se encuentran ampliamente distribuidas en el área de estudio.

2) La capa U1 tiene un espesor que va desde la superficie hasta una profundidad entre 20 – 25 metros. Esta capa esta compuesta de calizas de arrecife y arenisca calcárea. Esta formación es abundante en fracturas y cavidades y se torna en un acuífero de agua fresca si tenemos en cuenta el valor registrado de 3,000 μ S/cm de conductividad eléctrica. La velocidad de perforación de esta capa resultó en 40 seg/25cm en la zona de fractura. Sin embargo, dicha zona de fractura también se intercala con un lecho de piedra caliza dura que reflejó una velocidad entre 200~400seg/25cm.

3) La capa U2 está compuesta de calizas, fracturas abundantes, y cavidades producidas por un alto desarrollo cárstico. La resistividad de dicha capa es menor a 4 Ω m. Las fracturas y las cavidades se encuentran saturadas con agua de mar y dicha capa constituye lo que se considera el acuífero de agua de mar. La conductividad eléctrica va de 5,000 hasta 20,000 μ S/cm en la zona de transición mientras que se observó un valor mayor a 40,000 μ S/cm en la zona de agua marina. El espesor de la capa es de aproximadamente 50 m. La velocidad de perforación es igual a la experimentada en la capa U1. Además, parcialmente se intercala con un lecho de calizas duras.

4) La capa U3 está compuesta de calizas o calizas lodosas que presentan una resistividad cuyo rango va de 4 hasta 100 Ω m. Las facies de la capa de baja resistividad (4~25 Ω m) varían de lugar en lugar y consisten de una alternancia entre calizas duras y fracturadas. La capa de alta resistividad (más de 25 Ω m) no presenta mucho desarrollo cárstico y se encuentra compuesta principalmente de calizas lodosas algo duras. Esta alta resistividad se distribuye desde los 60 hasta los 110 m en el área de estudio. La perforación realizada en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) encontró la capa en mención a una profundidad de 62 m (Perforación P4). Esta capa es compacta y dura; la que representa un basamento hidrogeológico permeable o semi-permeable en el área de estudio. Las velocidades de perforación varían entre 400 y 1,200 seg/0.25m.

5) El nivel del agua subterránea en los sitios perforados varía entre 4 y 8 m bajo el nivel del terreno. El espesor del acuífero de agua dulce es de alrededor de 20 m, sin embargo, aumenta a más de 40 hacia el interior de la parte continental de acuerdo con el estudio geofísico. La presencia de agua salina bajo el agua dulce se observa a todo lo largo hacia el interior de la parte continental

6) De acuerdo con las pruebas de dilución, el rango estimado del coeficiente de permeabilidad en las capas U1 y U2 varía entre 1.1 y 22.0 cm/seg.

12.5.1.2 Comportamiento de la Pluma de Agua Residual

1) El inventario de pozos de inyección de la CNA muestra que el número de pozos en el municipio de Solidaridad es 184 con base a las notificaciones. El volumen diario de inyección alcanza 73,051 m³, lo que conlleva a tener aproximadamente un promedio de 397 m³/día por pozo.

2) El agua residual tratada está siendo inyectada en el pozo de inyección de CAPA en la PTAR de Playa del Carmen a una tasa de 3,880 m³ por día (45 l/s). Además del pozo antes mencionado, existe otro pozo de inyección que es utilizado para inyectar una cantidad una agua residual sin tratar que equivale al excedente de la capacidad de tratamiento de la PTAR. Se ha definido, en general, que la profundidad de estos pozos alcanza los 100 m. Sin embargo, no existen los registros de las perforaciones de los pozos. En general, si se consideran las condiciones geológicas de la PTAR, se puede inferir que el agua residual está siendo inyectada en la capa U2.

3) Casi todos los pozos de inyección en el área de estudio tienen sus tuberías ranuradas en la capa U2 (acuífero del agua salina), la misma situación debe ocurrir para los de la PTAR, tomando en consideración las condiciones geológicas. Por otra parte, no existe ninguna capa impermeable significativa entre la capa U2 y la capa sobreyacente U1 (acuífero de agua dulce). En consecuencia, se infiere que el agua residual migra hacia estratos superiores que contienen agua dulce. Además, el agua residual inyectada podría también fluir dentro del espacio anular hacia el acuífero de agua dulce, teniendo en cuenta que el pozo no se encuentra sellado.

4) Un modelo de transporte de masa que simule el comportamiento de la pluma de aguas residuales muestra que si la permeabilidad en la zona de inyección es mayor que las capas sobre-yacentes y subyacentes, entonces dicha pluma migra rápidamente en la dirección horizontal dentro del acuífero de agua salina. Por lo tanto, es importante conocer primero la permeabilidad de la capa en la que se inyectara y las capas adyacentes. La zona de inyección

debería ubicarse a la mayor profundidad posible y la tubería ranurada debería colocarse por debajo de la capa de baja permeabilidad.

5) También, es de mayor importancia conocer la anisotropía de la permeabilidad en la capa. Los resultados de la simulación sugieren que si la proporción entre la permeabilidad vertical y la horizontal es menor que 1/40, entonces la pluma de aguas residuales no fluiría hacia capas superiores ni tampoco afectaría el acuífero de agua fresca sobre-yacente.

6) De acuerdo con el modelo de flujo dependiente de la densidad, en el caso que la inyección se haga en un pozo construido a una profundidad de 100 m, entonces la pluma de agua residual inyectada en el acuífero de agua salina migraría hacia estratos superiores y afectaría el agua dulce.

12.5.1.3 Calidad del Agua y Contaminación

1) La calidad del agua subterránea en los pozos de monitoreo muestra que es agua tipo (Na+K)-Cl. La concentración de cloruros de los pozos de monitoreo instalados en el acuífero de agua dulce muestra que dicho valor se encuentra en el rango entre 600 y 1,800 mg/L. Lo anterior conlleva a concluir que se encuentran afectados por el agua de mar. Por otra parte, la concentración de cloruros en los pozos de monitoreo instalados en acuífero de agua de mar varía entre 11,400 y 11,800 mg/L. De lo antes expuesto, se infiere que dicha agua es una mezcla con agua dulce que se encuentra en acuíferos más someros, la mezcla se puede producir debido a que el pozo se construyó con tubería ranurada a todo lo profundo.

2) Al comparar la calidad del agua de los pozos de monitoreo con los valores guías para agua potable de la OMS, los valores de los parámetros Cl, Na y SDT exceden dichos valores guías en todos los pozos. Además, se encontró una alta concentración de NH₄ en los pozos de monitoreo de la PTAR; estos pozos podrían haberse contaminado como resultado de la inyección realizada por el pozo ubicado apenas gradiente arriba del lugar de monitoreo. Por otro lado, los pozos de monitoreo de la Colonia Ejidal, que es un área no cubierta con el sistema de alcantarillado, presenta altas concentraciones de NH₄ lo anterior indica cierto grado de contaminación como resultado de las actividades humanas. Además, se presentaron altas concentraciones de SO₄ en los pozos de monitoreo de la PTAR.

3) No se detectó contaminación de tricloroetileno ni de minerales pesados.

12.5.2 Recomendaciones

12.5.2.1 Necesidad de Establecer una Norma de Inyección

El abastecimiento municipal de agua potable en los 3 municipios del área de estudio se basa casi exclusivamente en las extracciones de los campos de pozos; los campos en mención se encuentran en las áreas continentales al interior, aproximadamente a 15-40 km de la zona costera. Las áreas aledañas a los campos de pozos son en la actualidad bosques, pastizales y tierras agrícolas; debido a lo anterior los pozos no han sido contaminados todavía. Sin embargo, el agua subterránea podría ser contaminada en el futuro cercano debido a las descargas de aguas residuales domésticas hacia los Cenotes y como resultado de escorrentía superficial que arrastra fertilizantes y pesticidas, etc. Además, podrían existir una cantidad no especificada de cavernas en esta área; lo anterior conllevaría a crear un flujo preferencial a través de dichas cavernas y el acuífero en dirección al área que se encuentra gradiente abajo.

Por otra parte, el agua residual está siendo inyectada hacia el sub-suelo en el área de la zona costera urbana. En el área de Playa del Carmen, se encuentra una formación caliza lodosa, la que se encuentra ampliamente extendida a una profundidad entre 60 y 110 m. Por lo tanto, el agua residual está siendo inyectada hacia el acuífero calizo sobre-yacente (acuífero salino) que es abundante en fracturas y cavidades. Habría que mencionar que no se pudo establecer la presencia de una capa semi-permeable o impermeable entre el acuífero salino y el acuífero de agua dulce; por lo tanto, la pluma de agua residual inyectada se mueve relativamente fácil hacia las partes superiores y podría contaminar el acuífero de agua dulce.

La estructura del pozo de inyección es simple en la actualidad porque no se ha establecido una norma para pozos de inyección. Teniendo en cuenta que existe una gran cantidad de fracturas y cavidades en las rocas calizas, el espacio anular del pozo (espacio establecido entre la pared del pozo y el ademe) no se ha previsto que sea sellado con cemento y arcilla (por ejemplo, bentonita). En consecuencia, el agua residual podría filtrarse a través de dicho espacio anular y contaminar el acuífero de agua dulce.

Como se mencionó con anterioridad, la contaminación del agua subterránea en lo que se define como acuífero de agua dulce se encuentra avanzando en las áreas urbanas costeras como resultado de la inyección de aguas residuales. Además, teniendo en cuenta que el agua subterránea es finalmente descargada en la zona costera, el medio ambiente de agua salina podría contaminarse en el futuro. En el futuro cercano, el sistema de alcantarillado será desarrollado de acuerdo con el plan maestro propuesto en este estudio. Sin embargo, podría tomar algún tiempo hasta que el área urbana se encuentre completamente cubierta por el sistema de alcantarillado. Mientras tanto, la inyección de agua residual deberá continuar en correspondencia con lo realizado hasta el momento. Por otra parte, con el propósito de

reducir la carga contaminante hacia el medio ambiente, es necesario establecer una norma de inyección y esta inyección debe ser controlada adecuadamente.

La siguiente sección presenta las recomendaciones sobre los aspectos a ser considerados para el establecimiento de una norma de inyección.

12.5.2.2 Zona de Inyección

El agua residual debería ser inyectada en una formación subyacente a la formación encontrada a mayor profundidad y que está caracterizada por lodos, una capa densa y dura que se considera es una capa confinante impermeable o semi-permeable. La zona de inyección, por el contrario, debe ser lo suficientemente permeable, porosa y gruesa para aceptar agua residual inyectada a la tasa de inyección propuesta, sin necesidad de requerir presión excesiva. Idealmente, la zona de inyección debería ser homogénea, debería tener la suficiente extensión de área para minimizar el aumento de la presión y prevenir que el agua residual fluya hacia capas superiores donde se encuentra el acuífero de agua dulce. En el caso que exista dicha zona de inyección, el agua residual podría ser contenida en la estructura geológica.

En el área de estudio, la parte de alta resistividad de la capa U3 (calizas lodosas) que se encuentra subyacente entre 60 y 110 m es semi-permeable o impermeable y cumple con las condiciones antes mencionadas. Sin embargo, la presencia de una capa porosa y permeable subyacente a la capa U3 no ha podido ser confirmada. Si existe una capa o lecho calizo permeable y poroso bajo o dentro de la capa U3, debería ser utilizado como zona de inyección. En el caso antes mencionado, la profundidad del pozo de inyección llegaría a alcanzar más de 200 m y los costos de perforación se podrían duplicar o tornarse más caros. Este aspecto debería de ser analizado/discutido en mayor detalle, en especial lo relacionado a los costos para la expansión del sistema de alcantarillado.

12.5.2.3 Estudio Geológico Regional para la Selección de la Zona de Inyección

Con el propósito de seleccionar una zona apropiada de inyección, el estudio geológico regional debería ser realizado en las áreas urbanas de los 3 municipios del área de estudio. El estudio debería consistir de los siguientes aspectos:

1) Recopilación de datos, arreglo y mapeo hidrogeológico

Datos e informes del estudio geológico, trabajos de perforación, nivel del agua subterránea y calidad del agua, etc. deben ser recopilados y arreglados. Es aconsejable que las compañías perforadoras asistan en la recopilación de datos. Con base en dichos datos, el mapa hidrogeológico de cada área urbana deberá ser preparado.

2) Estudio Geofísico

El estudio geofísico debe ser realizado para explorar la estructura de la resistividad y la interfase salina entre el agua dulce y la salina para cada área urbana. El método TEM de exploración debe ser realizado para hacer sondeos a profundidades mayores a los 400m. En Playa del Carmen, el perfil de resistividad a 200 m de profundidad fue confirmado; por lo tanto, un estudio suplementario debería ser realizado para explorar la estructura de la resistividad a profundidades mayores a los 400 m.

3) Perforación y Registro Exploratorio

Con base en el arreglo de los datos existentes (mapas hidrogeológicos) y los resultados del estudio geofísico, se deben realizar perforaciones exploratorias en cada área urbana para investigar la velocidad de perforación, resistividad, potencial espontáneo de las formaciones, temperatura y conductividad eléctrica del agua subterránea, etc. La meta de perforación es de 400 m. Las facies y las características de las calizas son confirmadas por medio de la observación de los testigos y los registros geofísicos. La profundidad y extensión de área de la zona de inyección más adecuada se confirma por medio del análisis de las características de las rocas en comparación con la resistividad de la capa. La prueba *in-situ*, como la prueba de permeabilidad, se lleva a cabo y, posteriormente, son definidos los coeficientes de permeabilidad y la porosidad de la formación.

La profundidad y la ubicación del pozo de inyección para cada área urbana se estandariza de acuerdo con el análisis de los resultados del estudio geológico antes mencionado.

12.5.2.4 Estructura y Construcción del Pozo de Inyección

El pozo de inyección debe ser diseñado y construido de manera tal que no permita que ningún fluido escape del flujo de inyección o que ningún fluido migre dentro de la perforación hacia el acuífero de agua dulce.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los E.E.U.U. está implementando un programa denominado “Control de Inyección Subterránea” denominado UIC por sus siglas en inglés; dicho programa clasifica los pozos en 5 categorías. La Figura 12-10 muestra el diseño idealizado del pozo de inyección, utilizando como ejemplo un pozo de inyección Clase I de acuerdo con la UIC. En el pozo Clase I se pueden inyectar aguas residuales municipales, residuos peligrosos, y líquidos industriales no-peligrosos. Para el caso de aguas residuales peligrosas, el ademe del pozo se triplica, en otras palabras, se considera un ademe superficial, el ademe del pozo, y la tubería de inyección; dichos ademes se encuentran adecuadamente cementados en la parte externa. El empaque se coloca en el fondo de la tubería.

En el programa UIC, la zona de inyección se define como la formación subyacente del acuífero más profundo de agua dulce (Fuente Subterránea de Agua Potable: USDW por sus siglas en inglés).

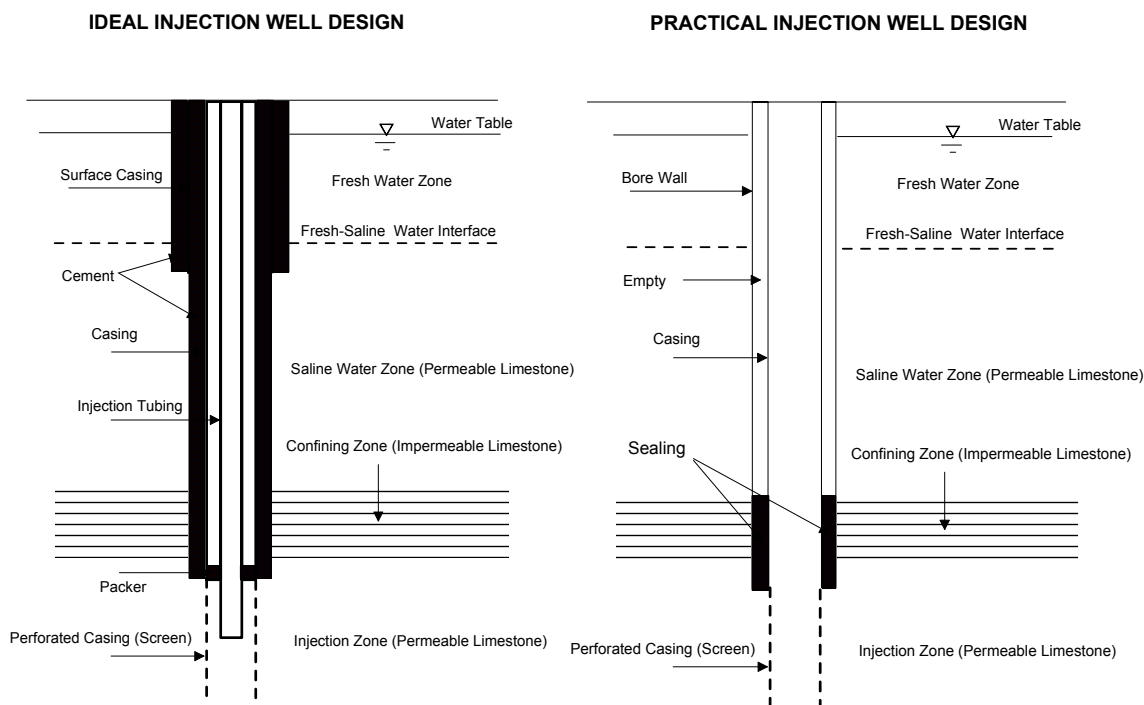


Figura 12-10: Diseño del Pozo de Inyección (izquierda: diseño ideal derecha: diseño práctico)

Además, la Figura 12-10 muestra el diseño práctico del pozo de inyección. El mismo ha sido diseñado simple y práctico teniendo en cuenta las condiciones geológicas y el uso del agua subterránea en el área de estudio. Es muy importante colocar la tubería ranurada en una zona porosa y permeable que se encuentre bajo una capa impermeable confinante. Si la capa subyacente inferior que se ubica sobre la zona de inyección es permeable, el agua residual inyectada muy posiblemente migraría hacia capas superiores, a pesar del sello de cemento alrededor del ademe.

Además de la migración del agua residual dentro el acuífero después de la inyección, existen otras dos posibles fallas en los pozos que podrían causar filtraciones del mismo. Una de ellas es la filtración a través de un orificio en el ademe y el otro es movimiento del fluido dentro del espacio anular. El ademe raramente es dañado; sin embargo, existe la posibilidad de que eso ocurra cuando se coloca inapropiadamente dentro de la perforación. Con el propósito de evitar dicho daño, el tipo de material y espesor del ademe debe ser cuidadosamente seleccionado y las tuberías deben ser almacenadas y utilizadas apropiadamente. En el espacio

anular del pozo, se debe colocar suficiente cemento con el fin de evitar que ocurra un puente y cavidades en el espacio anular.

En el área de estudio, las capas de calizas (U1 y U2) presentan gran cantidad de fracturas y cavidades, dichas ocurrencias se distribuyen extensamente en el sub-suelo a una profundidad entre 60 y 110 m. Sin embargo, es casi imposible sellar el espacio anular porque el cemento es arrastrado dentro de dichas cavidades en las formaciones antes mencionadas. Teniendo en cuenta esta situación, se diseña sin ningún tipo de sello en la formación superior como se muestra en la Figura 12-11. Si existiese una capa semi-permeable o permeable bajo la capa permeable, para el propósito de la inyección, debería existir una capa permeable bajo la capa confinante. El sello debería ser colocado en la zona de la capa confinante.

De hecho, es muy difícil sellar la sección anular de la perforación. Las compañías perforadoras deberán llevar a cabo un taller sobre los materiales y métodos de construcción de los pozos de inyección bajo la guía de la CNA, evaluarlos, consensuarlos, y proceder a establecer un método estándar de construcción.

La Figura 12-11 muestra el diseño conceptual del sello por medio del uso de un empaque. En la parte derecha de la Figura 12-11 se muestra el material de empaque.

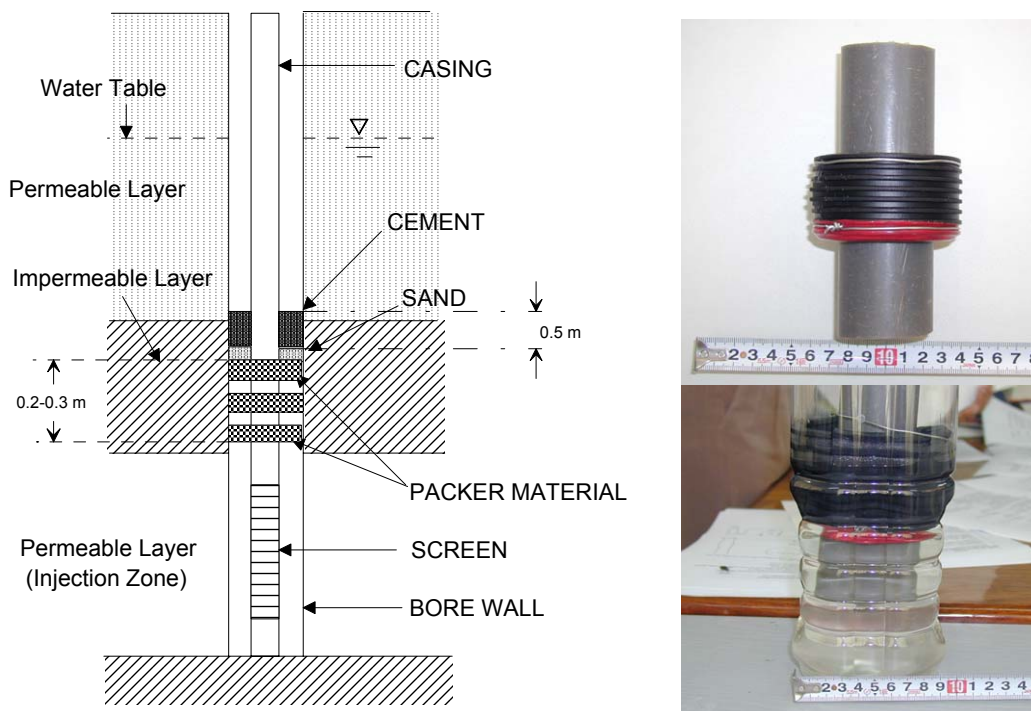


Figura 12-11: Sello con Empaque (izquierda), Material de Empaque (derecha)

El material de empaque está hecho de éster de ácido acrílico y caucho sintético. Se incha cuando absorbe agua como se muestra en la foto. El material de empaque envuelve la parte superior de la tubería ranurada en tres pasos y es colocada en la parte superior del límite entre

la zona de inyección y la capa impermeable. Uno o dos días posterior a la instalación del ademe, la parte superior del empaque se llena con arena y cemento.

