

# Capitulo H

---

---

*Plan Maestro*

## Contenido

Página:

<b>H</b>	<b>Plan Maestro .....</b>	<b>H-1</b>
H.1	Conceptos Básicos.....	H-1
H.1.1	Principio Guía, Objetivo Principal y Enfoque Básico.....	H-1
H.1.2	Cifra Meta del Plan Maestro .....	H-2
H.2	Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales.....	H-3
H.2.1	Objetivos, Cifras Meta y Año Meta .....	H-3
H.2.2	Medidas Propuestas.....	H-5
H.2.3	Diseño del Proceso de Tratamiento.....	H-7
H.2.4	Estimación de Costos para las Aguas Residuales.....	H-28
H.2.5	Análisis Financiera del Plan Maestro de Aguas Residuales.....	H-44
H.2.6	Programa de Implementación .....	H-53
H.3	Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos.....	H-82
H.3.1	Objetivos, Cifras Meta y Año Meta .....	H-82
H.3.2	Estrategias .....	H-85
H.3.3	Medidas Propuestas.....	H-88
H.3.4	Flujo de los Residuos .....	H-102
H.3.5	Estimación de Costos .....	H-114
H.3.6	Análisis Financiero .....	H-138
H.3.7	El Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos.....	H-146
H.3.8	Plan de Implementación .....	H-158
H.4	Examinación Ambiental Inicial .....	H-175
H.4.1	Perfil de la EIA .....	H-175
H.4.2	Examinación Ambiental Inicial.....	H-186
H.5	Evaluación del Plan Maestro .....	H-194
H.5.1	Evaluación Económica.....	H-194
H.5.2	Evaluación Financiera.....	H-204
H.5.3	Evaluación del Saneamiento Ambiental.....	H-205
H.5.4	Evaluación Técnica .....	H-206
H.5.5	Evaluación Institucional.....	H-208
H.5.6	Evaluación General .....	H-209

## Listado de Cuadros

Página:

Cuadro H-1: Objetivos del Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales .....	H-4
Cuadro H-2: Nivel de Tratamiento Meta según el Tamaño de la Población .....	H-4
Cuadro H-3: Método de Tratamiento Propuesto .....	H-5
Cuadro H-4: Nivel de tratamiento meta por tamaño de población .....	H-5
Cuadro H-5: Proyección de la Cantidad Generada de Lodos Excedentes .....	H-6
Cuadro H-6: Cantidad Requerida de Disposición de Lodos Excedentes .....	H-6
Cuadro H-7: Condiciones de Diseño para el Nivel 1 .....	H-7
Cuadro H-8: Resumen de los Calculos de Diseño .....	H-8
Cuadro H-9: Condiciones de Diseño para el Nivel 2 .....	H-10
Cuadro H-10: Resumen sobre los Calculos de Diseño .....	H-12
Cuadro H-11: Condiciones de Diseño para un Nivel 3 .....	H-16
Cuadro H-12: Resumen de los Calculos de Diseño .....	H-18
Cuadro H-13: Condiciones de Diseño para un Nivel 4 .....	H-22
Cuadro H-14: Resumen del Calculo de Diseño .....	H-23
Cuadro H-15: Resumen del Método para Estimación de Costos .....	H-28
Cuadro H-16: Costo Unitario para la Construcción de la Línea de Alcantarillado .....	H-28
Cuadro H-17: Costo del Proceso del Reactor Anaeróbico .....	H-29
Cuadro H-18: Costos de Construcción de los Sistemas Rurales de CAPA .....	H-29
Cuadro H-19: La Relación Entre la Cantidad de Agua Residual y los Costos de Construcción de la Línea de Alcantarillado .....	H-30
Cuadro H-20: Suposición para la Modificación de la Función de Costos .....	H-31
Cuadro H-21: Plan Maestro para el Costo de la Línea de Alcantarilla en Othón P. Blanco	H-34
Cuadro H-22: Costos del Plan Maestro para las Instalaciones de Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio de Othón P. Blanco .....	H-35
Cuadro H-23: Costos del Plan Maestro del Manejo de Lodos en el Municipio de Othón P. Blanco .....	H-36
Cuadro H-24: Costos Totales del Plan Maestro en el Municipio de Othón P. Blanco .....	H-36
Cuadro H-25: Costo del Plan Maestro para la Línea de Alcantarillado en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto .....	H-37
Cuadro H-26: Costo del Plan Maestro para las Instalaciones de Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto .....	H-38
Cuadro H-27: : Costos del Plan Maestro del Manejo de Lodos en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto .....	H-39
Cuadro H-28: Costo Total del Plan Maestro en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto ....	H-39
Cuadro H-29: Costo del Plan Maestro para la Línea de Alcantarillado en el Municipio de Solidaridad .....	H-40
Cuadro H-30: Costo del Plan Maestro para las Instalaciones de Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio de Solidaridad .....	H-41
Cuadro H-31: Costos del Plan Maestro del Manejo de Lodos en el Municipio de Solidaridad	H-42
Cuadro H-32: Costo Total del Plan Maestro en el Municipio de Solidaridad .....	H-42
Cuadro H-33: Costo General del Plan Maestro .....	H-43
Cuadro H-34: Metas de Tratamientos de Aguas Residuales y Tasas Asumidas .....	H-44
Cuadro H-35: Ingresos por Fuente y Costo del Plan Maestro de Aguas Residuales por Municipio .....	H-45
Cuadro H-36: Balance Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales .....	H-46
Cuadro H-37: Indices de Viabilidad Financiera del Plan Maestro de Aguas Residuales ....	H-47
Cuadro H-38: Análisis de Sensibilidad del Plan Maestro de Aguas Residuales .....	H-49
Cuadro H-39: Othón P Blanco: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales ...	H-51
Cuadro H-40: Felipe C Puerto: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales ...	H-51
Cuadro H-41: Solidaridad: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales .....	H-52
Cuadro H-42: Area de Estudio: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales ...	H-52

Cuadro H-43: Costo Unitario de Inversión para Eliminar DBO (2004 al 2015) .....	H-53
Cuadro H-44: Porcentaje de Alcance en el Área de Estudio.....	H-54
Cuadro H-45: Porcentaje de alcance en Othón P. Blanco .....	H-55
Cuadro H-46: Porcentaje de alcance en Felipe Carrillo Puerto .....	H-56
Cuadro H-47: Porcentaje de Alcance en Solidaridad.....	H-57
Cuadro H-48: Resumen de las Comunidades Proyectadas con Servicio en Othón P. Blanco.....	H-58
Cuadro H-49: Nivel1 Población Proyectada con Servicio en Othón P. Blanco .....	H-59
Cuadro H-50: Nivel 1 Cantidad de Tratamiento Proyectada en Othón P. Blanco.....	H-62
Cuadro H-51: Nivel 2 Población Proyectada con Servicio en Othón P. Blanco .....	H-65
Cuadro H-52: Nivel2 Cantidad de Tratamiento Proyectada en Othón P. Blanco.....	H-66
Cuadro H-53: Nivel 3 Población Proyectada con Servicio en Othón P. Blanco .....	H-67
Cuadro H-54: Nivel3 Cantidad Potencial y Capacidad de Tratamiento Proyectada en Othón P. Blanco .....	H-67
Cuadro H-55: Nivel 4 Población Proyectada con Servicio en Othón P. Blanco .....	H-68
Cuadro H-56: Nivel4 Cantidad Potencial y Capacidad de Tratamiento Proyectado en Othón P. Blanco .....	H-68
Cuadro H-57: Resumen de las Comunidades Proyectadas con Servicio en Felipe Carrillo Puerto .....	H-69
Cuadro H-58: Nivel1 Población Proyectada con Servicio en Felipe Carrillo Puerto .....	H-70
Cuadro H-59: Nivel1 Cantidad Proyectada de Tratamiento en Felipe Carrillo Puerto .....	H-72
Cuadro H-60: Nivel 2 Población Proyectada con Servicio en Felipe Carrillo Puerto .....	H-74
Cuadro H-61: Nivel 2 Cantidad de Tratamiento Proyectada en Felipe Carrillo Puerto .....	H-75
Cuadro H-62: Nivel3 Población Proyectada con servicio, Cantidad Potencial y Capacidad de Tratamiento Proyectada en Felipe Carrillo Puerto .....	H-75
Cuadro H-63: Resumen de las Comunidades Proyectadas con Servicio en Solidaridad ....	H-76
Cuadro H-64: Nivel 1 Población Proyectada con Servicio en Solidaridad.....	H-77
Cuadro H-65: Nivel1 Cantidad de Tratamiento Proyectada en Solidaridad .....	H-78
Cuadro H-66: Nivel 2 Población Proyectada con Servicio en Solidaridad.....	H-79
Cuadro H-67: Nivel 2 Cantidad Proyectada de Tratamiento en Solidaridad .....	H-79
Cuadro H-68: Nivel 3 Población Proyectada con Servicio en Solidaridad.....	H-80
Cuadro H-69: Nivel 3 Cantidad Potencial y Capacidad Proyectada de Tratamiento en Solidaridad .....	H-80
Cuadro H-70: Nivel 4 Población Proyectada con Servicio en Solidaridad.....	H-81
Cuadro H-71: Nivel 4 Cantidad Potencial y Capacidad Proyectada de Tratamiento en Solidaridad .....	H-81
Cuadro H-72: Valores Meta del Plan Maestro para el MRS (por Municipios).....	H-82
Cuadro H-73: Grupos Urbanos .....	H-83
Cuadro H-74: Las Cifras Meta del Plan Maestro para el Manejo de Residuos Sólidos por Grupo Urbano.....	H-83
Cuadro H-75: Tasa de Minimización de Residuos para el Plan Maestro de MRS.....	H-84
Cuadro H-76: Las Estrategias y Medidas Propuestas .....	H-88
Cuadro H-77: Comunidades Urbanas sujetas al Plan Maestro .....	H-89
Cuadro H-78: Tasa de Recolección adoptada en el Plan Maestro.....	H-90
Cuadro H-79: Maneras de Disposición Final adoptadas en el Plan Maestro .....	H-90
Cuadro H-80: Compartimiento de Responsabilidades para las Medidas Propuestas.....	H-100
Cuadro H-81: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2007 .....	H-102
Cuadro H-82: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro en el 2007 (Othón P. Blanco).....	H-103
Cuadro H-83: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2007 (Felipe C. Puerto).....	H-104
Cuadro H-84: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2007 (Solidaridad) ....	H-105
Cuadro H-85: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011.....	H-106
Cuadro H-86: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011 (Othón P. Blanco).....	H-107
Cuadro H-87: Flujo de los Residuos del Plan Maestro para 2011 (Felipe C. Puerto).....	H-108
Cuadro H-88: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011 (Solidaridad).....	H-109
Cuadro H-89: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 .....	H-110
Cuadro H-90: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Othón P Blanco).....	H-111

Cuadro H-91: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Felipe C. Puerto)	H-112
Cuadro H-92: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Solidaridad) ....	H-113
Cuadro H-93: Costos de Unidad .....	H-114
Cuadro H-94: Costo de la Reducción en la Fuente por Municipio .....	H-116
Cuadro H-95: Cost of Resource Reduction by Urban Group .....	H-117
Cuadro H-96: Costo de Recolección y Transporte (Toda el Área de Estudio).....	H-119
Cuadro H-97: Costo de Recolección y Transporte (Othón P Blanco).....	H-120
Cuadro H-98: Costo de Recolección y Transporte (Felipe C Puerto).....	H-120
Cuadro H-99: Costo de Recolección y Transporte (Solidaridad).....	H-121
Cuadro H-100: Costo de Recolección y Transporte por Grupo Urbano .....	H-121
Cuadro H-101: Costo del Tratamiento Intermedio (Compostaje), Toda el Área de Estudio	H-127
Cuadro H-102: Costo del Tratamiento Intermedio (Compostaje) por Municipio .....	H-128
Cuadro H-103: Costo del Tratamiento Intermedio (Compostaje) por Grupo Urbano .....	H-129
Cuadro H-104: Costos de Disposición Final por Municipio.....	H-131
Cuadro H-105: Costo de Inversión de la Disposición Final por Grupo Urbano .....	H-132
Cuadro H-106: Costos de Operación y Mantenimiento de la Disposición Final por Grupo Urbano .....	H-132
Cuadro H-107: Costos de la Disposición Final por Grupo Urbano .....	H-133
Cuadro H-108: Costo Total del Plan Maestro de MRS (en toda el Área de Estudio) .....	H-134
Cuadro H-109: Costo Total del Plan Maestro de MRS (Othón P Blanco).....	H-135
Cuadro H-110: Costo Total del Plan Maestro de MRS (Felipe C Puerto) .....	H-136
Cuadro H-111: Costo Total del Plan Maestro de MRS (Solidaridad) .....	H-137
Cuadro H-112: Deficit Financiero del MRS con Tarifas de \$30 Familias y \$100 Negocios	H-140
Cuadro H-113: Costos e Ingresos del Servicio de Manejo de Residuos Sólidos con Tarifas Mensuales de 50 pesos para viviendas & 200 pesos para Comercios (Othón P Blanco)	H-142
Cuadro H-114: Costos e Ingresos del Servicio de Manejo de Residuos Sólidos con Tarifas Mensuales de 40 Pesos para viviendas & 150 Pesos para comercios (Felipe C Puerto)	H-143
Cuadro H-115: Costos e Ingresos del Servicio de Manejo de Residuos Sólidos con Tarifas Mensuales de 50 Pesos para viviendas & 200 Pesos para comercios (Solidaridad)	H-144
Cuadro H-116: Costos e Ingresos del Servicio de Manejo de Residuos Sólidos con Tarifas Mensuales de 50 Pesos para viviendas & 200 Pesos para comercios (Área de Estudio)	H-145
Cuadro H-117: El Plan Maestro de MRS, Toda el Área de Estudio 1, (Cantidad de Residuos)	H-146
Cuadro H-118: El Plan Maestro de MRS, Toda el Área de Estudio 2, (Sistema Técnico)	H-147
Cuadro H-119: El Plan Maestro de MRS, Toda el Área de Estudio 3, (Costo e Ingreso).	H-148
Cuadro H-120: El Plan Maestro de MRS, Othón P Blanco 1, (Cantidad de Residuos)....	H-149
Cuadro H-121: El Plan Maestro de MRS, Othón P Blanco 2, (Sistema Técnico) .....	H-150
Cuadro H-122: El Plan Maestro de MRS, Othón P Blanco 3, (Costo e Ingreso).....	H-151
Cuadro H-123: El Plan Maestro de MRS, Felipe C Puerto 1, (Cantidad de Residuos) ....	H-152
Cuadro H-124: El Plan Maestro de MRS, Felipe C Puerto 2, (Sistema Técnico).....	H-153
Cuadro H-125: El Plan Maestro de MRS, Felipe C Puerto 3, (Costo e Ingreso).....	H-154
Cuadro H-126: El Plan Maestro de MRS, Solidaridad 1, (Cantidad de Residuos).....	H-155
Cuadro H-127: El Plan Maestro de MRS, Solidaridad 2, (Sistema Técnico) .....	H-156
Cuadro H-128: El Plan Maestro de MRS, Solidaridad 3, (Costo e Ingreso).....	H-157
Cuadro H-129: Plan de Implementación (Fase 1: 2004-2007) .....	H-158
Cuadro H-130: Plan de Implementación (Fase 2: 2008-2011).....	H-159
Cuadro H-131: Plan de Implementación (Fase 3: 2012-2015) .....	H-160
Cuadro H-132: Plan de Implementación de Reducción en la Fuente (por Municipio)....	H-161
Cuadro H-133: Plan de Implementación de Reducción en la Fuente (por Grupo Urbano)	H-162
Cuadro H-134: Plan de Implementación para la Recolección (por Municipio).....	H-166
Cuadro H-135: Plan de Implementación para la Recolección & Transporte (Grupo Urbano)	H-167
Cuadro H-136: Plan de Implementación del Compostaje de Residuos de Poda.....	H-171
Cuadro H-137: Plan de Implementación para el Compostaje de Residuos de Poda (por Grupos Urbanos) .....	H-172
Cuadro H-138: Plan de Implementación de la Disposición Final.....	H-174

Cuadro H-139: Aspectos ambientales seleccionados para la construcción de sitios de disposición final en el área de estudio.....	H-184
Cuadro H-140: Evaluación de Aspectos Ambientales (Boceto).....	H-187
Cuadro H-141: Enfoque o “Scoping” .....	H-192
Cuadro H-142: Costo Total del Plan Maestro .....	H-195
Cuadro H-143: Número de Turistas (1990-2001) .....	H-198
Cuadro H-144: Tasa de Crecimiento del Número de Turistas (1990-2001).....	H-198
Cuadro H-145: Tasa Anual de Crecimiento del Número de Turistas (1990-2001) .....	H-198
Cuadro H-146: Proyección del Número de Turistas e Ingresos por Turismo .....	H-199
Cuadro H-147: Beneficios del Plan Maestro .....	H-200
Cuadro H-148: VPN, Relación B/C, y TIR del Plan Maestro (tasa de disminución: 1.0% por año con respecto a las tasas proyectadas).....	H-200
Cuadro H-149: Casos en Análisis de Sensibilidad.....	H-201
Cuadro H-150: Análisis de Sensibilidad a una Tasa de Disminución del 0.5% por año... H-202	
Cuadro H-151: Análisis de Sensibilidad a una Tasa de Disminución del 1.5% por año... H-202	
Cuadro H-152: Resumen del Análisis de Sensibilidad .....	H-202
Cuadro H-153: Resumen de la Evaluación Económica del Plan Maestro .....	H-203

### Listado de Figuras

Página:

Figura H-1: Cifra Meta del Plan Maestro .....	H-2
Figura H-2: Hoja de Flujo del Proceso de Tratamiento (Nivel 1).....	H-7
Figura H-3: Reactor Anaeróbico para 100 Personas .....	H-8
Figura H-4: Reactor Anaeróbico para 250 Personas (1 unidad), 500 Personas (2 unidades), y 750 Personas (3 unidades).....	H-9
Figura H-5: Reactor Aneróbico para 1,499 Personas (2 unidades) .....	H-9
Figura H-6: Hoja de Flujo del Proceso de Tratamiento (Nivel 2).....	H-11
Figura H-7: Nivel 2 de Proceso de Tratamiento para 1,500 personas.....	H-13
Figura H-8: Nivel 2 de Proceso de Tratamiento para 5,000 personas.....	H-14
Figura H-9: Nivel 2 de Proceso de Tratamiento para 9,999 personas.....	H-15
Figura H-10: Hoja de Flujo para el Proceso de Tratamiento (Nivel 3).....	H-17
Figura H-11: Proceso de Tratamiento de Nivel 3 para 10,000 personas.....	H-19
Figura H-12: Proceso de Tratamiento de Nivel 3 para 30,000 personas.....	H-20
Figura H-13: Proceso de Tratamiento de Nivel 3 para 49,999 personas.....	H-21
Figura H-14: Hoja de Flujo para el Proceso de Tratamiento (Nivel 4).....	H-23
Figura H-15: Proceso de Tratamiento de Nivel 4 para 50,000 personas.....	H-25
Figura H-16: Proceso de Tratamiento de Nivel 4 para 100,000 personas.....	H-26
Figura H-17: Proceso de Tratamiento de Nivel 4 para 200,000 personas.....	H-27
Figura H-18: Cantidad de tratamiento Meta en el Área de Estudio .....	H-54
Figura H-19: Caudal de tratamiento meta en Othón P. Blanco .....	H-55
Figura H-20: Caudal de tratamiento Meta en Felipe Carrillo Puerto.....	H-56
Figura H-21: Caudal meta de tratamiento en Solidaridad.....	H-57
Figura H-22: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro en el 2007.....	H-102
Figura H-23: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2007 (Othón P. Blanco)H-103	
Figura H-24: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2007 (Felipe C. Puerto)H-104	
Figura H-25: Flujo de Residuos para el Plan Maestro para el 2007 (Solidaridad) .....	H-105
Figura H-26: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011 .....	H-106
Figura H-27: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011 (Othón P. Blanco)H-107	
Figura H-28: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011 (Felipe C. Puerto)H-108	
Figura H-29: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011 (Solidaridad).....	H-109
Figura H-30: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015.....	H-110

Figura H-31: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Othón P. Blanco)	H-111
Figura H-32: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Felipe C. Puerto)	H-112
Figura H-33: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Solidaridad).....	H-113
Figura H-34: procedimiento para la evaluación de impacto ambiental en Quintana Roo	H-181
Figura H-35: Casos en Análisis de Sensibilidad .....	H-201

# H Plan Maestro

## H.1 Conceptos Básicos

### H.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**

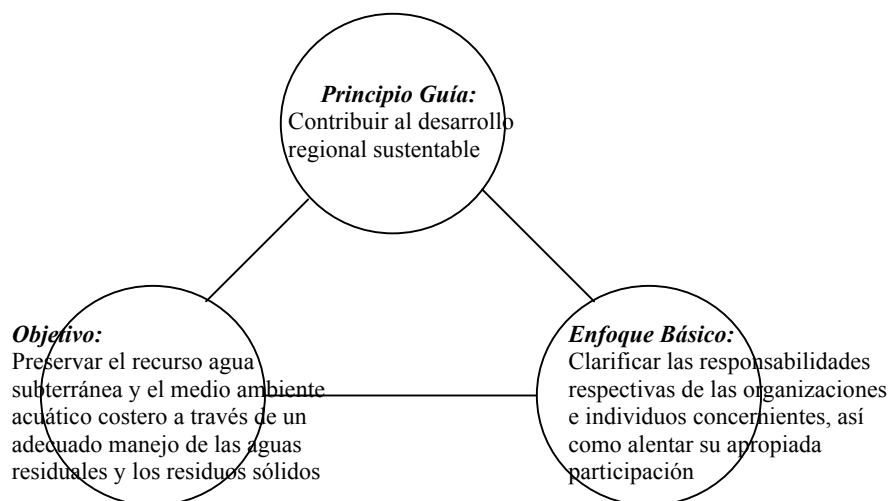
*Contribuir con el desarrollo regional sustentable*

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.*





### H.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,***

***La cantidad derivada de las aguas residuales deberá ser menor a 3,100 ton/año, y***

***La cantidad derivada de los residuos sólidos deberá se menor a 2,100 ton/año.***

Teniendo en cuenta que el objetivo principal es la preservación de las aguas subterráneas y las aguas costeras en el área de estudio, la cantidad originada de DBO proveniente de las aguas residuales y de los residuos sólidos descargada hacia el medioambiente deberá de ser controlada a menos de 5,200 ton/año para el año 2015; de la cifra anterior menos de 3,100 ton/año corresponderían a las aguas residuales y menos de 2,100 ton/año corresponderían a los residuos sólidos.

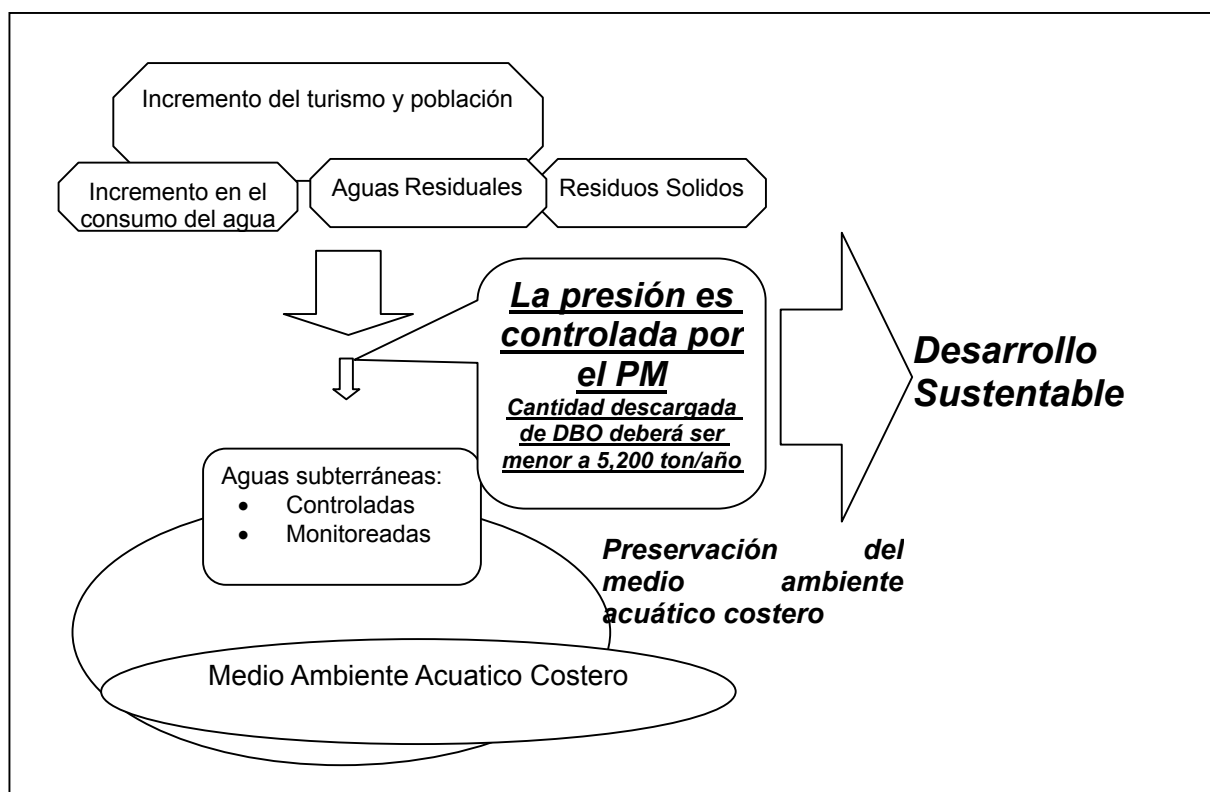


Figura H-1: Cifra Meta del Plan Maestro

## H.2 Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales

### H.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 H-1 y Cuadro H-2.

El principal problema en la actualidad consiste en que los habitantes rehúsan a conectarse al sistema de alcantarillado debido a que tienen tanques sépticos, los cuales contaminan las aguas subterráneas. Es importante utilizar medidas que aumenten la conciencia de los residentes en cuanto a la preservación del agua subterránea y alentarlos a conectarse al sistema de alcantarillado, si se pretende alcanzar los objetivos mencionados con anterioridad.