La Figura 12-12 (izquierda) muestra el diseño conceptual del sello por medio del uso de una canasta metálica. La Figura 12-12 muestra un ejemplo de una canasta metálica hecha a mano de pequeño diámetro.

La canasta metálica fue originalmente utilizada para monitorear por medio de pozos asentamientos del terreno en Niigata, Japón con el propósito de medir el nivel estático del agua de un acuífero específico en acuíferos de capas múltiples. Se cree que este concepto de canastas metálicas es aplicable para los pozos de inyección en el área de estudio.

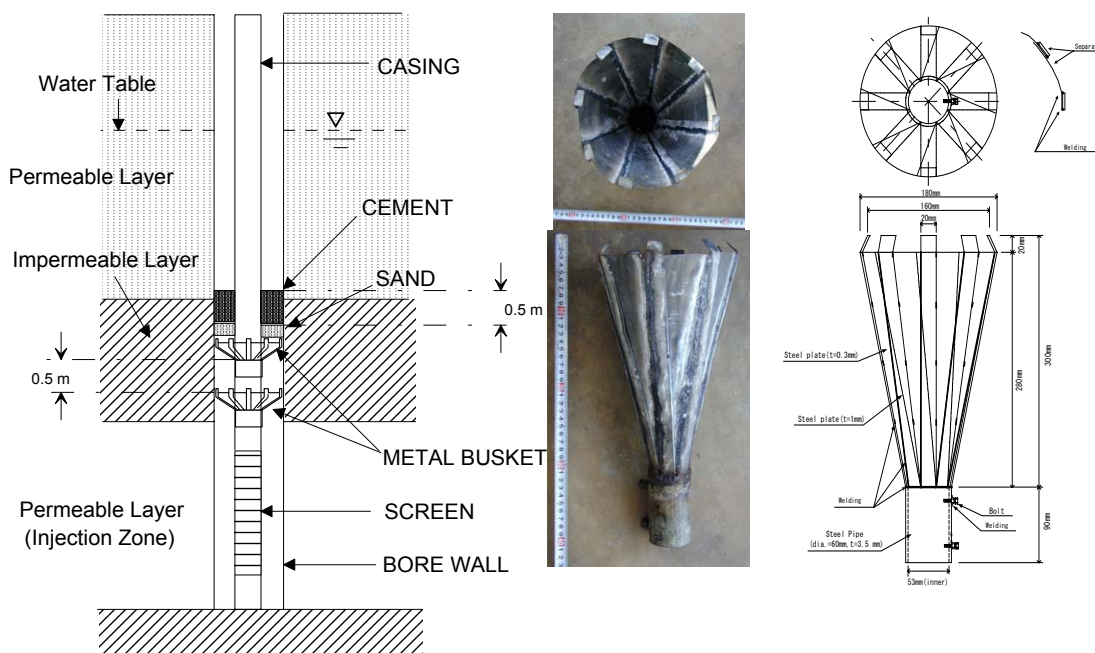


Figura 12-12: Sello con Canasta Metálica tipo Pétalo (izquierda) y Canasta Metálica (derecha)

Las dos canastas metálicas son instaladas en la parte superior de la tubería ranurada a un intervalo de 0.5 m y colocadas en la zona impermeable. Hojas de coco o una red es extendida sobre la canasta y se llena su interior de arcilla. La canasta de metal se abre como pétalos dentro de la perforación y evita que pase arena y cemento con el que se ha rellenado la parte superior de la canasta. La zona de relleno de arena y cemento se define al considerar el espesor de la capa impermeable.

12.5.2.5 Operación, Manejo y Monitoreo

Primeramente, se debe notificar a la CNA sobre la necesidad en la actualidad de un pozo de inyección. Los detalles de la notificación deben incluir el nombre del dueño, código del pozo, ubicación del pozo (asiento) y la tasa propuesta de inyección, etc. Sin embargo, la estructura

del pozo (profundidad, diámetro, material del ademe, ubicación de la tubería ranurada, sello, etc.), la columna geológica, calidad del agua inyectada, etc. no son registrados. Además, bajo un régimen flexible, no se obliga a la elaboración de informes sobre la operación y mantenimiento de los pozos autorizados. En este sentido, la CNA debería inmediatamente establecer un sistema para la elaboración de informes y de monitoreo de la operación y manejo de los pozos de inyección; así como el establecimiento de una norma relacionada a la zona de inyección, estructura del pozo, tasa de inyección, calidad del agua inyectada, etc.

1) Operación y Mantenimiento

La CNA debería obligar al dueño del pozo como a manera de responsabilidad llevar un registro sobre la presión de inyección (en caso de inyección por gravedad, deberá reportarse el nivel del agua), la tasa de inyección, y el volumen total de inyección. Además de todo lo anterior, el dueño del pozo deberá trimestralmente registrar el resultado de los análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos asociados al agua inyectada.

2) Informe e Inspección

La CNA debe recibir un informe del dueño del pozo cada tres meses y realizar inspecciones en el sitio para la operación y el manejo del pozo de inyección, en caso que sea necesario. Con el propósito de abrir el camino para la inspección y la provisión de directrices sobre el mejoramiento de las instalaciones de inyección, se debe mejorar la operación y el manejo, el sistema legal e institucional, así como debe establecerse una norma de inyección.

3) Clausura del Pozo

Una vez clausurados los pozos de inyección, el dueño debe entregar un informe sobre sello y abandono del pozo, dicho informe indicaría que el pozo fue sellado en concordancia con la norma y regulaciones que serán puestas en vigor por la CNA en el futuro. Al clausurar el pozo, el mismo debe ser limpiado con un flujo intenso de fluido no-reactivo. Cada tapón de cemento debe ser probado como sello con anterioridad a la finalización de la clausura.

4) Red de Monitoreo

La CNA estableció una red de monitoreo de agua subterránea en el área norte de la Península de Yucatán, limitado por la línea imaginaria que va de Cancún a Mérida. Dicha red debe expandirse a las áreas urbanas en el área de estudio. Los pozos de monitoreo que han sido construidos en Playa del Carmen, como parte del proyecto modelo, deberán ser incorporados a esta red.

Además de esta red, deben de construirse pozos de observación profundos en las áreas urbanas con el fin de monitorear la calidad del agua y los niveles del agua en el acuífero que

se ubica sobre la zona de inyección; lo anterior deberá realizar, de manera especial, una vez que se establezca una norma de inyección y el agua residual sea inyectada en un acuífero a mayor profundidad que la capa U2, con vistas hacia el futuro.

Capitulo 13

Tratamiento de Aguas

Residuales Tipo Villa

13 Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Villa

13.1 Antecedentes

Aunque la CAPA ha operado el sistema de aguas residuales en grandes ciudades como Chetumal y Playa del Carmen, ésta no tiene sistema alguno para comunidades pequeñas. Sin embargo, incluso en ciudades con instalación de sistemas de tratamiento, la conexión de las viviendas al sistema público de alcantarillado no ha sido extensa debido a razones económicas y a la existencia de tanques sépticos.

Lo mencionado anteriormente ha llevado a la situación en que inclusive una mayor inversión no causa efectos y el agua subterránea continúa estando constantemente contaminada. Con la finalidad de solucionar estos problemas, se planeó y llevó a cabo el Proyecto Modelo “Tratamiento de Aguas Residuales Tipo Villa” en Subteniente López, Chetumal en el Municipio de Othón P. Blanco.

CAPA está construyendo una planta de tratamiento de aguas residuales y tuberías de drenaje en Subteniente López. El proyecto modelo pretende apoyar el proyecto de CAPA y asimismo pretende ganar experiencia que permita expandir posteriormente este sistema de tratamiento de aguas residuales a otras poblaciones.

13.2 Resumen

a. Logros

Síntesis narrativa	Logros
<p>1. Meta general</p> <p>Establecimiento de un sistema pequeño de drenaje</p>	<p>CAPA ha adquirido conocimiento y habilidades en cuanto a aspectos sociales; Ej. ha alentado a los residentes a conectarse al alcantarillado público. También en cuanto a aspectos técnicos ha ganado conocimiento, Ej. la filtración del agua subterránea en la alcantarilla y la operación de las instalaciones de tratamiento. Asimismo, un manual de operación de las instalaciones ha sido preparado. Por lo tanto, CAPA está listo para operar las instalaciones y expandir el mismo tipo de sistema pequeño de drenaje en toda el Área de Estudio.</p>
<p>2. Propósito del proyecto</p> <p>Establecimiento de un fondo para apoyar a los residentes en la conexión del sistema de drenaje.</p> <p>Obtener datos para el diseño y operación de un sistema pequeño de tratamiento de aguas residuales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • CAPA obtuvo 99 contratos para la conexión intra domiciliaria • Se establecieron las condiciones básicas para construir las conexiones intra domiciliarias. • Se confirmaron las condiciones hidráulicas; sin embargo, las condiciones biológicas no fueron confirmadas debido a los retrasos en los trabajos de construcción de CAPA.
<p>3. Resultados</p> <p>Una manera de alentar la introducción del sistema de drenaje en una comunidad rural</p> <p>La tecnología del diseño, construcción y operación del sistema de drenaje se establece.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad usada del fondo para conexiones: 99 viviendas fueron conectadas. • CAPA aprendió a cómo obtener el contrato para conexión intra domiciliaria. • Se hicieron claras las condiciones apropiadas del contrato para la conexión intra domiciliaria. • Comparación del diseño de datos originales y los datos actuales medidos: la cantidad actual de bombeo es excesiva. • La caja de control de flujo no trabajó apropiadamente. Se han hecho sugerencias en cuanto a este problema. • CAPA apoyó con conocimiento para el desarrollo del nuevo tipo de instalaciones (diseño, construcción, operación, etc.).
<p>4. Inversión</p> <p>1) Personal</p> <p>2) Trabajos de construcción</p> <p>3) Equipo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de Estudio: Sr. Hiroshi Kato y Sr. Ichiro Kono • C/P : Sr. Juventino Castillo Pinzón, Sr. Jaime Ricardo Quiñones Baas, Sr. Jorge A. Dzul Chin, Sr. Ximenes • Trabajos de conexión para 99 viviendas • Material supersónico de flujo • Oxígeno disuelto, pH, Material de la temperatura del agua

b. Otros Resultados

Debido a los retrasos en la construcción de las plantas (en las de tratamiento y bombeo) y al retraso en la administración de los acuerdos del contrato con los residentes, ahora es imposible verificar el desempeño actual de la planta en cuanto a la carga porcentual de aguas residuales dentro de los plazos del estudio. Por lo tanto, únicamente se examinaron las condiciones hidráulicas.

13.3 Evaluación

13.3.1 Conexión intra-domiciliaria

La construcción de las conexiones intra domiciliarias así como el desarrollo del sistema de tratamiento de aguas residuales, juegan un papel importante en la prevención de la contaminación del agua subterránea causada por las aguas residuales en el Área de Estudio. La responsabilidad de CAPA se redujo a la instalación de cajas públicas de registro. Los trabajos de conexión intra domiciliaria se dejaron a la decisión de cada vivienda. Sin embargo, incluso cuando el sistema de tratamiento fue desarrollado, muchas viviendas en la región escogieron utilizar el tanque séptico debido a razones económicas y a la falta de comprensión sobre el impacto en sus viviendas y en el medio ambiente. Como resultado, la inversión en el área de manejo de aguas residuales no trajo un beneficio real en cuanto a la protección de la salud humana y al medio ambiente.

Aunque CAPA es consciente de que la falta de comprensión acerca del sistema de tratamiento y el bajo presupuesto de los residentes es una de las razones principales que causaron el retraso en los efectos de la inversión, no se implementaron medidas prácticas. Asimismo, CAPA no ha establecido ningún sistema o plan para promover los trabajos de conexión intra domiciliaria.

El proyecto modelo ha:

- Establecido una nueva fundación para alentar la conexión intra domiciliaria.
- Establecido un nuevo sistema en el que CAPA se involucra más para la conexión intra domiciliaria.
- Establecido un método de Préstamos-de-Cero-pago-al-contado.

De ahora en adelante, se requiere que CAPA cobre la tarifa y ponga en operación el fondo de manera transparente, con la finalidad de continuar y expandir la Sustentabilidad del trabajo.

Los trabajos de conexión intra domiciliaria empiezan normalmente después de que finalice el desarrollo del sistema de tratamiento de aguas residuales (instalaciones de tubería y de tratamiento); sin embargo, debido a limitantes de tiempo, ambos se promovieron de manera simultánea en este proyecto modelo. Como resultado surgieron algunos problemas durante la operación pero CAPA ha fortalecido su capacidad para resolver los problemas. Por lo tanto, el agua subterránea contaminada y los riesgos a la salud de los residentes, que están utilizando el agua subterránea en el Área de Estudio, se pueden reducir en el futuro.

13.3.2 Instalación de Tratamiento

La construcción del alcantarillado (tubería y planta de tratamiento) dentro del área de estudio en el Proyecto Modelo es jurisdicción de CAPA. La fecha límite de construcción se estableció para finales de diciembre de 2003; sin embargo, se extendió para principios de julio de 2004. Los trabajos finales de conexión intra domiciliaria del Equipo de Estudio se retrasaron también. A finales de junio la instalación no tenía entrada de aguas residuales. Considerando el periodo de crecimiento de bacterias, es imposible conducir una evaluación de la planta de tratamiento. Por lo tanto sólo se hicieron sugerencias para el mejoramiento de la planta.

El Equipo de Estudio ha estado siguiendo el progreso de la construcción; sin embargo el proyecto experimentó un gran retraso debido a:

- Las características de la región (existe un nivel muy alto de aguas subterráneas), no se consideraron como factores importantes para el diseño y construcción de las instalaciones.
- La capacidad de los contratistas fue baja.

Asimismo, respecto al equipo de bombeo,

- Debido a la falta de experiencia en el diseño de las instalaciones de suministro de agua, no se instaló un equipo de bombeo con capacidad apropiada.
- Como consecuencia, se redujo el rango ajustable de la potencia de bombeo.

En el futuro, cuando se planee y diseñe una instalación similar, se recomienda el uso de bombas sumergibles para las aguas residuales debido a que tienen baja succión y son relativamente económicas.

CAPA ha acumulado considerables experiencias y ahora es capaz de resolver los problemas mencionados previamente.

Otra recomendación consiste en que la persona a cargo evite la entrada a la planta de personal no autorizado. La planta de tratamiento está rodeada de cercas y puertas, pero las puertas están abiertas y cualquiera puede entrar al área. Esto puede causar serios accidentes o pérdida de propiedad. Algunas medidas, como asegurar las puertas, podrían tomarse con el fin de que tercer personal no entre a áreas prohibidas.

13.4 Conclusión y Recomendaciones

Debido a los grandes retrasos en el sistema de alcantarillado, las metas iniciales no fueron alcanzadas. Sin embargo, parece que ahora CAPA es capaz de solucionar los problemas. Se espera que CAPA expanda el proyecto siguiendo el P/M en el Área de Estudio, utilizando esta experiencia.

13.4.1 Trabajos de Conexión Intra-domiciliaria

CAPA está ahora en la etapa de utilizar los recursos provistos por la JICA, al practicar de manera efectiva los métodos para alcanzar los acuerdos de contrato mencionados en el Proyecto Modelo. Esto lleva a la sugerencia de que los trabajos de conexión intra domiciliaria deben ser procesados no solamente dentro del área objetivo del Proyecto Modelo sino que en un área más amplia del Área de Estudio, con el propósito de mejorar el sistema de tratamiento de aguas residuales.

La conexión intra domiciliaria fue diseñada por CAPA en este proyecto modelo. Sin embargo, hay algunos desacuerdos respecto a los planes entre CAPA y los residentes, lo cual causa problemas en los tiempos de construcción. Estos problemas podrían solucionarse a través de la promoción de mayor diálogo con los residentes y al mismo tiempo estableciendo una nueva sección que esté a cargo de los contratos de conexión intra domiciliaria y diseño/construcción, todo esto de manera conjunta con CAPA.

13.4.2 Instalación de Tratamiento

Es imposible para el Equipo de Estudio llevar a cabo la evaluación del rendimiento de la planta de tratamiento debido al gran retraso en la construcción del sistema de alcantarillado bajo la jurisdicción de CAPA. El Equipo de Estudio recomienda en gran medida que CAPA ejecute el monitoreo de acuerdo al manual preparado por el Equipo de Estudio y luego siga con la evaluación del rendimiento y revisión del diseño de la planta.

Con la finalidad de evitar retrasos en los trabajos de construcción, se deberían tomar varias consideraciones o medidas; no solo por la habilidad de los constructores pero para los tipos y métodos de encuestas precede el diseño y la construcción; también cómo reflejar los resultados de las entrevistas en el sitio en el diseño y la construcción; finalmente la estimación de costos basados en la planeación de la construcción y en la inspección del sitio después del contrato. Esto puede mejorarse a través de la práctica repetitiva del ciclo PDCI (por sus siglas en inglés), que significa Planea, Haz, Verifica, Mejora).

Capítulo 14

*Establecimiento del Sistema de
Información sobre la Gestión
Integral de Residuos*

14 Establecimiento del Sistema de Información sobre la Gestión Integral de Residuos

14.1 Antecedentes

Se ha afirmado que la inadecuada gestión de los residuos sólidos está contribuyendo con un 40% de la carga contaminante (DBO) que llega al acuífero; esta contaminación es la causa principal de la alta incidencia de enfermedades diarreicas agudas (DEA's), que están impactando en la economía familiar y generando pobreza.

Es así que el Plan Maestro considera varios proyectos tendientes a controlar la descarga contaminante asociada a los residuos sólidos con el propósito de proteger el ambiente acuático y mejorar la salud de la población

Para ello, es preciso que la acción coordinada de los tres órdenes de gobierno se fortalezca con el fin de crear una sinergia y ganar en eficiencia.

La nueva Ley General para la Preservación y Gestión de los Residuos, establece el funcionamiento de un Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos, con el objeto de constituir un mecanismo de coordinación e información entre los tres órdenes de gobierno en materia de la responsabilidad compartida, prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos sólidos.

Con el Proyecto Modelo se pretende cooperar en el establecimiento del Sistema de Información previsto en la Ley General, y, utilizar igualmente este sistema, como un instrumento para darle el seguimiento al desarrollo del Plan Maestro.

14.2 Resumen

El siguiente cuadro resume los propósitos, resultados e inversiones del Proyecto Modelo.

Cuadro 14-1: Resultados del Proyecto Modelo de Establecimiento del Sistema de Información sobre la Gestión Integral de Residuos (SIGIR)

Sumario del Proyecto	Resultados
<p>Meta General</p> <p>1. Establecimiento del Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos (SIGIR) previsto en la nueva Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos</p> <p>2. El Plan Maestro es implementado</p>	<p>Se ha cumplido con la estructuración y funcionamiento del SIGIR previsto en la Ley General.</p> <p>Con el funcionamiento del SIGIR se cumple con la recomendación del Plan Maestro de establecer un sistema de información y de coordinación entre los tres órdenes de gobierno.</p>
<p>Propósito del Proyecto</p> <p>1. Constituir un mecanismo de coordinación e información entre los tres órdenes de gobierno en materia de prevención de la generación, valorización y gestión integral de los residuos sólidos</p> <p>2. Promoción y monitoreo de la implementación del Plan Maestro</p>	<p>El mecanismo ha sido constituido y las entidades participantes se encuentran enlazadas mediante la comunicación electrónica vía Internet.</p> <p>La implementación será promocionada y monitoreada de acuerdo a la estrategia y medidas propuestas en el Plan Maestro</p>
<p>Productos</p> <p>A. Sistemas de Información</p> <p>1. El sistema es establecido</p> <p>2. La coordinación entre los tres órdenes es eficaz</p> <p>3. La información fluye por todo el sistema y se envía al Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales</p> <p>B. Plan Maestro</p> <p>4. La implementación del Plan Maestro es promocionada</p> <p>5. La implementación y los productos del Plan Maestro son monitoreados por el Sistema</p>	<p>A. Sistemas de Información</p> <p>1. El SIGIR ha sido establecido en el SEDUMA y en los municipios de Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto. En cada organización se dispone de un número telefónico asignado y de un servicio de correo electrónico propio.</p> <p>2. El personal de las tres organizaciones fue capacitado en el procesamiento y registro de la información; se difundió el texto de la nueva Ley General y del borrador de Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos; el sistema es utilizado como un instrumento para la consulta y coordinación de actividades entre las tres organizaciones.</p> <p>La SEDUMA va a colocar una ventana en su página WEB relativa al SIGIR con el propósito de: a) informar periódicamente al público sobre el manejo de los residuos sólidos; b) solicitar la participación pública en los programas de minimización; c) dar a conocer los planes y proyectos de los tres órdenes de gobierno; d) recabar la opinión del público sobre el proyecto del nuevo Reglamento</p> <p>3. La información procesada sería enviada al Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales que fuera creado por la Ley General Ambiental. Lamentablemente este Sistema no ha sido puesto en funcionamiento; en coordinación con la C/P mexicana se acordó procesar la información y remitirla a la Delegación de la SEMARNAT en Quintana Roo.</p> <p>B. Plan Maestro</p> <p>4. Ha quedado establecido con la C/P que la implementación del Plan Maestro será promocionada a través del SIGIR. Esta actividad será iniciada con el recibo oficial del Plan Maestro por las autoridades mexicanas.</p> <p>5. El SIGIR será el instrumento a ser utilizado en el monitoreo</p>

Sumario del Proyecto	Resultados
	de la implementación del Plan Maestro. 6. Otras organizaciones de los tres órdenes de gobierno, han manifestado su interés en participar en el SIGIR: FONATUR, BANOBRAS, CAPA, CNA, y otros municipios del estado.
<p>Aporte</p> <p>Personal del E/E El equipo de trabajo estuvo liderado por el Ing. Víctor Ojeda quien tuvo a su cargo el establecimiento de la estrategia y el diseño de la red. El Lic. Hiram Díaz dirigió las actividades de la instalación del sistema y su puesta en marcha. La Ing. Ximena Alegría revisó la estructura de captura de datos. El Ing. Kunito Ishibashi revisó el sistema de información de la SEDUMA y sugirió el procedimiento para la creación de una ventana en la página WEB de la SEDUMA relativa al SIGIR. La estrategia del proyecto modelo y el desarrollo de las actividades fue controlada por el Ing. Ikuo Mori.</p> <p>Personal de la C/P La instalación y el funcionamiento del SIGIR en las organizaciones participantes tiene como responsables a los siguientes funcionarios (la dirección del correo electrónico y el teléfono corresponden al SIGIR)</p> <p>SEDUMA: Dirección de Prevención y Control, Ing. Carlos Acosta, Biólogo José Guerrero (projica@hotmail.com) (teléfono: 832 2646)</p> <p>Municipio de Othón P. Blanco: Dirección de Desarrollo Urbano, Arq. Héctor Morín; Dirección de Servicios Públicos Municipales, Dr. Rodrigo Camín. (jica3@prodigy.net.mx) teléfono: 285 5005</p> <p>Municipio de Felipe Carrillo Puerto: Dirección de Servicios Públicos Municipales, Sr. Noé Baena (dspmfc@prodigy.net.mx) Teléfono: 267 1106</p> <p>Infraestructura y materiales En cada organización se destinó un espacio de oficina para atender las necesidades del SIGIR.</p> <p>La JICA donó un equipo de cómputo y dio asistencia para la instalación de la infraestructura de comunicaciones. El monto de la donación fue por \$25,000 pesos</p>	

14.3 Evaluación

a. Eficiencia

La participación de los miembros del E/E y la C/P ha sido el principal aporte en este proyecto modelo; en el establecimiento de la estrategia, diseño de la red, instalación del sistema, estructura de captura de datos, capacitación del personal y puesta en marcha del sistema.

El aporte en infraestructura y materiales estuvo compuesto por tres computadoras con sus respectivos programas operativos y sus conexiones a la red telefónica e Internet. La contribución de la JICA fue por un monto de \$25,000 pesos.

La contraparte mexicana contribuyó con sus importantes sugerencias que enriquecieron la estrategia y la puesta en marcha del sistema; el personal operativo mexicano fue asignado en su oportunidad y se dispuso el espacio y mobiliario de oficina.

Los productos obtenidos constituyen una valiosa contribución para crear una mayor sinergia entre los tres órdenes de gobierno en el adecuado manejo de los residuos sólidos. Se puede afirmar que los aportes fueron utilizados eficientemente.

b. Eficacia

Los productos obtenidos con el SIGIR frente al propósito del proyecto responden: a) lo establecido en la Ley General en materia del manejo de la información sobre residuos sólidos; b) disponer de un instrumento a ser utilizado como un medio para la coordinación entre las organizaciones de los tres órdenes de gobierno y de información pública; c) para promover posteriormente la implementación y monitoreo del Plan Maestro.

El establecimiento del Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos (SIGIR) es un mandato de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Ley General) (publicada en el Diario Oficial de la Federación el 08 de octubre de 2003 y a partir del 08 de abril de 2004 ha cobrado plena eficacia).

c. Impacto

La red de información y coordinación ha sido creada y al momento ya constituye un mecanismo útil para los tres órdenes de gobierno. Otras organizaciones gubernamentales han manifestado su interés en participar en esta red e integrarse al SIGIR.

Luego de la entrega del Informe Final del P/M se podrá dar inicio al monitoreo de su implementación por medio del SIGIR.

Funcionarios de la CAPA han sugerido que el SIGIR cubra igualmente los aspectos relativos al agua potable, alcantarillado y tratamiento, dada su relación con el manejo de los residuos sólidos en un frente común de protección del ambiente acuático.

El impacto del proyecto modelo ha sido positivo en términos del alcance de la meta general para establecer el SIGIR.

d. Relevancia

La creación de sinergia entre los tres órdenes de gobierno mediante el uso del SIGIR como un mecanismo de información y de coordinación, hará posible que los esfuerzos de las organizaciones competentes alcancen mejores niveles de eficacia y eficiencia.

Los tres órdenes de gobierno están obligados a asumir las respectivas competencias y responsabilidades que les establece la Ley General en materia de: residuos sólidos peligrosos (gobierno federal), residuos sólidos de manejo especial (gobierno del estado), residuos sólidos municipales (municipios).

Así mismo, la Ley General establece la responsabilidad que le compete al sector productivo y comunidad en general, en materia de la responsabilidad compartida, prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos sólidos.

Estas responsabilidades, así como los incentivos que tiene prevista la Ley General, deberán ser del conocimiento de los generadores de RS de toda naturaleza, como también, la información relativa a los costos de la prestación de los servicios, inversiones previstas, legislación y otros temas de interés público.

Tendrá una relevancia especial el monitoreo de la implementación del P/M en todos sus aspectos, y en particular, en la sustentabilidad de los servicios.

e. Sustentabilidad

La estricta observancia de la Ley General asegurará la sustentabilidad del SIGIR. El funcionamiento permanente del Sistema de Información sobre la Gestión Integral de los Residuos es un mandato de la Ley General que debe de cumplirse.

Los tres órdenes de gobierno están obligados a entregar al Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, creado por la Ley General de Protección del Ambiente, la información relativa al manejo integral de los residuos sólidos que son materia de sus respectivas competencias.

Es así que cada órgano de gobierno tiene su ámbito de responsabilidad y acción y deberá reportar sobre sus actividades, logros y limitantes en el alcance de sus objetivos y metas.

La Ley General igualmente establece la obligatoriedad de informar periódicamente al público sobre los resultados de la gestión integral de los residuos sólidos.

El sistema cuenta con la infraestructura necesaria y el personal asignado para su operación está debidamente capacitado; las organizaciones enlazadas por la red han considerado que el SIGIR es un mecanismo útil para el cumplimiento de sus obligaciones asociadas con el manejo integral de los residuos sólidos y su responsabilidad con la protección del ambiente acuático y pueden operar el sistema en forma independiente.

14.4 Conclusiones y Recomendaciones

a. Conclusiones

- El establecimiento del SIGIR responde a un mandato de la Ley General y a una evidente necesidad de crear una mayor sinergia entre los tres órdenes de gobierno para atender el manejo integral de los residuos sólidos en el ámbito de sus respectivas competencias.

- Las organizaciones enlazadas por la red concuerdan en la importancia del SIGIR como un mecanismo de información y coordinación entre ellas.
- El SIGIR es el instrumento idóneo para informar al público y lograr la participación general en materia de la responsabilidad compartida, prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos sólidos.

b. Recomendaciones

- Asignar en forma permanente un operador para el SIGIR en cada organización participante
- Rutinariamente preparar y enviar al Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales la información prevista por la Ley General. La Delegación de la SEMARNAT en Quintana Roo recibiría y registraría la citada información mientras se activa el Sistema Nacional.
- En cuanto se disponga del programa de implementación del Plan Maestro se daría inicio al monitoreo del mismo.
- El SIGIR debería incorporar a otras organizaciones de los tres órdenes de gobierno y en especial al resto de los municipios del Estado de Quintana Roo en materia del manejo de los residuos sólidos.
- El SIGIR podría enlazar a las organizaciones que tendrán a su cargo la implementación del Plan Maestro en materia del manejo de las aguas residuales y la protección del acuífero en especial y el ambiente acuático en general.
- El SIGIR puede ser el instrumento idóneo para iniciar la estructuración de la Unidad Ejecutora del Plan Maestro. Se sugiere a la SEDUMA como órgano coordinador para esta Unidad Ejecutora.
- La JICA debería de considerar un enlace electrónico con el SIGIR y la posible Unidad Ejecutora, con el propósito de dar seguimiento y asistencia a la implementación del Plan Maestro durante el periodo de ejecución (2004-2015).

Capitulo 15

*Formación de la Capacidad de
una Agencia Ejecutora
en Othón P Blanco*

15 Formación de la Capacidad de una Agencia Ejecutora en Othón P. Blanco

15.1 Antecedentes

El manejo de residuos sólidos (MRS) es un servicio provisto por el H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco (OPB), en donde las finanzas han sido sólidas, habiendo logrado excedentes de alrededor del 6% en el 2001 y 2002. Sin embargo, siguiendo un patrón común en muchas ciudades del mundo, el MRS en OPB se presta con un desequilibrio financiero, ya que los ingresos por tarifas del MRS cubrieron una fracción mínima del costo de MRS, 6.25% en el 2001 y 6.31% en el 2002. Los ingresos provenientes de las tarifas de MRS alcanzaron solamente el 0.68% de los ingresos municipales en el 2001 y el 0.73% en el 2002. Por otra parte, los costos de MRS en relación a los egresos municipales aumentaron del 11.5% en el 2001 al 12.4% en el 2002. El cuadro siguiente presenta las características financieras mencionadas.

Cuadro 15-1: Aspectos Financieros del H. Ayuntamiento de OPB y del MRS

Concepto	2001	2002
Excedente de ingresos (% de ingresos municipales totales)	5.62	6.21
Ingresos por tarifas de MRS (% de costos de MRS)	6.25	6.31
Costos de MRS (% de egresos municipales)	11.50	12.39
Costo por tonelada asumiendo generación de 120 ton/día (Pesos)	501.59	569.10
Ingreso por tonelada asumiendo generación de 120 ton/día (Pesos)	31.33	35.92

Fuente: Ayuntamiento OPB

En general, el desequilibrio financiero puede resultar de los ingresos bajos, costos elevados, o ambos factores. Los ingresos insuficientes en el MRS en OPB se debieron en parte al hecho de que las tarifas del servicio se aplicaron solamente a los negocios (7,919 firmas pagaron en Enero 2003), mientras que los usuarios residenciales no tenían la obligación de pagar las tarifas por el servicio de MRS. El potencial de ingresos de los usuarios residenciales del servicio de MRS es alto, ya que la población proyectada en Chetumal en el 2002 (2003) fue de 127,372 (130,257), resultando en 29,621 (30,292) familias, en base al tamaño familiar promedio de 4.3.

El aspecto ingresos del problema financiero es probable que tenga una solución política, ya que una reciente Ley Federal (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos) del 8 de Octubre del 2003 estableció el pago de las tarifas como una obligación de todos los usuarios del servicio de MRS. De acuerdo con esta nueva Ley Federal, el Equipo de Estudio preparó un reglamento municipal sobre el MRS en el Área de Estudio, y cuando este reglamento sea aprobado y promulgado por alguno o todos los Municipios en el Área de

Estudio, todos los usuarios del servicio de MRS – incluyendo los usuarios residenciales – en un Municipio tendrán la obligación de pagar las tarifas correspondientes. Si las tarifas de MRS se establecen en niveles apropiados y se actualizan periódicamente, se puede esperar un mejoramiento en los ingresos como resultado de la aplicación del reglamento propuesto sobre el manejo de los residuos sólidos.

El Equipo de Estudio consideró que una comprensión mejorada del costo de MRS por parte de los funcionarios del H. Ayuntamiento de OPB debería recibir mayor prioridad, tomando en consideración los siguientes hechos: (1) no existe una contabilidad de costo específica para el MRS; (2) la estimación de costos del MRS no constituye una operación rutinaria, requiriendo de un pedido especial a Contabilidad; (3) la estimación de costos del MRS se basa en la identificación de cuentas del presupuesto gubernamental; (4) existe dificultad en el monitoreo temporal de los costos del MRS debido a la escasez de datos cuantificados (por ejemplo costo por tonelada de basura recolectada), y (5) la ausencia de indicadores de desempeño dificulta enfocar y guiar las posibles medidas de mejoramiento.

15.2 Resumen

Resumen Narrativo	Alcances
<p>Meta General</p> <p>Implementación del Plan Maestro</p>	<p>La aplicación continua del programa sugerido para el registro sistemático y el cálculo del costo de manejo de residuos sólidos, como un instrumento para el control de costos, puede abrir las puertas a la auto-suficiencia financiera del servicio.</p>
<p>Propósito del Proyecto Modelo</p> <p>Cálculo y control de los costos del MRS en forma rutinaria, y formación de la mentalidad o actitud o conciencia sobre la provisión del servicio de MRS en base a costos e ingresos específicos del servicio, de tal manera a buscar la autosuficiencia financiera del servicio</p>	<p>El Ayuntamiento de Othón P. Blanco ha instalado y está usando el programa COSEPRE para el registro sistemático de los costos del MRS y la estimación de los costos de la recolección de los residuos sólidos y su disposición final. El alcance del Proyecto Modelo se ha limitado a los datos recolectados en los Proyectos Modelos sobre el Mejoramiento de la Recolección y el del Mejoramiento del Relleno Sanitario, con la cooperación de las otras dependencias municipales que manejan los datos sobre los precios y costos unitarios, pero fácilmente se puede extender a las otras actividades componentes como ser el barrido y la atención de parques.</p>
<p>Productos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mecanismo de captura de datos de otras dependencias municipales 2. Sistema de organización y procesamiento de datos capturados para su ingreso al programa 3. Criterios para el ingreso de datos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se ha establecido un mecanismo de captura de los datos necesarios que se encuentran en poder de las otras dependencias municipales, y se han establecido los canales de comunicación y cooperación que han mejorado notablemente durante la ejecución del Proyecto Modelo. 2. Los datos capturados muchas veces requieren de procesamientos previos para el ingreso al programa, y con el fin de facilitar este procesamiento se han preparado los cuadros o formatos necesarios. 3. El procesamiento referido arriba requiere de unos criterios, a veces contables, otras veces basados en la realidad, los cuales se han transmitido a las funcionarias municipales designadas para la ejecución del Proyecto Modelo.
<p>Aportes</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Personal 2. Softwares 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Ing. Masaru Obara, miembro del E/E estuvo a cargo del Proyecto Modelo, con el estrecho apoyo de la Ing. Ximena Alegría y del Ing. Ikuo Mori. Durante la ausencia del E/E, el Lic. Hiram Díaz estuvo a cargo del seguimiento. Por parte de la C/P, el Arq. Héctor Morín estuvo a cargo del Proyecto Modelo, contando con la colaboración de la Arq. María Dolores Velasco Té y la Lic. Lilibet Eunice Arjona Pérez. 2. Se hizo entrega del software COSEPRE con su Manual como el programa básico de estimación y control de costos a ser usados con base anual. Se han preparado los formatos o cuadros que facilitarían la captura y el procesamiento de los datos como resumen de grupos de datos en forma previa a su ingreso al programa. Además, para el control y estimación de costos por períodos analíticos más flexibles se ha entregado el programa "Costos de MRS" con su Manual correspondiente.

15.3 Evaluación

15.3.1 Evaluación General

El programa de estimación de costos COSEPRE ha sido instalado en varias computadoras del Ayuntamiento y su aplicación ha sido comprendida por los funcionarios municipales correspondientes. El programa está siendo utilizado para calcular los costos del MRS, específicamente los costos de la recolección de los residuos sólidos y los costos de

disposición final, como base para controlar el costo del manejo de residuos sólidos, esfuerzo que se espera continuará en el futuro.

Además, con el fin de proveer mayor flexibilidad a los esfuerzos de calcular y controlar los costos de MRS, se ha proveído otro programa específico identificado como “Costos de MRS” con su Manual correspondiente. Este programa servirá para el cálculo y el control de los costos directos del MRS durante períodos analíticos que pueden ser definidos de acuerdo al interés del analista o del administrador. Se trata de un programa flexible que posibilitaría el cálculo de los costos directos por cualquier período de tiempo, desde uno o varios días, aunque es más probable que el período mínimo de análisis sea de una o dos semanas.

a. Eficiencia

El costo del Proyecto Modelo se estima en 10,000 Pesos. En términos de costo, el Proyecto Modelo puede considerarse de alta eficiencia, ya que es alto el potencial de controlar y reducir los costos por montos muchas veces mayores, como resultado de la introducción de una mayor eficiencia en el servicio del MRS.

Los resultados de COSEPRE pueden ser objeto de análisis comparativo con los costos de MRS en Othón P. Blanco estimados con datos contables de 2002. Otro análisis puede verificar si los resultados obtenidos en el Proyecto Modelo sobre el Mejoramiento de la Recolección se encuentran reflejados en el costo calculado por COSEPRE. Y los resultados de COSEPRE deben ser objeto de análisis comparativo mensual durante los tres meses del Proyecto Modelo con el fin de analizar la evolución temporal del costo por tonelada del servicio. Estos análisis pueden indicar la escala de la eficiencia lograda.

b. Eficacia

Se puede considerar al Proyecto Modelo como un instrumento eficaz que puede contribuir a la formación de la capacidad de una agencia ejecutora, es decir, las oficinas municipales responsables por la provisión de los servicios de MRS.

Aunque el mejoramiento financiero del MRS puede ser un pequeño aspecto en el mejoramiento financiero del gobierno municipal, el cambio de mentalidad o actitud en el sentido de encarar la operación de un servicio público en base a los costos e ingresos propios, constituiría un avance en la administración pública municipal. Al extenderse esta mentalidad o actitud a otros aspectos de la administración municipal, será en su conjunto una contribución valiosa a la formación de la capacidad de ejecución del gobierno municipal.

c. Impacto

Se ha establecido el potencial de un alto impacto, dependiendo de una serie de factores como el uso real que se le pueda dar a la aplicación continua del programa, la interpretación correcta de los resultados obtenidos, y el uso práctico de estos resultados para la corrección de las actividades componentes del MRS que puedan estar incurriendo en altos costos.

Se espera que la importancia de encarar un servicio municipal en base a sus costos e ingresos continúe siendo comprendida y continúe siendo de interés de los funcionarios responsables de tomar las decisiones correspondientes. Es importante capturar los datos necesarios, procesarlos e ingresarlos en el programa con el fin de obtener los resultados. Pero la importancia real radicaría en la interpretación correcta que se le dé a los resultados obtenidos, y en la utilización de esos resultados en la toma de decisiones que mejoren el servicio de MRS. Si esta práctica se convierte en una actividad rutinaria, el impacto será alto.

d. Relevancia

La relevancia del Proyecto Modelo es incuestionable, ya que el registro sistemático de los costos y el cálculo de los costos como instrumento del control de los costos de MRS pueden convertirse en una tarea rutinaria en lugar de ser una tarea extraordinaria que se realiza solamente como respuesta a un pedido especial.

Al ser rutinario el registro y estimación de costos, se facilitaría el monitoreo de su evolución temporal, y este monitoreo permanente posibilitaría la toma de decisiones en forma oportuna para introducir las contramedidas tendientes a reducir los costos y lograr la autosuficiencia financiera en el MRS.

e. Sustentabilidad

La aplicación y el uso rutinario del programa pueden ser sostenibles dependiendo del interés continuo de las autoridades concernientes. Estas autoridades deberían ser los responsables de tomar las decisiones pertinentes y que tengan un fuerte y sincero interés en hacer que el servicio de MRS sea más eficiente.

El programa COSEPRE está siendo operado por parte de las dos funcionarias municipales designadas para la ejecución del Proyecto Modelo. La experiencia adquirida por estas dos funcionarias debe ser continuada y expandida con el apoyo incesante de sus supervisores y de los funcionarios directamente responsables del MRS y del manejo financiero del gobierno municipal.

15.3.2 Aspectos Inherentes al Proyecto Modelo

La aplicación práctica del programa COSEPRE requiere de una estrecha colaboración entre las diferentes dependencias del gobierno municipal. Esta colaboración puede presentarse inicialmente como una dificultad emanada del fuerte sentido de “propiedad” sobre los datos manejados por cada dependencia municipal. Este sentimiento de “propiedad” es comprensible, pero debe dar lugar a un espíritu de cooperación con el fin de alcanzar el bien común y una meta común, el mejoramiento del MRS. Lograr y mantener esta cooperación entre las diferentes oficinas es un reto constante.

Los datos concernientes al gobierno municipal deberían ser manejados en forma conjunta por todos los responsables de la administración pública de la ciudad, no como propiedad de una oficina particular dentro del gobierno municipal. Todos los funcionarios municipales concernientes deberían tener acceso a estos datos que son necesarios para diseñar e implementar las políticas requeridas, y poder tomar las medidas prácticas para beneficiar a los residentes de la ciudad.

15.4 Conclusiones y Recomendaciones

a. Conclusiones

- Se ha inculcado entre los funcionarios municipales concernientes la conciencia sobre la necesidad de encarar el servicio de MRS en base a los costos e ingresos específicos del servicio.
- El programa recomendado COSEPRE está siendo utilizado provechosamente en la Dirección de Desarrollo Urbano del H. Ayuntamiento de Othón P. Blanco.
- Se han establecido canales de comunicación y cooperación entre las diferentes dependencias del gobierno municipal.
- Los resultados obtenidos del programa están siendo analizados para su aplicación práctica en el mejoramiento de los servicios de MRS.

b. Recomendaciones

- El uso del programa COSEPRE debería ser extendida a otras oficinas municipales, especialmente a las de Contabilidad y Finanzas, y los funcionarios municipales interesados deberían ser brindados la oportunidad de aprender y usar este programa.
- El sistema de captura de datos para el programa COSEPRE debe ser continuamente mejorado de acuerdo a la experiencia acumulada por parte de los operadores del programa.

- Los resultados obtenidos deberían ser objeto de discusión entre los responsables directos del servicio de MRS y los representantes de finanzas, contabilidad, recursos humanos, desarrollo urbano, y educación. La clara comprensión de los objetivos que se buscan con la aplicación del programa COSEPRE puede mejorar la cooperación que se necesita entre las diversas dependencias municipales.
- Se debería buscar el mejoramiento continuo de la cooperación e intercambio de informaciones entre las diversas dependencias municipales.
- El programa “Costos de MRS” está escrito en Microsoft Access, y debería ser mejorado y modificado a fin de adaptarlo a las necesidades peculiares del municipio de acuerdo a la experiencia acumulada y a las necesidades que puedan surgir.