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

Aspectos	Municipios	Actualmente	Objetivos 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 H-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:

***Plan Maestro: año 2015***

## H.2.2 Medidas Propuestas

### H.2.2.1 Método de Tratamiento de Aguas Residuales

Los métodos de tratamiento indicados en el Cuadro H-3 se proponen para alcanzar los niveles de tratamiento sugeridos en el Cuadro H-4. Tales métodos serán revisados con base en las discusiones con la Contraparte y de los resultados obtenidos de los Proyectos Modelo.

Cuadro H-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 carrousel)+ desinfección
Nivel 4	Más de 50,000	Lodos activados + desinfección

Cuadro H-4: Nivel de tratamiento meta por tamaño de población

Nivel de tratamiento	Densidad demográfica de la comunidad	Calidad meta del agua tratada	
		DBO (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

### H.2.2.2 Plan de Manejo de Lodos

En el futuro se generará en exceso una gran cantidad de lodos junto con la expansión de tratamiento de aguas residuales; en consecuencia, será importante tomar medidas que permitan manejar dicho lodo excedente.

#### a. Proyección de la Cantidad Generada de Lodo Excedente

El exceso de lodo se deriva de SS y DBO en las aguas residuales. Basándose en la experiencia de Japón, la cantidad del exceso de lodo se puede obtener de la fórmula que se menciona a continuación. El Cuadro H-5 muestra los resultados del cálculo en base seca; aunque en la realidad, el lodo excesivo contiene agua. El Cuadro H-6 muestra la cantidad excedente de lodo a ser dispuestos con un contenido de agua de 85%.

$$Cl = DBO_{rem} \times 50\% + SS_{rem} \times 95\%$$

Donde:

<i>Cl</i>	:	Cantidad generada de lodos excedentes (seco sólido)
<i>DBO<sub>rem</sub></i>	:	Cantidad eliminada de DBO en el sistema de tratamiento
<i>SS<sub>rem</sub></i>	:	Cantidad eliminada de SS en el sistema de tratamiento

Cuadro H-5: Proyección de la Cantidad Generada de Lodos Excedentes

Unidad: DS-ton/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	1,042	0	0	16	0	0	0	2,960
2004	0	0	0	1,042	0	0	16	0	0	0	2,960
2005	0	0	0	1,825	0	0	59	0	0	0	3,373
2006	20	73	205	2,490	0	0	105	0	0	242	4,131
2007	39	145	410	3,155	0	0	151	0	0	485	4,890
2008	59	218	615	3,820	0	0	197	0	0	727	5,648
2009	78	291	820	4,485	0	0	243	0	0	969	6,329
2010	176	363	1,024	5,151	49	66	289	26	0	1,211	7,165
2011	273	581	1,098	5,307	130	132	335	52	52	1,301	7,523
2012	371	799	1,171	5,463	212	197	382	78	104	1,390	7,882
2013	468	1,017	1,244	5,620	293	263	428	104	156	1,480	8,240
2014	566	1,235	1,317	5,776	375	329	474	142	208	1,569	8,598
2015	761	1,525	1,391	5,932	456	461	520	181	261	1,659	8,956
Total	2,811	6,247	9,295	51,108	1,515	1,448	3,215	583	781	11,033	78,655

Cuadro H-6: Cantidad Requerida de Disposición de Lodos Excedentes

Unidad: m<sup>3</sup>/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

**b. Plan de Manejo de Lodos**

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.

## H.2.3 Diseño del Proceso de Tratamiento

### H.2.3.1 Nivel 1

#### a. Condiciones de Diseño y Hoja de Flujo del Tratamiento

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 H-7: 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 to 1,499
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/ m <sup>3</sup> /día)	250
Tiempo de retención en el tanque de desinfección (minutos)	15
Tasa de generación de lodos (m <sup>3</sup> /persona/año)	0.04
Período de retención de los lodos (año)	3
Calidad del agua tratada (mg/litro)	DBO:150, SS:125

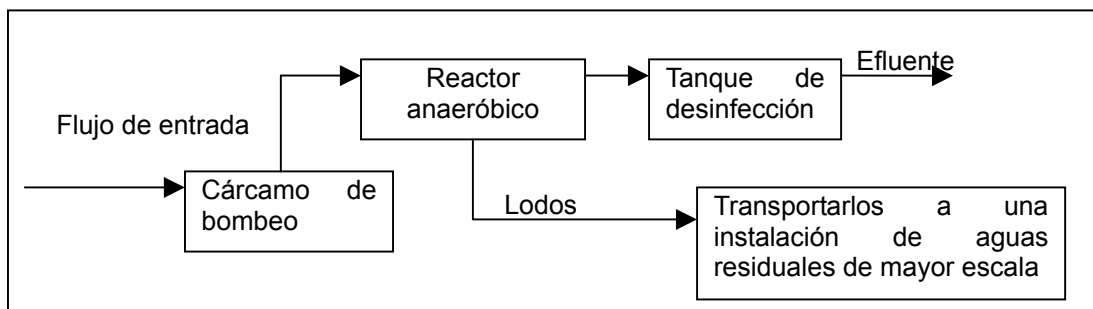


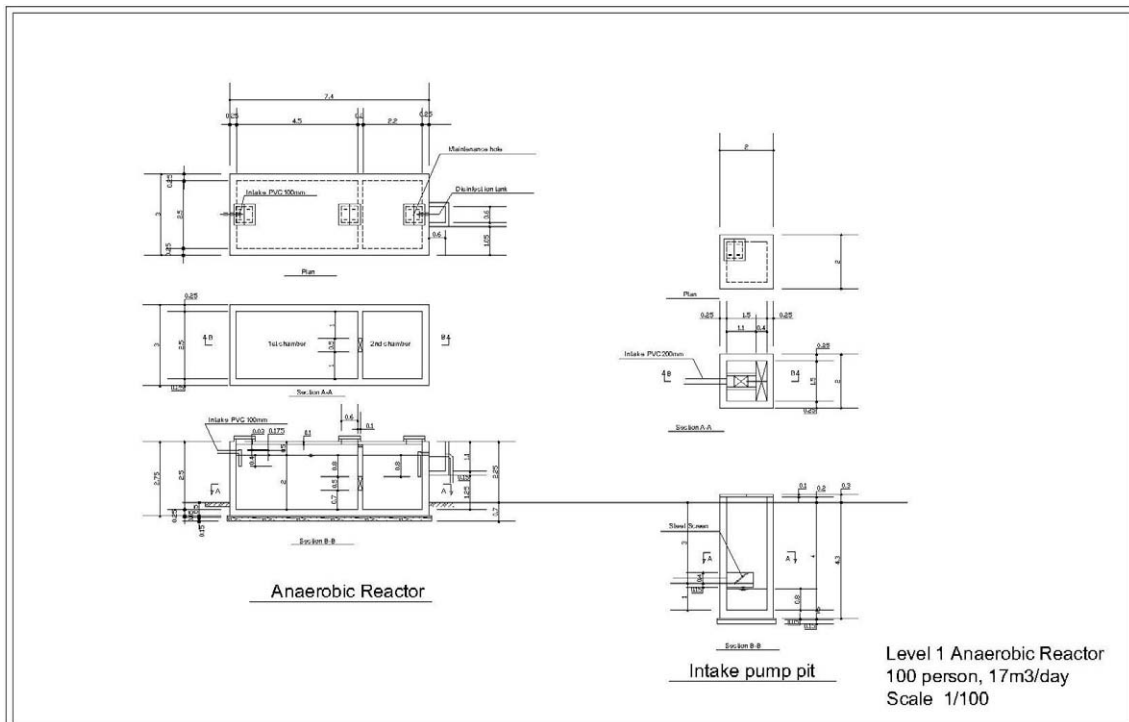
Figura H-2: Hoja de Flujo del Proceso de Tratamiento (Nivel 1)

**b. Diseño**

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

**Cuadro H-8: Resumen de los Calculos de Diseño**

Magnitud de la población	Cantidad de agua residual (m3/día)	Reactor Anaeróbico			
		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))	Total Requerido (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



**Figura H-3: Reactor Anaeróbico para 100 Personas**

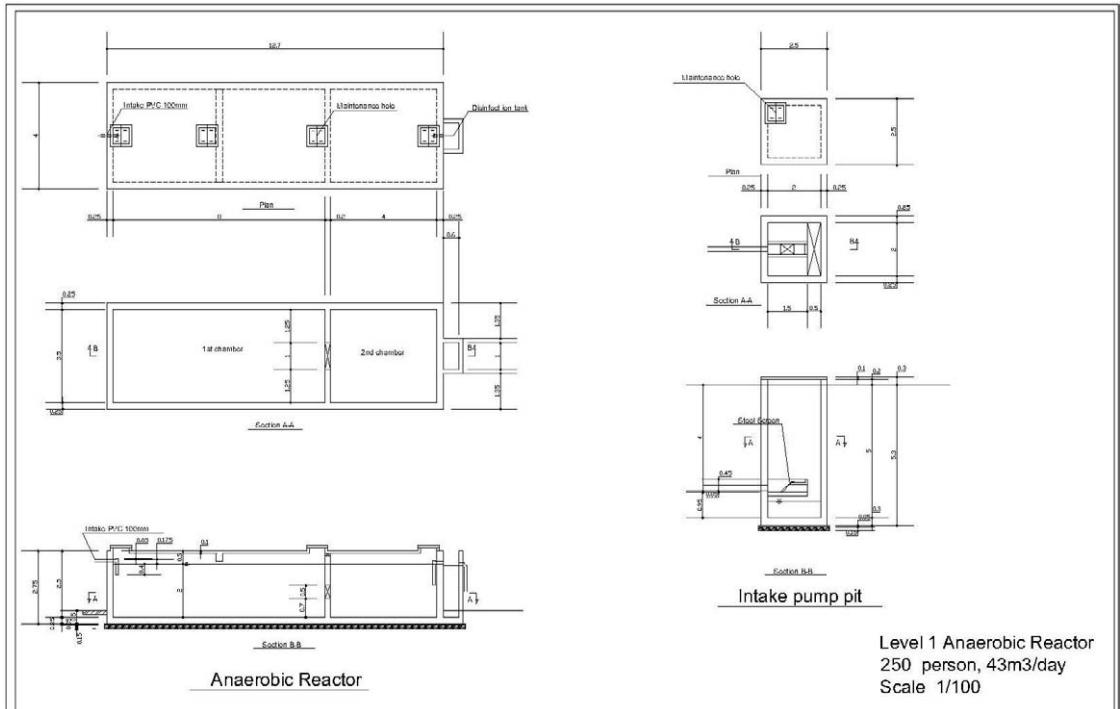


Figura H-4: Reactor Anaeróbico para 250 Personas (1 unidad), 500 Personas (2 unidades), y 750 Personas (3 unidades)

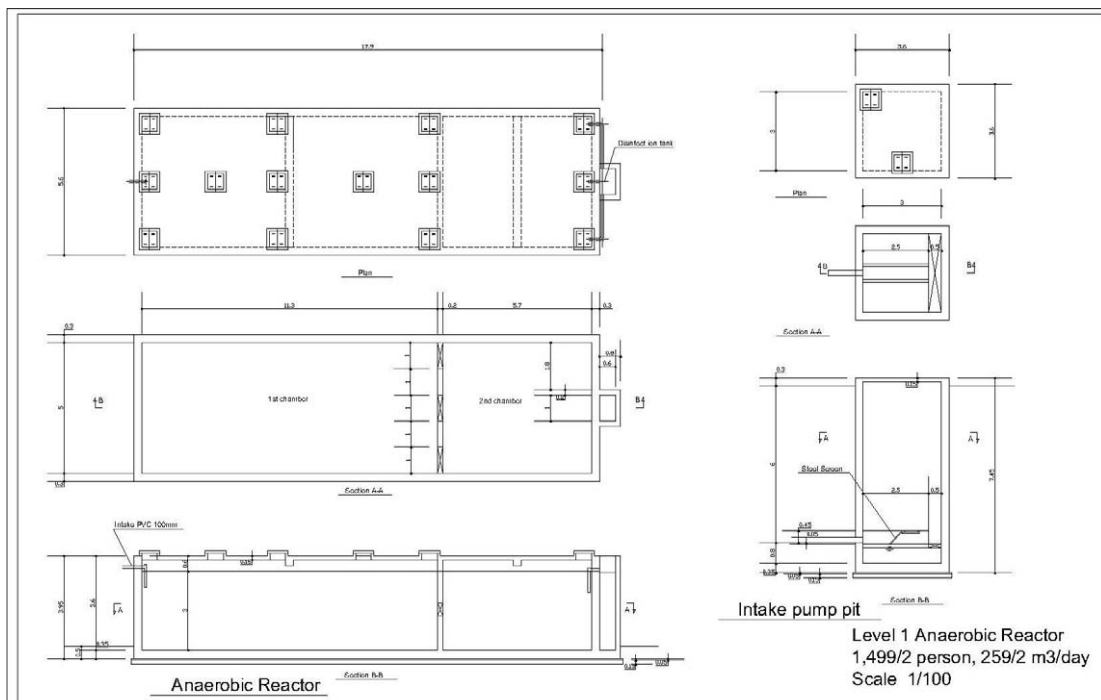


Figura H-5: Reactor Aneróbico para 1,499 Personas (2 unidades)



### H.2.3.2 Nivel 2

#### a. Condiciones de Diseño y Hoja de Flujo de Tratamiento

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 H-9: 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 <sup>3</sup> /día)	250
Carga de DBO del filtro aeróbico (kg/m <sup>3</sup> /día)	0.8
Tasa de llenado del medio filtrante	Más de 80%
Tanque de Sedimentación	
Carga Superficial Hidráulica (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día)	25
Carga del Rebose Hidráulico del vertedero (m <sup>3</sup> /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 <sup>2</sup> /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

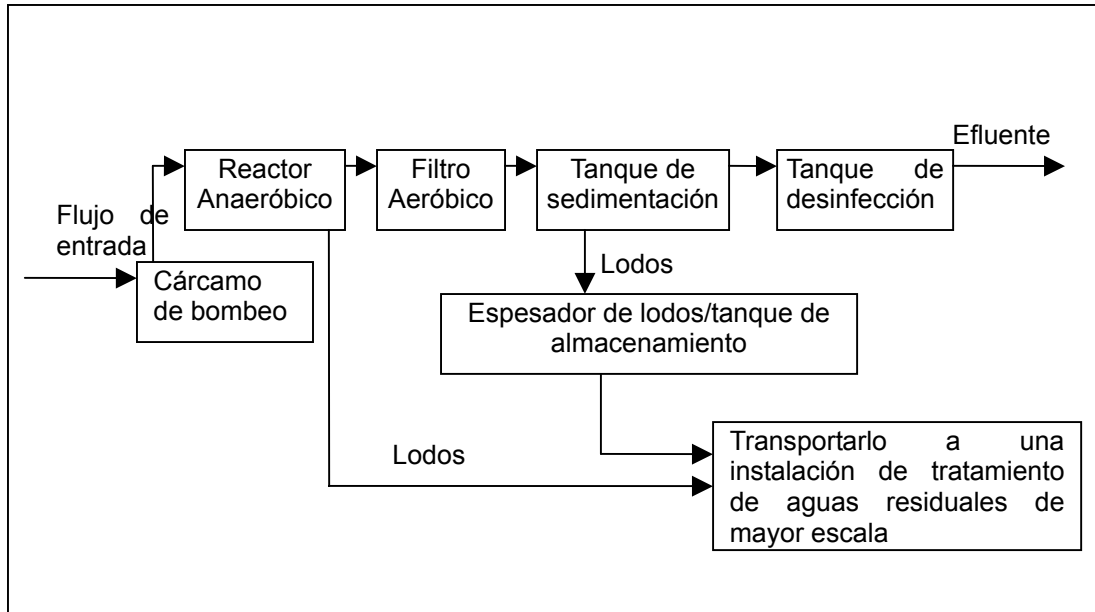


Figura H-6: Hoja de Flujo del Proceso de Tratamiento (Nivel 2)

**b. Diseño**

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

**Cuadro H-10: Resumen sobre los Calculos 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
Area 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

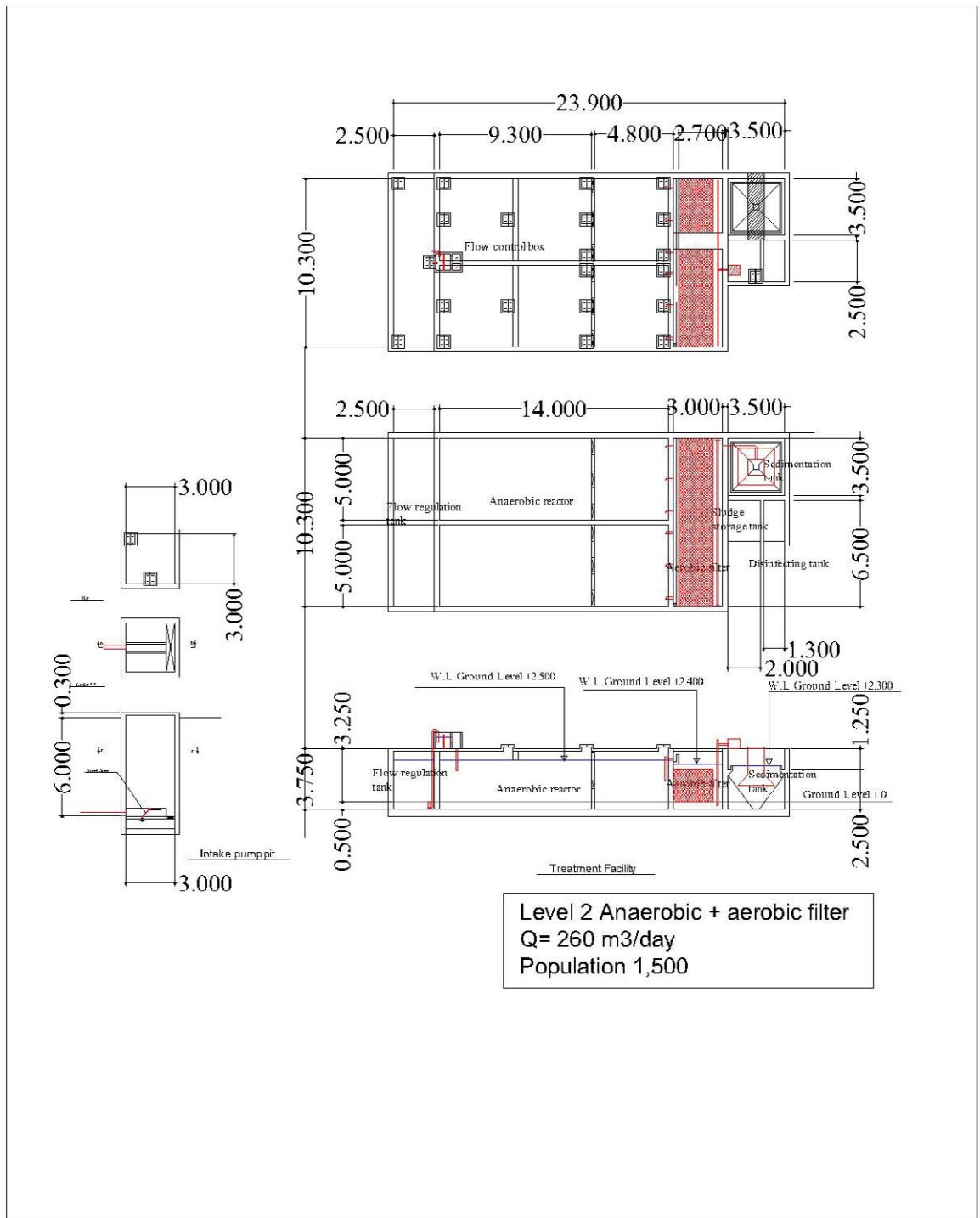


Figura H-7: Nivel 2 de Proceso de Tratamiento para 1,500 personas

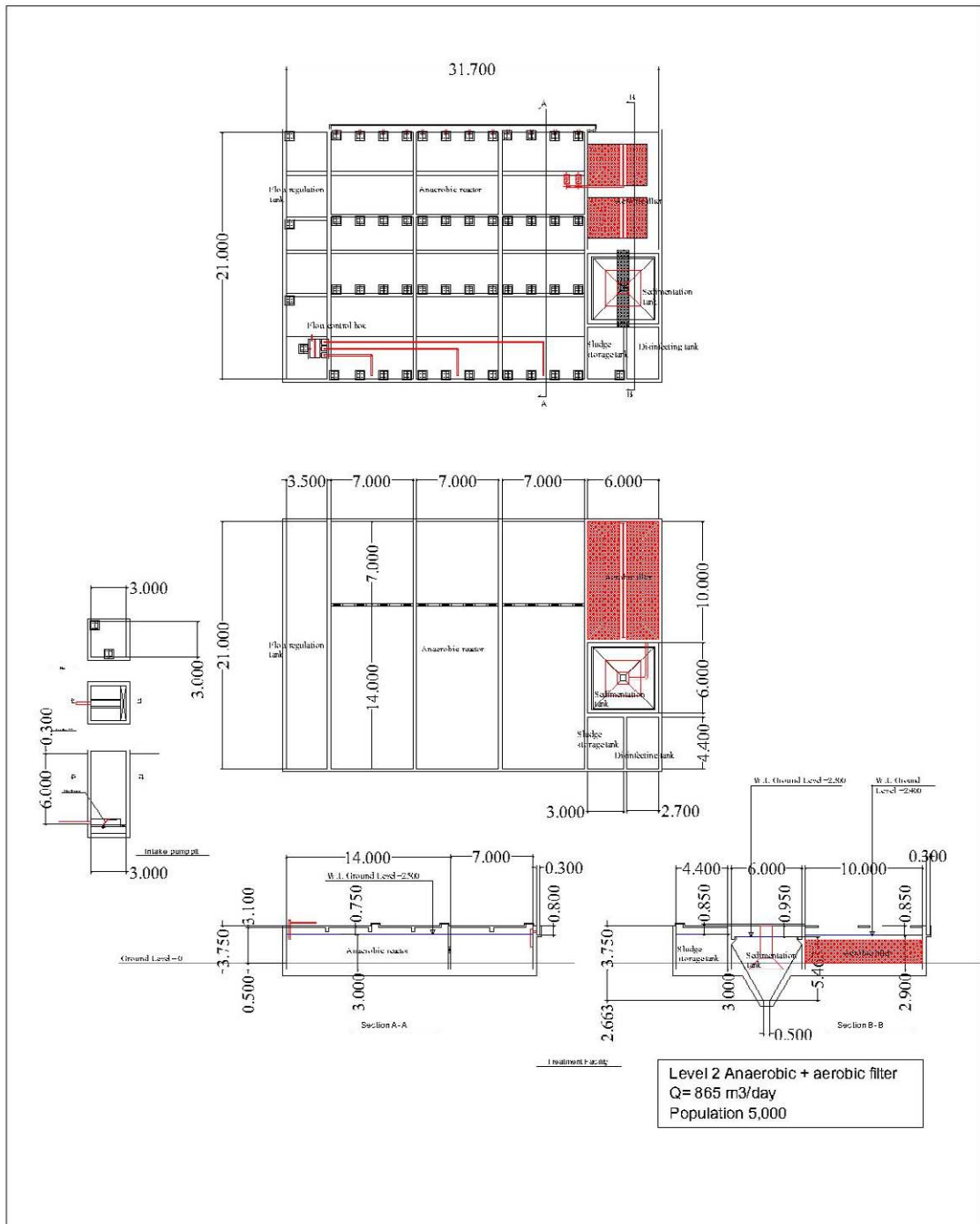


Figura H-8: Nivel 2 de Proceso de Tratamiento para 5,000 personas

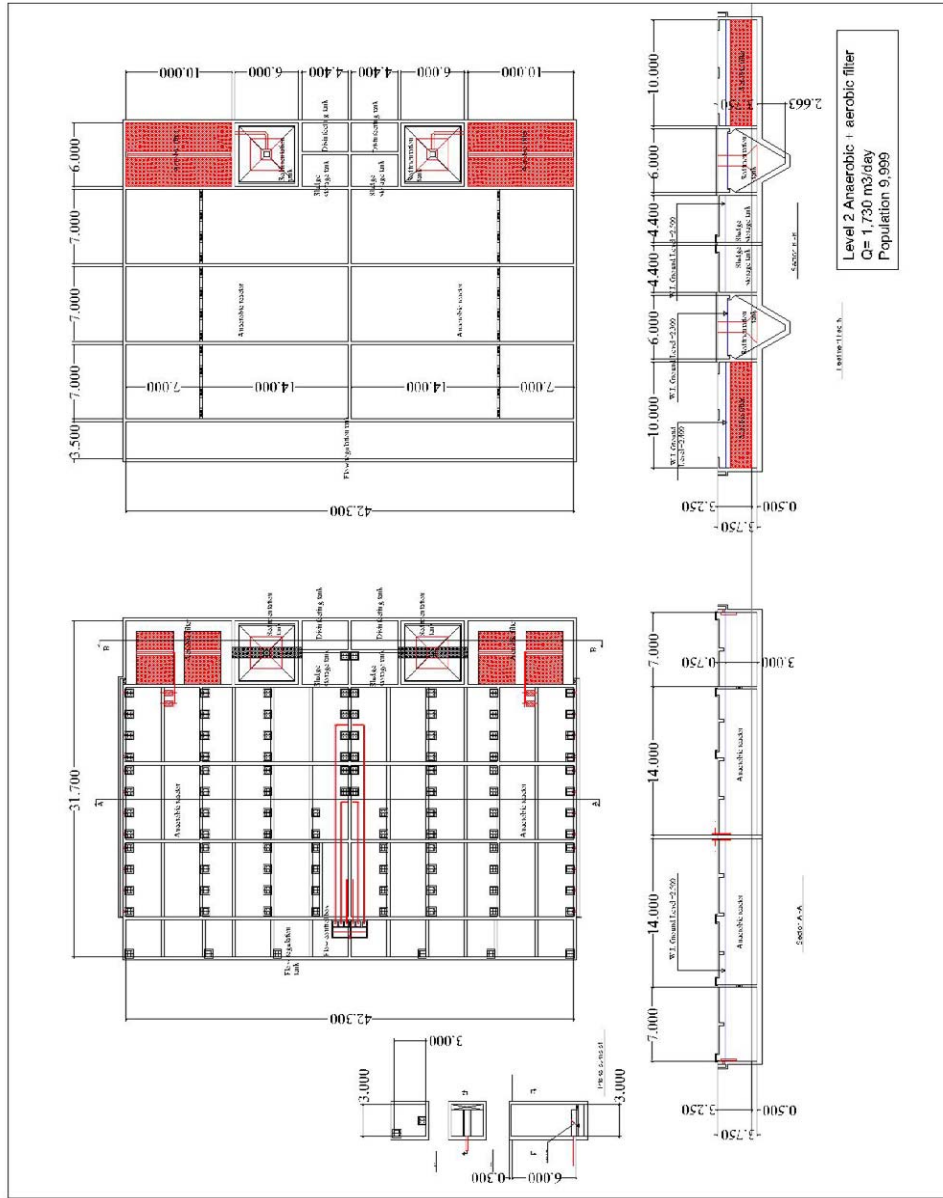


Figura H-9: Nivel 2 de Proceso de Tratamiento para 9,999 personas

### H.2.3.3 Nivel 3

#### a. Condiciones de Diseño y Hoja de Flujo de Tratamiento

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

Cuadro H-11: Condiciones de Diseño para un 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	
Coefficiente de diseño hidráulico	$M=1+(14/(4+P0.5))$
Carga superficial hidráulica (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día)	1,800
Tiempo de retención en el cárcamo de bombeo (min.)	10
Zanja de Oxidación tipo Carrousel	
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 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día)	25
Carga Hidráulica de Rebose (m <sup>3</sup> /m/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 <sup>2</sup> /día)	90
Tiempo de Retención (hr)	12
Tanque para almacenar los lodos espesados	
Tiempo de retención (día)	3
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