Capitulo 16

*Mejoramiento del Sitio de
Disposición Final en
el Municipio de Othón P Blanco*

16 Mejoramiento del Sitio de Disposición Final en el Municipio de Othón P Blanco

16.1 Antecedentes

Todos los residuos sólidos que se generan en la ciudad de Chetumal, actualmente son llevados al sitio de disposición de Calderitas. Los residuos depositados en este sitio se encuentran diseminados por toda el área sin material que los cubra. Como resultado, la lluvia penetra en los residuos generando una gran cantidad de lixiviados, los cuales son potenciales contaminantes de las aguas subterráneas.

Aunado a lo anterior, el sitio no cuenta con instalaciones que permitan conocer la cantidad de residuos que ingresan. La falta de información al respecto, como por ejemplo el peso de los residuos, dificulta la evaluación de las condiciones actuales y el manejo exitoso de los residuos sólidos.

Parte de estos problemas serán resueltos gracias al Proyecto Modelo, con la colaboración de especialistas del equipo de estudio de JICA y la C/P.

16.2 Resumen

El siguiente cuadro sintetiza los propósitos, resultados y consumos del Proyecto Modelo.

Resumen Narrativo	Logros
Meta General <ul style="list-style-type: none"> Se realiza el relleno sanitario por parte del municipio. 	<ul style="list-style-type: none"> El departamento de servicios públicos ha logrado una mayor comprensión de las operaciones del relleno sanitario.
Propósito del proyecto <ul style="list-style-type: none"> Mejorar las condiciones de operación del sitio de disposición actual. 	<ul style="list-style-type: none"> Se redujo la carga de trabajo al mejorar el tráfico. Los lixiviados provenientes de residuos se bloquearon con la compactación de la tierra.
Resultados <ul style="list-style-type: none"> Se previenen los lixiviados de residuos. Se reducen los incidentes de incendio. Se realizar un acceso fácil a la disposición de residuos. Se conoce la cantidad depositada de residuos. Se introduce un sistema computarizado. 	<ul style="list-style-type: none"> Los residuos fueron compactados y cubiertos con tierra. No ocurrieron incendios. Se construyeron caminos perimetrales. Se ha utilizado la báscula. Los datos obtenidos indicaron que la disposición promedio de residuos asciende a 161.6 ton/día.
Consumos <ul style="list-style-type: none"> Se asignaron al proyecto, personal profesional y asistentes tanto para el E/E como para la C/P. La asignación de fondos: \$16 millones de pesos. El E/E proveyó de manuales. Asesoría y Guía fueron provistas por el E/E a la C/P. La C/P ha puesto en práctica el plan. La C/P ha equipado dos buldózers. Una encuesta e investigación fueron llevadas a cabo con la finalidad de examinar las condiciones actuales para planear e implementar el proyecto en colaboración. Se designaron instalaciones con O&M por el E/E. 	

16.3 Evaluación

El proyecto se evaluó con base en el PDM así como en hallazgos de observaciones y entrevistas aplicadas.

La cantidad de gastos, tal como los fondos para el proyecto, fue pequeña pero la calidad de inversiones, como por ejemplo el personal profesional, fue alta. Por lo tanto, podría decirse que el proyecto alcanzó “*EFICIENCIA*”. Es necesario mencionar que el manejo administrativo del proyecto fue comprensivo y excelente.

El propósito del proyecto era mejorar la operación del sitio actual de disposición final. El propósito ha sido alcanzado por los resultados de control de lixiviados, reducción de acontecimientos de incendios, regeneración de la selva y el registro diario de la cantidad depositada de residuos en el sistema computarizado. Esos resultados son factores cruciales y están relacionados de manera estrecha al propósito del proyecto. Por lo tanto, podría indicarse que la “*EFFECTIVIDAD*” ha sido cumplida.

FONATUR está considerando actualmente ayudar al municipio con financiamiento para la construcción del relleno sanitario en Costa Maya. Este ha sido uno de los impactos significantes del proyecto. No hay hallazgo de otros “*IMPACTOS*” en economía, sociedad y política; sin embargo, el proyecto ha llamado la atención de cierto grupo de personas en cómo el tratamiento de la basura podría afectar al medio ambiente en la región. Los trabajadores del sitio y personal de manejo han obtenido conocimiento de los rellenos sanitarios y tienen ahora una visión general sobre su operación y manejo. Así, el “*IMPACTO*” técnico ha sido llevado a las personas que trabajan en el relleno sanitario.

Debido a que el medio ambiente es uno de los aspectos de desarrollo más importantes en México, este proyecto ha sido exitoso respecto a la “*RELEVANCIA*”.

La “*SUSTENTABILIDAD*” no puede ser reconocida en este momento. Las operaciones del relleno sanitario se han llevado a cabo como parte del proyecto; sin embargo, la realización de más operaciones es todavía cuestionable. El establecimiento de un sistema de fondos es la clave para su operación continua.

16.4 Conclusión y Recomendaciones

a. Conclusión

Como conclusión, existen varios elementos que surgieron de los resultados discutidos en este documento.

Primero, el proyecto modelo ha sido exitoso dentro de los términos del proyecto; sin embargo, aún hay dudas en que el relleno sanitario sea exitoso después de su entrega. Aparentemente, el municipio experimenta falta de presupuesto en cuanto a la operación de los residuos, debido principalmente a su dependencia en cuanto a financiamiento del gobierno central. Es muy difícil continuar con los trabajos públicos, tal como recolección de residuos sin requerir cuotas por parte de los residentes que se benefician de los servicios públicos. Esta es probablemente una de las razones por las que un bulldózer en el sitio se ha descompuesto momentáneamente.

En segundo lugar, aunque se encontraron pocas circunstancias negativas a lo largo del proyecto, se podría decir que éste concluyó de manera exitosa. Se obtiene que la diferencia entre los resultados de los trabajos de mejoramiento en el relleno y el relleno anterior, es bastante obvia en el sitio.

La vegetación que cubre los residuos se ha regenerado. Esto ha ocasionado un endurecimiento del suelo y de manera consiguiente previene posibles deslizos de tierra.

Asimismo, la construcción de nuevos caminos de acceso ha logrado una reducción en las cargas de trabajo. Este hecho indica que están intentando atacar los problemas en la medida de sus posibilidades.

Se asumió que la cantidad de residuos era 100 ton/día en peso o 200 m³/día en volumen, después de su compactación. Estas cantidades se calcularon en base en la población del área designada. Sin embargo, la cantidad actual de residuos fue de 162 ton/día o 324 m³/día en promedio, lo cual es un poco mayor de lo estimado. Los resultados indican que el vertedero rebasará su capacidad antes del tiempo de vida estimado de 5.1 años. Se asume que hay exceso de residuos, pero se desconoce el tipo.

Finalmente, en la secuencia de mantenimiento de registros, hay algunos errores humanos; sin embargo, esta es una clara indicación de que el acto de registrar está gradualmente siendo internalizado como parte de sus responsabilidades. Desde este punto de vista, se puede esperar un cambio positivo en los hábitos de trabajo en un corto periodo de tiempo. Como resultado, la cantidad de residuos sólidos depositados es conocida y esto conlleva a su manejo exitoso.

b. Recomendaciones

De las conclusiones mencionadas anteriormente se pueden obtener las siguientes recomendaciones.

Con la finalidad de utilizar al máximo la capacidad del relleno sanitario, se alienta la operación más frecuente de compactación de residuos y cobertura con tierra. Algunas acciones deberían tomarse inmediatamente para que las maquinarias de disposición se mantengan al día con sus cargas diarias. Además, un curso de inspección y mantenimiento es un componente importante para la operación de la maquinaria.

La mejor solución para detener el sobre flujo en un relleno sanitario es a través de la reducción de los residuos excesivos. Éstos pueden determinarse a través de la clasificación de los residuos sólidos recolectados.

Finalmente, el municipio ha fortalecido su capacidad para operar el sitio de disposición de manera propia a través de la implementación del proyecto modelo. Ésta es una indicación de que el municipio está técnicamente preparado para operar el relleno sanitario y probablemente este es el mejor tiempo para reconsiderar el proyecto suspendido, el cual es la instalación de un nuevo relleno sanitario en el área adyacente al sitio de disposición existente.

Capitulo 17

*Mejoramiento del Servicio de
Recolección en Othón P Blanco*

17 Mejoramiento del Servicio de Recolección en Othón P. Blanco

17.1 Antecedentes

El servicio de recolección en el municipio de Othón P. Blanco es realizado a través de la Dirección de Servicios Públicos Municipales en la ciudad de Chetumal, cabecera Municipal y en localidades aledañas a ella. En el resto del territorio, el servicio es gestionado directamente por las alcaldías con recursos aportados por el municipio.

El servicio dependiente de la Dirección de Servicios Públicos Municipales es realizado directamente por el Departamento de Imagen Urbana, el que ha planificado el servicio de recolección a nivel básico, lo que le permite establecer áreas de recolección y asignación de vehículos y de personal. Sin embargo, la planificación actual, no permite la optimización de los recursos, ni el control del servicio e independientemente de que éste se ha planificado para tener una cobertura del 100%, ello no se logra, observándose en algunos puntos de la ciudad acumulación de residuos en las vías públicas o la presencia de tiraderos ilegales en terrenos desocupados.

En términos generales, podemos decir que el servicio de recolección a cargo de la Dirección de Servicios Públicos Municipales, es eficaz, dado que logra recolectar la mayor parte de los residuos que se generan en el área de cobertura, sin embargo, no es eficiente, debido al bajo rendimiento logrado en el uso de los recursos, lo que repercute en los costos del servicio.

El aumento de costos debido a una inadecuada planificación más la falta de cobro por el servicio, en el corto plazo harán que éste sea inviable, pudiendo llegar a colapsar el sistema, por lo que se requiere tomar medidas a la brevedad posible para no alcanzar dicho estado.

Por otra parte, en el caso del resto de las localidades, y que cuentan con algún servicio de recolección, estos se desarrollan en base a las necesidades y disponibilidad de recursos, no contando las alcaldías delegaciones o subdelegaciones con infraestructura adecuada que pueda permita planificar, diseñar y fiscalizar un eficiente servicio de recolección.

Adicionalmente, la distribución de recursos que realiza el municipio, no siempre se ajusta a las necesidades reales de cada localidad, por lo que existen algunas localidades donde los recursos son insuficientes mientras que en otras estos son subutilizados.

La unión de los aspectos antes descritos, nos permiten decir, que la recolección de residuos sólidos municipales en Othón P. Blanco es ineficiente, debido a la falta de planeación y

diseño del servicio, y a la inadecuada organización que impide que el manejo de los residuos se realice en forma integral, aprovechando así economías de escala. Lo anterior aumenta considerablemente los costos del servicio, y reduce las posibilidades de aumentar la cobertura del servicio por falta de presupuesto.

Para revertir la situación actual, es conveniente impulsar un proyecto orientado a mejorar el servicio actual de recolección, logrando una eficiencia tal que permita en corto plazo reducir considerablemente los costos del servicio y aumentar la calidad del mismo, reforzar la organización del sistema de modo que el manejo de los residuos se diseñe en forma integral y así lograr una mejor distribución de los recursos que permitirá aumentar la cobertura hacia localidades más periféricas.

17.2 Resumen

a. Logros

El siguiente cuadro resume los propósitos, resultados e inversiones del Proyecto Modelo.

Resumen narrativo	Logros
Meta General P/M es implementado	<p>Con la implementación del proyecto modelo se ha optimizado el uso de los recursos, y reducir los costos del servicio. Las economías logradas pueden ser destinadas ya sea para aumentar la cobertura de recolección en otras localidades o mejorar la disposición final de los residuos, pudiendo así lograr dos objetivos particulares del P/M, "Proveer de un ambiente sanitario donde se vive" a través de la remoción de los desechos de las casas y comunidades y "Mitigar el impacto medio ambiental originado por los residuos" a través de una apropiada disposición de los residuos recolectados.</p> <p>La incorporación de otras localidades al programa de optimización del servicio, permitirá ampliar la cobertura del servicio de recolección logrando la implementación del P/M.</p>
Propósito del Proyecto Mejoramiento de la eficiencia de recolección en Chetumal	<p>Con la implementación del proyecto modelo se logró la planificación y diseño optimizado de las rutas, mejorando la eficiencia de recolección al reducir la jornada de trabajo, la distancia recorrida, y aumentar el rendimiento de los recursos, cumpliendo de esta forma con el propósito del proyecto.</p> <p>La entrada en operación del sistema de monitoreo y control de rutas, ha entregado información suficiente y necesaria, a través de la cual la D.S.P.M. ha diseñado un programa para optimizar las rutas que tienen menor eficiencia.</p> <p>El programa de control de rutas permitió detectar anomalías en el uso de recursos, poniendo en práctica la D.S.P.M una serie de medidas para controlar y eliminar tales situaciones, que impactará positivamente en la eficiencia del servicio.</p> <p>Las rutas optimizadas cuentan con una diagramación y puntos de control que facilitan la fiscalización y evitan la salida del recorrido como sucedía anteriormente.</p> <p>La información generada posibilita a la D.S.P.M. desarrollar los presupuestos para el servicio y a la vez estudiar una tarifa para el cobro del servicio.</p>
Mejoramiento de la recolección en pequeñas localidades	<p>Está en operación una unidad técnica, que está conformado por personal de la D.S.P.M y representantes de las alcaldías de Calderitas y Bacalar. Esta unidad actualmente está efectuando el análisis del servicio y elaborando un programa para la optimización del servicio en dichas localidades.</p>
Productos 1. Se reducen los costos de recolección	<p>A través de la optimización de las rutas se logró:</p> <p>Reducir el tiempo total de funcionamiento del camión en un 11%.</p> <p>Reducir las horas pagadas al personal operativo en un 11%.</p> <p>Incrementar el total de toneladas recolectadas por hora en un 3% como valor medio y en un 10% como máximo.</p> <p>Aumentar el rendimiento de toneladas recolectadas por ayudante hasta en un 8% en promedio un 3%.</p> <p>Los resultados anteriores se reflejan en la disminución de los costos directos del servicio, entre ellos combustible, lubricantes, mantenimiento del vehículo y costo de personal.</p>
2. Se programa la recolección	<p>Se confeccionaron planos de la diagramación de cada ruta optimizada, indicando en ellas los puntos de inicio y término de cada viaje, además de la ubicación de puntos de control para su fiscalización.</p> <p>La Dirección de Servicios Públicos Municipales incorporó dentro de su proceso administrativo y operacional el uso de la "hoja de ruta" para el levantamiento de la información de todas las rutas de recolección.</p> <p>Se diseño y entró en operación dos libros de cálculo en formato excel los que permiten el ingreso de la información levantada en la hoja de ruta, consolidación de la información por ruta y vehículo, calculo de los recursos utilizados (mano de obra, vehículo) y cálculo de indicadores de calidad. Estos instrumentos son utilizados para todo el servicio.</p> <p>La D.S.P.M asignó a dos técnicos en computación para el manejo de la información del servicio de recolección, quienes a la vez están a cargo de la información relativa al ingreso de vehículos en el tiradero. La coordinación de ambas actividades permite comparar ambos servicios, detectar si existe discrepancia entre ellos, las causas e informar a sus superiores para la aplicación de medidas correctivas.</p> <p>Entró en operación la aplicación de indicadores de calidad para todas las rutas, se establecieron valores metas para cada uno de ellas y se diseño un cuadro de prioridades para la optimización de las rutas.</p> <p>Se implementó un programa de fiscalización en terreno para verificar el cumplimiento de</p>

Resumen narrativo	Logros
	<p>los recorridos y calidad del servicio. Dicha fiscalización está programada en función de la eficiencia medida para cada ruta.</p> <p>La D:S.P.M. decidió confeccionar un informe mensual con el detalle de la operación del servicio de recolección, incluyendo un análisis de eficiencia del mismo. El propósito de ello es evaluar el servicio y tener los antecedentes necesarios para efectuar cambios y elaborar presupuestos.</p> <p>El personal técnico y de informática, está en condiciones de implementar la optimización de las demás rutas, y lograr que el 100% de ellas respondan a un diseño óptimo.</p>
<p>Se prepara un manual para el mejoramiento de la recolección</p>	<p>Se elaboró un manual de procedimientos para la optimización de rutas de recolección.</p> <p>Se elaboró un instructivo para el ingreso de datos y el uso de los libros de cálculo</p> <p>Se entrenó al personal en el uso de ambos documentos.</p>
<p>Se fortalece la coordinación entre el municipio y las pequeñas localidades</p>	<p>Se realizaron reuniones de coordinación entre los entes involucrados y se creó la Unidad Técnica.</p> <p>Las localidades están operando con la hoja de ruta, realizando el monitoreo de las rutas y remitiendo los datos a la D.S.P.M.</p> <p>La D.S.P.M. está dando el soporte técnico a las localidades para la optimización del servicio.</p> <p>Entró en operación la elaboración de un informe mensual con los antecedentes de los servicios de Chetumal y las otras localidades y la evaluación técnica y económica de cada servicio.</p>
<p>Aportes</p> <p>Personal E/E</p> <p>El equipo de trabajo fue liderado por la Ing. Ximena Alegría, quien estuvo a cargo de la estrategia, planificación, diseño y conducción de las actividades. El Lic. Hiram Díaz estuvo a cargo de la coordinación de información entre la D.S.P.M. y el E/E. La Lic. Citlali Suárez condujo la encuesta de opinión. El Ing. Mario Valle recopiló y analizó información de diversas fuentes.</p> <p>Personal C/P</p> <p>El Dr. Rodrigo Camín Director de la D.S.P.M. responsable de las decisiones adoptadas durante el desarrollo del proyecto, de la incorporación de nuevos procedimientos al servicio, y coordinación con otras localidades. El Ing. José Tut Wan a cargo de la revisión de coordinación de las actividades entre la D.S.P.M. y el E/E. Los Técnicos José Méndez y Edilberto Quintero participaron en todo el proceso de diseño de rutas, de la implementación y control de las mismas. El técnico Edilberto Quintero es el profesional a cargo de la coordinación entre las localidades y la D.S.P.M. Los Técnicos en informática Angelina Tut y Roberto Tun encargados del manejo y procesamiento de la información, como de la elaboración de los informes.</p> <p>Equipos</p> <p>El E/E donó al Municipio de Othón P. Blanco un computador e impresora, el que fue instalado en las oficinas de la D.S.P.M. para llevar el control del servicio de recolección.</p>	

b. Otros resultados

A continuación se entregan los resultados de las variables monitoreadas durante el transcurso del proyecto.

Cuadro 17-1: Resultados del monitoreo de rutas

Ruta N°	Datos	Inicial	Proyecto Modelo		
			Marzo	Abril	Mayo
	Días Trabajados	25	27	25	26
	Viajes totales	50	54	52	53
	Toneladas totales	179	193	179	186
2	Total ayudantes	54	54	50	52
	Horas/mes	245	240	223	226
	Hr. recolección/mes	184	186	185	184
	Combustible total	1.250	1.350	1.250	1.250
	Días Trabajados	27	27	27	25
	Viajes totales	54	51	51	48
	Toneladas totales	176	176	176	163
4	Total recolectores	54	54	54	49
	Horas/mes	245	239	236	216
	Hr. recolección/mes	190	193	188	170
	Combustible total	1.350	1.350	1.350	1.250
	Días Trabajados	13	15	11	13
	Viajes totales	26	30	21	27
	Toneladas totales	118	136	100	118
9	Total recolectores	26	30	22	26
	Horas/mes	132	123	92	112
	Hr. recolección/mes	83	87	69	89
	Combustible total	650	750	550	650
	Días Trabajados	12	13	10	12
	Viajes totales	24	26	19	23
	Toneladas totales	97	105	81	97
23	Total recolectores	24	26	20	22
	Horas/mes	128	111	80	103
	Hr. recolección/mes	84	83	59	81
	Combustible total	600	650	500	600

Se incluyen datos de tonelaje sólo para el mes de Mayo, periodo donde la báscula de pesaje en Calderitas, funcionó en forma permanente.

17.3 Evaluación

Considerando que los primeros meses no se tiene datos de tonelaje recolectado, y como las rutas optimizadas atienden la misma área, para evaluar los indicadores relacionados con el peso de los residuos, se ha supuesto un peso promedio por viaje determinado a partir de los datos de Mayo y en base a ello se calculó el tonelaje de los meses anteriores.

17.3.1 Eficiencia

a. Horas trabajadas en el mes

Con la optimización de las rutas se ha logrado reducir las horas trabajadas al mes considerando las cuatro rutas en un 11%. En la ruta 2 la reducción lograda es de 8%, para la ruta 4 de 12%, la ruta 9 de 15% y para la ruta 23 un 19%. Esta disminución en los tiempos de trabajo se debe al aumento de la eficiencia de recolección (ton/hora), aumento en el rendimiento de los trabajadores (ton/ayud/día), cumplimiento de la diagramación de las rutas y menor distancia recorrida, que de acuerdo a los nuevos recorridos se logró reducir hasta en un 15%.

La menor cantidad de horas trabajadas al mes, impacta en las horas de funcionamiento de los vehículos, reduciéndolas en el mismo porcentaje indicado anteriormente, con ello se logra disminuir los costos de mantenimiento, combustible y lubricantes.

La menor cantidad de horas trabajadas también repercute en los costos de personal, puesto que se han reducido las horas por jornada. En el caso de la ruta 2 en un 10%, la ruta 4 en 4%, la ruta 9 en 17% y la ruta 23 en un 21%, dando como promedio una reducción del 11%.

Actualmente la D.S.P.M. tiene establecido un sistema de bono a los trabajadores por sobre su sueldo, para cubrir los costos por horas extras. Como han demostrado los resultados, las demás rutas se pueden optimizar y realizarlas dentro de la jornada de trabajo y por lo tanto se puede pensar en eliminar este bono, provocando grandes economías al servicio.

b. Horas recolección vs horas trabajadas.