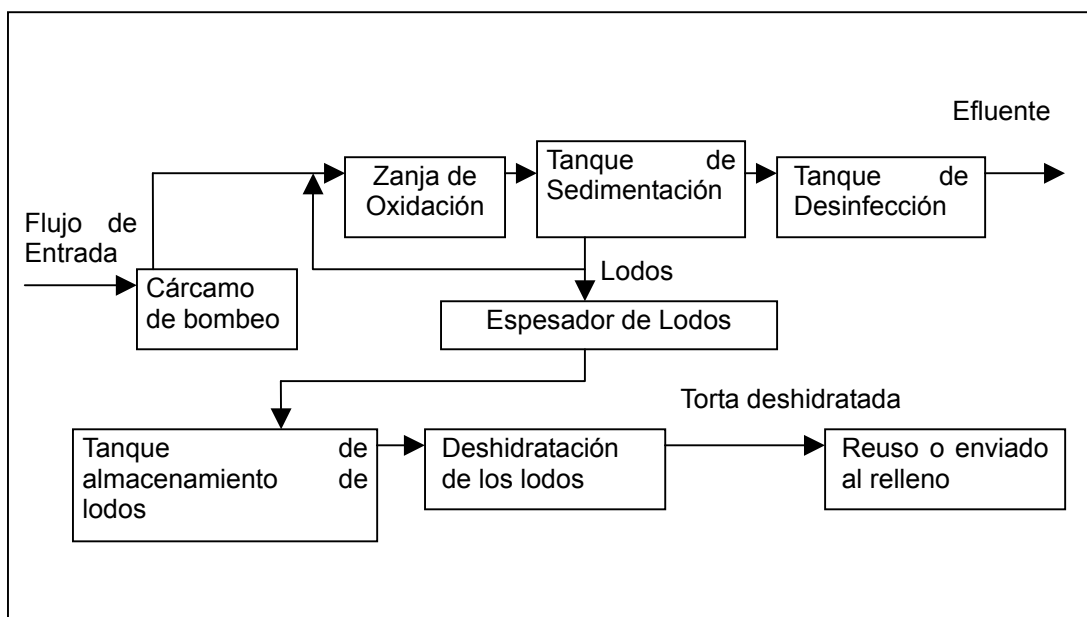


Figura H-10: Hoja de Flujo para el Proceso de Tratamiento (Nivel 3)

**b. Diseño**

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



Cuadro H-12: Resumen de los Calculos 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					
Coficiente (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 Carrousel					
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 humedad de 98% (m3)	31.9	63.8	95.6	127.5	159.4
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

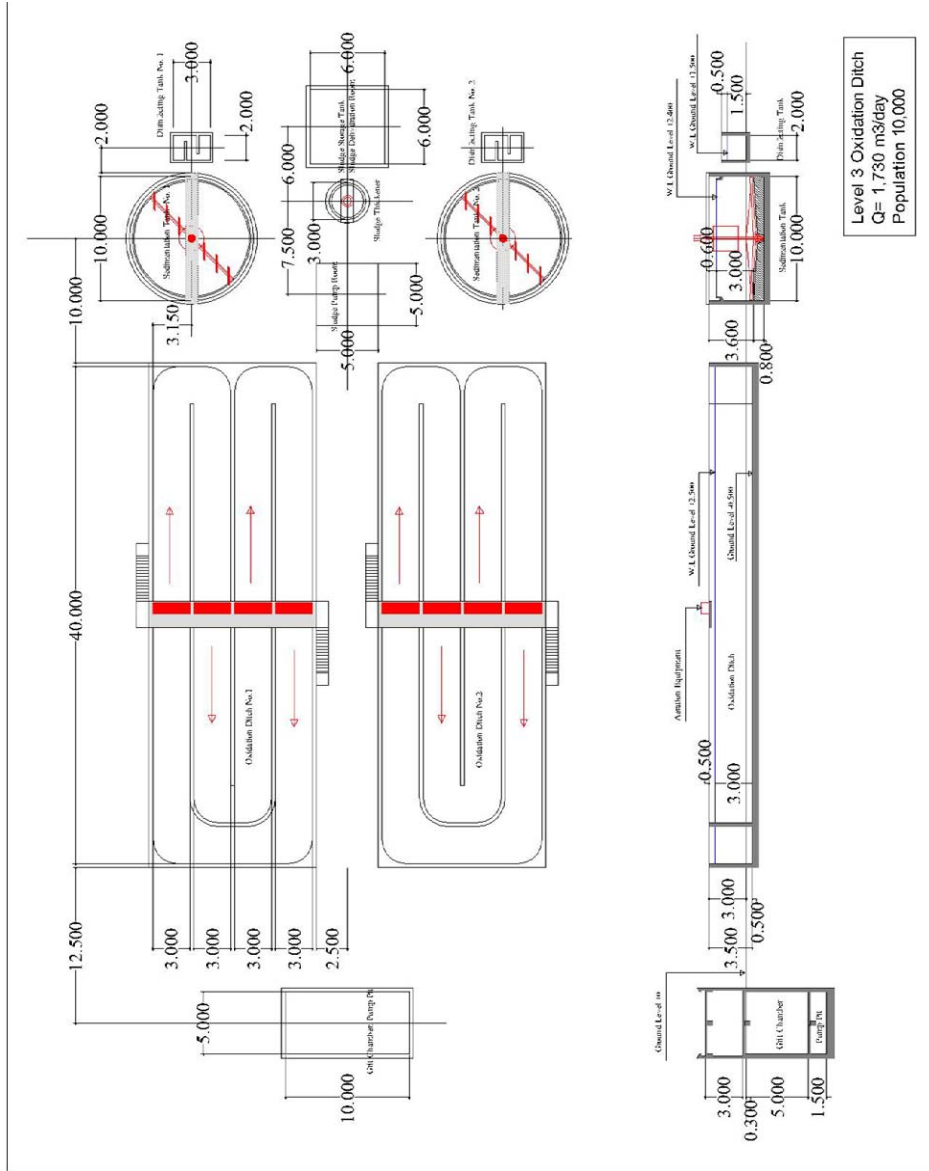


Figura H-11: Proceso de Tratamiento de Nivel 3 para 10,000 personas

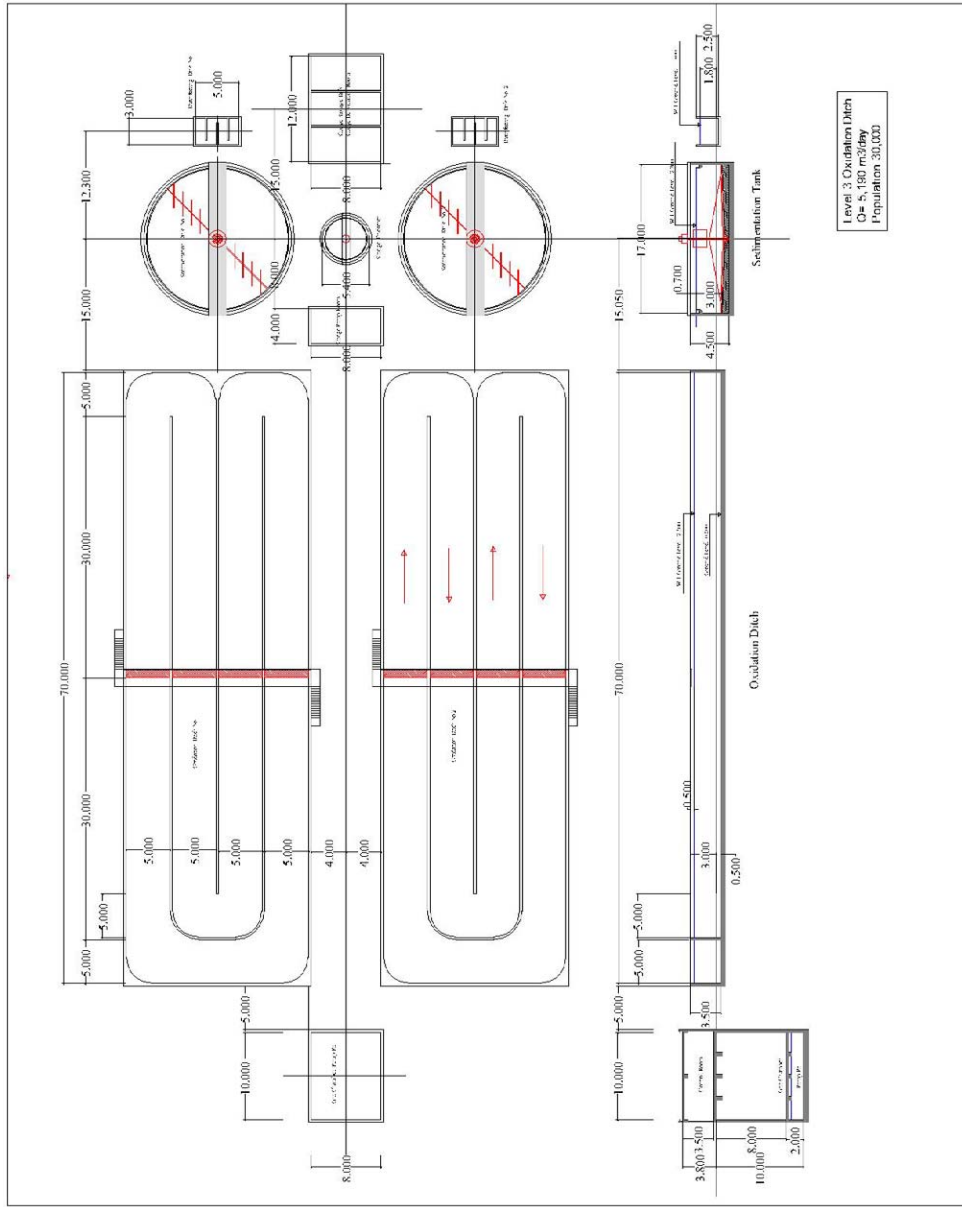


Figura H-12: Proceso de Tratamiento de Nivel 3 para 30,000 personas

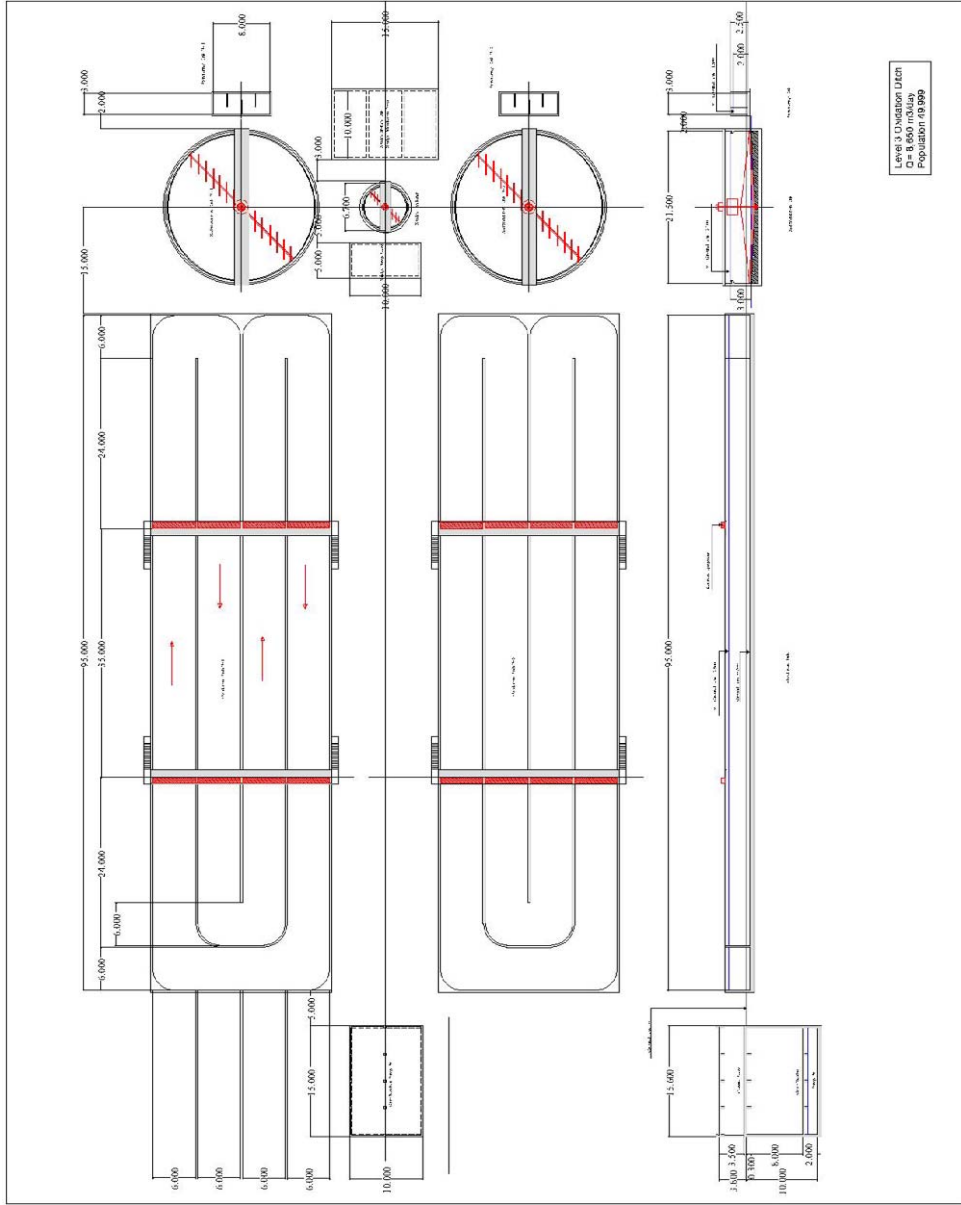


Figura H-13: Proceso de Tratamiento de Nivel 3 para 49,999 personas

### H.2.3.4 Nivel 4

#### a. Condiciones de Diseño y Hoja de Flujo de Tratamiento

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 H-13: Condiciones de Diseño para un 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	
Coefficiente de diseño hidráulico	$M=1+(14/(4+P^{0.5}))$
Carga superficial hidráulica (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día)	1,800
Tiempo de retención en el cárcamo de bombeo (min.)	10
Tanque Primario de Sedimentación	
Carga Hidráulica Superficial (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día)	35
Carga Hidráulica sobre el Vertedero (m <sup>3</sup> /m/día)	250
Tiempo de Retención (hr)	3.0
Tanque de Aereación	
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 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día)	20
Carga Hidráulica sobre el Vertedero (m <sup>3</sup> /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% of BOD removal amount plus 95% of SS removal amount
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 <sup>2</sup> /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

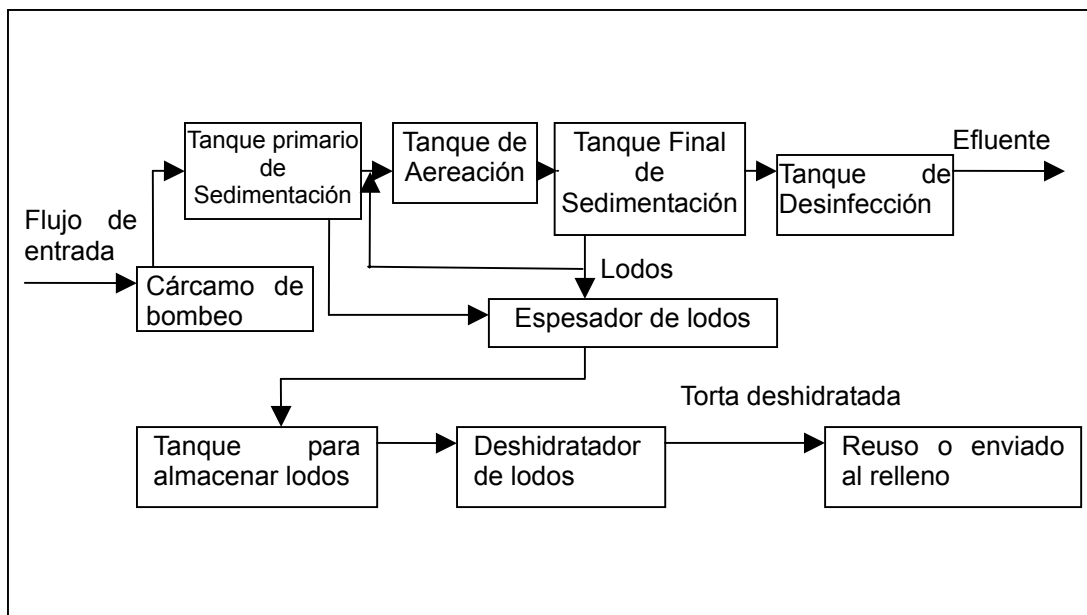


Figura H-14: Hoja de Flujo para el Proceso de Tratamiento (Nivel 4)

**b. Diseño**

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

Cuadro H-14: Resumen del Calculo 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 aereación					
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					

Magnitud de la Población	50,000	75,000	100,000	150,000	200,000
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
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

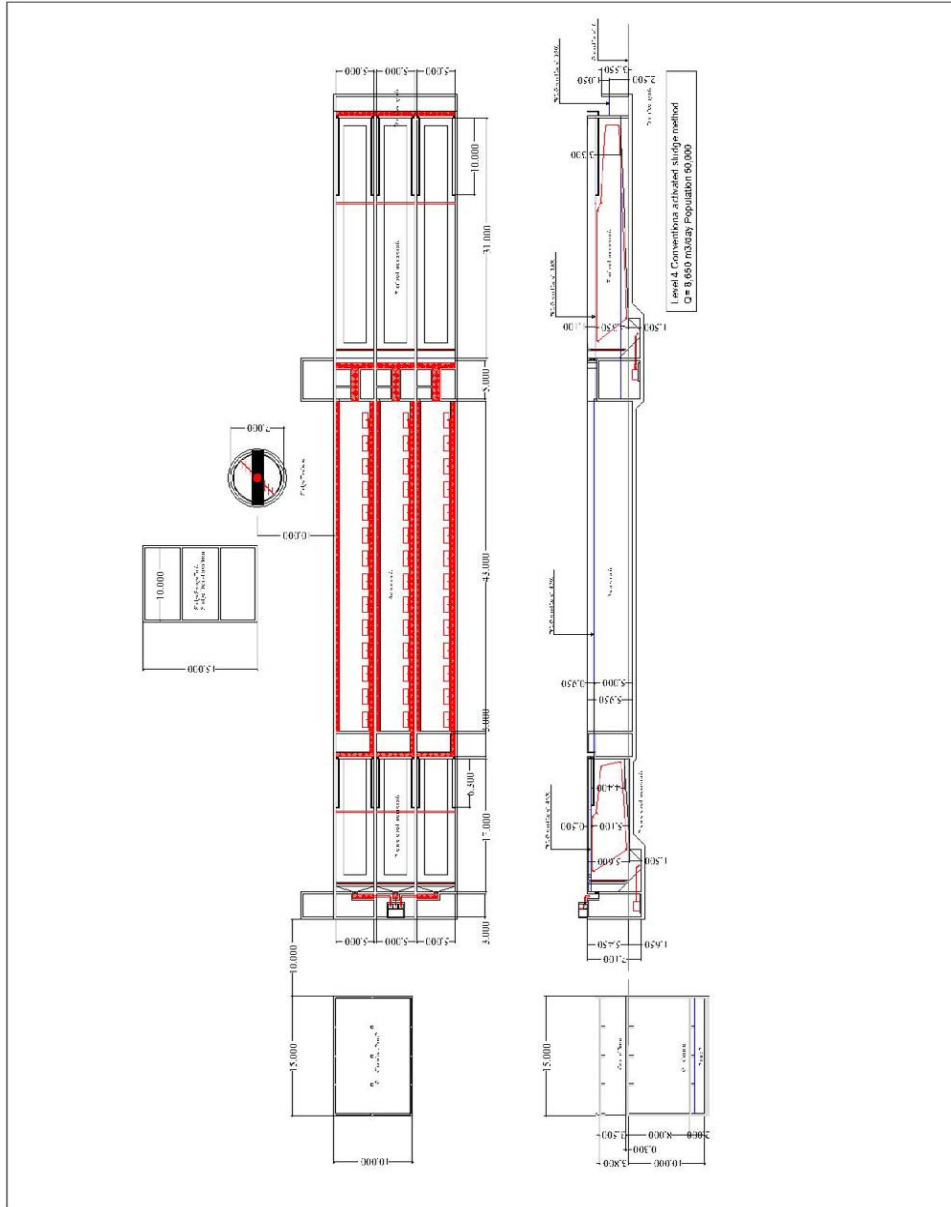


Figura H-15: Proceso de Tratamiento de Nivel 4 para 50,000 personas



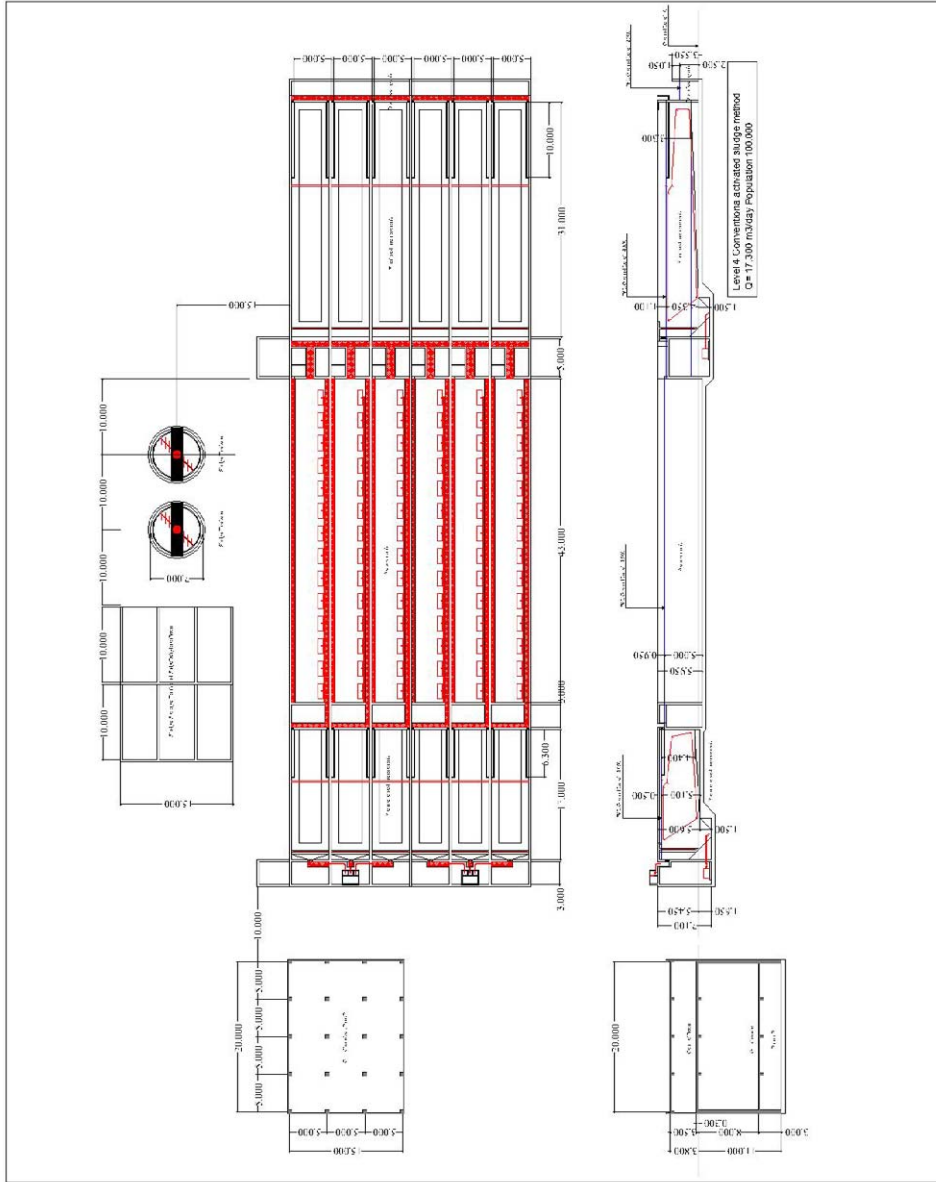


Figura H-16: Proceso de Tratamiento de Nivel 4 para 100,000 personas

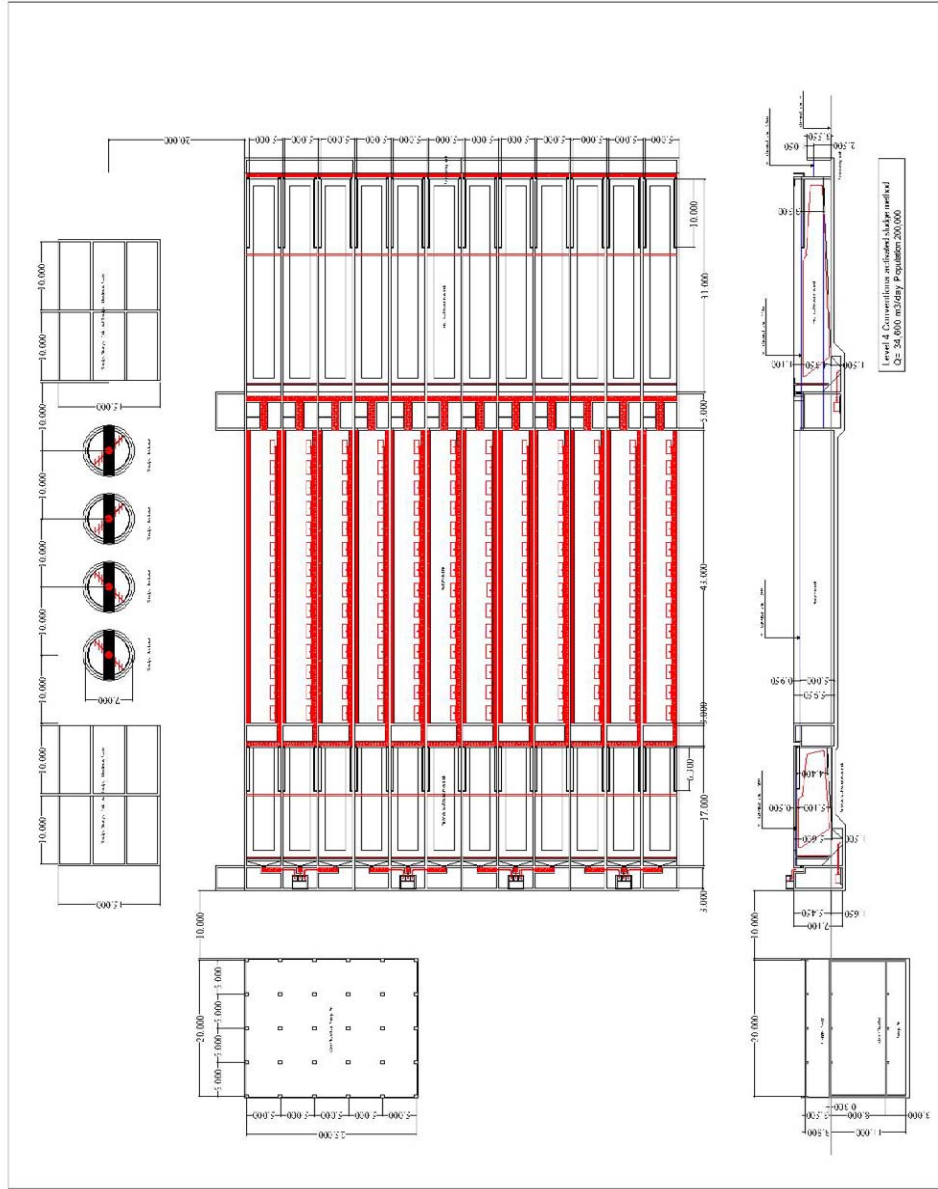


Figura H-17: Proceso de Tratamiento de Nivel 4 para 200,000 personas

## H.2.4 Estimación de Costos para las Aguas Residuales

### H.2.4.1 Precios Unitarios y Funciones de Costo

Los costos requeridos por el Plan Maestro se estiman con base a diseños de modelos, funciones de costo utilizadas para la planificación del manejo de aguas residuales en Japón, funciones de costo derivadas de diversos proyectos de CAPA y costos unitarios por persona. El siguiente cuadro resume los métodos para estimación de costos adoptados para cada nivel.