A través de la optimización de rutas se logró aumentar la cantidad de horas dedicadas a la recolección y disminuir las horas totales trabajadas, ello principalmente a la diagramación de las rutas y a la fiscalización de las mismas, que evitaron que el vehículo se saliera del recorrido, para recolectar residuos de otros sectores y que no son de su responsabilidad.

Con el proyecto modelo, las horas de recolección representan el 79% del tiempo total, anteriormente el 72% era dedicado a la recolección, ello en conjunto con la disminución del total del tiempo trabajado, indica e que el rendimiento de recolección por hora ha aumentado.

c. Toneladas recolectadas vs tiempo de recolección y tiempo total

El total de toneladas recolectadas por hora de recolección en promedio se incrementó en un 3%, siendo de un 1% para las rutas 4 y 9, de un 3% para la ruta 2 y 10% para la ruta 23.

Igualmente se incrementó el rendimiento de toneladas recolectas por hora trabajada, llegando a un 13% considerando las cuatro rutas, el mayor aumento de rendimiento es en la ruta 23 que fue de un 24% y el menor en la ruta 2 que logró un 5%.

Las eficiencias logradas están por debajo del óptimo fijado como meta que es de 2,0 ton/hr recolección., la ruta con mejor rendimiento es la 9 con 72% del valor meta. Ello se debe en parte a que se recolecta gran cantidad de residuos de poda (ramas, pequeños troncos, hojas, etc.), lo que demanda bastante tiempo y además el vehículo completa su carga por volumen y no por peso.

d. Toneladas vs ayudante día

Se incrementó en un 3% el rendimiento diario del ayudante de recolección, el aumento fue mayor en la ruta 2 llegando a un 8%, en las ruta 4 y 9 el aumento es mínimo y en la ruta 23 llegó a 3%. El rendimiento se ve fuertemente afectado por la forma en que los usuarios disponen sus residuos o en el lugar donde los almacenan, en especial para la ruta 2 y 4 que en muchos caso los recolectores deben ingresar a la propiedad para retirar los residuos, retardando considerablemente las labores. Con respecto al valor meta fijado, la ruta 9 logra tener un rendimiento igual al óptimo, la ruta 23 alcanza el 93% del óptimo, las rutas 2 y 4 están por debajo del óptimo llegando a 80% y 73% respectivamente del valor.

e. Consumo de combustible

La disminución de las horas de trabajo en el mes y la reducción de la distancia recorrida, inciden en el consumo de combustible, y se espera una disminución de este gasto. Sin embargo, como la D.S.P.M mantiene en operación el sistema de asignación de una cantidad fija de vehículo por día, no fue posible determinar el gasto real y con ello la disminución lograda.

Si se analiza la disminución lograda en el tiempo de funcionamiento de camión, la distancia recorrida al mes y el aumento de las horas de recolección, el consumo de combustible debiera experimentar una baja de aproximadamente el 10% en relación al consumo inicial, que no necesariamente coincide con el valor asignado.

17.3.2 Eficacia

El propósito del proyecto se logró puesto que el diseño de las rutas permitió mejorar el rendimiento de recolección, el rendimiento del personal, reducir las distancias recorridas y la jornada de trabajo.

Con la optimización de las rutas se logró un control sobre los recursos, la cuantificación de ellos y la minimización de los mismos.

La optimización del servicio y el control de los recursos, permitió reducir considerablemente los costos directos del servicio de recolección de las rutas optimizadas. La aplicación de este modelo a las otras rutas generará ahorros importantes en la D.S.P.M., quien podrá utilizar dichos ahorros en el mejoramiento de la disposición final de los residuos, cumpliendo con las metas del P/M.

17.3.3 Impacto

Uno de los principales impactos positivo del proyecto modelo es que la D.S.P.M. ha podido comprobar que es posible contar con un servicio de recolección que responde a una planificación y diseño técnico a través del cual se logra fiscalizar el servicio, reducir los costos y brindar un servicio de calidad.

Lo anterior a su vez ha tenido un impacto positivo sobre los procedimientos de la D.S.P.M, se han tomado decisiones que permitieron la incorporación de nuevos sistemas de control y fiscalización, tanto en terreno como por medio del procesamiento de la información, adicionalmente se han tomado una serie de medidas para el control de los recursos, dentro de ello el manejo de combustible y selección de personal idóneo.

La implementación del proyecto piloto ha tenido un impacto positivo sobre los costos directos del servicio, reduciendo los costos de personal, mantenimiento, combustible y lubricantes.

El proyecto ha tenido un fuerte impacto sobre la conducta de los trabajadores, la mayor fiscalización ha impedido que ellos utilicen los vehículos para la recolección de residuos de privados, y para mejorar su rendimiento.

En la medida que la D.S.P.M. ha obtenido mayor información del servicio ha podido detectar problemas, principalmente relacionadas con el personal, el que hace uso inadecuado de los recursos o cobra por el servicio, esto ha tenido un impacto positivo, pues se han ido aplicando una serie de medidas que permitirán corregir y/o eliminar estos vicios y a la vez contar con personal idóneo para las tareas.

El proyecto modelo ha motivado a todo el personal técnico a involucrarse en las distintas actividades del servicio, y a participar activamente en la formulación de soluciones y medidas para mejorar la eficiencia.

La centralización de la información del servicio de disposición final y de recolección ha tenido un impacto positivo al integrar las actividades y lograr que el servicio se maneje en forma global, más aún al incorporar a otras localidades.

El proyecto ha tenido un impacto positivo multiplicador en la D.S.P.M., primero ha motivado al personal técnico a involucrarse en el diseño y a fijarse metas, lo que los lleva a promover soluciones y efectuar una constante fiscalización en terreno y de la información obtenida a partir del procesamiento de datos. Esto por una parte ha motivado al personal de informática a actualizar constantemente la información y por otra ha obligado y motivado al personal operativo a cumplir correctamente con sus funciones, mejorando la calidad del servicio. Como resultado de lo anterior, la D.S.P.M. ha generado cambios en su gestión que conllevan a mejorar la eficiencia del servicio.

El procesamiento de la información ha permitido tener un amplio conocimiento sobre el servicio y a la vez tener las herramientas necesarias para proyectar los costos y requerimientos de éste, aspecto que previamente era desconocido para el Municipio. Hoy el Municipio está en condiciones de calcular y programar los costos anuales y formular una tarifa por el cobro de aseo, lo que impactará positivamente el presupuesto del Ayuntamiento.

La incorporación de otras localidades al sistema de manejo de información y optimización de rutas, permitirá mejorar el servicio de recolección en todo el municipio de Othón P. Blanco y a la vez realizar una mejor distribución de los recursos, impactando positivamente a toda la comunidad.

17.3.4 Relevancia

La optimización de las rutas de recolección y la minimización de los costos permitirá al municipio redistribuir los recursos, aumentando los relacionados con la disposición final, permitiendo la implementación de las medidas propuestas en el P/M en esta materia.

17.3.5 Sustentabilidad

A través de las distintas medidas adoptadas por la D.S.P.M. como ser el nuevo control de recursos, selección de personal, evaluación mensual de rutas, cumplimiento de metas propuestas, programa de optimización de rutas, coordinación del servicio con otras localidades, etc. se asegura la sostenibilidad del proyecto.

La D.S.P.M ha tomado como objetivo principal la optimización del servicio de recolección, para así poder en corto plazo aplicar una tarifa de cobro a los usuarios y con ello mejorar la disposición final, aspecto de gran relevancia para la sostenibilidad del proyecto.

La D.S.P.M. cuenta con personal e infraestructura adecuada que le permitirá planificar, diseñar y operar en forma eficiente el servicio de recolección.

17.4 Conclusiones y recomendaciones

17.4.1 Conclusiones

La estrategia y medidas propuestas para el P/M se están cumpliendo

La optimización y el control del servicio de recolección logrado, ha demostrado a la D.S.P.M. que éste es factible de mejorar considerablemente a través de un plan racional de recolección, lo que le permitirá no sólo aumentar la eficiencia y calidad del servicio sino además alcanzar un adecuado nivel de competitividad, y lograr una importante reducción de los costos.

Durante el desarrollo de la experiencia han quedado en evidencia una serie de problemas que afectan la calidad y eficiencia del servicio, y que no guardan relación con el diseño del mismo, sino con actividades paralelas que realizan los conductores y recolectores. Estos problemas deben ser eliminados ante de la optimización de rutas y para así lograr un resultado efectivo.

Además de aumentar la eficiencia del servicio, también se ha mejorado la calidad del mismo, cumpliendo con los días de atención y horarios establecidos y efectuando una recolección óptima, donde después de efectuado el servicio no se observan residuos dispersos en las calles. Estos logros han sido posible debido a la constante participación de todo el personal que formó parte de este proyecto modelo, quienes pusieron en práctica los conocimientos adquiridos a través del programa de capacitación. La adecuada diagramación y el control diario de los parámetros monitoreados por parte del personal técnico, permitió hacer los ajustes necesarios en las rutas. La constante fiscalización de las rutas, aseguró el cumplimiento de los recorridos y con ellos la cobertura del servicio. Por último, la correcta ejecución de la ruta, del levante y carga de residuos, incidieron fuertemente en el aumento de los rendimientos y efectividad del servicio.

La D.S.P.M ha coincidido en la importancia de optimizar el servicio y en la necesidad de formular en corto plazo un cobro por el servicio de aseo, que le permitirá asegurar la sostenibilidad del mismo.

Las alcaldías están interesadas en mejorar y controlar el servicio de recolección y están dispuestas a cooperar con la D.S.P.M. para alcanzar el objetivo.

17.4.2 Recomendaciones

Con el propósito de aumentar los rendimientos del personal y que las economías logradas por la optimización de rutas se reflejen en un menor costo del personal, se recomienda modificar el sistema de pago de bonos al personal, pagando exclusivamente las horas trabajadas. Ello se puede realizar puesto que el nuevo sistema de control de rutas permite conocer las horas efectivamente trabajadas.

Se recomienda eliminar la asignación de una cantidad fija de combustible por vehículo, que impide cualquier control sobre el recurso. En la actualidad hay variaciones sobre el 20% de consumo para un mismo vehículo, lo que impacta fuertemente los costos del servicio. De no ser posible una asignación de acuerdo a los requerimientos reales, se recomienda establecerla en base a las características del vehículo y de la ruta atendida (horas trabajadas, distancia recorrida).

Se recomienda efectuar una mayor fiscalización en terreno de las rutas, con el de asegurar el cumplimiento de los recorridos.

Se recomienda efectuar por separado la recolección de residuos domiciliarios de residuos vegetales (principalmente restos de podas), ello con el propósito de mejorar la eficiencia de recolección, evitar el daño al equipo compactador por parte de elementos de sobretamaño, y utilizar al máximo la capacidad de carga del vehículo. Esta medida apunta a aquellos residuos que se encuentran frente a las viviendas y en gran volumen, en este caso, la forma de operar podría ser mediante la identificación del lugar por parte del conductor, quien posteriormente avisa a la Dirección y ésta programa un camión tolva para su recolección en horario de la tarde cuando hay menos actividades. Los residuos recolectados pueden ser llevados al tiradero, donde se disponen en un lugar especial para la elaboración de compostas.

Se recomienda adquirir nuevos camiones para reemplazar los camiones tipo llaverito y volquete, dado su bajo rendimiento y que no son aptos para el servicio que actualmente realizan. Mientras se realiza el reemplazo de los vehículos se recomienda evaluar técnica y económicamente si resulta conveniente seguir utilizando los vehículos tipo llaverito para la recolección de residuos domiciliarios, ello debido al alto consumo combustible y el bajo rendimiento que presentan. En base a los resultados, se propone evaluar la alternativa de efectuar las rutas atendidas por estos camiones en horario de tarde con vehículos compactadores y utilizar los llaverito exclusivamente para el retiro de podas o residuos comerciales de gran tamaño.

Capitulo 18

*Mejoramiento del
Servicio de Recolección
en Felipe Carrillo Puerto*

18 Mejoramiento del Servicio de Recolección en Felipe Carrillo Puerto

18.1 Antecedentes

El municipio de Felipe Carrillo Puerto, presenta una baja cobertura en el servicio de recolección de residuos municipales (domiciliarios, comerciales, institucionales, etc.). En efecto, el servicio sólo se realiza en la ciudad Felipe Carrillo Puerto, cabecera del municipio, en el resto de las localidades agrupadas en Alcaldías, Delegaciones y Subdelegaciones, sólo se ejecutan algunos programas específicos, como el de descacharrización, que se lleva a cabo una o dos veces en el año. En estas localidades, generalmente la eliminación de residuos se realiza a través de la quema. Por otra parte, el servicio de recolección en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto, que está a cargo de la Dirección de Servicios Públicos Municipales, sólo cubre parte del área atendiendo aproximadamente a 9.000 habitantes de un total de 19.000. lo que representa una cobertura del 47% en la ciudad, y una cobertura del 18% en todo el municipio.

Las razones de esta baja cobertura, están relacionadas con el reducido presupuesto que dispone el municipio para estas actividades, entre el 10 al 12% del presupuesto total, el mal estado de los vehículos de recolección y la inexistencia de planeamiento del servicio.

La inexistencia de planeamiento del servicio queda de manifiesto al no contar la Dirección de Servicios Públicos Municipales con un diseño racional del servicio, lo que lleva generalmente a improvisar los recorridos, los que en muchos casos duplican o triplican la atención en algunos sectores en desmedro de otros que no son atendidos. Adicionalmente, la falta de fiscalización del servicio como de levantamiento de información de terreno, impide que tanto la Dirección como el Municipio tengan una visión clara de las necesidades del servicio.

La situación anterior, puede ser revertida si se impulsa un programa destinado a mejorar el servicio actual de recolección, logrando una eficiencia tal que permita en corto plazo aumentar la cobertura del mismo. El proyecto modelo considerado apunta a lograr este mejoramiento, involucrando las siguientes fases:

- Diseño del servicio de recolección a través de un criterio técnico,
- Implementación de rutas de acuerdo al diseño propuesto
- Preparación de un Plan para expandir la cobertura
- Preparación de un Manual, que constituirá la herramienta básica para expandir la experiencia a las otras localidades

18.2 Resumen

18.2.1 Logros

El siguiente cuadro resume los propósitos, resultados e inversiones del Proyecto Modelo.

Resumen Narrativo	Logros
Meta General P/M es implementado	La ejecución del proyecto modelo ha permitido retirar los desechos de un mayor número de casas y colonias, cumpliendo de esta forma con uno de los objetivos particulares de P/M que es el de "proveer de un medio ambiente sanitario donde se vive". De hecho la tasa de recolección en el área urbana creció del 27% al 49%.
Propósito de Proyecto Mejoramiento de la cobertura de recolección en Felipe Carrillo Puerto	<p>La ciudad de Felipe Carrillo Puerto cuenta con un nuevo servicio de recolección, el que se brinda en forma continua y dentro de los horarios establecidos.</p> <p>Se ha logrado aumentar la cobertura de recolección y mejorar el servicio en general, utilizando los mismos recursos existentes antes de iniciar el proyecto modelo.</p> <p>Con la implementación del proyecto modelo se logró aumentar la cobertura del servicio en el municipio (área urbana) del 27% al 49%.</p> <p>El P/M considera como meta para el año 2007 una cobertura igual a 70,1% para el grupo urbano 6, conformado por Felipe Carrillo Puerto y Señor, el proyecto modelo logró superar dicha meta llegando a una tasa de recolección del 74%.</p> <p>El diseño del servicio de recolección ha permitido optimizar el uso de los recursos.</p> <p>El mejoramiento de la cobertura se hace evidente al observar que la actividad de quema de residuos ha disminuido al igual que el volumen de residuos dispuestos inadecuadamente en terrenos baldíos y vía pública.</p> <p>La cantidad de usuarios se ha incrementado en un 78% con respecto al valor inicial. Estos nuevos usuarios se han acostumbrado a que sus residuos sean retirados de sus viviendas e inclusive en respuesta a ello han mejorado el sistema de almacenamiento de los mismos, en especial sector centro y área comercial, lo anterior obliga a D.S.P.M. ha mantener el nuevo servicio de recolección, asegurando su sostenibilidad.</p>
Productos 1. Se mejora la cobertura de recolección	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se puso en operación un nuevo servicio de recolección para Felipe Carrillo Puerto cuyo diseño se basó en criterios técnicos, que permitieron el uso óptimo de los recursos disponibles. ✓ El número de usuarios que es atendido por el nuevo sistema de recolección es un poco mayor a 16.000 habitantes lo que representa un incremento de la cobertura en la ciudad de F.C.P. del 78%. ✓ Se confeccionaron planos del servicio y de cada una de las rutas, con su correspondiente diagramación, las que son utilizadas por los conductores para efectuar el recorrido y por el supervisor para la fiscalización de ellas. ✓ La Dirección de Servicios Públicos Municipales incorporó dentro de sus procesos administrativos y operacionales el uso de la Hoja de Ruta, que permite el levantamiento de información de campo del servicio. ✓ Se diseño y entró en operación una planilla computacional para el ingreso y manejo de los datos obtenidos a través de la hoja de ruta y una planilla para la consolidación de la información y el cálculo de los indicadores. ✓ Se implementó un programa de fiscalización en terreno para verificar el cumplimiento de los recorridos y la calidad del servicio. ✓ Entró en operación el uso de indicadores, fijando para cada uno de ellos valores metas y por los cuales se evalúan mensualmente las rutas, y se efectúan las correcciones necesarias. ✓ El Municipio decidió incorporar a la Dirección de Servicios Públicos Municipales un técnico el que está a cargo del manejo computacional y procesamiento de la información de campo, de la elaboración de informes mensuales, y de la evaluación de las rutas a través del uso de indicadores. ✓ Mensualmente se está elaborando un informe sobre el desarrollo del servicio, donde se entrega la información consolidada por rutas, vehículo y personal. La información consolidada permite controlar los recursos, principalmente combustible y horas hombre, previo a la implementación del proyecto modelo, dichos controles no existían. ✓ El número de horas trabajadas al mes disminuyeron, al igual que el número de viajes. ✓ El personal de D.S.P.M. está capacitado para efectuar el diseño del servicio de

Resumen Narrativo	Logros
	recolección, pudiendo extender la experiencia a otras áreas de la ciudad o comunidades.
2. Se prepara un manual para la planificación y diseño del servicio de recolección	✓ Se elaboró un manual de procedimientos para el diseño del servicio de recolección y optimización de rutas de recolección. ✓ Se elaboró un instructivo para el ingreso de datos y el uso de las planillas de cálculo. ✓ Se entrenó al personal técnico en el uso de ambos documentos
Aportes Personal E/E El equipo de trabajo fue liderado por la Ing. Ximena Alegría, quien estuvo a cargo de la estrategia, planificación, diseño y conducción de las actividades. El Lic. Hiram Díaz estuvo a cargo de la coordinación de información entre la D.S.P.M. y el E/E. La Lic. Citlali Suárez condujo la encuesta de opinión. El Ing. Mario Valle recopiló y analizó información de diversas fuentes. Personal C/P El Ing. Eduardo Escalante de la Dirección de Obras Públicas estuvo a cargo de la coordinación de las actividades entre el Municipio y el E/E. El Director de Servicios Públicos Sr. Noé Baena fue el encargado de aprobar el nuevo diseño del servicio de recolección y de la incorporación de nuevos procedimientos administrativos y de control al servicio. El Técnico Manuel Góngora participó en todo el proceso de diseño de rutas y estuvo a cargo de todas las actividades de campo. El Técnico César Guzmán fue el encargado del manejo y procesamiento de la información. El biólogo José Guerrero, funcionario de SEDUMA, realizó las tareas de coordinación entre el municipio y este organismo. Equipos El E/E donó al Municipio de Felipe Carrillo Puerto un computador e impresora, el que fue instalado en las oficinas de la D.S.P.M. para llevar el control del servicio de recolección. Se confeccionó el manual borrador y se entregó al C/P para su revisión y comentarios. Posteriormente se editó la versión final.	

18.2.2 Otros resultados

A continuación se entregan los resultados de las variables monitoreadas y de los indicadores obtenidos durante el desarrollo del proyecto modelo.

- ✓ Población atendida por el proyecto

En el cuadro siguiente se entregan los antecedentes con respecto a la cobertura del servicio de recolección antes y después de la implementación del proyecto modelo.

Población Urbana Total	33.025	Hab.
Población Grupo Urbano 6	21.784	Hab.
Población Atendida Inicialmente	9.000	Hab.
Población Atendida con Proyecto Modelo	16.044	Hab.
Cobertura Inicial Area Urbana	27%	Hab.
Cobertura Inicial Grupo 6	41%	Hab.
Cobertura Proyecto Area Urbana	49%	Hab.
Cobertura Proyecto Grupo Urbano 6	74%	Hab.

- ✓ Resultados monitoreo del servicio.

El cuadro muestra los resultados mensuales par las variables de control del servicio.

Cuadro 18-1: Resultado del monitoreo de rutas

Mes	Horas trabajada	Horas de recolección	Nº de viajes	Consumo combustible
Enero	732	488	301	3.474
Febrero	680	486	218	2.867
Marzo	691	511	218	2.698
Abril	682	516	224	2.598
Mayo	669	497	210	2.605
Promedio Proyecto	680,5	502,6	217,5	2.692,0

18.3 Evaluación

Dado que antes de implementar el proyecto modelo, el servicio respondía más bien a una programación diaria, donde a los vehículos se le asignaban sectores o avenidas, la evaluación del proyecto se realizó sobre la base de los datos mensuales del servicio.

18.3.1 Eficiencia

Se evaluó la eficiencia lograda por el proyecto modelo en función de los resultados obtenidos para las distintas variables controladas durante su desarrollo.

a. Horas trabajadas en el mes:

Con la operación del nuevo servicio de recolección se ha logrado reducir el número total de horas trabajadas en todo el servicio en un 7% en relación a la situación inicial, además en este menor número de horas se logra atender 7.000 usuarios más, lo que significa que el rendimiento actual es de 23,6 usuarios/hr trabajada, previo a la implementación del proyecto el rendimiento era de 12 usuarios/hr trabajada. Por lo tanto los costos asociados a mano de obra directa a través de la implementación del proyecto se han reducido lo que incide en la tarifa y permite reducir los costos por usuario atendido.