Cuadro H-15: Resumen del Método para Estimación de Costos

Nivel	Tubería de Alcantarillado	Instalación para Tratamiento
Nivel 1	Costo unitario estimado (pesos/residente) con base en los sistemas rurales de CAPA (Akumal y Subteniente Lopez)	Establecer una función de costos con base en los diseños del modelo (tamaño de la población entre 100,250,500,750 y 1,499).
Nivel 2	Costo unitario estimado (pesos/residente) con base en los sistemas rurales de CAPA (Akumal y Subteniente Lopez)	Establecer una función de costos con base en el diseño de los sistemas rurales de aguas residuales (Hol-Box, Akumal, Puerto Aventuras y Subteniente Lopez) que han sido preparados por CAPA.
Nivel 3	Establecimiento de una función de costos con base en el Plan Estratégico de CAPA.	Establecimiento de una función de costos con base en las guías de planificación para los sistemas de aguas residuales en las proximidades de las cuencas de los ríos (método de zanja de oxidación), tomando en cuenta las condiciones en México, por ejemplo, precios y especificaciones requeridas.
Nivel 4	Establecimiento de una función de costos con base en el Plan Estratégico de CAPA.	Establecimiento de una función de costos con base en las guías de planificación para los sistemas de aguas residuales en las proximidades de las cuencas de los ríos (método de lodos activados), tomando en cuenta las condiciones en México, por ejemplo, precios y especificaciones requeridas.

#### a. Nivel 1

##### a.1 Línea de Alcantarillado

El costo unitario por la construcción de la línea de alcantarillado se muestra en el siguiente cuadro con base en los datos de CAPA. Por otra parte, se asume que el 5% de los costos de construcción corresponden a los costos de operación durante el período de ejecución del Plan Maestro, entre los años 2004 y 2015.

Cuadro H-16: Costo Unitario para la Construcción de la Línea de Alcantarillado

	Costo de Inversión(a) (peso)	Población	Costo Unitario (pesos/persona)
Akumal	3,560,912	2,078	1,714
Sub-Lopez	4,515,131	2,320	1,946
Promedio	-	-	1,830

(a) PROYECTO EJECUTIVO PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS LOCALIDADES DE CHIQUILÁ Y HOL-BOX EN EL MUNICIPIO DE LÁZARO CÁRDENAS; AKUMAL, COBÁ Y PUERTO AVENTURAS EN EL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, QUINTANA ROO, INFORME FINAL, OCTUBRE DE 2002, CAPA, PROYECTO EJECUTIVO PARA EL ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LAS LOCALIDADES DE XCALAK, HUAY-PIX, XUL-HÁ Y SUBTENIENTE LÓPEZ EN EL MUNICIPIO DE OTHÓN P. BLANCO, QUINTANA ROO, INFORME FINAL, OCTUBRE DE 2002, CAPA

## a.2 Instalación para el Tratamiento de Aguas Residuales

El siguiente cuadro resumen los costos de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales para diversos tamaños de población con base en los diseños antes mencionados.

Cuadro H-17: Costo del Proceso del Reactor Anaeróbico

Población	Cárcamo de bombeo (pesos)	Reactor Anaeróbico (pesos)	Equipo (pesos)	Total (pesos)	Contingencia (pesos)	Total (pesos)
100	85,000	125,000	32,000	242,000	24,200	266,200
250	133,000	236,000	55,000	424,000	42,400	466,400
500	133,000	472,000	91,000	696,000	69,600	765,600
750	133,000	708,000	126,000	967,000	96,700	1,063,700
1499	294,000	584,000	132,000	1,010,000	202,000	2,222,000

## a.3 Función de Costos

La función de costos de las instalaciones y su construcción se derivan de la relación entre la cantidad de agua tratada y los costos mencionados en el cuadro anterior como se muestra a continuación:

$$\text{Costo} = 8,063.5Q + 92,367 \quad (R^2=0.9956)$$

donde:

Costo : Costo de construcción de la instalación de tratamiento (pesos)

Q : Capacidad de tratamiento de la instalación (m<sup>3</sup>/día)

Además, 5% de los costos de las instalaciones y su construcción se asumen como costos de operación en el período que va desde el 2004 hasta el 2015.

## b. Nivel 2

La función de costos para un Nivel 2 se obtiene con base a la estimación de costos de los sistemas rurales de CAPA.

Cuadro H-18: Costos de Construcción de los Sistemas Rurales de CAPA

Ubicación	Capacidad de Tratamiento (m3/día)	Costo (1,000 pesos)
Akumal	206	1,972
Hol-Box	162	1,854
Puerto-Aventuras	104	1,686
Sub-Lopez	230	2,254

Fuente: CAPA

La función de costos de las instalaciones y su construcción se derivan de un análisis de regresión de la relación entre costos y las capacidades de tratamiento que se muestran en el cuadro anterior. La función se muestra a continuación.

$$\text{Costo} = 4.0686Q + 1,227.5 \quad (R^2=0.8874)$$

donde:

Costo : Costo de construcción de la instalación de tratamiento (1,000 pesos)  
 Q : Capacidad de tratamiento de la instalación (m<sup>3</sup>/día)

Además, 5% de los costos de las instalaciones y su construcción se asumen como costos de operación en el período que va desde el 2004 hasta el 2015.

**c. Nivel 3**

**c.1 Línea de Alcantarillado**

La función de costos de construcción de la línea de alcantarillado, se obtiene con base en la relación entre costos y cantidad de agua tratada que se estima en el plan estratégico de CAPA<sup>1</sup>.

Cuadro H-19: La Relación Entre la Cantidad de Agua Residual y los Costos de Construcción de la Línea de Alcantarillado

Cantidad de Agua Residual (litros/seg.)	Costo de Construcción de la Línea de Alcantarillado (millones de pesos)
313	77
265	79
752	216
60	22
495	134
34	23
34	16
101	49
114	85
8	6
17	14
519	468
128	93
384	278
43	58
3	2
6	4
21	38
5	2
543	191
339	134
911	383

<sup>1</sup> PLAN ESTRATEGICO DE LOS SERVICIO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO 2001-2025, Mayo de 2001(v.1.1), CAPA

La función de costo de las instalaciones y su construcción se derivan del análisis de regresión entre los costos y las cantidades de aguas residuales mostradas con anterioridad. La función se muestra a continuación.

$$\text{Costo} = 0.9744Q^{0.8693} \quad (R^2=0.916)$$

donde:

Costo : Costo de instalación de la línea de alcantarillado (millones de pesos)

Q : Cantidad de agua residual planificada (litros / seg.)

Además, 5% de los costos de las instalaciones y su construcción se asumen como costos de operación en el período que va desde el 2004 hasta el 2015.

### c.2 Instalación para el Tratamiento de Aguas Residuales

La función de costos para la instalación de tratamiento de Nivel 3 se obtiene con base a la función de costos para un método tipo zanja de oxidación descrito en la guía de planificación de Japón<sup>2</sup> teniendo en cuenta los precios y nivel de las instalaciones en México.

Las formulas originales para obtener la función de costos de construcción para un Método tipo Zanja de Oxidación se muestran a continuación:

$$\text{Costo} = 230.90Q + 145.98$$

donde:

Costo : Costo de construcción (millones de yenes)

Q : Capacidad de tratamiento (1,000 m<sup>3</sup>/día)

Las formulas originales para obtener la función de costos de operación y mantenimiento para un Método tipo Zanja de Oxidación se muestran a continuación:

$$O \& M = 21.107Q^{0.4692}$$

donde:

O & M : Costos anuales de operación y mantenimiento (millones yenes/año)

Q : Cantidad de tratamiento (1,000 m<sup>3</sup>/día)

Cuadro H-20: Suposición para la Modificación de la Función de Costos

Aspecto	Cifra
Proporción de precios	0.45
Factor para la especificación de la Instalación	0.7
Tasa de cambio	1 pesos = 10 yenes

<sup>2</sup> Guía de Planificación para el sistema de aguas residuales en cuencas de río en Japón, Ministerio de Construcción del Japón, versión del año 2000

Función de costos de construcción para el Plan Maestro

$$Costo = \frac{(230.90Q + 145.98) \times 0.45 \times 0.7}{10} = 7.27335Q + 4.9837$$

Donde:

Costo : Costo de construcción (millones de pesos)  
Q : Capacidad de tratamiento (1,000 m<sup>3</sup>/día)

Función de costos para la Operación y Mantenimiento del Plan Maestro

$$O \& M = \frac{0.45 \times 0.7 \times (21.107Q^{0.4692})}{10} = 0.66487Q^{0.4692}$$

Donde:

O & M : Costos anuales de operación y mantenimiento (millones de pesos/año)  
Q : Cantidad de tratamiento (1,000 m<sup>3</sup>/día)

#### d. Nivel 4

En lo referente a la función de costos para la construcción de una línea de alcantarillado de Nivel 4, se adopta la misma utilizada para un Nivel 3. En cuanto a la función de costos para una instalación de tratamiento de Nivel 4, ésta se obtiene con base a la función para un método de lodos activados en el Japón, de la misma manera como se obtuvo para un Nivel 3.

Las formulas originales para obtener la función de costos de construcción para un Método Estándar de Lodos Activados se muestran a continuación:

$$Costo = 932.18Q^{0.7229}$$

Donde:

Costo : Costo de construcción (millones de yenes)  
Q : Capacidad de tratamiento (1,000 m<sup>3</sup>/día)

Las formulas originales para obtener la función de costos de operación y mantenimiento para un Método tipo Lodos Activados se muestran a continuación:

$$O \& M = 19.824Q^{0.8102}$$

Donde:

O & M : Costo anual de operación y mantenimiento (millones de yenes/año)  
Q : Cantidad de tratamiento (1,000 m<sup>3</sup>/día)

La función de costo de construcción para el Plan Maestro se presenta a continuación:

$$Costo = \frac{(932.18Q^{0.7229}) \times 0.45 \times 0.7}{10} = 29.3637Q^{0.7229}$$

Donde:

Costo : Costo de construcción (millones de pesos)

Q : Capacidad de tratamiento (1,000 m<sup>3</sup>/día)

La función de costos para operación y mantenimiento para el Plan Maestro se muestra a continuación:

$$O \& M = \frac{0.45 \times 0.7 \times (19.824Q^{0.4692})}{10} = 0.62446Q^{0.4692}$$

Donde:

O & M : Costos anuales de operación y mantenimiento (millones de pesos/año)

Q : Cantidad de tratamiento (1,000 m<sup>3</sup>/día)



### H.2.4.2 Estimación de Costos

Los costos del Plan Maestro se estiman de la manera como se muestra a continuación con base a los precios unitarios y las funciones de costo que se han obtenido hasta el momento:

Cuadro H-21: Plan Maestro para el Costo de la Línea de Alcantarilla en Othón P. Blanco

Aspecto	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Línea 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	0.07	0.343	0.38	0.313	0.309	0.352	0.641	0
Diseño & supervisión	Nivel 1	0	0.076	0.074	0.072	0.07	0.068	0.554	0.649	0.37	0.58	0.695	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	0.368	0.486	1.156	1.184	0.901	1.154	1.336	0
Operación & Mantenimiento	Nivel 1	0	0	0.127	0.25	1.077	1.707	1.818	2.737	3.82	4.437	5.402	6.564	29.072
	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
Total de la Línea de Alcantarillado	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	

Cuadro H-22: Costos del Plan Maestro para las Instalaciones de Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio de Othón P. Blanco

Aspecto	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total	
Instalaciones 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	215.679	0	81.431	134.248	81.431	0	0	0	0	0	0	0	512.789
	total	0	254.24	6.221	127.241	137.444	129.248	10.961	21.415	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	0.642	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	
Total de las Instalaciones de Tratamiento		5.612	262.578	16.422	142.174	153.62	146.918	29.383	41.319	42.607	38.436	45.466	56.853	981.388	

Cuadro H-23: Costos del Plan Maestro del Manejo de Lodos en el Municipio de Othón P. Blanco

Item	Level	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Manejo de lodos														
Costos 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	50.660

Cuadro H-24: Costos Totales del Plan Maestro en el Municipio de Othón P. Blanco

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
unidad: millones de pesos													
Línea de alcantarillado	0.977	12.646	41.816	41.690	36.507	48.390	32.323	51.710	54.368	46.677	57.198	64.526	488.828
Instalaciones de tratamiento	5.612	262.578	16.422	142.174	153.620	146.918	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	5.380	5.798	6.138	6.545	7.046	50.660
Total general	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

Cuadro H-25: Costo del Plan Maestro para la Línea de Alcantarillado en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto

Aspecto	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total	
Línea de Alcantarillado															
Construcción	Nivel 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.444	11.974	7.827	9.188	9.476	8.605	52.514	
	Nivel 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	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	2.274	2.248	2.274	0.000	25.191
	Nivel 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	total	1.584	3.219	2.274	2.248	2.274	2.274	2.274	9.329	14.263	11.726	12.380	12.613	10.379	84.563
Diseño & supervisión	Nivel 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.163	0.359	0.235	0.276	0.284	0.258	0.000	1.575	
	Nivel 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.049	0.028	0.026	0.053	0.000	0.205	
	Nivel 3	0.097	0.068	0.067	0.068	0.068	0.067	0.068	0.068	0.067	0.068	0.000	0.000	0.706	
	Nivel 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	total	0.097	0.068	0.067	0.068	0.068	0.068	0.279	0.427	0.352	0.371	0.378	0.311	0.000	2.486
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.273	0.872	1.263	1.722	2.195	2.626	8.951	
	Nivel 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	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	
Total de la Línea de Alcantarillado		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	

Cuadro H-26: Costo del Plan Maestro para las Instalaciones de Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto

Aspecto	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Instalaciones de Tratamiento														
Construcción	Nivel 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.689	10.311	6.740	7.913	8.160	7.410	45.223
	Nivel 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.690	0.053	5.650	3.283	2.999	6.168	23.843
	Nivel 3	0.000	13.574	0.000	0.000	13.574	0.000	0.000	13.574	0.000	0.000	0.000	0.000	40.722
	Nivel 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	total		0.000	13.574	0.000	0.000	13.574	0.000	10.379	23.938	12.390	11.196	11.159	13.578
Diseño & supervisión	Nivel 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.141	0.309	0.202	0.237	0.245	0.222	0.000	1.356
	Nivel 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.171	0.002	0.170	0.098	0.090	0.185	0.000	0.716
	Nivel 3	0.204	0.204	0.000	0.204	0.204	0.000	0.204	0.204	0.000	0.000	0.000	0.000	1.224
	Nivel 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	total		0.204	0.204	0.000	0.204	0.204	0.312	0.515	0.576	0.335	0.335	0.407	0.000
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.235	0.751	1.088	1.483	1.890	2.261	7.708
	Nivel 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.285	0.287	0.570	0.734	0.883	1.192	3.951
	Nivel 3	0.113	0.300	0.588	0.698	0.791	0.873	0.947	1.015	1.078	1.137	1.193	1.246	9.979
	Nivel 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	total		0.113	0.300	0.588	0.698	0.791	0.873	1.467	2.053	2.736	3.354	3.966	4.699
Total de las Instalaciones de Tratamiento			0.317	14.078	0.588	0.902	1.185	12.361	26.567	15.461	14.885	15.532	18.277	134.722

**Cuadro H-27: : Costos del Plan Maestro del Manejo de Lodos en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto**

Aspecto	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Manejo de lodos														
Costo de disposición	Nivel 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.111	0.161	0.219	0.279	0.334	1.138
	Nivel 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081	0.081	0.161	0.208	0.250	0.338	1.119
	Nivel 3	0.012	0.043	0.077	0.111	0.144	0.178	0.212	0.246	0.280	0.314	0.348	0.381	2.346
	Nivel 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	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

**Cuadro H-28: Costo Total del Plan Maestro en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto**

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
unidad: millones de pesos													
Línea de alcantarillado	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
Instalaciones 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 H-29: Costo del Plan Maestro para la Línea de Alcantarillado en el Municipio de Solidaridad

Aspecto	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total	
Línea de Alcantarillado															
Construcción	Nivel 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.358	3.016	3.085	2.954	3.878	19.686	
	Nivel 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.867	0.045	0.045	0.708	0.594	2.259	
	Nivel 3	0.000	11.438	11.438	11.438	11.438	11.438	11.438	4.174	4.174	4.174	4.174	0.000	78.060	
	Nivel 4	9.380	20.291	20.383	20.383	18.498	22.176	9.186	9.186	9.186	9.186	9.186	9.186	0.000	157.041
	total	9.380	31.729	31.821	31.821	29.936	33.614	16.755	17.585	16.421	17.022	16.490	17.022	4.472	257.046
Diseño & supervisión	Nivel 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.102	0.101	0.090	0.093	0.089	0.116	0.000	0.591	
	Nivel 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.001	0.001	0.021	0.018	0.000	0.067	
	Nivel 3	0.343	0.343	0.343	0.343	0.343	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.000	0.000	2.345	
	Nivel 4	0.608	0.611	0.611	0.555	0.665	0.276	0.276	0.276	0.276	0.276	0.000	0.000	4.430	
	total	0.951	0.954	0.954	0.898	1.008	0.504	0.529	0.493	0.496	0.512	0.134	0.134	0.000	7.433
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0.000	0.000	0.050	0.052	0.053	0.055	0.216	0.374	0.516	0.661	0.801	0.984	3.762	
	Nivel 2	0.000	0.000	0.019	0.021	0.024	0.026	0.028	0.061	0.062	0.064	0.091	0.113	0.509	
	Nivel 3	0.000	0.000	0.572	1.144	1.716	2.287	2.859	3.068	3.277	3.486	3.694	3.903	26.006	
	Nivel 4	3.630	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	3.630	4.099	5.755	7.350	8.945	10.445	12.289	13.147	13.959	14.774	15.609	16.482	126.484	
Total de la Línea de Alcantarillado		13.961	36.782	38.530	40.069	39.889	44.563	29.573	31.225	30.876	31.776	32.765	20.954	390.963	

Cuadro H-30: Costo del Plan Maestro para las Instalaciones de Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio de Solidaridad

Item	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total	
Instalaciones de Tratamiento															
Construcción	Nivel 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.800	2.767	2.487	2.543	2.435	3.198	16.230	
	Nivel 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.301	0.172	0.171	2.696	2.262	8.602	
	Nivel 3	0.000	38.734	0.000	38.734	0.000	38.734	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	116.202	
	Nivel 4	138.935	98.931	0.000	237.866	0.000	98.931	138.935	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	713.598
	total	138.935	137.665	0.000	276.600	0.000	137.665	141.735	6.068	6.068	2.659	2.714	5.131	5.460	854.632
Diseño & supervisión	Nivel 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.084	0.083	0.075	0.076	0.073	0.096	0.000	0.487	
	Nivel 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.099	0.005	0.005	0.081	0.068	0.000	0.258	
	Nivel 3	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.486	
	Nivel 4	3.568	1.484	3.568	3.568	1.484	3.568	2.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	19.324	
	total	4.149	2.065	4.149	4.149	2.065	4.233	2.266	0.080	0.080	0.081	0.154	0.164	0.000	23.555
Operación & mantenimiento	Nivel 1	0.000	0.000	0.041	0.043	0.044	0.045	0.178	0.308	0.425	0.545	0.661	0.812	3.102	
	Nivel 2	0.000	0.000	0.071	0.080	0.090	0.098	0.108	0.231	0.238	0.244	0.345	0.430	1.935	
	Nivel 3	0.000	0.000	1.240	1.717	2.077	2.377	2.639	2.726	2.809	2.888	2.966	3.041	24.480	
	Nivel 4	6.470	7.506	9.443	11.841	13.777	15.157	16.783	17.461	18.132	18.796	19.455	20.110	174.931	
	total	6.470	7.506	10.795	13.681	15.988	17.677	19.708	20.726	21.604	22.473	23.427	24.393	204.448	
Total de las Instalaciones de Tratamiento		149.554	147.236	14.944	294.430	18.053	159.575	163.709	26.874	24.344	25.341	28.722	29.853	1,082.635	



Cuadro H-31: Costos del Plan Maestro del Manejo de Lodos en el Municipio de Solidaridad

Aspecto	Nivel	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Manejo de lodos														
Costo de disposición	Nivel 1	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.029	0.051	0.070	0.089	0.108	0.133	0.522
	Nivel 2	0.018	0.021	0.024	0.028	0.031	0.034	0.037	0.080	0.082	0.084	0.120	0.149	0.708
	Nivel 3	0.000	0.000	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	5.780	6.043	6.305	6.568	55.510
	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

Cuadro H-32: Costo Total del Plan Maestro en el Municipio de Solidaridad

Aspecto	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
unit: million pesos													
Línea de alcantarillado	13.961	36.782	38.530	40.069	39.889	44.563	29.573	31.225	30.876	31.776	32.765	20.954	390.963
Instalaciones de tratamiento	149.554	147.236	14.944	294.430	18.053	159.575	163.709	26.874	24.344	25.341	28.722	29.853	1,082.635
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	165.711	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

**Cuadro H-33: Costo General del Plan Maestro**

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 Carrillo 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
<b>Total</b>	<b>175.121</b>	<b>480.618</b>	<b>120.295</b>	<b>528.854</b>	<b>273.803</b>	<b>413.595</b>	<b>289.679</b>	<b>206.509</b>	<b>195.469</b>	<b>187.038</b>	<b>211.326</b>	<b>221.255</b>	<b>3,303.562</b>

unidad: millones de pesos

## H.2.5 Análisis Financiera del Plan Maestro de Aguas Residuales

### H.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 H-34: 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 aguas, 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.

### H.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 H-35: Ingresos por Fuente y Costo del Plan Maestro de Aguas Residuales por Municipio

Unidad: Millones de Pesos

Fuentes de Ingresos	OPB	FCP	Solidaridad	Area 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 Area 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 Area 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 Area de Estudio (7.1% en Solidaridad), y el monto monetario resultó ser de alrededor de 177 Millones de Pesos para el Area 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 Area 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 deficit 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 Area de Estudio, como se presenta en el siguiente Cuadro.

Cuadro H-36: Balance Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: Millones de Pesos

Balance Financiero	OPB	FCP	Solidaridad	Area 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 H-37: Índices de Viabilidad Financiera del Plan Maestro de Aguas Residuales**

Fuentes de Ingresos e Índices	OPB	FCP	Solidaridad	Area 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 Area 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 Area 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 Area 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 Area de Estudio, mientras que la relación B/C sería de 1.67 en Solidaridad y 1.18 en el Area 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 Area 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 Area de Estudio, mientras que la relación B/C sería de 1.56 en Solidaridad y 1.11 en el Area 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.

**H.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 H-38: Análisis de Sensibilidad del Plan Maestro de Aguas Residuales**

Fuentes de Ingresos e Índices	OPB	FCP	Solidaridad	Area 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 Area 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 Area 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%.

#### **H.2.5.4 Plan Financiero**

Como se indicaron en las discusiones previas, Solidaridad y el Area 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

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

**Cuadro H-39: Othón P Blanco: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales**

Unidad: millones de pesos

Item	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 fuenes	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 H-40: Felipe C Puerto: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales**

Unidad: millones de pesos

Item	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 H-41: Solidaridad: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: millones de pesos

Item	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 H-42: Area de Estudio: Plan Financiero del Plan Maestro de Aguas Residuales

Unidad: millones de pesos

Item	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 fueenes	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

## H.2.6 Programa de Implementación

El orden en la implementación de los trabajos debería decidirse tomando en consideración la efectividad de costos.

Cuadro H-43: 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)
<b>Othon P Blnaco</b>			
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
<b>Felipe C PUerto</b>			
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
<b>Solidaridad</b>			
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 H-44: Porcentaje de Alcance en el Área de Estudio

Año	Cantidad de tratamiento meta (m <sup>3</sup> /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%

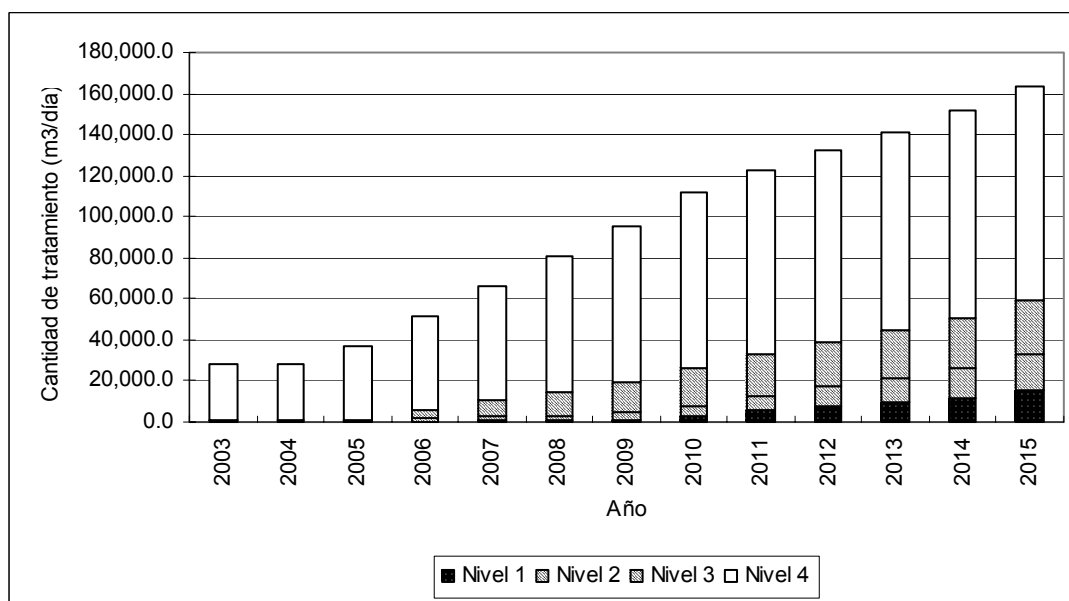


Figura H-18: Cantidad de tratamiento Meta en el Área de Estudio

Cuadro H-45: Porcentaje de alcance en Othón P. Blanco

Año	Cantidad de tratamiento meta (m <sup>3</sup> /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%

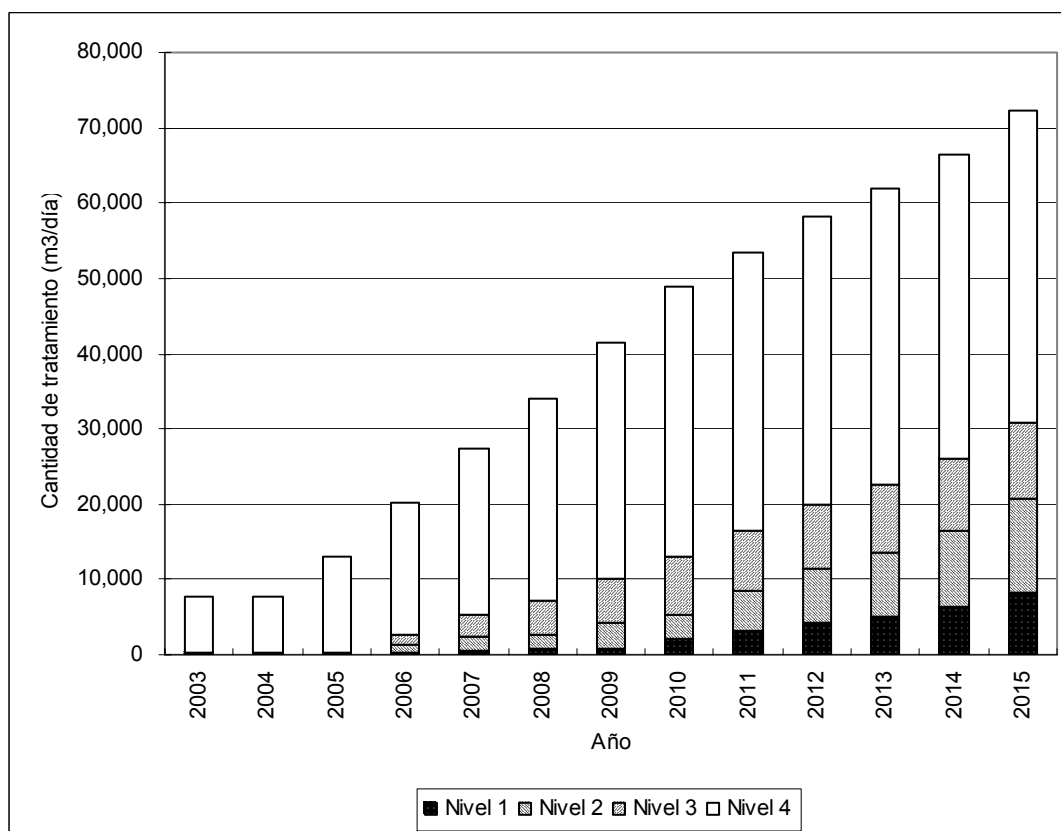


Figura H-19: Caudal de tratamiento meta en Othón P. Blanco

Cuadro H-46: Porcentaje de alcance en Felipe Carrillo Puerto

Año	Cantidad de tratamiento meta (m <sup>3</sup> /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%

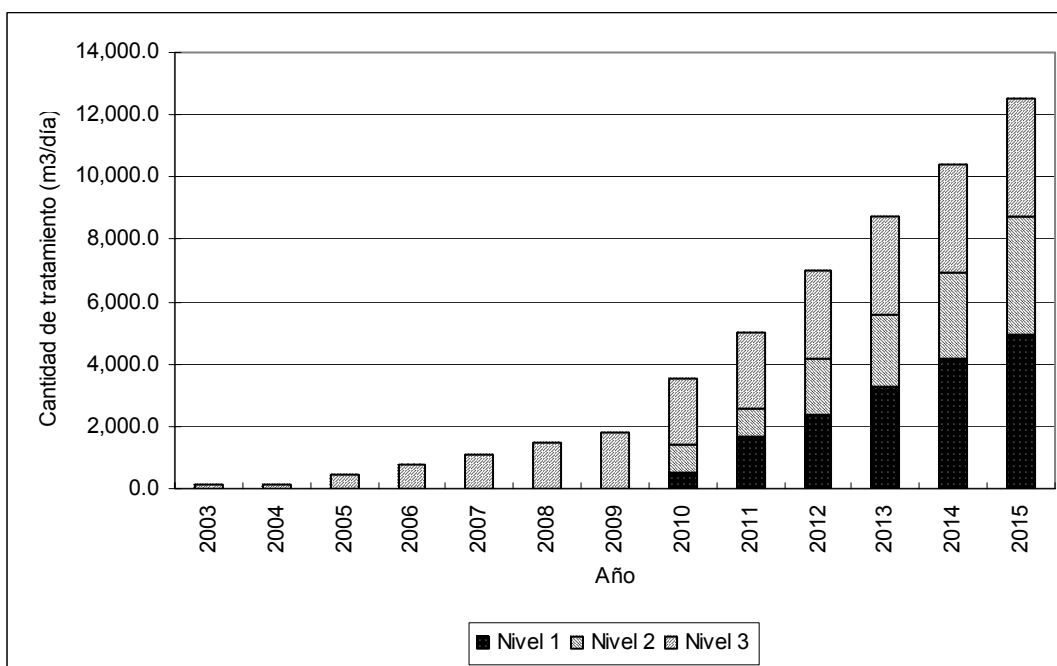


Figura H-20: Caudal de tratamiento Meta en Felipe Carrillo Puerto

Cuadro H-47: Porcentaje de Alcance en Solidaridad

Año	(m <sup>3</sup> /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%

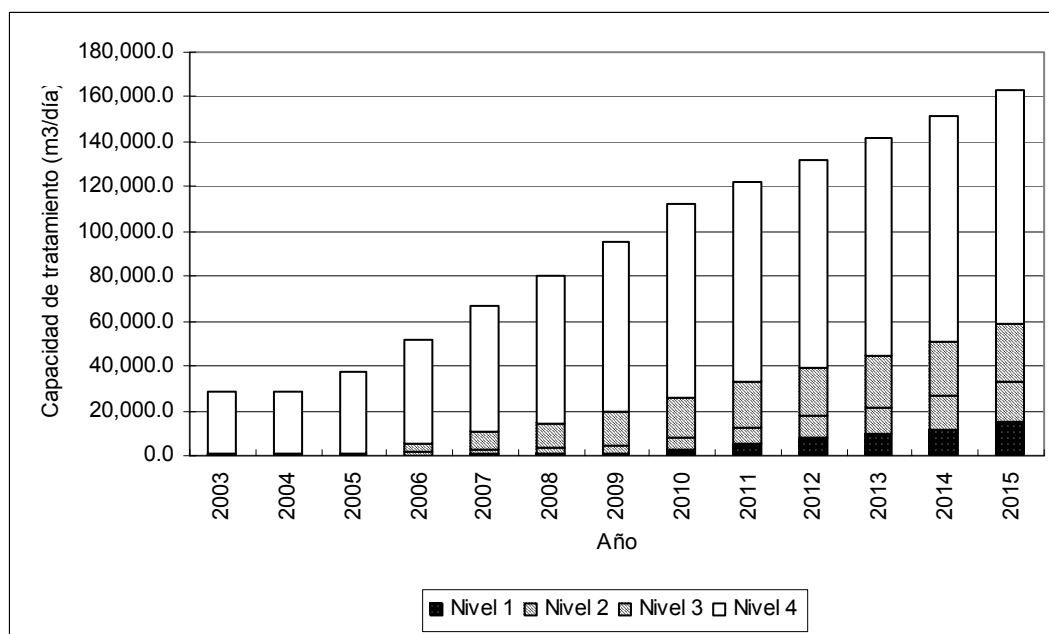


Figura H-21: Caudal meta de tratamiento en Solidaridad



Cuadro H-48: Resumen de las Comunidades Proyectadas con Servicio en Othón P. Blanco

Año	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
2003		SUBTENIENTE LOPEZ		
2004				
2005				
2006	COCOYOL	PUNTA PULTICUB	BACALAR 1 / LIMONES 1 / Xahuachol 1	CHETUMAL nuevo 1 / MAHAHUAL nuevo 1
2007	PEDRO JOAQUIN COLDWELL	XCALAK		
2008	DIVORCIADOS, LOS		BACALAR 2 / LIMONES 2 / Xahuachol 2	MAHAHUAL nuevo 2
2009	SAN PEDRO PERALTA	CALDERITAS		CHETUMAL nuevo 2
2010	LAZARO CARDENAS DEL RIO / PALMAR / REFORMA / FRANCISCO VILLA / MANUEL AVILA CAMACHO		BACALAR 3 / LIMONES 3 / Xahuachol 3	MAHAHUAL nuevo 3
2011	TRES GARANTIAS / JUAN SARABIA / RAMONAL / CHACCHOBEN / ALLENDE / LUIS ECHEVERRIA ALVAREZ	NICOLAS BRAVO / INGENIO ALVARO OBREGON		
2012	MIGUEL ALEMAN / PANTERA, LA / LAZARO CARDENAS SEGUNDO / NUEVO BECAR / LAZARO CARDENAS / BLANCA FLOR	ALVARO OBREGON / SERGIO BUTRON CASAS / MAYA BALAM		
2013	LAGUNA GUERRERO / NACHI COCOM / SACXAN / VALLEHERMOSO / HUATUSCO / SAN FRANCISCO BOTES / JESUS GONZALEZ ORTEGA	XUL-HA / CACAO		
2014	ZAMORA / SAN ROMAN / LIBERTAD, LA / RIO VERDE / SAN ISIDRO LA LAGUNA / ALTOS DE SEVILLA / OTILIO MONTANO / BUENA ESPERANZA / NUEVO JERUSALEN / DAVID GUSTAVO GUTIERREZ RUIZ	MOROCCOY / PUENTE / CARLOS A. MADRAZO / KUCHUMATAN		
2015	DIECIOCHO DE MARZO / MARGARITA MAZA DE JUAREZ / RIO ESCONDIDO / TOMAS GARRIDO CANABAL / GUADALUPE VICTORIA / PACTO OBRERO-CAMPESINO / MELCHOR OCAMPO / PEDRO ANTONIO SANTOS / CEDRAL, EL / MIGUEL HIDALGO Y COSTILLA / DOS AGUADAS / ESTEBAN BACA CALDERON / BUENA FE / RAUDALES / TIERRAS NEGRAS / LAZARO CARDENAS DEL RIO TERCERO / PROGRESO, EL / FRANCISCO J. MUJICA / NUEVO TABASCO / ANDRES QUINTANA ROO / SANTA ROSA / SAN FERNANDO / ALVARO OBREGON VIEJO / LAZARO CARDENAS 1 / LIMONAR / SAN JOSE DE LA MONTANA / CAAN LUMIL / CEDRALITO, EL / VERACRUZ / CINCO DE MAYO / PARAISO, EL / NUEVO ICAICHE / CAANAN / PAYO OBISPO / REVOLUCION / NUEVO CAANAN / CEIBA, LA / JESUS MARTINEZ ROSS / ITURBIDE / GALLITO, EL	SABIDOS / UNION, LA / CAOBAS / HUAY-PIX / JOSE NARCISO ROVIROSA / UCUM		

Cuadro H-49: Nivel1 Población Proyectada con Servicio en Othón P. Blanco

Nombre de la población	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Población total servida		0	0	0	1,183	2,369	3,568	4,789	10,603	17,248	22,975	28,816	35,616	47,889
COCYOLO		1,167	1,131	1,160	1,183	1,206	1,229	1,252	1,276	1,299	1,322	1,345	1,368	1,391
PEDRO JOAQUIN COLDWELL		1,061	1,090	1,117	1,140	1,163	1,186	1,209	1,230	1,252	1,274	1,296	1,318	1,340
DIVORCIADOS, LOS		1,031	1,059	1,087	1,109	1,131	1,153	1,175	1,196	1,218	1,240	1,262	1,284	1,306
SAN PEDRO PERALTA		1,013	1,046	1,069	1,090	1,111	1,132	1,153	1,176	1,197	1,218	1,239	1,260	1,281
LAZARO CARDENAS DEL RIO		1,009	1,036	1,064	1,085	1,106	1,127	1,148	1,171	1,192	1,213	1,234	1,255	1,276
PALMAR		1,009	1,036	1,064	1,085	1,106	1,127	1,148	1,171	1,192	1,213	1,234	1,255	1,276
REFORMA		992	1,019	1,045	1,066	1,087	1,108	1,129	1,150	1,171	1,192	1,213	1,234	1,255
FRANCISCO VILLA		965	991	1,018	1,038	1,058	1,078	1,098	1,120	1,140	1,160	1,180	1,200	1,220
MANUEL AVILA CAMACHO		959	985	1,011	1,031	1,051	1,071	1,091	1,113	1,133	1,153	1,173	1,193	1,213
TRES GARANTIAS		959	985	1,011	1,031	1,051	1,071	1,091	1,113	1,133	1,153	1,173	1,193	1,213
JUAN SARABIA		949	975	999	1,019	1,039	1,059	1,079	1,100	1,120	1,140	1,160	1,180	1,200
RAMONAL		904	928	954	973	992	1,011	1,030	1,050	1,069	1,088	1,107	1,126	1,145
CHACCHOBEN		901	925	951	970	989	1,008	1,027	1,046	1,065	1,084	1,103	1,122	1,141
ALLENDE		899	923	949	968	987	1,006	1,025	1,044	1,063	1,082	1,101	1,120	1,139
LUIS ECHEVERRIA ALVAREZ		850	873	897	915	933	951	969	986	1,004	1,022	1,040	1,058	1,076
MIGUEL ALEMAN		787	808	830	847	864	881	898	914	931	948	965	982	999
PANTERA, LA		784	785	804	820	836	852	868	885	901	917	933	949	965
LAZARO CARDENAS SEGUNDO		754	774	796	812	828	844	860	876	892	908	924	940	956
NUEVO BECAR		744	764	784	800	816	832	848	863	879	895	911	927	943
LAZARO CARDENAS		736	756	776	792	808	824	840	854	870	886	902	918	934
BLANCA FLOR		723	743	761	776	791	806	821	837	852	867	882	897	912
LAGUNA GUERRERO		696	715	734	749	764	779	794	807	822	837	852	867	882
NACHI COCOM		667	685	703	717	731	745	759	773	787	801	815	829	843
SACXAN		636	653	671	684	697	710	723	738	751	764	777	790	803
VALLEHERMOSO		619	636	652	665	678	691	704	717	730	743	756	769	782
HUATUSCO		614	631	646	659	672	685	698	711	724	737	750	763	776

Nombre de la población	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
SAN FRANCISCO BOTES		611	628	643	656	669	682	695	707	720	733	746	759	772
JESUS GONZALEZ ORTEGA		606	622	640	653	666	679	692	704	717	730	743	756	769
ZAMORA		582	598	613	626	637	649	661	675	687	699	711	723	735
SAN ROMAN		581	597	612	624	636	648	660	673	685	697	709	721	733
LIBERTAD, LA		574	590	604	616	628	640	652	664	676	688	700	712	724
RIO VERDE		549	564	579	591	603	615	627	637	649	661	673	685	697
SAN ISIDRO LA LAGUNA		510	524	537	548	559	570	581	591	602	613	624	635	646
ALTOS DE SEVILLA		489	502	516	526	536	546	556	566	576	586	596	608	618
OTILIO MONTANO		462	475	486	496	506	516	526	534	544	554	564	574	584
BUENA ESPERANZA		453	470	484	494	504	514	524	533	543	553	563	573	583
NUEVO JERUSALEN		434	446	457	466	475	484	493	503	512	521	530	539	548
DAVID GUSTAVO GUTIERREZ RUIZ		430	442	452	461	470	479	488	498	507	516	525	534	543
DIECIOCHO DE MARZO		398	409	419	427	435	443	451	461	469	477	485	493	501
MARGARITA MAZA DE JUAREZ		394	406	415	423	431	439	447	456	464	472	480	488	496
RIO ESCONDIDO		377	387	398	406	414	422	430	438	446	454	462	470	478
TOMAS GARRIDO CANABAL		364	374	383	391	399	407	415	421	429	437	445	453	461
GUADALUPE VICTORIA		356	366	374	382	390	398	406	412	419	426	433	440	447
PACTO OBRERO-CAMPESINO		355	365	373	381	389	397	405	411	418	425	432	439	446
MELCHOR OCAMPO		341	350	360	367	374	381	388	396	403	410	417	424	431
PEDRO ANTONIO SANTOS		339	348	358	365	372	379	386	394	401	408	415	422	429
CEDRAL, EL		332	341	350	357	364	371	378	385	392	399	406	413	420
MIGUEL HIDALGO Y COSTILLA		317	326	333	340	347	354	361	367	374	381	388	395	402
DOS AGUADAS		308	316	326	333	340	347	354	359	366	373	380	387	394
ESTEBAN BACA CALDERON		294	302	309	315	321	327	333	341	347	353	359	365	371
BUENA FE		292	300	307	313	319	325	331	338	344	350	356	362	368
RAUDALES		245	252	258	263	268	273	278	283	288	293	298	303	308
TIERRAS NEGRAS		244	251	256	261	266	271	276	282	287	292	297	302	307

Nombre de la población	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LAZARO CARDENAS DEL RIO TERCERO		234	240	248	253	258	263	268	273	278	283	288	293	298
PROGRESO, EL		209	215	220	224	228	232	236	242	246	250	254	258	262
FRANCISCO J. MUJICA		208	214	219	223	227	231	235	240	244	248	252	256	260
NUEVO TABASCO		205	211	215	219	223	227	231	237	241	245	249	253	257
ANDRES QUINTANA ROO		204	210	214	218	222	226	230	235	239	243	247	251	255
SANTA ROSA		199	204	211	215	219	223	227	233	237	241	245	249	253
SAN FERNANDO		198	203	210	214	218	222	226	231	235	239	243	247	251
ALVARO OREGON VIEJO		191	196	202	206	210	214	218	222	226	230	234	238	242
LAZARO CARDENAS I		190	195	201	205	209	213	217	221	225	229	233	237	241
LIMONAR		189	194	200	204	208	212	216	220	224	228	232	236	240
SAN JOSE DE LA MONTANA		189	194	200	204	208	212	216	220	224	228	232	236	240
CAAN LUMIL		183	188	193	197	201	205	209	212	216	220	224	228	232
CEDRALITO, EL		181	185	190	194	198	202	206	209	213	217	221	225	229
VERACRUZ		180	185	189	193	197	201	205	208	212	216	220	224	228
CINCO DE MAYO		160	164	170	173	176	179	182	187	190	193	196	199	202
PARAISO, EL		160	164	170	173	176	179	182	187	190	193	196	199	202
NUEVO ICAICHE		149	153	157	160	163	166	169	173	176	179	182	185	188
CAANAN		148	152	156	159	162	165	168	172	175	178	181	184	187
PAYO OBISPO		144	148	151	154	157	160	163	166	169	172	175	178	181
REVOLUCION		142	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176	179
NUEVO CAANAN		140	144	146	149	152	155	158	161	164	167	170	173	176
CEIBA, LA		131	135	137	140	143	146	149	151	154	157	160	163	166
JESUS MARTINEZ ROSS		130	134	136	139	142	145	148	149	152	155	158	161	164
ITURBIDE		124	127	132	135	138	141	144	146	149	152	155	158	161
GALLITO, EL		93	96	97	99	101	103	105	107	109	111	113	115	117
Población total		37,865	38,894	39,908	40,706	41,504	42,302	43,100	43,914	44,709	45,504	46,299	47,094	47,889

Cuadro H-50: Nivel 1 Cantidad de Tratamiento Proyectada en Othón P. Blanco

Nombre de la población	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cantidad de tratamiento proyectada (m3/día)		0.0	0.0	0.0	204.7	409.8	617.3	828.6	1,834.3	2,983.8	3,974.5	4,985.0	6,161.6	8,284.5
COCYOLO		190.5	195.7	200.7	204.7	208.6	212.6	216.6	220.7	224.7	228.7	232.7	236.7	240.6
PEDRO JOAQUIN COLDWELL		183.6	188.6	193.2	197.2	201.2	205.2	209.2	212.8	216.6	220.4	224.2	228.0	231.8
DIVORCIADOS, LOS		178.4	183.2	188.1	191.9	195.7	199.5	203.3	206.9	210.7	214.5	218.3	222.1	225.9
SAN PEDRO PERALTA		175.2	179.9	184.9	188.6	192.2	195.8	199.5	203.4	207.1	210.7	214.3	218.0	221.6
LAZARO CARDENAS DEL RIO		174.6	179.2	184.1	187.7	191.3	195.0	198.6	202.6	206.2	209.8	213.5	217.1	220.7
PALMAR		174.6	179.2	184.1	187.7	191.3	195.0	198.6	202.6	206.2	209.8	213.5	217.1	220.7
REFORMA		171.6	176.3	180.8	184.4	188.1	191.7	195.3	199.0	202.6	206.2	209.8	213.5	217.1
FRANCISCO VILLA		166.9	171.4	176.1	179.6	183.0	186.5	190.0	193.8	197.2	200.7	204.1	207.6	211.1
MANUEL AVILA CAMACHO		165.9	170.4	174.9	178.4	181.8	185.3	188.7	192.5	196.0	199.5	202.9	206.4	209.8
TRES GARANTIAS		165.9	170.4	174.9	178.4	181.8	185.3	188.7	192.5	196.0	199.5	202.9	206.4	209.8
JUAN SARABIA		164.2	168.7	172.8	176.3	179.7	183.2	186.7	190.3	193.8	197.2	200.7	204.1	207.6
RAMONAL		156.4	160.5	165.0	168.3	171.6	174.9	178.2	181.7	184.9	188.2	191.5	194.8	198.1
CHACCHOBEN		155.9	160.0	164.5	167.8	171.1	174.4	177.7	181.0	184.2	187.5	190.8	194.1	197.4
ALLENDE		155.5	159.7	164.2	167.5	170.8	174.0	177.3	180.6	183.9	187.2	190.5	193.8	197.0
LUIS ECHEVERRIA ALVAREZ		147.1	151.0	155.2	158.3	161.4	164.5	167.6	170.6	173.7	176.8	179.9	183.0	186.1
MIGUEL ALEMAN		136.2	139.8	143.6	146.5	149.5	152.4	155.4	158.1	161.1	164.0	166.9	169.9	172.8
PANTERA, LA		132.2	135.6	139.1	141.9	144.6	147.4	150.2	153.1	155.9	158.6	161.4	164.2	166.9
LAZARO CARDENAS SEGUNDO		130.4	133.9	137.7	140.5	143.2	146.0	148.8	151.5	154.3	157.1	159.9	162.6	165.4
NUEVO BECAR		128.7	132.2	135.6	138.4	141.2	143.9	146.7	149.3	152.1	154.8	157.6	160.4	163.1
LAZARO CARDENAS		127.5	130.6	134.2	137.0	139.8	142.6	145.3	147.7	150.5	153.3	156.0	158.8	161.6
BLANCA FLOR		125.1	128.5	131.7	134.2	136.8	139.4	142.0	144.8	147.4	150.0	152.6	155.2	157.8
LAGUNA GUERRERO		120.4	123.7	127.0	129.6	132.2	134.8	137.4	139.6	142.2	144.8	147.4	150.0	152.6
NACHI COCOM		115.4	118.5	121.5	124.0	126.5	128.9	131.3	133.7	136.2	138.6	141.0	143.4	145.8
SACXAN		110.0	113.0	116.1	118.3	120.6	122.8	125.1	127.7	129.9	132.2	134.4	136.7	138.9
VALLEHERMOSO		107.1	110.0	112.8	115.0	117.3	119.5	121.8	124.0	126.3	128.5	130.8	133.0	135.3