Adicionalmente las horas dedicadas a recolección aumentaron en un 3% al implementar el proyecto modelo, lo que unido a la disminución de las horas totales, nos indica que el vehículo dedica menos tiempo a transporte y disposición final. Operando bajo el diseño optimizado, del total del tiempo trabajado el 74% se dedica a recolección, anteriormente era de 67%.

b. Número de usuario por vehículo

Esta variable nos permite establecer el rendimiento que tiene el recurso vehículo. Los valores alcanzados antes y durante el proyecto modelo fueron de 2.250 y 4.000 habitante/vehículo recolección respectivamente, es decir se aumentó en un 77% el número de usuarios atendidos por la flota actual de vehículos. Al optimizar el uso de este recurso, se pudo lograr la cobertura propuesta y reducir los costos por transporte.

c. Número de viajes mes

El total de viajes en el mes ha disminuido en un 28% con la aplicación del proyecto modelo, por lo tanto se ha aumentado la capacidad de transporte por vehículo. De hecho, si se considera las producciones per cápita adoptadas en el diseño del servicio, el total de toneladas por viaje ha aumentado de 0,7 a 1,8 ton/viaje, que equivale a un aumento de la eficiencia del transporte del 108%. Esta situación es el resultado de la aplicación de un servicio de

recolección donde las rutas están diseñadas bajo criterios técnicos y por lo tanto no quedan al parecer del conductor, evitando así la dualidad de recorridos, minimizando los tiempos de transporte y asegurando la recolección en todo el sector asignado. La mayor eficiencia de transporte de la flota, reduce los costos operacionales del servicio (personal, lubricantes, combustibles, mantenimiento, etc.).

d. Consumo de combustible

Con la implementación del proyecto modelo se ha logrado reducir el consumo mensual de combustible de 3.500 L/mes a 2.700 L/mes, esto representa un consumo de 15,6 L/ton y 7,2 L/ton de combustible respectivamente, logrando una reducción del 54% en los costos de combustible por tonelada recolectada. La disminución del consumo de combustible no tan sólo es el resultado de la implementación de un diseño optimizado si no también a un adecuado y constante programa de fiscalización.

e. Costos del servicio

Es evidente que las eficiencias logradas con la implementación del proyecto modelo han tenido un impacto sobre los costos del servicio, si bien esto no se observa directamente en los costos globales para el municipio (los costos mensuales se han mantenido casi constantes), si es claro cuando evaluamos los costos unitarios. El costo del servicio tiene un valor aproximado de 1,2 millones de pesos anuales, si se utiliza la producción de residuos estimada en el diseño de las rutas, las toneladas anuales recolectadas antes y después de la implementación del proyecto son 2.673 ton/año y 4.766 ton/año respectivamente, por lo tanto con la aplicación del proyecto modelo se logró llevar el costo unitario de 448,9 \$/ton a 251,8 \$/ton, que representa una disminución del 44%.

Además de aumentar la eficiencia del servicio, también se ha mejorado la calidad del mismo, cumpliendo con los días de atención y horarios establecidos y efectuando una recolección óptima, donde después de efectuado el servicio no se observan residuos dispersos en las calles.

Estos logros han sido posibles debido a la constante participación de todo el personal que formó parte de este proyecto piloto, quienes pusieron en práctica los conocimientos adquiridos a través del programa de capacitación y a la vez lograron la captura y manejo de datos que permitieron la evaluación del servicio, apoyados por el uso eficiente del equipo computacional donado.

18.3.2 Eficacia

El propósito del proyecto se logró, puesto que se ha incorporado al servicio de recolección un total de 7.000 usuarios más, aumentando la cobertura en el área urbana de un 27% a un 49%, y en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto de 41 a 74%, sin que ello significara incrementar el uso de recursos.

El P/M, fija como meta para el año 2007 una tasa de recolección para el grupo urbano 6 (comunidad de Felipe Carrillo Puerto y Señor) de 70,1%, con la implementación del proyecto, la tasa de recolección lograda para el mismo segmento de la población fue de 73% aproximadamente, lo que demuestra la eficacia lograda.

Adicionalmente, bajo la operación del nuevo sistema de recolección se han optimizado los recursos, aumentando la eficiencia global del servicio.

El proyecto ha sido eficaz porque ha logrado mejorar la cobertura y calidad del servicio, los residuos son recolectados diariamente en la jornada y horarios establecidos, aspecto que ha repercutido positivamente en la calidad de vida de las personas, disminuyendo las prácticas de quema y mala disposición residuos en sitios vacíos y vías públicas.

18.3.3 Impacto

El principal impacto de la aplicación del proyecto modelo es el aumento de la cobertura del servicio de recolección, pudiendo lograr los valores fijados como valores meta para el año 2007 del P/M.

También ha tenido un impacto positivo sobre los costos del servicio, puesto que se logró optimizar el uso de los recursos.

Dentro de la comunidad el proyecto ha generado una serie de impactos positivos, quizás el más importante tiene que ver con el mejoramiento de la calidad de vida, puesto que al recolectar sus residuos en forma regular, estos no son quemados o dispuestos en los patios de sus viviendas y/o calles.

Otro impacto positivo dentro de la comunidad es la formación de una cultura para el manejo de sus basuras, ya que cambiaron la forma de manejar sus residuos, ahora los almacenan y acondicionan frente a sus domicilios dentro del horario de pasada del camión recolector, e inclusive algunos han incorporado el uso de pequeños contenedores, evitando de esta forma que las basuras permanezcan periodos largos en la calle y que sean esparcidas por los animales. Estos cambios de hábitos también tienen que ver con el manejo final que se les daba, como se mencionó en el punto anterior.

Los impactos para la Dirección de Servicios Públicos Municipales, también son positivos, el diseño del servicio de recolección unido a los procedimientos de control del mismo, han tenido un efecto multiplicador, primero han motivado al personal técnico a involucrarse en el diseño y a fijarse metas, lo que los lleva a efectuar una constante fiscalización en terreno y verificar el adecuado uso de los recursos. La adecuada fiscalización del servicio a su vez ha obligado y motivado al personal de operación a cumplir correctamente sus labores, mejorando la calidad del servicio. La unión de lo anterior ha resultado en la formación de una cultura dentro de la Dirección, que da sostenibilidad al proyecto.

También se aprecian impactos positivos para el personal, considerando que se han eliminado algunos vicios y las horas de trabajo se distribuyen uniformemente, lo que se traduce en una jornada más corta para todos los operarios.

El control del desarrollo del servicio ha permitido tener un amplio conocimiento sobre las características de éste y a la vez tener las herramientas necesarias para proyectar los costos y requerimientos del servicio, aspecto que previamente era desconocido para el Municipio: Hoy el Municipio está en condiciones de programar los costos anuales y formular una tarifa por el cobro de aseo, lo que impactará positivamente el presupuesto del Ayuntamiento.

18.3.4 Relevancia

El aumento de la cobertura de recolección y optimización de los recursos, constituye uno de los mecanismos a través de los cuales se podrá lograr las metas del P/M, de ahí su relevancia.

18.3.5 Sustentabilidad

El proyecto va a tener sustentabilidad en la medida que D.S.P.M. tenga disponibilidad de vehículos, que es el único aspecto débil dentro del sistema, ya que el servicio está diseñado en forma óptima, el personal técnico está capacitado para modificar el diseño y el personal operativo desarrolla sus funciones de acuerdo a lo programado. En relación a este aspecto, el Municipio tiene considerado para este año la compra de dos vehículos de recolección, de ser así, la sostenibilidad del proyecto está asegurada.

Es importante hacer notar, que todo el personal que conforma la D.S.P.M. así como los demás funcionarios que participaron del proyecto modelo, están ya acostumbrados a las prácticas que demanda el nuevo servicio de recolección. Prácticas que en una primera etapa les originó importantes cambios en su conducta de trabajo, y por lo tanto se oponían a ellas, pero en la medida que fueron observando los resultados, su posición cambió, modificando sus hábitos, aspecto de mucha importancia para asegurar la sostenibilidad del proyecto.

18.4 Conclusiones y recomendaciones

18.4.1 Conclusiones

La estrategia y medidas propuestas en el P/M se están cumpliendo.

Las autoridades del Municipio han coincidido que el adecuado manejo de los residuos les permitirá mejorar las condiciones de vida de la comunidad, reducir las enfermedades gastrointestinales y minimizar los impactos negativos sobre el medio acuático.

La implementación del proyecto modelo ha generado una cultura del manejo de residuos tanto en la D.S.P.M. como en la comunidad.

Con el nuevo sistema adoptado por la D.S.P.M. para desarrollar y controlar el servicio el H. Ayuntamiento está en condiciones de estudiar una tarifa de cobro para éste, de modo de obtener los ingresos que requiere para efectuar la reposición de los equipos y aumentar la cobertura a otras comunidades.

El adecuado diseño del servicio y control del mismo ha demostrado al municipio que es un mecanismo eficiente a través del cual se puede aumentar la cobertura de atención.

Las autoridades del Municipio han comprendido la necesidad de establecer en corto plazo un cobro por el servicio de aseo, que les permitirá mantener el nuevo servicio y ampliarlo a otras comunidades.

La comunidad está consciente de la importancia del adecuado manejo de las basuras y está dispuesta a colaborar con las actividades que realice el municipio dentro de éste ámbito.

18.4.2 Recomendaciones

Los objetivos formulados en el P/M de Manejo de Residuos Sólidos deben considerarse como parte de los planes de desarrollo del municipio.

Estudiar técnicamente y aplicar en el corto plazo una tarifa de cobro del servicio. Una buena alternativa es cobrar en una primera instancia al sector comercio y grandes generadores y posteriormente a la comunidad. En este último caso, el cobro puede estar asociado a la aplicación de un subsidio dirigido exclusivamente al sector de más bajos ingresos.

Aprobar y aplicar en corto plazo el Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Manejo Integral de los residuos Sólidos Urbanos.

Comprar dos camiones con tolva compactadota y mejorar el estado mecánico de los dos camiones tolva existente.

Mejorar la operación del tiradero donde se depositan los residuos. Es indispensable que en forma paralela al mejoramiento y aumento de cobertura del servicio de recolección se mejore la disposición final, las condiciones actuales de operación revisten un serio riesgo para el medio ambiente y para la implementación del P/M. Al respecto, se recomienda que el municipio destine en forma regular una máquina para el acomodo de residuos de modo de minimizar el área contaminada con desechos y la generación de incendios. La operación del tiradero debe ser supervisada directamente por D.S.P.M., quien deberá establecer un programa de avance de la disposición final de residuos.

Capítulo 19

*Establecimiento de un Nuevo
Sistema de Manejo de Residuos
Sólidos en Costa Maya*

19 Establecimiento de un Nuevo Sistema de Manejo de Residuos Sólidos en Costa Maya

19.1 Antecedentes

En México, la industria del turismo es una actividad económica de primer orden sólo superado por el sector petrolero. El Estado de Quintana Roo es el principal destino turístico.

La visita de cuatro millones de turistas a Quintana Roo, genera un ingreso de US 4,000 millones al país, lo que aproximadamente representa el 40% de los ingresos turísticos de México. Esta contribución a la economía mexicana es de vital importancia, y como tal, debe de ser sostenida.

En la década de los años 60 el área hoy ocupada por Cancún se encontraba prácticamente deshabitada. En 1970 se inicia la construcción de Cancún y en 1974 se crea el Estado Libre y Soberano de Quintana Roo.

Cancún tiene más de 35,000 cuartos de hotel y su aeropuerto sólo es superado por el aeropuerto de México en tráfico. Recibe la visita de casi tres millones de turistas anualmente.

La Riviera Maya la constituye la franja costera comprendida entre Puerto Morelos y Tulum, siendo adicionalmente puntos interesantes Punta Bete, Playa del Carmen, Xcaret, Puerto Aventuras, Xpu-Há, Akumal y Xel-Há. Dispone de aproximadamente 15,000 cuartos de hotel y recibe a más de 800,000 turistas al año.

Ambos desarrollos, tanto el área de Cancún como de la Riviera Maya, si bien están generando un crecimiento en la economía del estado, igualmente están impactando al ambiente y a los recursos naturales, lo que potencialmente podría derivar en un deterioro de los mismos y consecuentemente hacer menos atractivo estos importantes destinos turísticos, tal como ha sucedido en otros lugares de México.

La Costa Maya se extiende de Punta Herrero a Xcalak y su desarrollo turístico es considerado como un medio para lograr el crecimiento de la economía en el sur de Quintana Roo.

Se pretende desarrollar la Costa Maya considerando un tipo de turismo de bajo impacto y baja densidad con un destino exclusivo. Pequeños grupos que visiten las reservas, playas, arrecifes, sitios arqueológicos, hoteles que armonicen con el ambiente natural, en resumen, un desarrollo sostenible.

El presente Proyecto Modelo está orientado a dar inicio a la cultura de minimización en el manejo integral de los residuos sólidos que se mantenga y progrese conjuntamente con el desarrollo de la actividad turística y de los asentamientos humanos en el futuro.

Estos pasos iniciales en la minimización conducirán a la responsabilidad compartida, prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos sólidos, previstos en la nueva Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Diario Oficial de la Federación 08 de octubre de 2003).

19.2 Resumen

El siguiente cuadro resume los propósitos, resultados e inversiones del Proyecto Modelo.

Cuadro 19-1: Resultados del Proyecto Modelo de Establecimiento de un Nuevo Sistema de Manejo de Residuos Sólidos en Costa Maya

Sumario del Proyecto	Resultados
Meta General P/M es implementado	La estrategia y las medidas propuestas en el P/M para el establecimiento de un nuevo sistema de manejo de residuos sólidos en Costa Maya se están cumpliendo
Propósito del Proyecto Formación de la cultura de la minimización en el manejo integral de los residuos sólidos, que se mantenga y fortalezca acorde con el desarrollo de la actividad turística y de los asentamientos humanos en el futuro, con el propósito de proteger el ambiente acuático.	La comunidad de Mahahual está incorporando en el manejo de sus residuos sólidos la práctica de la minimización. Se asegura la formación de la cultura de la minimización mediante la aprobación del marco institucional y organizacional y la participación de las autoridades municipales, residentes y visitantes, centros de educación, hoteles, restaurantes y otros comercios, muelle e instalaciones para cruceros. Los residuos sólidos se disponen en un relleno sanitario manual. El Municipio de Othón P. Blanco está incorporando en la revisión del Programa de Desarrollo Urbano de Mahahual las recomendaciones contenidas en el P/M y ha iniciado los trámites para lograr el financiamiento de FONATUR en la construcción del nuevo relleno sanitario para la Costa Maya.
Productos A. Sistema actual 1. Formación de la estructura organizacional 2. Minimización de los residuos sólidos 3. Mejoramiento de la disposición final 4. Sostenibilidad del servicio B. Desarrollo futuro 5. Protección del ambiente acuático	A. Sistema Actual 1.1 Formación y reconocimiento municipal de la Comisión para el Manejo de los Residuos Sólidos en Mahahual. (CRSM) 1.2 Aprobación del Reglamento Comunitario para la Recoja, Manejo y Disposición Final de los Residuos Sólidos en Mahahual 1.3 El proyecto de Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos ha pasado a consideración del Cabildo Municipal de Othón P. Blanco para su aprobación 1.4 El Municipio de Othón P. Blanco está incorporando en la revisión del Programa de Desarrollo Urbano de Mahahual las recomendaciones contenidas en el P/M. 1.5 El Municipio ha decidido estructurar una unidad administrativa encargada del desarrollo de la Costa Maya. 2.1 Se instaló en la calle principal cinco estaciones de separación de residuos 2.2 Se dotaron de composteras a un grupo de restaurantes para iniciar un programa de manejo de la materia orgánica. La experiencia no resultó positiva por el alto contenido de humedad de los residuos 2.3 En la Tele secundaria se construyó una compostera para recibir los residuos de los restaurantes. La experiencia ha sido exitosa. Los alumnos planean la habilitación de un huerto escolar utilizando la composta producida. 2.4 Las playas se encuentran limpias. Los visitantes hacen uso de la

Sumario del Proyecto	Resultados
	<p>infraestructura de descarga separada.</p> <p>2.5 La empresa ECOCE inicia sus negociaciones con la CRSM para recoger todos los envases de PET que se obtengan.</p> <p>3.1 Se construyó un relleno sanitario manual. El Municipio se hará cargo de la operación.</p> <p>3.2 El Municipio ha iniciado las gestiones ante FONATUR para lograr el financiamiento de la construcción de un relleno sanitario para atender a toda la Costa Maya.</p> <p>3.3 El Municipio ha iniciado el cobro por los servicios de manejo de los residuos sólidos a los comercios y a la empresa propietaria del muelle de cruceros (Puerto Costa Maya). Está en preparación una estructura tarifaria que asegure la sostenibilidad financiera del sistema.</p> <p>B. Desarrollo futuro</p> <p>La generación de DBO procedente de los residuos sólidos tenderá a ser moderada y manejable y consecuentemente el impacto sobre la calidad del acuífero y el ambiente acuático.</p> <p>El crecimiento urbano será regulado por el Programa de Desarrollo Urbano en donde serán incorporadas las recomendaciones del Plan Maestro.</p> <p>La minimización y la correcta aplicación del Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos contribuirá al efectivo control de la generación de lixiviados.</p>
<p>Aportes</p> <p>Personal del E/E:</p> <p>El equipo de trabajo estuvo liderado por el Ing. Víctor Ojeda quien tuvo a su cargo el diseño de la estrategia y la planificación y conducción de las actividades. La Lic. Citlalli Suárez recopiló y analizó la información de diversas fuentes y condujo la encuesta de opinión. El Lic. Hiram Díaz dirigió la construcción de la infraestructura y controló la construcción del relleno sanitario manual. El Ing. Ikuo Mori revisó y aprobó la estrategia.</p> <p>Amigos de Sian Ka'an participó en los trabajos de cantidad y composición de los residuos sólidos; organización de la comunidad; evaluación de los programas de reciclaje y compostaje; programa de información pública y educación ambiental. La participación de Amigos de Sian Ka'an ha sido muy importante en el alcance de los objetivos del proyecto.</p> <p>Personal de la C/P:</p> <p>El Ing. Héctor Morín ha sido el funcionario de contraparte; revisó y aprobó la estrategia y el plan de actividades; fiscalizó la ejecución de las obras de infraestructura y la construcción del relleno sanitario manual. El biólogo Luis Gonzalo Vidaña condujo los programas de educación ambiental en la comunidad</p> <p>Personal de la comunidad:</p> <p>La participación de la comunidad liderada por la Comisión para el Manejo de los Residuos Sólidos de Mahahual, a hecho posible que en tan poco tiempo se logren los objetivos del proyecto modelo. Podemos afirmar que el reto para establecer una cultura de la minimización a sido tomado por la comunidad con toda seriedad y responsabilidad.</p> <p>Infraestructura y materiales</p> <p>El monto total de la donación de la JICA fue por \$250,000 pesos. Se construyeron cinco estaciones de separación de residuos y colocación de carteles invitando a depositar los residuos: en su lugar y separados.</p> <p>Se construyó un relleno sanitario manual con dos zanjas de 67.5 m³ cada una y se entregaron herramientas y uniformes para los operadores. Se hizo entrega de material didáctico en los centros educativos para promover la minimización.</p>	

19.3 Evaluación

a. Eficiencia

El E/E convocó a los representantes de las diversas organizaciones de la comunidad para presentarles el proyecto modelo que se pretendía realizar en la localidad de Mahahual. Se efectuaron varias reuniones y se ajustaron las actividades previstas con las sugerencias de los participantes. El presupuesto de \$250,000 pesos fue donado por la JICA.

Se ha logrado asegurar la formación de la estructura organizacional al nivel de la comunidad mediante la creación de la Comisión de Manejo de los Residuos Sólidos en Mahahual y la aprobación del Reglamento Comunitario para la Recoja, Manejo y Disposición Final. El Municipio de Othón P. Blanco también contará con una estructura especializada para dirigir el desarrollo urbano de la Costa Maya y que necesariamente incluirá el manejo integral de los RS. Estos avances se lograron con la participación de los miembros de la comunidad y municipales.

El proceso de la cultura de la minimización se ha iniciado con la separación de materiales reciclables en las cinco estaciones construidas y el compostaje de los residuos orgánicos proveniente de los restaurantes. Los alumnos de la Tele secundaria son los pioneros para la utilización de la composta al iniciar próximamente un huerto escolar. Si esta práctica se universaliza se estaría creando una fuente de empleo y de suministro de alimentos con características de agricultura orgánica.

La disposición final ha sido mejorada mediante la construcción de un relleno sanitario manual con una capacidad inicial de 125 metros cúbicos; la descarga de RS al relleno ha disminuido sustancialmente.

Los tres órdenes de gobierno han convocado al sector privado a participar en el desarrollo turístico de la Costa Maya con el propósito de fortalecer el crecimiento económico de la zona sur del estado. FONATUR como órgano rector al nivel federal lidera estas acciones.

Los fondos suministrados por la JICA han sido utilizados eficientemente dada la importancia de los productos logrados y en un corto tiempo.

b. Eficacia

El propósito del proyecto ha sido logrado puesto que se ha iniciado con un gran interés la práctica de la minimización. En un breve plazo esta práctica se irá convirtiendo en una cultura que formará parte del comportamiento de la comunidad en la protección de sus recursos naturales y sus fuentes de empleo.

Los resultados del desarrollo del proyecto modelo han motivado a la FONATUR a comprometerse en el financiamiento del nuevo relleno sanitario que servirá a toda la Costa Maya e incorporará dos estaciones de transferencia. La construcción de este relleno sanitario requerirá de una importante inversión a etapa final asegurando la protección del ambiente acuático mediante el control de las descargas de lixiviados (DBO) en el acuífero.