Nombre de la población	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
HUATUSCO		106.2	109.2	111.8	114.0	116.3	118.5	120.8	123.0	125.3	127.5	129.8	132.0	134.2
SAN FRANCISCO BOTES		105.7	108.6	111.2	113.5	115.7	118.0	120.2	122.3	124.6	126.8	129.1	131.3	133.6
JESUS GONZALEZ ORTEGA		104.8	107.6	110.7	113.0	115.2	117.5	119.7	121.8	124.0	126.3	128.5	130.8	133.0
ZAMORA		100.7	103.5	106.0	108.1	110.2	112.3	114.4	116.8	118.9	120.9	123.0	125.1	127.2
SAN ROMAN		100.5	103.3	105.9	108.0	110.0	112.1	114.2	116.4	118.5	120.6	122.7	124.7	126.8
LIBERTAD, LA		99.3	102.1	104.5	106.6	108.6	110.7	112.8	114.9	116.9	119.0	121.1	123.2	125.3
RIO VERDE		95.0	97.6	100.2	102.2	104.3	106.4	108.5	110.2	112.3	114.4	116.4	118.5	120.6
SAN ISIDRO LA LAGUNA		88.2	90.7	92.9	94.8	96.7	98.6	100.5	102.2	104.1	106.0	108.0	109.9	111.8
ALTOS DE SEVILLA		84.6	86.8	89.3	91.0	92.7	94.5	96.2	98.3	100.0	101.7	103.5	105.2	106.9
OTILIO MONTANO		79.9	82.2	84.1	85.8	87.5	89.3	91.0	92.4	94.1	95.8	97.6	99.3	101.0
BUENA ESPERANZA		79.2	81.3	83.7	85.5	87.2	88.9	90.7	92.2	93.9	95.7	97.4	99.1	100.9
NUEVO JERUSALEN		75.1	77.2	79.1	80.6	82.2	83.7	85.3	87.0	88.6	90.1	91.7	93.2	94.8
DAVID GUSTAVO GUTIERREZ RUIZ		74.4	76.5	78.2	79.8	81.3	82.9	84.4	86.2	87.7	89.3	90.8	92.4	93.9
DIECIOCHO DE MARZO		68.9	70.8	72.5	73.9	75.3	76.6	78.0	79.8	81.1	82.5	83.9	85.3	86.7
MARGARITA MAZA DE JUAREZ		68.2	70.1	71.8	73.2	74.6	75.9	77.3	78.9	80.3	81.7	83.0	84.4	85.8
RIO ESCONDIDO		65.2	67.0	68.9	70.2	71.6	73.0	74.4	75.8	77.2	78.5	79.9	81.3	82.7
TOMAS GARRIDO CANABAL		63.0	64.7	66.3	67.6	69.0	70.4	71.8	72.8	74.2	75.6	77.0	78.4	79.8
GUADALUPE VICTORIA		61.6	63.3	64.7	66.1	67.5	68.9	70.2	71.3	72.5	73.7	74.9	76.1	77.3
PACTO OBRERO-CAMPESINO		61.4	63.1	64.5	65.9	67.3	68.7	70.1	71.1	72.3	73.5	74.7	75.9	77.2
MELCHOR OCAMPO		59.0	60.6	62.3	63.5	64.7	65.9	67.1	68.5	69.7	70.9	72.1	73.4	74.6
PEDRO ANTONIO SANTOS		58.6	60.2	61.9	63.1	64.4	65.6	66.8	68.2	69.4	70.6	71.8	73.0	74.2
CEDRAL, EL		57.4	59.0	60.6	61.8	63.0	64.2	65.4	66.6	67.8	69.0	70.2	71.4	72.7
MIGUEL HIDALGO Y COSTILLA		54.8	56.4	57.6	58.8	60.0	61.2	62.5	63.5	64.7	65.9	67.1	68.3	69.5
DOS AGUADAS		53.3	54.7	56.4	57.6	58.8	60.0	61.2	62.1	63.3	64.5	65.7	67.0	68.2
ESTEBAN BACA CALDERON		50.9	52.2	53.5	54.5	55.5	56.6	57.6	59.0	60.0	61.1	62.1	63.1	64.2
BUENA FE		50.5	51.9	53.1	54.1	55.2	56.2	57.3	58.5	59.5	60.6	61.6	62.6	63.7
RAUDALES		42.4	43.6	44.6	45.5	46.4	47.2	48.1	49.0	49.8	50.7	51.6	52.4	53.3

Nombre de la población	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
TIERRAS NEGRAS		42.2	43.4	44.3	45.2	46.0	46.9	47.7	48.8	49.7	50.5	51.4	52.2	53.1
LAZARO CARDENAS DEL RIO TERCERO		40.5	41.5	42.9	43.8	44.6	45.5	46.4	47.2	48.1	49.0	49.8	50.7	51.6
PROGRESO, EL		36.2	37.2	38.1	38.8	39.4	40.1	40.8	41.9	42.6	43.3	43.9	44.6	45.3
FRANCISCO J. MUJICA		36.0	37.0	37.9	38.6	39.3	40.0	40.7	41.5	42.2	42.9	43.6	44.3	45.0
NUEVO TABASCO		35.5	36.5	37.2	37.9	38.6	39.3	40.0	41.0	41.7	42.4	43.1	43.8	44.5
ANDRES QUINTANA ROO		35.3	36.3	37.0	37.7	38.4	39.1	39.8	40.7	41.3	42.0	42.7	43.4	44.1
SANTA ROSA		34.4	35.3	36.5	37.2	37.9	38.6	39.3	40.3	41.0	41.7	42.4	43.1	43.8
SAN FERNANDO		34.3	35.1	36.3	37.0	37.7	38.4	39.1	40.0	40.7	41.3	42.0	42.7	43.4
ALVARO OBREGON VIEJO		33.0	33.9	34.9	35.6	36.3	37.0	37.7	38.4	39.1	39.8	40.5	41.2	41.9
LAZARO CARDENAS I		32.9	33.7	34.8	35.5	36.2	36.8	37.5	38.2	38.9	39.6	40.3	41.0	41.7
LIMONAR		32.7	33.6	34.6	35.3	36.0	36.7	37.4	38.1	38.8	39.4	40.1	40.8	41.5
SAN JOSE DE LA MONTANA		32.7	33.6	34.6	35.3	36.0	36.7	37.4	38.1	38.8	39.4	40.1	40.8	41.5
CAAN LUMIL		31.7	32.5	33.4	34.1	34.8	35.5	36.2	36.7	37.4	38.1	38.8	39.4	40.1
CEDRALITO, EL		31.3	32.2	32.9	33.6	34.3	34.9	35.6	36.2	36.8	37.5	38.2	38.9	39.6
VERACRUZ		31.1	32.0	32.7	33.4	34.1	34.8	35.5	36.0	36.7	37.4	38.1	38.8	39.4
CINCO DE MAYO		27.7	28.4	29.4	29.9	30.4	31.0	31.5	32.4	32.9	33.4	33.9	34.4	34.9
PARAISO, EL		27.7	28.4	29.4	29.9	30.4	31.0	31.5	32.4	32.9	33.4	33.9	34.4	34.9
NUEVO ICAICHE		25.8	26.5	27.2	27.7	28.2	28.7	29.2	29.9	30.4	31.0	31.5	32.0	32.5
CAANAN		25.6	26.3	27.0	27.5	28.0	28.5	29.1	29.8	30.3	30.8	31.3	31.8	32.4
PAYO OBISPO		24.9	25.6	26.1	26.6	27.2	27.7	28.2	28.7	29.2	29.8	30.3	30.8	31.3
REVOLUCION		24.6	25.3	25.8	26.3	26.8	27.3	27.9	28.4	28.9	29.4	29.9	30.4	31.0
NUEVO CAANAN		24.2	24.9	25.3	25.8	26.3	26.8	27.3	27.9	28.4	28.9	29.4	29.9	30.4
CEIBA, LA		22.7	23.4	23.7	24.2	24.7	25.3	25.8	26.1	26.6	27.2	27.7	28.2	28.7
JESUS MARTINEZ ROSS		22.5	23.2	23.5	24.0	24.6	25.1	25.6	25.8	26.3	26.8	27.3	27.9	28.4
ITURBIDE		21.5	22.0	22.8	23.4	23.9	24.4	24.9	25.3	25.8	26.3	26.8	27.3	27.9
GALLITO, EL		16.1	16.6	16.8	17.1	17.5	17.8	18.2	18.5	18.9	19.2	19.5	19.9	20.2
Cantidad potencial total de tratamiento		0.0	0.0	0.0	204.7	409.8	617.3	828.6	1,834.3	2,983.8	3,974.5	4,985.0	6,161.6	8,284.5

Cuadro H-51: Nivel 2 Población Proyectada con Servicio en Othón P. Blanco

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la comunidad													
Población total servida	1,819	1,894	1,968	5,798	10,668	11,775	18,618	19,856	29,946	41,771	48,517	59,075	71,739
PUNTA PULTICUB	361	1,800	3,302	3,791	4,311	4,845	5,386	5,931	6,498	7,064	7,629	8,193	8,757
XCALAK	440	1,840	3,302	3,791	4,311	4,845	5,386	5,931	6,498	7,064	7,629	8,193	8,757
CALDERITAS	4,976	5,137	5,298	5,404	5,510	5,616	5,722	5,829	5,935	6,041	6,147	6,253	6,359
NICOLAS BRAVO	3,893	3,968	4,044	4,125	4,206	4,287	4,368	4,449	4,530	4,611	4,692	4,773	4,854
INGENIO ALVARO OBREGON	3,533	3,676	3,821	3,898	3,975	4,052	4,129	4,205	4,281	4,357	4,433	4,509	4,585
ALVARO OBREGON	3,248	3,357	3,464	3,533	3,602	3,671	3,740	3,811	3,880	3,949	4,018	4,087	4,156
SERGIO BUTRON CASAS	2,777	2,944	3,111	3,173	3,235	3,297	3,359	3,423	3,485	3,547	3,609	3,671	3,733
MAYA BALAM	2,213	2,376	2,539	2,590	2,641	2,692	2,743	2,793	2,844	2,895	2,946	2,997	3,048
XUL-HA	2,122	2,249	2,376	2,424	2,472	2,520	2,568	2,614	2,662	2,710	2,758	2,806	2,854
CACAO	1,914	1,979	2,046	2,087	2,128	2,169	2,210	2,251	2,292	2,333	2,374	2,415	2,456
SUBTENIENTE LOPEZ	1,819	1,894	1,968	2,007	2,046	2,085	2,124	2,165	2,204	2,243	2,282	2,321	2,360
MOROCOY	1,772	1,870	1,967	2,006	2,045	2,084	2,123	2,164	2,203	2,242	2,281	2,320	2,359
PUCTE	1,840	1,878	1,917	1,955	1,993	2,031	2,069	2,109	2,147	2,185	2,223	2,261	2,299
CARLOS A. MADRAZO	1,725	1,785	1,843	1,880	1,917	1,954	1,991	2,028	2,065	2,102	2,139	2,176	2,213
KUCHUMATAN	1,687	1,733	1,778	1,814	1,850	1,886	1,922	1,956	1,992	2,028	2,064	2,100	2,136
SABIDOS	1,600	1,643	1,688	1,722	1,756	1,790	1,824	1,857	1,891	1,925	1,959	1,993	2,027
UNION, LA	1,504	1,545	1,584	1,616	1,648	1,680	1,712	1,743	1,775	1,807	1,839	1,871	1,903
CAOBAS	1,480	1,520	1,560	1,591	1,622	1,653	1,684	1,717	1,748	1,779	1,810	1,841	1,872
HUAY-PIX	1,421	1,460	1,497	1,527	1,557	1,587	1,617	1,647	1,677	1,707	1,737	1,767	1,797
JOSE NARCISO ROVIROSA	1,282	1,317	1,350	1,377	1,404	1,431	1,458	1,486	1,513	1,540	1,567	1,594	1,621
UCUM	1,257	1,291	1,325	1,352	1,379	1,406	1,433	1,458	1,485	1,512	1,539	1,566	1,593
Población total	42,864	47,262	51,780	53,663	55,608	57,581	59,568	61,567	63,605	65,641	67,675	69,707	71,739



Cuadro H-52: Nivel2 Cantidad de Tratamiento Proyectada en Othón P. Blanco

Nombre de la comunidad	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cantidad de tratamiento proyectada (m3/día)		314.7	327.7	340.5	1,003.0	1,845.6	2,037.1	3,221.0	3,435.1	5,180.8	7,226.4	8,393.4	10,220.1	12,410.6
PUNTA PULTICUB		62.5	311.4	571.2	655.8	745.8	838.2	931.8	1,026.1	1,124.2	1,222.1	1,319.8	1,417.4	1,514.9
XCALAK		76.1	318.3	571.2	655.8	745.8	838.2	931.8	1,026.1	1,124.2	1,222.1	1,319.8	1,417.4	1,514.9
CALDERITAS		860.8	888.7	916.6	934.9	963.2	971.6	989.9	1,008.4	1,026.8	1,045.1	1,063.4	1,081.8	1,100.1
NICOLAS BRAVO		673.5	686.5	699.6	713.6	727.6	741.7	755.7	769.7	783.7	797.7	811.7	825.7	839.7
INGENIO ALVARO OBREGON		611.2	635.9	661.0	674.4	687.7	701.0	714.3	727.5	740.6	753.8	766.9	780.1	793.2
ALVARO OBREGON		561.9	580.8	599.3	611.2	623.1	635.1	647.0	659.3	671.2	683.2	695.1	707.1	719.0
SERGIO BUTRON CASAS		480.4	509.3	538.2	548.9	559.7	570.4	581.1	592.2	602.9	613.6	624.4	635.1	645.8
MAYA BALAM		382.8	411.0	439.2	448.1	456.9	465.7	474.5	483.2	492.0	500.8	509.7	518.5	527.3
XUL-HA		367.1	389.1	411.0	419.4	427.7	436.0	444.3	452.2	460.5	468.8	477.1	485.4	493.7
CACAO		331.1	342.4	354.0	361.1	368.1	375.2	382.3	389.4	396.5	403.6	410.7	417.8	424.9
SUBTENIENTE LOPEZ		314.7	327.7	340.5	347.2	354.0	360.7	367.5	374.5	381.3	388.0	394.8	401.5	408.3
MOROCOY		306.6	323.5	340.3	347.0	353.8	360.5	367.3	374.4	381.1	387.9	394.6	401.4	408.1
PUCTE		318.3	324.9	331.6	338.2	344.8	351.4	357.9	364.9	371.4	378.0	384.6	391.2	397.7
CARLOS A. MADRAZO		298.4	308.8	318.8	325.2	331.6	338.0	344.4	350.8	357.2	363.6	370.0	376.4	382.8
KUCHUMATAN		291.9	299.8	307.6	313.8	320.1	326.3	332.5	338.4	344.6	350.8	357.1	363.3	369.5
SABIDOS		276.8	284.2	292.0	297.9	303.8	309.7	315.6	321.3	327.1	333.0	338.9	344.8	350.7
UNION, LA		260.2	267.3	274.0	279.6	285.1	290.6	296.2	301.5	307.1	312.6	318.1	323.7	329.2
CAOBAS		256.0	263.0	269.9	275.2	280.6	286.0	291.3	297.0	302.4	307.8	313.1	318.5	323.9
HUAY-PIX		245.8	252.6	259.0	264.2	269.4	274.8	279.7	284.8	290.1	295.3	300.5	305.7	310.9
JOSE NARCISO ROVIROSA		221.8	227.8	233.6	238.2	242.9	247.6	252.2	257.1	261.7	266.4	271.1	275.8	280.4
UCUM		217.5	223.3	229.2	233.9	238.6	243.2	247.9	252.2	256.9	261.6	266.2	270.9	275.6
Cantidad total potencial de tratamiento		7,415.4	8,176.3	8,957.8	9,283.6	9,620.3	9,961.7	10,305.2	10,651.1	11,003.5	11,355.8	11,707.6	12,059.5	12,410.6

Cuadro H-53: Nivel 3 Población Proyectada con Servicio en Othón P. Blanco

Comunidad	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Población total														
BACALAR		11,639	12,439	13,237	14,075	14,913	15,751	16,589	17,428	18,266	19,104	19,942	20,780	21,618
LIMONES		5,254	6,378	7,502	8,627	9,752	10,877	12,002	13,127	14,252	15,377	16,502	17,627	18,752
Xahuachol		322	3,532	6,878	7,944	9,071	10,227	11,396	12,575	13,799	15,021	16,240	17,459	18,676
Total		17,215	22,349	27,617	30,646	33,736	36,855	39,987	43,130	46,317	49,502	52,684	55,866	59,046
Población con servicio														
BACALAR		0	0	0	7,208	7,208	14,416	14,416	17,428	18,266	19,104	19,942	20,780	21,618
LIMONES		0	0	0	6,248	6,249	10,877	12,002	13,127	14,252	15,377	16,502	17,627	18,746
Xahuachol		0	0	0	6,225	6,225	10,227	11,396	12,575	13,799	15,021	16,240	17,459	18,676
Total		0	0	0	19,681	19,682	35,520	37,814	43,130	46,317	49,502	52,684	55,866	59,040

Cuadro H-54: Nivel3 Cantidad Potencial y Capacidad de Tratamiento Proyectada en Othón P. Blanco

Población	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cantidad total potencial (m3/día)														
BACALAR		2,013.5	2,151.9	2,290.0	2,435.0	2,579.9	2,724.9	2,869.9	3,015.0	3,160.0	3,305.0	3,450.0	3,594.9	3,739.9
LIMONES		908.9	1,103.4	1,297.8	1,492.5	1,687.1	1,881.7	2,076.3	2,271.0	2,465.6	2,660.2	2,854.8	3,049.5	3,244.1
Xahuachol		55.7	611.0	1,189.9	1,374.3	1,569.3	1,769.3	1,971.5	2,175.5	2,387.2	2,598.6	2,809.5	3,020.4	3,230.9
Total		2,978.1	3,866.3	4,777.7	5,301.8	5,836.3	6,375.9	6,917.7	7,461.5	8,012.8	8,563.8	9,114.3	9,664.8	10,214.9
Capacidad de tratamiento (m3/día)														
BACALAR		0.0	0.0	0.0	1,247.0	1,247.0	2,494.0	2,494.0	3,741.0	3,741.0	3,741.0	3,741.0	3,741.0	3,741.0
LIMONES		0.0	0.0	0.0	1,081.0	1,081.0	2,162.0	2,162.0	3,243.0	3,243.0	3,243.0	3,243.0	3,243.0	3,243.0
Xahuachol		0.0	0.0	0.0	1,077.0	1,077.0	2,154.0	2,154.0	3,231.0	3,231.0	3,231.0	3,231.0	3,231.0	3,231.0
Total		0.0	0.0	0.0	3,405.0	3,405.0	6,810.0	6,810.0	10,215.0	10,215.0	10,215.0	10,215.0	10,215.0	10,215.0

Cuadro H-55: Nivel 4 Población Proyectada con Servicio en Othón P. Blanco

Comunidad	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Población total														
CHETUMAL		130,257	133,142	136,027	138,755	141,483	144,211	146,939	149,665	152,387	155,109	157,831	160,553	163,275
MAHAHUAL		956	8,908	17,196	26,479	35,637	44,741	53,816	62,873	65,509	68,149	70,792	73,439	76,088
Total		131,213	142,050	153,223	165,234	177,120	188,952	200,755	212,538	217,896	223,258	228,623	233,992	239,363
Población servida														
CHETUMAL		37,044	37,044	68,630	115,954	115,954	115,954	146,939	149,665	152,387	155,109	157,831	160,553	163,275
MAHAHUAL		956	4,994	4,994	26,479	28,694	44,741	52,393	62,873	65,509	68,149	70,792	73,439	76,088
Total		38,000	42,038	73,624	142,433	144,648	160,695	199,332	212,538	217,896	223,258	228,623	233,992	239,363

Cuadro H-56: Nivel 4 Cantidad Potencial y Capacidad de Tratamiento Proyectado en Othón P. Blanco

Comunidad	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cantidad total potencial (m <sup>3</sup> /día)														
CHETUMAL		22,534.5	23,033.6	23,532.7	24,004.6	24,476.6	24,948.5	25,420.4	25,892.0	26,363.0	26,833.9	27,304.8	27,775.7	28,246.6
MAHAHUAL		165.4	1,541.1	2,974.9	4,580.9	6,165.2	7,740.2	9,310.2	10,877.0	11,333.1	11,789.8	12,247.0	12,705.0	13,163.3
Total		22,699.9	24,574.7	26,507.6	28,585.5	30,641.8	32,688.7	34,730.6	36,769.0	37,696.1	38,623.7	39,551.8	40,480.7	41,409.9
Capacidad de tratamiento (m <sup>3</sup> /día)														
CHETUMAL		6,408.6	6,408.6	11,873.0	20,060.0	20,060.0	20,060.0	28,247.0	28,247.0	28,247.0	28,247.0	28,247.0	28,247.0	28,247.0
MAHAHUAL		864.0	864.0	864.0	4,964.0	4,964.0	9,064.0	9,064.0	13,164.0	13,164.0	13,164.0	13,164.0	13,164.0	13,164.0
Total		7,272.6	7,272.6	12,737.0	25,024.0	25,024.0	29,124.0	37,311.0	41,411.0	41,411.0	41,411.0	41,411.0	41,411.0	41,411.0

Cuadro H-57: Resumen de las Comunidades Proyectadas con Servicio en Felipe Carrillo Puerto

Year	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
2003				
2004				
2005				
2006			FELIPE CARRILLO PUERTO 1	
2007				
2008				
2009			FELIPE CARRILLO PUERTO 2	
2010	POLYUC / X-HAZIL SUR	CHUNHUHUB		
2011	SANTA ROSA SEGUNDO / X-YATIL / LAGUNA KANA / PRESIDENTE JUAREZ / PETCACAB / TUZIK 1			
2012	MIXTEQUILLA / YAXLEY / FILOMENO MATA / CHUNHUAS / YOACTUN / EMILIANO ZAPATA	TIHOSUCO	FELIPE CARRILLO PUERTO 3	
2013	SANTA MARIA PONIENTE / CHUN-YAH / BETANIA / TIXCACAL GUARDIA / NUEVO ISRAEL / IGNACIO MANUEL AL TAMIRANO / CHAN SANTA CRUZ / KAMPOKOLCHE	SEÑOR		
2014	RAMONAL / CHUMPON / UH MAY / DZOYOLA / KOPCHEN / SAN JOSE SEGUNDO / CHANCAH VERACRUZ / CHANCAH DERREPENTE / SAN FRANCISCO AKE / SAN FELIPE BERRIOZABAL / TABI	TEPICH		
2015	SAN ANDRES / SAN RAMON / ANDRES QUINTANA ROO / NUEVA LORIA / JOSE MARIA PINO SUAREZ / TRAPICH / REFORMA AGRARIA / CHUN ON / FRANCISCO MAY / FRANCISCO I. MADERO / SANTA LUCIA / MELCHOR OCAMPO / SAN LUIS / CHANCHEN COMANDANTE / CANZEPCHEN / HOBOMPICH / TAC-CHIVO / YODZONOT CHICO / X-KONHA / X-HAZIL NORTE / NOH-CAH / TRES REYES / CHUNYAXCHE	NOH-BEC / X-PICHIL / DZULA		

Cuadro H-58: Nivel1 Población Proyectada con Servicio en Felipe Carrillo Puerto

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la comunidad													
Población total servida	0	0	0	0	0	0	0	2,845	9,182	13,429	18,484	23,782	27,203
POLYUC	1,281	1,309	1,336	1,354	1,372	1,390	1,408	1,427	1,440	1,453	1,466	1,479	1,492
X-HAZIL SUR	1,274	1,302	1,328	1,346	1,364	1,382	1,400	1,418	1,431	1,444	1,457	1,470	1,483
SANTA ROSA SEGUNDO	1,139	1,164	1,187	1,203	1,219	1,235	1,251	1,268	1,280	1,292	1,304	1,316	1,328
X-YATIL	1,039	1,062	1,083	1,098	1,113	1,128	1,143	1,156	1,167	1,178	1,189	1,200	1,211
LAGUNA KANA	1,000	1,022	1,042	1,056	1,070	1,084	1,098	1,113	1,123	1,133	1,143	1,153	1,163
PRESIDENTE JUAREZ	912	932	950	963	976	989	1,002	1,015	1,025	1,035	1,045	1,055	1,065
PETCACAB	807	824	843	855	867	879	891	901	909	917	925	933	941
TUJIK 1	719	735	749	759	769	779	789	800	807	814	821	828	835
MIXTEQUILLA	652	666	680	689	698	707	716	726	733	740	747	754	761
YAXLEY	624	637	652	661	670	679	688	697	704	711	718	725	732
FILOMENO MATA	610	623	637	646	655	664	673	680	686	692	698	704	710
CHUNHUAS	602	615	628	637	646	655	664	671	677	683	689	695	701
YOACTUN	598	611	624	632	640	648	656	666	672	678	684	690	696
EMILIANO ZAPATA	582	595	606	614	622	630	638	647	653	659	665	671	677
SANTA MARIA PONIENTE	582	595	606	614	622	630	638	647	653	659	665	671	677
CHUN-YAH	570	582	596	604	612	620	628	637	643	649	655	661	667
BETANIA	548	560	571	579	587	595	603	610	616	622	628	634	640
TIXCACAL GUARDIA	531	542	555	563	571	579	587	593	599	605	611	617	623
NUJEVO ISRAEL	522	533	546	553	560	567	574	583	588	593	598	603	608
IGNACIO MANUEL ALTAMIRANO	519	530	542	549	556	563	570	579	584	589	594	599	604
CHAN SANTA CRUZ	517	528	540	547	554	561	568	576	581	586	591	596	601
KAMPOKOLCHE	517	528	540	547	554	561	568	576	581	586	591	596	601
RAMONAL	499	510	520	527	534	541	548	556	561	566	571	576	581
CHUMPON	469	479	490	497	504	511	518	524	529	534	539	544	549
UH MAY	468	478	489	496	503	510	517	522	527	532	537	542	547
DZOYOLA	454	464	473	480	487	494	501	506	511	516	521	526	531

Nombre de la comunidad	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
KOPCHEN		413	422	430	436	442	448	454	459	463	467	471	475	479
SAN JOSE SEGUNDO		379	387	397	402	407	412	417	424	428	432	436	440	444
CHANCAH VERACRUZ		377	385	394	399	404	409	414	421	425	429	433	437	441
CHANCAH DERREPENTE		369	377	384	389	394	399	404	411	416	419	423	427	431
SAN FRANCISCO AKE		368	376	383	388	393	398	403	409	413	417	421	425	429
SAN FELIPE BERRIOZABAL		321	328	335	340	345	350	355	358	361	364	367	370	373
TABI		321	328	335	340	345	350	355	358	361	364	367	370	373
SAN ANDRES		316	323	329	334	339	344	349	352	355	358	361	364	367
SAN RAMON		298	304	312	316	320	324	328	334	337	340	343	346	349
ANDRES QUINTANA ROO		282	288	294	298	302	306	310	314	317	320	323	326	329
NUEVA LORIA		276	282	288	292	296	300	304	308	311	314	317	320	323
JOSE MARIA PINO SUAREZ		215	220	223	226	229	232	235	239	241	243	245	247	249
TRAPICH		214	219	222	225	228	231	234	237	239	241	243	245	247
REFORMA AGRARIA		207	211	217	220	223	226	229	232	234	236	238	240	242
CHUN ON		203	207	213	216	219	222	225	227	229	231	233	235	237
FRANCISCO MAY		180	184	187	190	193	196	199	200	202	204	206	208	210
FRANCISCO I. MADERO		176	180	183	185	187	189	191	195	197	199	201	203	205
SANTA LUCIA		170	174	177	179	181	183	185	189	191	193	195	197	199
MELCHOR OCAMPO		161	164	169	171	173	175	177	181	183	185	187	189	191
SAN LUIS		152	155	160	162	164	166	168	171	173	175	177	179	181
CHANCHEN COMANDANTE		143	146	149	151	153	155	157	159	160	161	162	163	164
CANZEPCHEN		140	143	147	149	151	153	155	157	158	159	160	161	162
HOBOMPICH		136	139	142	144	146	148	150	151	152	153	154	155	156
TAC-CHIVO		131	134	136	138	140	142	144	145	146	147	148	149	150
YODZONOT CHICO		131	134	136	138	140	142	144	145	146	147	148	149	150
X-KONHA		130	133	135	137	139	141	143	144	145	146	147	148	149
X-HAZIL NORTE		99	101	103	104	105	106	107	110	111	112	113	114	115
NOH-CAH		98	100	102	103	104	105	106	109	110	111	112	113	114

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la comunidad													
TRES REYES	95	97	100	101	102	103	104	107	108	109	110	111	112
CHUNYAXCHE	86	88	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99	100
Población total	24,622	25,155	25,684	26,032	26,380	26,728	27,076	27,435	27,687	27,939	28,191	28,443	28,695

Cuadro H-59: Nivel1 Cantidad Proyectada de Tratamiento en Felipe Carrillo Puerto

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la comunidad													
Cantidad proyectada de tratamiento (m3/día)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	492.2	1,588.5	2,323.2	3,197.5	4,114.2	4,706.3
POLYUC	221.6	226.5	231.1	234.2	237.4	240.5	243.6	246.9	249.1	251.4	253.6	255.9	258.1
X-HAZIL SUR	220.4	225.2	229.7	232.9	236.0	239.1	242.2	245.3	247.6	249.8	252.1	254.3	256.6
SANTA ROSA SEGUNDO	197.0	201.4	205.4	208.1	210.9	213.7	216.4	219.4	221.4	223.5	225.6	227.7	229.7
X-YATIL	179.7	183.7	187.4	190.0	192.5	195.1	197.7	200.0	201.9	203.8	205.7	207.6	209.5
LAGUNA KANA	173.0	176.8	180.3	182.7	185.1	187.5	190.0	192.5	194.3	196.0	197.7	199.5	201.2
PRESIDENTE JUAREZ	157.8	161.2	164.4	166.6	168.8	171.1	173.3	175.6	177.3	179.1	180.8	182.5	184.2
PETCACAB	139.6	142.6	145.8	147.9	150.0	152.1	154.1	155.9	157.3	158.6	160.0	161.4	162.8
TUJIK 1	124.4	127.2	129.6	131.3	133.0	134.8	136.5	138.4	139.6	140.8	142.0	143.2	144.5
MIXTEQUILLA	112.8	115.2	117.6	119.2	120.8	122.3	123.9	125.6	126.8	128.0	129.2	130.4	131.7
YAXLEY	108.0	110.2	112.8	114.4	115.9	117.5	119.0	120.6	121.8	123.0	124.2	125.4	126.6
FLOMENO MATA	105.5	107.8	110.2	111.8	113.3	114.9	116.4	117.6	118.7	119.7	120.8	121.8	122.8
CHUNHUAS	104.1	106.4	108.6	110.2	111.8	113.3	114.9	116.1	117.1	118.2	119.2	120.2	121.3
YOACTUN	103.5	105.7	108.0	109.3	110.7	112.1	113.5	115.2	116.3	117.3	118.3	119.4	120.4
EMILIANO ZAPATA	100.7	102.9	104.8	106.2	107.6	109.0	110.4	111.9	113.0	114.0	115.0	116.1	117.1
SANTA MARIA PONIENTE	100.7	102.9	104.8	106.2	107.6	109.0	110.4	111.9	113.0	114.0	115.0	116.1	117.1
CHUN-YAH	98.6	100.7	103.1	104.5	105.9	107.3	108.6	110.2	111.2	112.3	113.3	114.4	115.4
BETANIA	94.8	96.9	98.8	100.2	101.6	102.9	104.3	105.5	106.6	107.6	108.6	109.7	110.7
TIXCACAL GUARDIA	91.9	93.8	96.0	97.4	98.8	100.2	101.6	102.6	103.6	104.7	105.7	106.7	107.8
NUEVO ISRAEL	90.3	92.2	94.5	95.7	96.9	98.1	99.3	100.9	101.7	102.6	103.5	104.3	105.2

Nombre de la comunidad	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
IGNACIO MANUEL ALTAMIRANO		89.8	91.7	93.8	95.0	96.2	97.4	98.6	100.2	101.0	101.9	102.8	103.6	104.5
CHAN SANTA CRUZ		89.4	91.3	93.4	94.6	95.8	97.1	98.3	99.6	100.5	101.4	102.2	103.1	104.0
KAMPOKOLCHE		89.4	91.3	93.4	94.6	95.8	97.1	98.3	99.6	100.5	101.4	102.2	103.1	104.0
RAMONAL		86.3	88.2	90.0	91.2	92.4	93.6	94.8	96.2	97.1	97.9	98.8	99.6	100.5
CHUMPON		81.1	82.9	84.8	86.0	87.2	88.4	89.6	90.7	91.5	92.4	93.2	94.1	95.0
UH MAY		81.0	82.7	84.6	85.8	87.0	88.2	89.4	90.3	91.2	92.0	92.9	93.8	94.6
DZOYOLA		78.5	80.3	81.8	83.0	84.3	85.5	86.7	87.5	88.4	89.3	90.1	91.0	91.9
KOPCHEN		71.4	73.0	74.4	75.4	76.5	77.5	78.5	79.4	80.1	80.8	81.5	82.2	82.9
SAN JOSE SEGUNDO		65.6	67.0	68.7	69.6	70.4	71.3	72.1	73.4	74.0	74.7	75.4	76.1	76.8
CHANCAH VERACRUZ		65.2	66.6	68.2	69.0	69.9	70.8	71.6	72.8	73.5	74.2	74.9	75.6	76.3
CHANCAH DERREPENTE		63.8	65.2	66.4	67.3	68.2	69.0	69.9	71.1	71.8	72.5	73.2	73.9	74.6
SAN FRANCISCO AKE		63.7	65.0	66.3	67.1	68.0	68.9	69.7	70.8	71.4	72.1	72.8	73.5	74.2
SAN FELIPE BERRIOZABAL		55.5	56.7	58.0	58.8	59.7	60.6	61.4	61.9	62.5	63.0	63.5	64.0	64.5
TABI		55.5	56.7	58.0	58.8	59.7	60.6	61.4	61.9	62.5	63.0	63.5	64.0	64.5
SAN ANDRES		54.7	55.9	56.9	57.8	58.6	59.5	60.4	60.9	61.4	61.9	62.5	63.0	63.5
SAN RAMON		51.6	52.6	54.0	54.7	55.4	56.1	56.7	57.8	58.3	58.8	59.3	59.9	60.4
ANDRES QUINTANA ROO		48.8	49.8	50.9	51.6	52.2	52.9	53.6	54.3	54.8	55.4	55.9	56.4	56.9
NUEVA LORIA		47.7	48.8	49.8	50.5	51.2	51.9	52.6	53.3	53.8	54.3	54.8	55.4	55.9
JOSE MARIA PINO SUAREZ		37.2	38.1	38.6	39.1	39.6	40.1	40.7	41.3	41.7	42.0	42.4	42.7	43.1
TRAPICH		37.0	37.9	38.4	38.9	39.4	40.0	40.5	41.0	41.3	41.7	42.0	42.4	42.7
REFORMA AGRARIA		35.8	36.5	37.5	38.1	38.6	39.1	39.6	40.1	40.5	40.8	41.2	41.5	41.9
CHUN ON		35.1	35.8	36.8	37.4	37.9	38.4	38.9	39.3	39.6	40.0	40.3	40.7	41.0
FRANCISCO MAY		31.1	31.8	32.4	32.9	33.4	33.9	34.4	34.6	34.9	35.3	35.6	36.0	36.3
FRANCISCO I. MADERO		30.4	31.1	31.7	32.0	32.4	32.7	33.0	33.7	34.1	34.4	34.8	35.1	35.5
SANTA LUCIA		29.4	30.1	30.6	31.0	31.3	31.7	32.0	32.7	33.0	33.4	33.7	34.1	34.4
MELCHOR OCAMPO		27.9	28.4	29.2	29.6	29.9	30.3	30.6	31.3	31.7	32.0	32.4	32.7	33.0
SAN LUIS		26.3	26.8	27.7	28.0	28.4	28.7	29.1	29.6	29.9	30.3	30.6	31.0	31.3
CHANCHEN		24.7	25.3	25.8	26.1	26.5	26.8	27.2	27.5	27.7	27.9	28.0	28.2	28.4



Nombre de la comunidad	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
COMANDANTE														
CANZEPCHEN		24.2	24.7	25.4	25.8	26.1	26.5	26.8	27.2	27.3	27.5	27.7	27.9	28.0
HOBOMPICH		23.5	24.0	24.6	24.9	25.3	25.6	26.0	26.1	26.3	26.5	26.6	26.8	27.0
TAC-CHIVO		22.7	23.2	23.5	23.9	24.2	24.6	24.9	25.1	25.3	25.4	25.6	25.8	26.0
YODZONOT CHICO		22.7	23.2	23.5	23.9	24.2	24.6	24.9	25.1	25.3	25.4	25.6	25.8	26.0
X-KONHA		22.5	23.0	23.4	23.7	24.0	24.4	24.7	24.9	25.1	25.3	25.4	25.6	25.8
X-HAZIL NORTE		17.1	17.5	17.8	18.0	18.2	18.3	18.5	19.0	19.2	19.4	19.5	19.7	19.9
NOH-CAH		17.0	17.3	17.6	17.8	18.0	18.2	18.3	18.9	19.0	19.2	19.4	19.5	19.7
TRES REYES		16.4	16.8	17.3	17.5	17.6	17.8	18.0	18.5	18.7	18.9	19.0	19.2	19.4
CHUNYAXCHE		14.9	15.2	15.4	15.6	15.7	15.9	16.1	16.4	16.6	16.8	17.0	17.1	17.3
Cantidad total potencial de tratamiento		4,259.3	4,351.7	4,443.5	4,503.7	4,563.8	4,624.5	4,683.9	4,746.1	4,789.8	4,833.6	4,876.6	4,920.7	4,964.4

Cuadro H-60: Nivel 2 Población Proyectada con Servicio en Felipe Carrillo Puerto

Nombre de la comunidad	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Población total servida		0	0	0	0	0	0	0	5,170	5,218	10,352	13,335	16,060	21,664
CHUNHUHUB		4,582	4,710	4,840	4,906	4,972	5,038	5,104	5,170	5,218	5,266	5,314	5,362	5,410
TIHOSUCO		4,391	4,533	4,673	4,737	4,801	4,865	4,929	4,992	5,039	5,086	5,133	5,180	5,227
SEÑOR		2,522	2,577	2,630	2,666	2,702	2,738	2,774	2,810	2,836	2,862	2,888	2,914	2,940
TEPICH		2,268	2,309	2,351	2,383	2,415	2,447	2,479	2,512	2,535	2,558	2,581	2,604	2,627
NOH-BEC		1,766	1,804	1,843	1,868	1,893	1,918	1,943	1,969	1,987	2,005	2,023	2,041	2,059
X-PICHIL		1,523	1,556	1,588	1,610	1,632	1,654	1,676	1,697	1,713	1,729	1,745	1,761	1,777
DZULA		1,394	1,425	1,457	1,476	1,495	1,514	1,533	1,554	1,568	1,582	1,596	1,610	1,624
Población total		18,446	18,914	19,382	19,646	19,910	20,174	20,438	20,704	20,896	21,088	21,280	21,472	21,664

Cuadro H-61: Nivel 2 Cantidad de Tratamiento Proyectada en Felipe Carrillo Puerto

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la comunidad													
Cantidad de tratamiento proyectada (m3/día)	0	0	0	0	0	0	0	894	903	1,791	2,307	2,778	3,748
CHUNHUB	792.7	814.8	837.3	848.7	860.2	871.6	883	894.4	902.7	911	919.3	927.6	935.9
THOSUCO	759.6	784.2	808.4	819.5	830.6	841.6	852.7	863.6	871.7	879.9	888	896.1	904.3
SEÑOR	436.3	445.8	455	461.2	467.4	473.7	479.9	486.1	490.6	495.1	499.6	504.1	508.6
TEPICH	392.4	399.5	406.7	412.3	417.8	423.3	428.9	434.6	438.6	442.5	446.5	450.5	454.5
NOH-BEC	305.5	312.1	318.8	323.2	327.5	331.8	336.1	340.6	343.8	346.9	350	353.1	356.2
X-PICHIL	263.5	269.2	274.7	278.5	282.3	286.1	289.9	293.6	296.3	299.1	301.9	304.7	307.4
DZULA	241.2	246.5	252.1	255.3	258.6	261.9	265.2	268.8	271.3	273.7	276.1	278.5	281.0
Cantidad total potencial de tratamiento	3,191	3,272	3,353	3,399	3,444	3,490	3,536	3,582	3,615	3,648	3,681	3,715	3,748

Cuadro H-62: Nivel3 Población Proyectada con servicio, Cantidad Potencial y Capacidad de Tratamiento Proyectada en Felipe Carrillo Puerto

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la población													
Población total	19,262	19,501	19,738	20,007	20,276	20,545	20,814	21,084	21,281	21,478	21,675	21,872	22,069
Población con servicio	669	669	669	7,802	7,802	7,802	14,935	14,935	14,935	21,478	21,675	21,872	22,068
Cantidad potencial (m3/día)	3,332.3	3,373.7	3,414.7	3,461.2	3,507.7	3,554.3	3,600.8	3,647.5	3,681.6	3,715.7	3,749.8	3,783.9	3,817.9
Capacidad de tratamiento (m3/día)	115.7	115.7	115.7	1,349.7	1,349.7	1,349.7	2,583.7	2,583.7	2,583.7	3,817.7	3,817.7	3,817.7	3,817.7

Cuadro H-63: Resumen de las Comunidades Proyectadas con Servicio en Solidaridad

Año	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
2003	SOLIDARIDAD PUERTO AVENTURAS /	AKUMAL		
2004				
2005				PLAYA DEL CARMEN nuevo1
2006			CIUDAD CHEMUYIL 1	NUEVO AKUMAL nuevo 1
2007				
2008			CIUDAD CHEMUYIL 2	PLAYA DEL CARMEN nuevo 2 / NUEVO AKUMAL nuevo 3
2009				
2010	CHANCHEN I			NUEVO AKUMAL nuevo 3
2011	SAN JUAN (SAN JUAN DE DIOS) / HANCHEN PALUPR	COBA	CIUDAD CHEMUYIL 3	PLAYA DEL CARMEN nuevo 3
2012	JAVIER ROJO GOMEZ / YALCHEN			
2013	YAXCHE / OASIS AKUMAL			
2014	HONZONOT / MACARIO GOMEZ	CHANCHEN NUMERO UNO		
2015	SOLIDARIDAD PUERTO AVENTURAS / FRANCISCO JH MAY / MANUEL ANTONIO AY / JOSE MARIA PINO SUAREZ / DIAMOND RESORT	SAN SILVERIO		

Cuadro H-64: Nivel 1 Población Proyectada con Servicio en Solidaridad

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la población													
Población total servida	526	545	565	583	601	619	637	2,493	4,326	5,975	9,169	9,275	11,39
CHANCHEN I	1,481	1,535	1,588	1,638	1,688	1,738	1,788	1,839	1,716	1,593	1,470	1,347	1,224
SAN JUAN (SAN JUAN DE DIOS)	827	857	887	915	943	971	999	1,028	1,061	1,094	1,127	1,160	1,193
HANCHEN PALUPR	682	707	730	753	776	799	822	846	874	902	930	958	986
JAVIER ROJO GOMEZ	638	661	685	707	729	751	773	793	819	845	871	897	923
YALCHEN	638	661	685	707	729	751	773	793	819	845	871	897	923
YAXCHE	631	654	677	698	719	740	761	784	810	836	862	888	914
OASIS AKUMAL	597	619	639	659	679	699	719	741	765	789	813	837	861
HONDZONOT	572	593	613	632	651	670	689	710	733	756	779	802	825
MACARIO GOMEZ	533	552	573	591	609	627	645	663	685	707	729	751	773
PUERTO AVENTURAS	526	545	565	583	601	619	637	654	675	696	717	738	759
FRANCISCO UH MAY	524	543	562	580	598	616	634	651	672	693	714	735	756
MANUEL ANTONIO AY	461	478	493	509	525	541	557	571	590	609	628	647	666
JOSE MARIA PINO SUAREZ	267	277	286	294	303	312	321	330	341	352	363	374	385
DIAMOND RESORT	141	146	152	157	162	167	172	176	182	188	194	200	206
Población total	8,518	8,828	9,134	9,423	9,712	10,001	10,290	10,579	10,742	10,905	11,068	11,231	11,394

Cuadro H-65: Nivel1 Cantidad de Tratamiento Proyectada en Solidaridad

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la población													
Población total servida	91.0	94.3	97.7	100.9	104.0	107.1	110.2	431.2	748.5	1,033.7	1,586.2	1,604.5	1,971.2
CHANCHEN I	256.2	265.6	274.7	283.4	292.0	300.7	309.3	318.1	296.9	275.6	254.3	233.0	211.8
SAN JUAN (SAN JU. AN DE DIOS)	143.1	148.3	153.5	158.3	163.1	168.0	172.8	177.8	183.6	189.3	195.0	200.7	206.4
HANCHEN PALUPR	118.0	122.3	126.3	130.3	134.2	138.2	142.2	146.4	151.2	156.0	160.9	165.7	170.6
JAVIER ROJO GOMEZ	116.4	114.4	118.5	122.3	126.1	129.9	133.7	137.2	141.7	146.2	150.7	155.2	159.7
YALCHEN	110.4	114.4	118.5	122.3	126.1	129.9	133.7	137.2	141.7	146.2	150.7	155.2	159.7
YAXCHE	109.2	113.1	117.1	120.8	124.4	128.0	131.7	135.6	140.1	144.6	149.1	153.6	158.1
OASIS AKUMAL	103.3	107.1	110.5	114.0	117.5	120.9	124.4	128.2	132.3	136.5	140.6	144.8	149.0
HONDZONOT	99.0	102.6	106.0	109.3	112.6	115.9	119.2	122.8	126.8	130.8	134.8	138.7	142.7
MACARIO GOMEZ	92.2	95.5	99.1	102.2	105.4	108.5	111.6	114.7	118.5	122.3	126.1	129.9	133.7
PUERTO AVENTURAS	91.0	94.3	97.7	100.9	104.0	107.1	110.2	113.1	116.8	120.4	124.0	127.7	131.3
FRANCISCO UH MAY	90.7	93.9	97.2	100.3	103.5	106.6	109.7	112.6	116.3	119.9	123.5	127.2	130.8
MANUEL ANTONIO AY	79.8	82.7	85.3	88.1	90.8	93.6	96.4	98.8	102.1	105.4	108.6	111.9	115.2
JOSE MARIA PINO SUAREZ	46.2	47.9	49.3	50.9	52.4	54.0	55.5	57.1	59.0	60.9	62.8	64.7	66.6
DIAMOND RESORT	24.4	25.3	26.3	27.2	28.0	28.9	29.8	30.4	31.5	32.5	33.6	34.6	35.6
Población total	1,473.9	1,527.4	1,580.0	1,630.3	1,680.1	1,730.2	1,780.2	1,830.0	1,858.5	1,886.6	1,914.7	1,942.9	1,971.2

Cuadro H-66: Nivel 2 Población Proyectada con Servicio en Solidaridad

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la población													
Población total servida	911	1136	1357	1561	1775	1988	2184	2394	5,134	5,277	5,419	7,656	9,534
COBA	1,704	1,966	2,227	2,298	2,369	2,440	2,511	2,580		2,748	2,832	2,916	3,000
AKUMAL	911	1136	1357	1561	1775	1988	2184	2394	2470	2529	2587	2661	2716
CHANCHEN NUMERO UNO	1,230	1,409	1,588	1,638	1,688	1,738	1,788	1,839	1,899	1,959	2,019	2,079	2,139
SAN SILVERIO	1,162	1,204	1,247	1,286	1,325	1,364	1,403	1,444	1,491	1,538	1,585	1,632	1,679
Population total	5,007	5,715	6,419	6,783	7,157	7,530	7,886	8,257	8,524	8,774	9,023	9,288	9,534

Cuadro H-67: Nivel 2 Cantidad Proyectada de Tratamiento en Solidaridad

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la población													
Población total servida	157.6	196.5	234.8	270.1	307.1	343.9	377.8	414.2	888.2	912.9	937.5	1,324.6	1,649.4
COBA	294.8	340.1	385.3	397.6	409.8	422.1	434.4	446.3		475.4	489.9	504.5	519.0
AKUMAL	157.6	196.5	234.8	270.1	307.1	343.9	377.8	414.2	427.3	437.5	447.6	460.4	469.9
CHANCHEN NUMERO UNO	212.8	243.8	274.7	283.4	292.0	300.7	309.3	318.1	328.5	338.9	349.3	359.7	370.0
SAN SILVERIO	201.0	208.3	215.7	222.5	229.2	236.0	242.7	249.8	257.9	265.1	274.2	282.3	290.5
Population total	866.2	988.7	1,110.5	1,173.6	1,238.1	1,302.7	1,364.2	1,428.4	1,474.6	1,517.9	1,561.0	1,606.9	1,649.4

Cuadro H-68: Nivel 3 Población Proyectada con Servicio en Solidaridad

Nombre de la población	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Población total														
CIUDAD CHEMUYIL		5,368	6,685	8,000	9,800	11,600	13,400	15,200	17,000	17,867	18,734	19,601	20,468	21,335
TULUM		16,910	19,767	22,637	24,864	27,103	29,353	31,614	33,887	36,904	39,933	42,973	46,024	49,087
Total		22,278	26,452	30,637	34,664	38,703	42,753	46,814	50,887	54,771	58,667	62,574	66,492	70,422
Población con servicio														
CIUDAD CHEMUYIL		0	0	0	7,110	7,110	13,400	14,220	17,000	17,867	18,734	19,601	20,468	21,329
TULUM		0	0	0	16,364	16,364	29,353	31,614	33,887	36,904	39,933	42,973	46,024	49,087
Total		0	0	0	23,474	23,474	42,753	45,834	50,887	54,771	58,667	62,574	66,492	70,416

Cuadro H-69: Nivel 3 Cantidad Potencial y Capacidad Proyectada de Tratamiento en Solidaridad

Nombre de la población	Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cantidad potencial (m3/día)														
CIUDAD CHEMUYIL		928.7	1,156.5	1,384.0	1,695.4	2,006.8	2,318.2	2,629.6	2,941.0	3,091.0	3,241.0	3,391.0	3,541.0	3,691.0
TULUM		2,925.4	3,419.7	3,916.2	4,301.5	4,688.8	5,078.1	5,469.2	5,862.5	6,384.4	6,908.4	7,434.3	7,962.1	8,492.0
Total		3,854.1	4,576.2	5,300.2	5,996.9	6,695.6	7,396.3	8,098.8	8,803.5	9,475.4	10,149.4	10,825.3	11,503.1	12,183.0
Capacidad de tratamiento (m3/día)														
CIUDAD CHEMUYIL		0.0	0.0	0.0	1,230.0	1,230.0	2,460.0	2,460.0	3,690.0	3,690.0	3,690.0	3,690.0	3,690.0	3,690.0
TULUM		0.0	0.0	0.0	2,831.0	2,831.0	5,662.0	5,662.0	8,493.0	8,493.0	8,493.0	8,493.0	8,493.0	8,493.0
Total		0.0	0.0	0.0	4,061.0	4,061.0	8,122.0	8,122.0	12,183.0	12,183.0	12,183.0	12,183.0	12,183.0	12,183.0

Cuadro H-70: Nivel 4 Población Proyectada con Servicio en Solidaridad

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la población													
Población total													
NUEVO AKUMAL	10,894	11,782	47,505	56,131	64,678	73,161	81,581	89,962	95,341	100,677	105,990	111,284	116,560
PLAYA DEL CARMEN	124,545	133,870	143,161	152,416	161,637	172,156	182,640	193,089	203,504	213,883	224,228	234,539	244,814
Total	135,439	145,652	190,666	208,547	226,315	245,317	264,221	283,051	298,845	314,560	330,218	345,823	361,374
Población con servicio													
NUEVO AKUMAL	10,894	11,782	23,494	54,517	54,517	73,161	81,581	89,962	95,341	100,677	105,990	111,284	116,560
PLAYA DEL CARMEN	95,936	95,936	143,161	145,561	145,561	172,156	182,640	193,089	203,504	213,883	224,228	234,539	244,809
Total	106,830	107,718	166,655	200,078	200,078	245,317	264,221	283,051	298,845	314,560	330,218	345,823	361,369

Cuadro H-71: Nivel 4 Cantidad Potencial y Capacidad Proyectada de Tratamiento en Solidaridad

Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de la población													
Cantidad potencial (m3/día)													
NUEVO AKUMAL	1,884.7	2,038.3	8,218.4	9,710.7	11,189.3	12,656.9	14,113.5	15,563.4	16,494.0	17,417.1	18,336.3	19,252.1	20,164.9
PLAYA DEL CARMEN	21,546.3	23,159.5	24,766.9	26,368.0	27,963.2	29,783.0	31,596.7	33,404.4	35,206.2	37,001.7	38,791.5	40,575.3	42,352.9
Total	23,431.0	25,197.8	32,985.3	36,078.7	39,152.5	42,439.9	45,710.2	48,967.8	51,700.2	54,418.8	57,127.8	59,827.4	62,517.8
Capacidad de tratamiento (m3/día)													
NUEVO AKUMAL	4,064.5	4,064.5	4,064.5	9,431.5	9,431.5	14,798.5	14,798.5	20,165.5	20,165.5	20,165.5	20,165.5	20,165.5	20,165.5
PLAYA DEL CARMEN	16,597.0	16,597.0	25,182.0	25,182.0	25,182.0	33,767.0	33,767.0	33,767.0	42,352.0	42,352.0	42,352.0	42,352.0	42,352.0
Total	20,661.5	20,661.5	29,246.5	34,613.5	34,613.5	48,565.5	48,565.5	53,932.5	62,517.5	62,517.5	62,517.5	62,517.5	62,517.5



### H.3 Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos

#### H.3.1 Objetivos, Cifras Meta y Año Meta

##### H.3.1.1 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.***

##### H.3.1.2 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 sanitario donde se vive:*** 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 H-72: 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 (coverage): 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 H-73 muestra las comunidades que pertenecen a dichos grupos. El Cuadro H-74 muestra las cifras meta establecidas para cada grupo urbano. El Cuadro H-75 muestra los componentes de la minimización de residuos.