En cuanto al desarrollo de la cultura de la minimización y el manejo integral de los residuos sólidos la estrategia del proyecto modelo demostró su eficacia.

c. Impacto

El proyecto modelo ha generado sólo efectos positivos. Tanto la comunidad como las autoridades de los tres órdenes de gobierno han coincidido en que la implementación del Plan Maestro es la alternativa para la protección efectiva del ambiente acuático contra el impacto de los residuos sólidos. La cultura de la minimización es la base de esta estrategia dada las condiciones geológicas e hidrogeológicas de la península de Yucatán.

d. Relevancia

La minimización en la descarga de los residuos sólidos está asociada a diversos aspectos de índole económico y financiero, sociales y culturales, ambientales, tecnológicos y de política: menores costos en la recolección, transporte y disposición final; disminución de las enfermedades relacionadas con la contaminación del acuífero y el consumo de agua embotellada; protección del ambiente acuático costero y preservación del sistema arrecifal; promoción turística como un destino de desarrollo sustentable; generación de empleo y mejoramiento de las condiciones de vida en la zona sur del estado.

e. Sustentabilidad

Mediante la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Diario Oficial de la Federación 08 de octubre de 2003), queda establecido los ámbitos de responsabilidad de los tres órdenes de gobierno en materia de manejo de los residuos sólidos.

Tanto la SEMARNAT, como la SEDUMA y los municipios tienen un ámbito de responsabilidad y acción en el manejo de los residuos sólidos en la Costa Maya. En la estructura organizacional de cada una de ellas aparece una unidad administrativa asociada al manejo de los residuos sólidos.

Sin embargo, la relación de coordinación sigue siendo débil frente a las responsabilidades que fija la ley y que obliga a una acción coordinada.

La implementación del Plan Maestro puede ser un mecanismo por medio del cual se coordinen las actividades de las organizaciones al presentar objetivos y metas específicas a lograr.

Como una herramienta de soporte se ha estructurado un sistema de información y coordinación mediante el proyecto modelo “Establecimiento del Sistema de Información sobre la Gestión Integral de Residuos”

Si se aprueba en un próximo cabildo municipal el proyecto de “Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”, se dispondría del marco regulatorio y organizacional que podría asegurar la sostenibilidad del manejo integral de los residuos sólidos en la Costa Maya

Adicionalmente, el Municipio de Othón P. Blanco ha tomado el compromiso de estructurar una unidad administrativa de desarrollo urbano para la Costa Maya que incluirá la planificación y el control del manejo de los residuos sólidos y el de formular un esquema de tarifas justas y equitativas que permita la sostenibilidad financiera del sistema.

La participación de la comunidad en la regulación de los servicios se produce a través de la Comisión para el Manejo de los Residuos Sólidos en Mahahual y su “Reglamento Comunitario para la Recoja, Manejo y Disposición Final de los Residuos Sólidos en Mahahual”, ambos de reciente creación y aprobación.

El desarrollo sustentable de la Costa Maya debe ser la meta para mantener el atractivo turístico que permita un crecimiento armónico permanente.

La Costa Maya reúne lugares de singular belleza pero de gran fragilidad ecológica. Es de vital importancia establecer, dar a conocer y aplicar las regulaciones que protejan estos recursos naturales para evitar que se repitan las experiencias negativas y costosas que se conocen en otras zonas del estado.

Los tres órdenes de gobierno deben de coordinar sus esfuerzos dentro del ámbito de sus respectivas competencias y asegurar la sostenibilidad del desarrollo de la Costa Maya. En este sentido, el FONATUR considerará el financiamiento de un nuevo relleno sanitario sobre la base del documento “Proyecto Ejecutivo para el Manejo y la Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales en Costa Maya, Municipio de Othón P. Blanco” preparado por el Colegio de Geólogos de México, A.C. (Febrero del 2002)

19.4 Conclusiones y Recomendaciones

a. Conclusiones

- La estrategia y las medidas propuestas en el P/M se están cumpliendo.
- La promoción del desarrollo turístico en Costa Maya es un hecho; las autoridades competentes están invitando a los inversionistas.
- La comunidad de Mahahual está incorporando la práctica de la minimización en el manejo de sus residuos sólidos
- Las autoridades de los tres órdenes de gobierno han coincidido en que la implementación del Plan Maestro es la alternativa para la protección efectiva del ambiente acuático contra el impacto de los residuos sólidos.
- La información y coordinación entre los tres órdenes de gobierno es aún débil.

b. Recomendaciones

- La implementación del Plan Maestro debe ser considerada como un objetivo de las políticas públicas de los tres órdenes de gobierno.
- Aplicar las regulaciones establecidas en la “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”.
- Las autoridades municipales deben considerar la aprobación del proyecto de “Reglamento para la Prestación del Servicio Público de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos”.
- El Municipio de Othón P. Blanco incorpore las recomendaciones del P/M en la revisión del “Programa de Desarrollo Urbano de Mahahual” y estructure una unidad administrativa que asuma la responsabilidad del manejo de los residuos sólidos en la Costa Maya.
- Reconocer oficialmente y apoyar a la Comisión para el Manejo de los Residuos Sólidos de Mahahual y aplicar el “Reglamento Comunitario para la Recoja, Manejo y Disposición Final de los Residuos Sólidos en Mahahual”.
- Apoyar la iniciativa de FONATUR de financiar el nuevo relleno sanitario y las estaciones de transferencia en la Costa Maya.
- Convocar al sector privado a participar en las actividades de la minimización de los residuos sólidos tomando el ejemplo de ECOCE.
- Estructurar y aplicar las tarifas justas y equitativas que permitan atender el costo de la prestación de los servicios de manejo de los residuos sólidos.

Capítulo 20

*Educación Ambiental y
Actividades de Reciclaje*

20 Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje

20.1 Antecedentes

A nivel estatal existe la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo, la cual incluye varios artículos relacionados al manejo de los residuos sólidos y reciclaje en los cuales se enlistan una serie de acciones como:

- Realizar acciones tendientes a la reducción, reuso y reciclaje de residuos sólidos domésticos e industriales no peligrosos.
- Elaborar y proponer programas de participación de la sociedad responsabilizándola en la conservación y mejoramiento de su medio ambiente.
- Promover y difundir material informativo sobre la problemática ambiental y la forma adecuada de mitigarla y solucionarla, así como la forma de aprovechar los recursos naturales, utilizando los diferentes medios de difusión local, impulsando una nueva cultura ecológica en la ciudadanía del Estado,
- Promover, impulsar, difundir y coordinar los programas de educación ambiental formal y no formal que se instrumenten en el Estado.

Al respecto, existen muchas instituciones que están realizando programas de educación ambiental, sin embargo, no existe una coordinación entre ellas; por lo tanto, la educación ambiental no adquiere las dimensiones de difusión y prácticas enfocadas a la problemática de un manejo adecuado de los residuos sólidos y las aguas residuales. No se fomenta el reciclaje de materiales a nivel de gobiernos (estatal y municipal) sino que esta actividad es practicada informalmente por algunas personas del sector privado.

Bajo estas circunstancias, este Proyecto Modelo intentó proveer un programa educativo que familiarizara a los niños con la importancia de la conservación de recursos y el reciclaje a través de la coordinación armónica de diversas instituciones.

20.2 Resultados

El siguiente Cuadro resume los propósitos, resultados e inversiones del Proyecto Modelo.

Sumario del Proyecto	Resultados
<p>Meta general El programa de educación ambiental y actividades de reciclaje es implementado.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. La estrategia y las medidas propuestas en el P/M para el programa de educación ambiental y actividades de reciclaje se están llevando a cabo. 2. Aumento de conocimientos e interés sobre aspectos de MRS y reciclaje entre estudiantes.
<p>Propósito del Proyecto 1. Los/as niños/as que serán los actores principales de la próxima generación toman conocimiento de la importancia del reciclaje y la conservación de los recursos. 2. El Proyecto Modelo da origen a la conservación de recursos a través del reciclaje y proteger el ambiente acuático.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Actividades en escuelas <ol style="list-style-type: none"> a. Se llevaron a cabo talleres de trabajo sobre el manejo de los residuos sólidos y las aguas residuales para maestros del área de Estudio. b. Dando seguimiento a los talleres impartidos a los maestros, éstos llevaron a cabo clases experimentales con alumnos mayormente de los grados superiores. 2. Otras actividades relacionadas al programa de educación ambiental
<p>Productos A. Mejoramiento de la comunicación entre las instituciones interesadas dentro del ámbito estatal y municipal para las actividades de educación ambiental. B. Se establece un sistema de reciclaje enfocado a escuelas</p>	<p>A. Mejoramiento de la comunicación entre instituciones</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Formación de una Unidad Ejecutora constituida por personal de SEDUMA, OPB y CAPA, y el compromiso de esta Unidad para dar el seguimiento al proyecto modelo de educación ambiental y actividades de reciclaje. 2. El personal de C/P (OPB, FCP, CAPA y SEDUMA) fue capacitado en educación ambiental a través de sesiones y talleres de trabajo. 3. El personal capacitado de C/P a su vez, capacitó a maestros de escuelas primarias para llevar a cabo clases experimentales con alumnos de grados superiores. <p>B. Establecimiento del sistema de reciclaje en escuelas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Implementación de clases experimentales de educación ambiental en escuelas 2. Desarrollo de actividades de reciclaje en escuelas primarias. 3. Participación del sector privado (empresa de reciclaje) para las actividades de reciclaje de papel. 4. Compromiso de la unidad ejecutora para dar seguimiento al proyecto modelo de educación ambiental y actividades de reciclaje a nivel del estado.
<p>Aporte</p> <p>El equipo de trabajo del programa de educación ambiental estuvo liderado por el Arq. Masaharu Kina del Equipo de Estudio JICA con la asistencia de la Lic. Maria Antonieta Bocanegra. El programa de educación ambiental y los materiales de apoyo logístico (guía educativa de saneamiento ambiental sobre residuos sólidos y aguas residuales, libro de composiciones e ilustraciones por estudiantes, video educativo, paneles educativos, póster, volantes, etc.) fueron planificados y diseñados íntegramente con la participación conjunta del personal de C/P integrada por el Ing. José Mcliberty y su equipo (SEDUMA), el biólogo Gonzalo Vidaña y su equipo (OPB) y el Lic. Jorge Jiménez y su equipo (CAPA).</p> <p>Amigos del Sian Ka'an (ONG) participó en la implementación de talleres y programa de educación ambiental. La participación de Amigos del Sian Ka'an ha sido muy importante en el alcance de los objetivos del proyecto modelo de educación ambiental.</p> <p>La JICA financió la producción de los materiales</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Póster (1,000 unidades) 2) Panel banner (10 unidades) 3) Folleto educativo (1,000 ejemplares) 4) Folleto creación de estudiantes (1,000 ejemplares) 5) Volante (1,000 unidades) 6) Video educativo 1 lote (30 copias) <p>Todos los materiales editoriales y video fueron empleados en el programa de educación ambiental (talleres de trabajo, clases experimentales y otras actividades relacionadas) con gran aceptación del grupo receptor.</p> <p>Cabe mencionar que el video educativo fue transmitido por un canal de televisión estatal (Canal 7 MAS) durante varios días en programas educativos e infantiles.</p>	

20.3 Evaluación

El seguimiento y monitoreo de las actividades de educación ambiental fue realizada por el Equipo de C/P de SEDUMA, CAPA y el Ayuntamiento de Othón P. Blanco, durante los meses de marzo a junio de 2004.

a. Eficiencia

La participación de la C/P, el E/E y la comunidad escolar en talleres de trabajo han sido el principal aporte en el proyecto modelo de educación ambiental. Este proyecto modelo ha sido dirigido para facilitar y plantear algunas propuestas que permitan vincular una necesidad comunitaria con un proyecto viable a corto tiempo (demostración), y mediano plazo (gestión); lo que permitirá implementar y fortalecer nuevas estrategias de extensión del proyecto modelo. En ese sentido se han desarrollado talleres de trabajo con propuestas concretas considerando: una actividad escolar de conservación ambiental incluyendo intereses educativos y de saneamiento ambiental; una actividad demostrativa relacionada con el manejo de residuos sólidos y las aguas residuales; y una actividad educativa encaminada al aprovechamiento de materiales reciclables. Dicha participación, sumada a la elaboración de materiales didácticos y de apoyo (guía educativa, folleto de estudiantes, paneles educativos, póster, volantes y video educativo) realizado por la C/P y el E/E que sirvieron para desarrollar las actividades de educación ambiental, fue la clave para lograr el efecto esperado.

Por otro lado, los fondos suministrados por la JICA fueron utilizados en forma eficiente por la importancia de los productos logrados y en corto tiempo.

b. Eficacia

Se puede decir que el propósito del proyecto modelo ha sido logrado con éxito ya que se ha iniciado con un gran interés el proyecto modelo de educación ambiental y las actividades de reciclaje.

Se espera que a mediano plazo se vaya convirtiendo en una cultura que formaría parte de la comunidad en la protección de los recursos y la preservación del ambiente acuático de la costa del estado de Quintana Roo.

Los resultados de los talleres para maestros llevados a cabo por la C/P han motivado a los centros escolares para llevar a cabo clases experimentales relacionados al manejo de los residuos sólidos y las aguas residuales e implementar actividades de reciclaje.

En cuanto al desarrollo de minimización a través del manejo de residuos sólidos y el reciclaje, la estrategia del P/M demostró su eficacia.

c. Impacto

Todavía es prematuro medir el impacto del proyecto modelo a nivel municipal/estatal. Sin embargo, el proyecto modelo ha generado efectos muy positivos a nivel de las instituciones y las escuelas en donde se implementaron los talleres de capacitación y clases experimentales.

d. Relevancia

Las actividades de reciclaje están asociadas a diversos aspectos de índole económico, financiero, social, cultural y ambiental, menores costos en la recolección, transporte y disposición final, y por consiguiente contribuyendo a la conservación de recursos y protección del ambiente acuático, promoción turística, generación de empleo y mejoramiento de la vida en la costa del Estado.

e. Sustentabilidad

Tanto la SEMARNAT, como la SEDUMA, la CAPA, los municipios y las comunidades tienen un ámbito de responsabilidad y acción en el manejo de los residuos sólidos en el Estado. En la estructura organizacional de cada una de las instituciones relacionadas aparece una unidad administrativa asociada al manejo de los residuos sólidos. Sin embargo, ante la débil coordinación existente entre ellas, se propuso la creación de una unidad ejecutora para llevar a cabo el proyecto modelo de educación ambiental y las actividades de reciclaje.

La consolidación de esta unidad y la implementación del P/M puede ser un mecanismo para lograr la sostenibilidad del proyecto de educación ambiental y las actividades de reciclaje.

La participación y colaboración de la comunidad en las actividades de reciclaje será sumamente importante para el logro de los objetivos y la sostenibilidad del proyecto.

f. Evaluación de la capacidad de desarrollo de la educación ambiental y actividades de reciclaje (auto-evaluación)

El siguiente cuadro muestra los resultados de auto-evaluación realizado por el Equipo de C/P después de la implementación del proyecto modelo de educación ambiental y actividades de reciclaje.

Evaluación :	Muy buena	4	Buena	3	Regular	2	Pobre	1
--------------	-----------	---	-------	---	---------	---	-------	---

No.	Aspecto	OPB	CAPA	SEDUMA
1	Conocimiento y métodos			
a.	Comprensión del objetivo de la educación ambiental	4	4	4
b.	Comprensión de las técnicas y metodologías empleadas en la capacitación sobre educación ambiental (elaboración de materiales educativos y talleres de trabajo)	4	4	4
c.	Implementación de las técnicas y metodologías aprendidas	4	4	4
d.	Nivel de eficacia de las técnicas y metodologías implementadas	3	4	4
2	Técnica y Acción			
a.	Puede implementar talleres de capacitación sobre educación ambiental en escuelas y comunidades	3	4	4
b.	Lleva a cabo el seguimiento de reciclaje de papel en las escuelas	2	3	4
c.	Lleva a cabo actividades de educación ambiental y/o reciclaje en otras áreas.	3	3	3
d.	Conocimiento de los métodos y técnicas eficaces para elaborar manuales y material de información y apoyo para desarrollar programas de educación ambiental.	3	4	4
e.	Los materiales utilizados en los talleres fueron adecuados	3	4	4
3	Responsabilidad y actitud (de las instituciones)			
a.	Realiza visitas periódicas a las escuelas donde se lleva el programa de reciclaje	3	4	3
b.	Realiza reuniones y actividades para fomentar el programa de reciclaje en otras escuelas del municipio.	3	3	2
c.	Emplea métodos e instrumentos educativos comprensibles para los niños y residentes de la comunidad.	3	4	3
d.	Apoya a los maestros en clases experimentales	3	4	3
3	El sector privado (empresas participantes en el programa de reciclaje)			
a.	La empresa recoge el papel reunido en las escuelas según lo establecido entre las partes (escuela-empresa).	2	3	3
b.	En general, la Empresa está cumpliendo con lo convenido con las escuelas.	2	3	2
4	Las escuelas donde se llevan a cabo el programa de reciclaje de papel			
a.	Los maestros, autoridades y estudiantes han comprendido la necesidad de la educación ambiental y las actividades de reciclaje.	3	4	4
b.	El entusiasmo del programa de reciclaje es creciente	4	3	3
c.	Difusión de las estrategias propuestas en el taller de capacitación	4	4	4
d.	La escuela desarrolla el programa de reciclaje de papel	2	3	2
e.	Se da el seguimiento de las actividades de reciclaje en las instituciones involucradas.	2	3	3
f.	Existe participación de padres de familia.	2	3	2
	Puntaje (total 84 puntos)	61	75	69
	Porcentaje (%)	74	89	82

De un total de 84 puntos (100%) todos superaron el 70% de capacidad de desarrollo. Con relación a la educación ambiental y actividades de reciclaje implementadas se puede concluir que:

- El programa de reciclaje está contribuyendo a la preservación del ambiente acuático en la costa del estado de Quintana Roo.

- El equipo de C/P da seguimiento a las actividades de educación ambiental a través de talleres de capacitación, clases experimentales y actividades de reciclaje de papel en escuelas primarias.
- Se ha logrado la formación de agentes multiplicadores para desarrollar el programa de reciclaje.
- Se ha difundido lo aprendido en los talleres de educación ambiental a otros grupos en escuelas y en comunidades.
- Se ha implementado otras actividades relacionadas al programa de educación ambiental en las comunidades.
- El impacto del programa de educación ambiental y actividades de reciclaje en la comunidad ha sido muy positivo.

20.4 Conclusiones y Recomendaciones

a. Conclusiones

- La estrategia y las medidas propuestas en el P/M se están cumpliendo.
- Con la aplicación del Proyecto Modelo de Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje, la C/P formó un Equipo de Trabajo en el cual las instituciones pueden compartir sus experiencias y enriquecer las acciones e impacto del proyecto en el Estado.
- Este Equipo de Trabajo (Unidad Ejecutora de Educación Ambiental) ha llevado a cabo el programa de actividades de educación ambiental a corto plazo (talleres de capacitación a maestros, clases experimentales y otras actividades relacionadas con gran éxito.
- La comunidad escolar está incorporando la práctica de minimización de residuos a través del reciclaje de papel.
- La coordinación entre las empresas privadas, las escuelas y las instituciones es aún débil.

b. Recomendaciones

- Conformar y consolidar en forma permanente la Unidad Ejecutora integrada por personal de SEDUMA, OPB, FCP, CAPA, etc.) siendo la SEDUMA el órgano coordinador.

- Implementar un sistema de monitoreo para el programa de educación ambiental y actividades de reciclaje.
- Incorporar de manera permanente la participación de la Secretaría de Educación dentro de la Unidad Ejecutora.
- Promover la participación de la comunidad y padres de familia en actividades de reciclaje.
- Convocar al sector privado a participar en las actividades de la minimización de los residuos sólidos.
- Fomentar e institucionalizar actividades de reciclaje a nivel del estado.
- Monitorear las actividades de reciclaje entre las empresas privadas y las escuelas.
- Obtener incentivos y financiamientos para reforzar las actividades de educación ambiental con la participación y apoyo del sector privado.

Parte V

*Conclusiones y
Recomendaciones*

Capítulo 21

*Conclusiones y
Recomendaciones*

21 Conclusiones y Recomendaciones

21.1 Conclusiones

21.1.1 Conservación del Medio Ambiente Acuático Costero

a. Qué se entiende por Medio Ambiente Acuático Costero?

La topografía cárstica de la Península de Yucatán, con características permeables y de alta disolución, conlleva a la creación de un medio ambiente acuático costero único, compuesto por arrecifes, lagunas, manglares, cuevas, y cenotes. Debido a lo anterior, no existen en el Área de Estudio ríos superficiales, con excepción del Río Hondo que corre a lo largo de la frontera entre México y Belice. En general, el agua pluvial se infiltra y fluye de manera subterránea, para finalmente desembocar en el área costera. En concreto, se puede establecer que el agua subterránea fluye a través de conexiones directas hacia el medio ambiente acuático costero y alimenta su riqueza ya existente. Por lo tanto, es razonable comprender la inclusión del agua subterránea dentro del concepto de medio ambiente costero para el Área de Estudio en cuestión.

b. Valor del Medio Ambiente Costero Acuático

Se puede considerar que el medio ambiente acuático costero antes mencionado se extiende desde Cancún hasta la Costa Maya para el caso del Estado de Quintana Roo. El medio ambiente acuático es importante como recurso turístico y hábitat para diversas especies. Además, el agua subterránea es indispensable para la subsistencia humana, teniendo en cuenta que es la única fuente de abastecimiento de agua para el Estado.

Más aún, se debe considerar que la industria turística no es sólo importante para el Estado de Quintana Roo, sino para toda la República Mexicana. De hecho, el ingreso de divisas derivado del turismo se ubica en tercer lugar, sólo detrás de los provenientes del petróleo y las remesas familiares que los nacionales envían desde el exterior. A manera de ejemplo, en el año 2000 la industria turística representó un ingreso para la nación de 8,300 millones de dólares, un tercio de ese monto provino del Estado de Quintana Roo. Además, el turismo crea oportunidades de trabajo, por lo tanto, también se torna en un eje importante de la economía regional.

Por otro lado, este medio ambiente acuático costero único puede servir de hábitat a diversas especies de animales y plantas. Alrededor de 670 especies de animales y 1,500 especies de plantas pueden encontrarse en el Estado, incluyendo especies en peligro como el manatí, el jaguar, y las tortugas verdes.

c. Amenazas al Medio Ambiente Acuático Costero

Como se mencionó con anterioridad, el medio ambiente acuático enfrenta diversas amenazas como resultado de la rápida urbanización que tiene lugar como parte del desarrollo turístico. Las amenazas pueden dividirse en interrupciones directas e indirectas del medio ambiente. Ejemplos de interrupciones directas pueden considerarse desarrollos de viviendas, construcción de caminos, y construcción de hoteles; mientras que interrupciones indirectas pueden considerarse la sobre-explotación de las aguas subterráneas y la contaminación de las mismas como resultado de una inadecuada disposición de las aguas residuales y los residuos sólidos.

En relación a la interrupción ambiental directa, se estima que los POET (Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial), que es un tipo de ordenanza para zonificar, funciona como una herramienta útil. En el Área de Estudio existen tres áreas que son reguladas por un POET; ellas son Costa Maya, la biosfera de Sian Ka'an, y el corredor Cancún – Tulum. Además, se encuentra en preparación un nuevo POET que regularía el área de Bacalar.

Por otra parte, las medidas que han sido tomadas por el Estado y los municipios son insuficientes para hacerle frente a los problemas de abastecimiento de agua, aguas residuales, y disposición de residuos sólidos que han surgido como consecuencia del rápido crecimiento poblacional y de turistas. Por lo tanto, se teme que está ocurriendo una rápida y seria interrupción ambiental indirecta.

El objetivo del presente Estudio fue formular un Plan Maestro de Saneamiento Ambiental que apunte a preservar el medio ambiente acuático costero a lo largo de la costa del Estado de Quintana Roo en la Península de Yucatán, dicho plan tendría que hacerle frente también a la interrupción ambiental indirecta antes mencionada.

21.1.2 Preservación del Agua Subterránea

a. Amenazas para el Agua Subterránea

El agua subterránea alimenta el medio ambiente acuático costero que es un recurso importante para el turismo y hábitat para diversas especies de animales y plantas; asimismo, es fuente única para abastecimiento de agua en la Península de Yucatán.

La capa del agua dulce en la península es delgada debido a la intrusión del agua de mar. En efecto, en áreas cercanas a la línea costera, el agua subterránea se torna salina a 5 o 10 metros bajo el nivel estático del agua. La mayoría de pozos de extracción para abastecimiento de agua se encuentran ubicados entre 20 y 30 km de la línea costera donde el agua dulce es extraída hasta una profundidad de 50 m o más, sin embargo, cualquier sobre-explotación podría causar salinización localizada.

Por otra parte, se estima que la amenaza más seria para el agua subterránea está representada por el agua residual generada por viviendas y hoteles. En este sentido, debe observarse que las tasas de cobertura en el Área de Estudio son muy bajas, siendo de 16% para Othón P. Blanco, 1% para Felipe C. Puerto, y 5% para Solidaridad. Incluso para áreas que tienen cobertura del sistema de alcantarillado, los residentes se muestran renuentes para conectar sus drenajes internos domiciliarios con el servicio público de alcantarillado debido a razones económicas. Más aún, debido a la ausencia de ríos superficiales, el agua residual tratada por las plantas es descargada en la parte salina del acuífero, lo que conlleva a la contaminación del agua subterránea.

En relación al manejo de los residuos sólidos, se considera que los trabajos de recolección en comunidades urbanas en Othón P. Blanco y Solidaridad se han estado ejecutando relativamente bien. Sin embargo, la disposición de los residuos es inadecuada, esta situación puede estar causando una generación considerable de lixiviados que posteriormente contaminan el agua subterránea.

La industria de servicios que se enfoca en el turismo es la más importante en el Área de Estudio. La industria manufacturera no se ha desarrollado aún y la agricultura no es una actividad extendida en el Estado. Por lo tanto, se supone que las principales fuentes de contaminación del agua subterránea son las aguas residuales y los residuos sólidos generados por los pobladores del estado y los turistas que lo visitan. El Estudio ha estimado que 60% de la carga contaminante proviene las aguas residuales y el 40% restante de los residuos sólidos.

b. Qué podría suceder en el Futuro?

Se ha proyectado un rápido aumento poblacional y de turistas en el Área de Estudio. La proyección de la población para el 2015 alcanza 893,000 personas que, en efecto, representa el doble de la población estimada para el 2003 que llega a ser de 435,000 personas. Por otro lado, se estima que la cifra de un 1,757,000 turistas que visitaron el área en el 2003, podría incrementarse a 3,156,000 turistas visitantes para el año 2015.

Para el caso en que ninguna medida sea tomada en los sectores asociados al manejo de aguas residuales y de residuos sólidos, se ha estimado que el agua subterránea podría contaminarse hasta alcanzar una concentración de DBO igual a 4.9 mg/litro como resultado de la carga contaminante recibida por los dos sectores mencionados con anterioridad. Este nivel de contaminación es equivalente a tener un agua clasificada como Clase C de acuerdo con la norma ambiental definida para ríos en el Japón; lo anterior significa que el agua subterránea no sería adecuada como fuente para abastecimiento de agua. Incluso, esta calidad de agua podría deteriorar el medio ambiente acuático costero, por ejemplo, cenotes, cavernas, y arrecifes.

El deterioro ambiental previsto traería como consecuencia una pérdida en el interés del área como centro de recreación para turistas, pérdida en la biodiversidad, y se constituiría en un riesgo para la salud. Se estima que las pérdidas en divisas por actividades turísticas solamente alcanzarían los 10,529 millones de pesos debajo de la proyección original para el año 2015.

Se concluye que la carga contaminante derivada de las aguas residuales y los residuos sólidos contaminaría el agua subterránea; lo anterior, resultaría en un deterioro del medio ambiente acuático costero. En consecuencia, el desarrollo sustentable del Área de Estudio se vería seriamente obstaculizado.

21.1.3 Plan Maestro

a. Concepto Básico

El Plan Maestro propuesto establece como principio guía “contribuir al desarrollo regional sustentable de la Península de Yucatán”; como objetivo principal “preservar el agua subterránea y el medio ambiente acuático costero en el sur del Estado de Quintana Roo por medio del manejo de las aguas residuales y los residuos sólidos”; y como el enfoque básico “definir las responsabilidades del sector público, el sector privado, y los turistas, y de fomentar su adecuada participación en el Manejo del Saneamiento Ambiental.”

En este sentido, se han propuesto como valores metas del Plan Maestro que la cantidad de DBO descargada que proviene del agua residual y los residuos sólidos sea de 5,200 toneladas/año para el año 2015; 3,100 toneladas/año corresponderían a las aguas residuales y 2,100 toneladas/año corresponderían a los residuos sólidos. La definición de estos valores tiene el fin de poder controlar la concentración de la DBO en 1.0 mg/litro y menos.

b. Plan Maestro para el Manejo de Aguas Residuales

Con el propósito de alcanzar los valores objetivos antes mencionados, el Plan Maestro para el Manejo de Aguas Residuales propone la implementación de varios niveles de tratamiento, tomando en cuenta las características de la distribución poblacional en el Área de Estudio. Se propone un nivel más alto de tratamiento (mayor reducción de la carga contaminante) para poblaciones de mayor magnitud y un menor nivel de tratamiento para poblaciones pequeñas. Además, debe considerarse que la cantidad de reducción de la carga contaminante por costo es mayor en instalaciones de mayor envergadura. En consecuencia, el Plan Maestro propone priorizar los proyectos en grandes comunidades, teniendo en mente la efectividad en costos. La institución responsable es CAPA (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado).

El costo total del Plan Maestro en este sector alcanza los 3,300 millones de pesos hasta el 2015. Los resultados del análisis financiero establecen que la tarifa actual puede básicamente

cubrir la totalidad de los costos, en el caso que se considere el Área de Estudio como una unidad; sin embargo, la tarifa no puede cubrir los costos de los municipios de Othón P. Blanco y Felipe C. Puerto, si se evalúan los municipios de manera individual.

c. Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos

El Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos se enfoca en comunidades urbanas que tendrían una población superior a las 25,000 personas para el año 2015; se tomó en consideración para definir esta cifra, la relación entre el tamaño de la comunidad y las demandas por el servicio de residuos sólidos. Para el caso de grandes comunidades, se proponen una cobertura mayor para la recolección de residuos y maneras más sofisticadas para la disposición de residuos. Además, se establece la minimización de residuos, que tiene como consecuencia una reducción de la carga contaminante y la conservación de recursos. Los gobiernos municipales son las autoridades responsables y la SEDUMA se encargaría de guiarlos y brindarles apoyo.

El costo total del Plan en este sector alcanzaría los 1,178 millones de pesos para el año 2015. Sin embargo, el costo incremental es sólo de 441 millones, si se toma en cuenta la manera como se provee el servicio de residuos sólidos en la actualidad. El análisis financiero define que con el fin de cubrir la totalidad de los 1,178 millones de pesos, es necesario aumentar el cobro a los residentes de 40 a 50 pesos/mes/vivienda; mientras que para los negocios sería necesario aumentarlo de 150 a 200 pesos/mes/negocio. Si se logra implementar la tarifa propuesta, entonces se puede alcanzar la auto-suficiencia financiera.

d. Beneficios

Los beneficios que se anticipan con la implementación del Plan Maestro son: 1) mantener el área como un atractivo para los turistas, 2) la preservación de la biodiversidad, y 3) la protección de la fuente para el abastecimiento de agua potable. Se realizó una evaluación económica cuantitativa enfocándose sólo en el primer beneficio; dicha evaluación dio como resultado una TIRE (Tasa Interna de Retorno Económica) de 39%, un VNP (Valor Neto Presente) de 2,545 millones de pesos y una relación B/C (Relación Beneficio – Costo) de 2.06. Por lo tanto, se concluye que el Plan Maestro es económicamente factible.

21.1.4 Proyectos Modelos

Una investigación sobre las condiciones hidrogeológicas y algunas medidas listadas en el Plan Maestro fueron ejecutadas a manera de Proyectos Modelos.

El proyecto sobre el Tratamiento de Aguas Residuales tipo Urbano que se realizó en Playa del Carmen, Solidaridad, determinó que la manera actual de realizar la inyección de aguas

residuales no es adecuada en virtud de las condiciones geológicas existentes y que puede ser mejorada. Además, se encontró amoníaco en el agua subterránea; lo que indica que la misma fue contaminada de manera artificial

Por otra parte, los residentes deben ser responsables de realizar la conexión del drenaje interno de sus viviendas con el sistema público de alcantarillado. La carga financiera que implica dicha conexión, aunada a una falta de conocimientos sobre la conservación del medio ambiente podrían desalentar a los residentes para realizar la conexión requerida. Por lo tanto, aunque CAPA realizó esfuerzos para construir servicios públicos de alcantarillado, la cobertura real no aumentó en esa medida. Para hacerle frente al problema antes planteado, durante el proyecto sobre Tratamiento de Aguas Residuales para Pequeñas Comunidades se estableció un fondo para aliviar la carga financiera y se realizaron explicaciones a los residentes en conjunto con la educación ambiental. Como resultado de las medidas tomadas, se promovió la conexión al sistema de alcantarillado público entre los residentes.

El proyecto modelo para el Establecimiento de un Sistema de Información para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos formuló un marco en el que la SEDUMA y los municipios intercambien información sobre el Manejo de Residuos Sólidos; siendo la primera una institución estatal y los segundos los encargados de proveer el servicio de residuos sólidos. Este sistema también responde a los requerimientos de la nueva ley federal, “Ley General para la Preservación y Manejo de los Residuos.” En relación a este proyecto, se propone el establecimiento de una Unidad Ejecutora en la SEDUMA para promover y supervisar la implementación del Plan Maestro, y para promulgar una nueva ordenanza/reglamento municipal para el Manejo de los Residuos Sólidos con base en el Plan Maestro.

El proyecto para la Formación de la Capacidad de la Agencia Ejecutora en Othón P. Blanco apuntó a establecer una manera para controlar los costos del servicio de residuos sólidos.

Este proyecto se ejecutó en conjunto con otros, como el Mejoramiento del Sitio de Disposición Final y el Mejoramiento de la Recolección. En concreto, los datos técnicos derivados de dichos proyectos modelos se unieron con datos sobre costos y, posteriormente, los resultados del análisis de los datos combinados fueron retroalimentados para mejorar la operación del sitio de disposición y los trabajos de recolección. Por tanto, este proyecto modelo pretendió fortalecer las capacidades fundamentales para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos. En un inicio, se encontró que la información sobre costos se encontraba dispersa en varias secciones del gobierno municipal, lo que dificultó la recopilación de información. Sin embargo, al final se lograron establecer canales de comunicación entre las diferentes secciones y el personal del municipio pudo percibir de primera mano las mejoras obtenidas, todo como resultado de la implementación de este Proyecto Modelo.

Por medio del proyecto para el Mejoramiento del Sitio Existente de Disposición Final en Othón P. Blanco los residuos que se encontraban dispersos fueron acumulados en un área definida, compactados, y recubiertos con suelo, lo que mejoró las condiciones sanitarias. Entre otras mejoras realizadas, se construyó un camino de acceso que llevó a mejorar de manera significativa la manera de trabajar/operar en el sitio. Además, una vez que fue instalada la báscula camionera, se conoció con certeza la cantidad de residuos que eran descargados en el sitio. De hecho, la cantidad de residuos es una de las informaciones más importantes en el Manejo de los Residuos Sólidos; en este sentido, se obtuvo que la cantidad promedio dispuesta durante el proyecto modelo alcanzó las 160 toneladas/día.

El proyecto para el Mejoramiento del Servicio de Recolección se realizó en los municipios de Othón P. Blanco y Felipe C. Puerto, Por medio de este Proyecto Modelo, se definió una manera para planificar rutas, registrar datos de operación, y evaluar datos. Como resultado de este proyecto, en Othón P. Blanco se obtuvo la reducción en el tiempo de operación de los vehículos de recolección y se aumentó la cantidad de residuos recolectados por cuadrilla; esto lleva a pensar que existe la posibilidad de reducir costos. Para el caso de Felipe C. Puerto, el Proyecto Modelo aumentó la cobertura a un 80%, cuando llegaba a ser sólo de 50% antes de la implementación del mismo.

Durante el Proyecto Modelo para el Establecimiento de un Sistema para el Manejo de Residuos Sólidos en la Costa Maya se instalaron varias estaciones de acopio para realizar la recolección separada; dichas estaciones fueron administradas por un comité de reciente creación para el Manejo de Residuos Sólidos en la comunidad local; además, se iniciaron negociaciones con comerciantes para la recolección de botellas PET y latas. En pocas palabras, un nuevo Sistema para el Manejo de Residuos Sólidos ha comenzado a operar en Costa Maya.

El proyecto modelo de Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje sirvió para preparar materiales educativos, por ejemplo, video y textos; además, se definió la manera de realizar la educación ambiental por medio del uso de dichos materiales. Como parte de este proyecto se implementó también una actividad de reciclaje de papel. Estas actividades fueron realizadas y reproducidas por la misma contraparte Mexicana.

21.2 Recomendaciones

21.2.1 Recomendaciones para la Implementación del Plan Maestro

a. Plan Maestro para el Manejo de Aguas Residuales

1. Mejoramiento en la Cobertura del Sistema de Alcantarillado

- Se debe priorizar el desarrollo del sistema de alcantarillado en las comunidades urbanas, teniendo en cuenta su efectividad en costos en relación a la reducción de la carga contaminante y que dichas comunidades generan una gran cantidad de carga contaminante.
- El manual y las experiencias adquiridas a lo largo del Proyecto Modelo para el Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades debería utilizarse para construir y operar un sistema de alcantarillado en las mismas, de ahora en adelante.
- CAPA debería procurar, en coordinación con la CNA, los costos de inversión requeridos para desarrollar los sistemas de alcantarillado.

2. Promoción de la Conexión de Drenaje Intra-domiliar con el Sistema Público

- CAPA debería crear un equipo de proyecto para promover las conexiones intra-domiliares al sistema público. El equipo debería estar compuesto por personal de diversas secciones (multi-disciplinario), por ejemplo, planeamiento, construcción, operación y mantenimiento, y relaciones con la comunidad.
- La promoción debería realizarse no sólo en áreas donde ya existe un sistema de alcantarillado, sino también en sectores donde aún se planifica la construcción del mismo. La promoción debería realizarse con anticipación, antes o en las etapas iniciales de construcción.
- Con el fin de aliviar la carga financiera de los residentes, el fondo que se estableció para el Proyecto Modelo para el Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades debería aumentarse y utilizarse de manera intensiva.
- Con el propósito de aumentar la conciencia sobre la conservación ambiental, las explicaciones a los residentes deben realizarse en conjunto con la educación ambiental.

3. Aumento de los Ingresos y Reducción de Costos

- La tarifa por el servicio de alcantarillado, que ha sido establecida en 20% del cobro por el servicio de abastecimiento de agua, debería incrementarse en correspondencia con la ampliación del servicio del sistema de alcantarillado.
- Debería promoverse la instalación de micro-medidores y la tasa de recaudación debería mejorar.
- Los costos indirectos que representan 50% del costo total deberían reducirse.

b. Plan Maestro para el Manejo de los Residuos Sólidos

1. Mejoramiento de la cobertura de recolección de residuos

- Los trabajos para el mejoramiento de la recolección deberían continuar teniendo como base los manuales preparados y las experiencias adquiridas a lo largo del Proyecto Modelo para el Mejoramiento del Servicio de Recolección.

- La capacidad disponible para recolección, resultado de la mejoría, debería utilizarse para ampliar la cobertura de la recolección.

2. Implementación de una Disposición Adecuada

- Los sitios existentes para la disposición deberían ser mejorados por medio del uso del manual preparado y las experiencias adquiridas durante el Proyecto Modelo para el Mejoramiento del Sitio de Disposición en Othón P. Blanco.
- La manera actual de disposición debería evolucionar hacia un sistema de relleno sanitario en Chetumal, la Riviera Maya, y la Costa Maya en correspondencia con el programa definido en el Plan Maestro.
- El municipio de Othón P. Blanco debería procurar los costos de inversión para la construcción del relleno sanitario en la Costa Maya, en coordinación con FONATUR.

3. Promoción de la Minimización de Residuos

- El Proyecto Modelo de Educación Ambiental y Actividades de Reciclaje debería ser continuado y reproducido en coordinación con el Ministerio de Educación y de otras instituciones relacionadas.
- El reciclaje de papel que fue impulsado durante el Proyecto Modelo debería ser reproducido.
- El reciclaje de materiales PET debería ser promovido en coordinación con ECOSE.
- La composta de residuos de poda debería iniciar en el futuro cercano.

4. Acciones encaminadas hacia la Auto-suficiencia Financiera

- La recaudación de cobros por el servicio de residuos sólidos debería ser considerada e implementada a la brevedad posible.
- Se debería considerar, tan pronto como sea posible, un sistema que le cobre a los turistas por el servicio de residuos sólidos.

5. Fortalecimiento del Sistema Institucional

- La Unidad Ejecutora que estaría a cargo de guiar y apoyar el Manejo de los Residuos Sólidos debería ser establecida en la SEDUMA.
- Los municipios deberían considerar la ordenanza propuesta relacionada al Manejo de los Residuos Sólidos.

21.2.2 Recomendaciones para la Preservación del Agua Subterránea

1. Establecimiento de un Sistema para el Monitoreo de las Aguas Subterráneas

- La CNA debería establecer un sistema de monitoreo que sea capaz de reflejar comprensivamente el estatus del agua subterránea de manera cuantitativa.
- Los resultados del monitoreo deberían ser utilizados para la implementación adecuada del Plan Maestro, por ejemplo, si los resultados del monitoreo muestran que existe una contaminación seria del agua subterránea en cierta área, se puede inducir una recomendación para priorizar la construcción del alcantarillado en dicha área.

2. Mejoramiento y fortalecimiento del Sistema Institucional

- Se debería mejorar y fortalecer el sistema institucional actual con el propósito de hacer posible que la evaluación de los resultados del monitoreo traigan como consecuencia la implementación de las acciones necesarias para proteger el agua subterránea. Por ejemplo, si la calidad del agua subterránea es regulada cuantitativamente, los resultados del monitoreo pueden ser evaluados de acuerdo con la regulación y las siguientes acciones pueden ser tomadas de manera inmediata, en forma de investigaciones adicionales o como guías.
- La CNA debería iniciar el establecimiento de regulaciones para los pozos de inyección teniendo en consideración los resultados del Proyecto Modelo para el Manejo de Aguas Residuales tipo Urbano.

21.2.3 Recomendaciones para la Conservación del Medio Ambiente Acuático Costero

1. Monitoreo de la Calidad de las Aguas Costeras Adyacentes

- Se debería estudiar la relación entre la calidad del agua subterránea y las aguas de mar en coordinación con el monitoreo realizado por la Marina en aguas adyacentes.
- Los trabajos de monitoreo de la Marina deberían ser diagnosticados y evaluados. Si es necesario, se deberían tomar medidas para el mejoramiento de dicho sistema.

2. Promover la Cooperación entre Proyectos y/o Instituciones Relacionadas

- La información debería ser intercambiada entre proyectos relacionados, tales como el proyecto para la Conservación del Arrecife Costero Mesoamericano; además, debe procurarse cualquier posible coordinación.
- La información debería intercambiarse entre las diversas instituciones que tratan con la conservación ambiental tales como la Universidad de Quintana Roo, el ITCH (Instituto Tecnológico de Chetumal), y el ECOSUR (El Colegio de la Frontera Sur).

Para concluir, el Equipo de Estudio quisiera agradecer a las organizaciones e individuos, tanto en México como en Japón, que han participado o cooperado a lo largo de este Estudio. Esperamos que el trabajo realizado en conjunto conlleve a alcanzar un desarrollo sustentable en el Área de Estudio, el Estado de Quintana Roo, y la Península de Yucatán.