Cuadro H-73: 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 H-74: 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 H-75: Tasa de Minimización de Residuos para el Plan Maestro de MRS

Grupo Urbano	Población para el 2015	Tasa de Minimización		Métodos
		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	-	-	-

### H.3.1.3 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>

### **H.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.

### H.3.3 Medidas Propuestas

#### H.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 H-76: 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 H-77: 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 H-78: 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 H-79 se presentan cuatro maneras de disposición final propuestas, las que pueden ser desarrolladas en fase en correspondencia con el crecimiento de la comunidad.

Cuadro H-79: 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"> <li>Inspección de los residuos que ingresan: medir la cantidad de disposición, controlar los residuos peligrosos, etc.</li> <li>Camino de acceso, camino interno: asegurar el acceso al área de descarga</li> <li>Equipo para el relleno: para acumular los residuos</li> </ul>
2: Vertedero cercado (población: 8,000 - 34,999)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cerca: para prohibir que personas no-autorizadas entren al sitio</li> <li>Dique: para evitar que los residuos se esparzan, para prevenir que el agua ingrese</li> <li>Zona de amortiguamiento: para mantener suficiente espacio con la propiedad adyacente</li> <li>Drenaje: drenaje en los alrededores y dentro del sitio</li> </ul>
3: Relleno sanitario con control de gases (población: 34,999 - 99,999)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cobertura de suelo: para prohibir la proliferación de vectores, para prevenir fuegos y malos olores, para minimizar la infiltración, para mejorar la estética.</li> <li>Instalación para la remoción de gases: para prevenir el fuego y las explosiones, para promover la descomposición de residuos</li> <li>Báscula: importante para el MRS</li> </ul>
4: Relleno sanitario con control de lixiviados (población: igual o mayor de 100,000 habitantes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>La capa para impermeabilización del fondo: para prevenir que el lixiviado se infiltre en el sub-suelo (contaminación del agua subterránea)</li> <li>Instalación para la recolección de lixiviados: para recolectar y descargar el lixiviado al exterior</li> <li>Instalación para el tratamiento de lixiviados: para tratar el lixiviado hasta lograr cierta calidad que no represente ningún impacto serio hacia el medio ambiente.</li> </ul>

### **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 Area 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.

##### **412. Derechos del servicio realistas**

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 de 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**

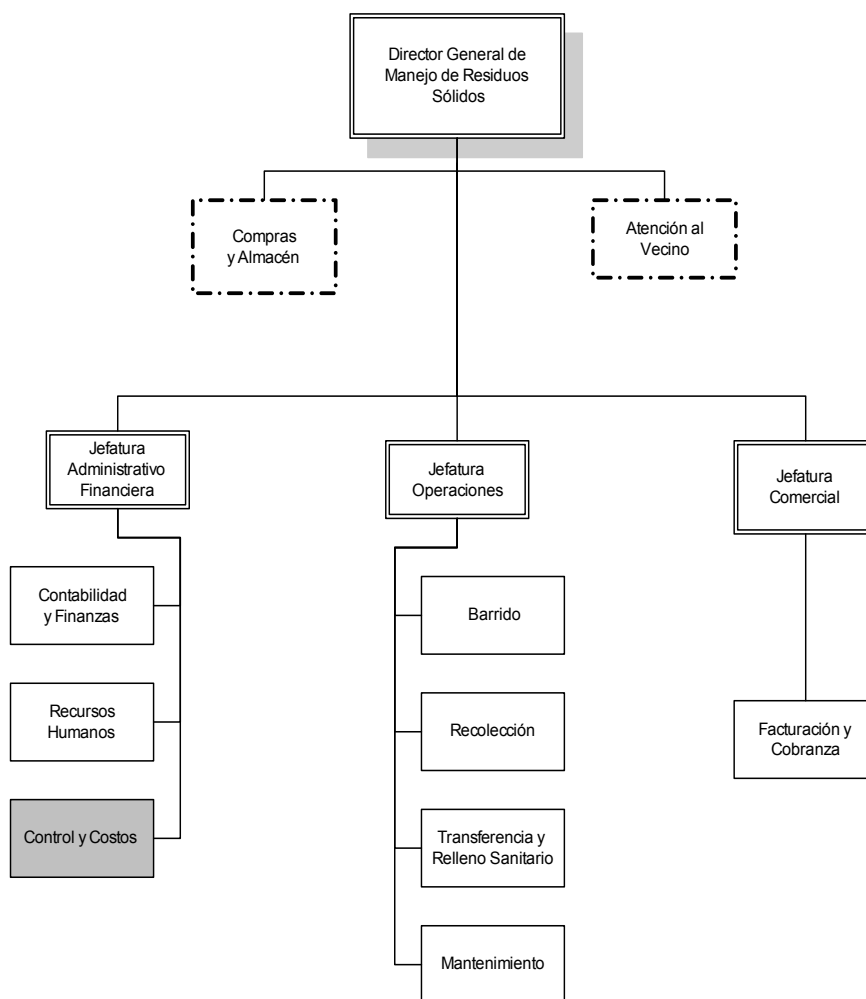
Se propone la estructuración de la Unidad Ejecutora del Plan Maestro. Esta unidad tendrá por objetivo la implementación del Plan Maestro y el logro de las metas propuestas, fortalecer y facilitar la coordinación entre los tres órdenes de gobierno, con el propósito de proteger el ambiente acuático de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

### H.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 H-80: 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		

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

### H.3.4 Flujo de los Residuos

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

Cuadro H-81: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2007

Aspecto		Unidad	Urbana			Sub-total	Rural	Total
			OPB	FCP	SOL			
1. Población								
Población	a	Hab.	241,173	35,166	228,969	505,308	113,117	618,425
2. Cantidad de residuos								
1) En la fuente								
generación	b	ton/día	287.0	39.9	300.8	627.7	106.3	734.0
Reducción en la fuente	c	ton/día	11.5	1.5	12.0	25.0	0.0	25.0
Auto-disposición	d	ton/día	14.4	11.5	0.8	26.7	106.3	133.0
descarga	e	ton/día	261.1	26.9	288.0	576.0	0.0	576.0
2) Recolección								
Residuo mezclado	f	ton/día	256.4	26.9	282.0	565.3	0.0	565.3
Residuo de Jardín	g	ton/día	4.7	0.0	6.0	10.7	0.0	10.7
3) Intermedio								
Para compostaje	h	ton/día	4.2	0.0	5.4	9.6	0.0	9.6
residuo	i	ton/día	0.5	0.0	0.6	1.1	0.0	1.1
4) Disposición								
disposición	j	ton/día	256.9	26.9	282.6	566.4	0.0	566.4
3. Tasas								
recolección	(f+g)/(d+e)	%	94.8	70.1	99.7	95.6	0.0	81.2
Minimización	(c+h)/b	%	5.5	3.8	5.8	5.5	0.0	4.7

Toda el Área de Estudio

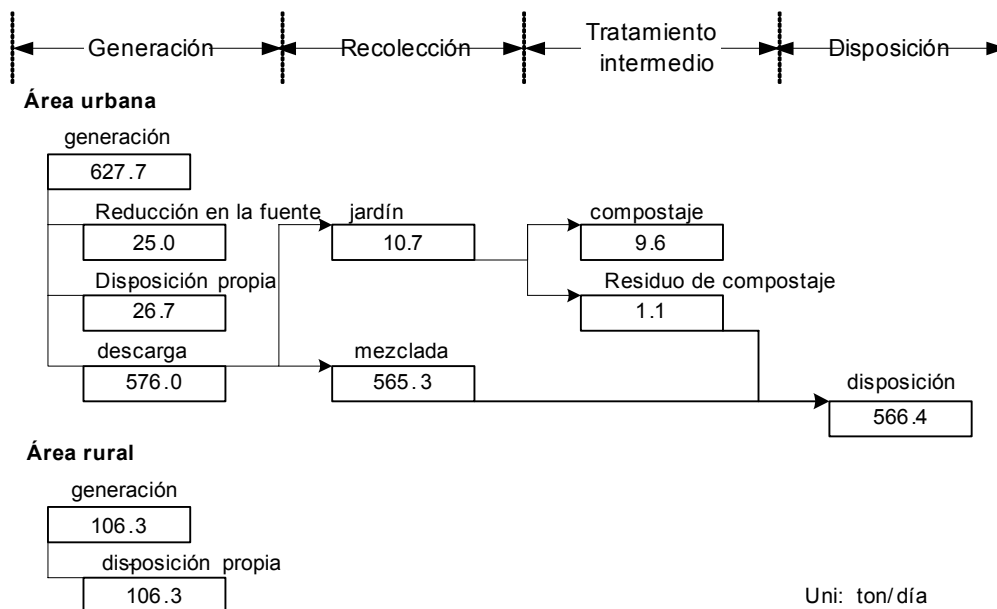


Figura H-22: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro en el 2007

Cuadro H-82: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro en el 2007 (Othón P. Blanco)

Aspecto		Unidad	Urbana 1	Urbana 2	Urbana 3	Urbana 4	Urbana 5	Sub-total	Rural	Total
1. Población										
población	a	habitan-tes	149,465	10,812	4,206	27,306	49,384	241,173	63,916	305,089
2. Cantidad de residuos										
1) En la fuente										
generación	b	ton/día	176.3	12.7	5.0	32.2	60.8	287.0	63.3	350.3
Reducción en la fuente	c	ton/día	7.1	0.5	0.2	1.3	2.4	11.5	0.0	11.5
Auto-disposición	d	ton/día	0.0	3.7	1.4	9.3	0.0	14.4	63.3	77.7
descarga	e	ton/día	169.2	8.5	3.4	21.6	58.4	261.1	0.0	261.1
2) Recolección										
Residuos mezclados	f	ton/día	165.7	8.5	3.4	21.6	57.2	256.4	0.0	256.4
Residuos de jardín	g	ton/día	3.5	0.0	0.0	0.0	1.2	4.7	0.0	4.7
3) Intermedio										
Para compostaje	h	ton/día	3.1	0.0	0.0	0.0	1.1	4.2	0.0	4.2
residuo	i	ton/día	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	0.5
4) Disposición										
disposición	j	ton/día	166.1	8.5	3.4	21.6	57.3	256.9	0.0	256.9
3. Tasas										
recolección	(f+g)/(d+e)	%	100.0	69.7	70.8	69.9	100.0	94.8	0.0	77.1
minimización	(c+h)/b	%	5.8	3.9	4.0	4.0	5.8	5.5	0.0	4.5

Othón P Blanco

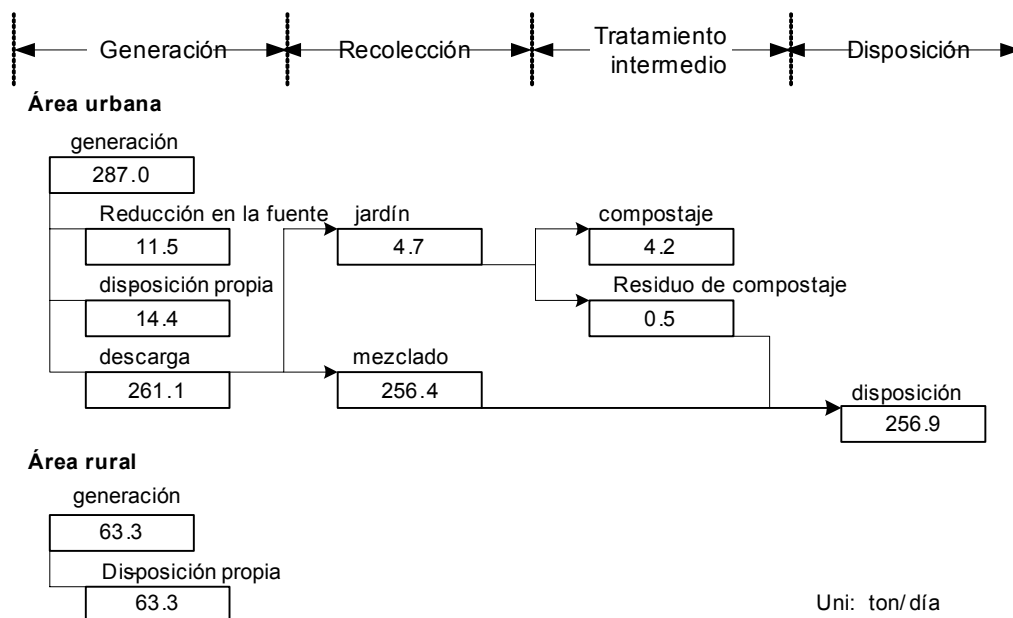


Figura H-23: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2007 (Othón P. Blanco)

Cuadro H-83: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2007 (Felipe C. Puerto)

Aspecto		Unidad	Urbana 6	Urbana 7	Urbana 8	Sub-total	Rural	Total
1. Población								
población	a	Hab.	22,978	4,972	7,216	35,166	32,767	67,933
2. Cantidad de residuo								
1) En la fuente								
Generación	b	ton/día	26.1	5.6	8.2	39.9	26.3	66.2
Reducción en la fuente	c	ton/día	1.0	0.2	0.3	1.5	0.0	1.5
Auto-disposición	d	ton/día	7.5	1.6	2.4	11.5	26.3	37.8
descarga	e	ton/día	17.6	3.8	5.5	26.9	0.0	26.9
2) Recolección								
Residuo mezclado	f	ton/día	17.6	3.8	5.5	26.9	0.0	26.9
Residuo de jardín	g	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3) Intermedio								
Para compostaje	h	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
residuo	i	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4) Disposición								
disposición	j	ton/día	17.6	3.8	5.5	26.9	0.0	26.9
3. Tasas								
recolección	$(f+g)/(d+e)$	%	70.1	70.4	69.6	70.1	0.0	41.6
minimización	$(c+h)/b$	%	3.8	3.6	3.7	3.8	0.0	2.3

Felipe C Puerto

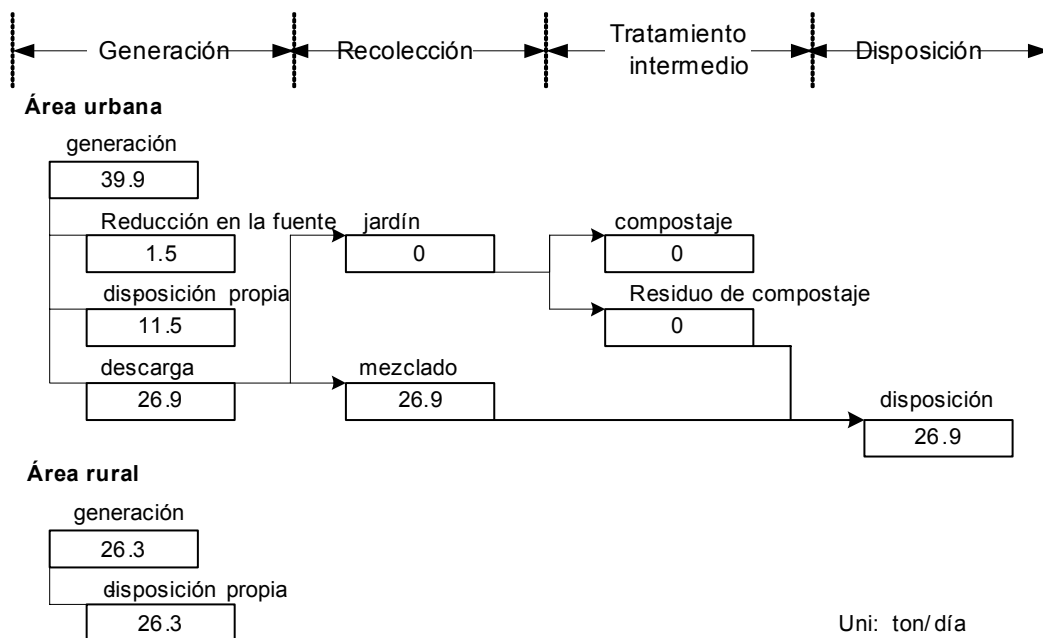


Figura H-24: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2007 (Felipe C. Puerto)

Cuadro H-84: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2007 (Solidaridad)

Aspecto		Unidad	Urbana 9	Urbana 10	Sub-total	Rural	Total
1. Población							
población	a	nos.	226,600	2,369	228,969	16,434	245,403
2. Cantidad de residuos							
1) En la fuente							
generación	b	ton/día	298.1	2.7	300.8	16.7	317.5
Reducción en la fuente	c	ton/día	11.9	0.1	12.0	0.0	12.0
Auto-disposición	d	ton/día	0.0	0.8	0.8	16.7	17.5
Descarga	e	ton/día	286.2	1.8	288.0	0.0	288.0
2) Recolección							
Mezcla de residuos	f	ton/día	280.2	1.8	282.0	0.0	282.0
Residuos de jardín	g	ton/día	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0
3) Intermedio							
Para compostaje	h	ton/día	5.4	0.0	5.4	0.0	5.4
Residuo	i	ton/día	0.6	0.0	0.6	0.0	0.6
4) Disposición							
Disposición	j	ton/día	280.8	1.8	282.6	0.0	282.6
3. Tasas							
recolección	$(f+g)/(d+e)$	%	100.0	69.2	99.7	0.0	94.3
minimización	$(c+h)/b$	%	5.8	3.7	5.8	0.0	5.5

Solidaridad

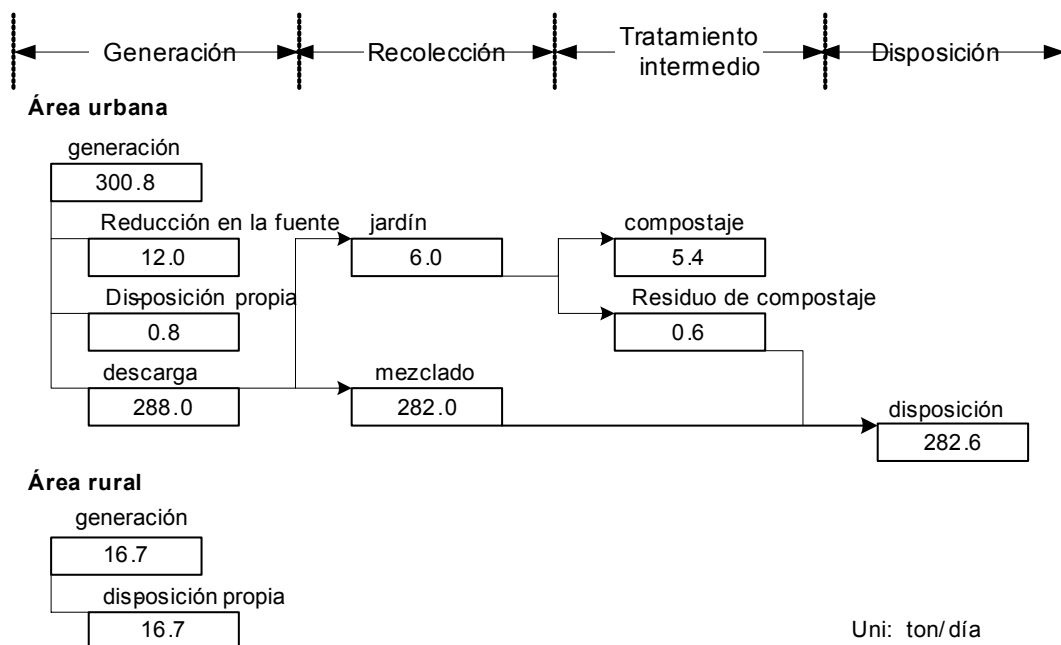


Figura H-25: Flujo de Residuos para el Plan Maestro para el 2007 (Solidaridad)



Cuadro H-85: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011

Aspecto		Unidad	Urbana			Sub-total	Rural	Total
			OPB	FCP	SOL			
1. Población								
población	a	Hab.	300,821	36,909	310,596	648,326	122,544	770,870
2. Cantidad de residuos								
1) En la fuente								
generación	b	ton/día	356.3	42.3	404.0	802.6	115.1	917.7
Auto-disposición	c	ton/día	32.0	3.8	36.4	72.2	0.0	72.2
Disposición en el sitio	d	ton/día	4.1	5.2	0.6	9.9	115.1	125.0
Descarga	e	ton/día	320.2	33.3	367.0	720.5	0.0	720.5
2) Recolección								
Mezcla de residuos	f	ton/día	302.4	33.3	342.9	678.6	0.0	678.6
Residuos de jardín	g	ton/día	17.8	0.0	24.1	41.9	0.0	41.9
3) Intermedio								
Para compostaje	h	ton/día	16.1	0.0	21.7	37.8	0.0	37.8
Residuo	i	ton/día	1.7	0.0	2.4	4.1	0.0	4.1
4) Disposición								
Disposición	j	ton/día	304.1	33.3	345.3	682.7	0.0	682.7
3. Tasas								
recolección	(f+g)/(d+e)	%	98.7	86.5	99.8	98.6	0.0	85.2
minimización	(c+h)/b	%	13.5	9.0	14.4	13.7	0.0	12.0

Toda el Área de Estudio

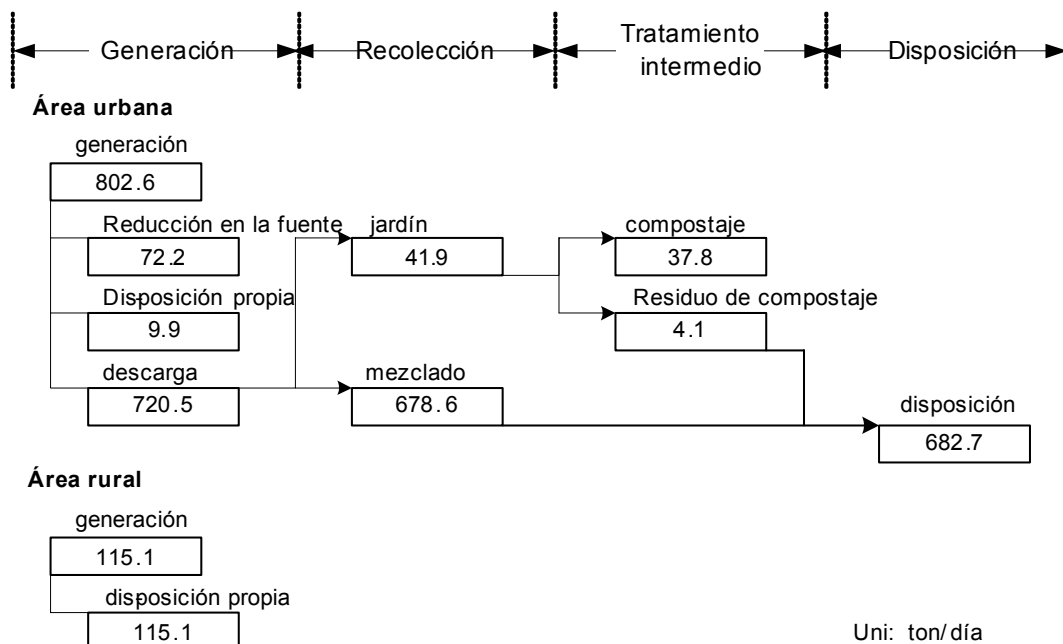


Figura H-26: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011

Cuadro H-86: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011 (Othón P. Blanco)

Aspecto		Unidad	Urbana 1	Urbana 2	Urbana 3	Urbana 4	Urbana 5	Sub-total	Rural	Total
1. Población										
población	a	Hab.	160,984	11,646	4,530	35,362	88,299	300,821	68,856	369,677
2. Cantidad de residuos										
1) En la fuente										
Generación	b	ton/día	189.2	13.7	5.3	41.6	106.5	356.3	68.1	424.4
Reducción en la fuente	c	ton/día	17.0	1.2	0.5	3.7	9.6	32.0	0.0	32.0
Auto-disposición	d	ton/día	0.0	1.2	1.0	1.9	0.0	4.1	68.1	72.2
Descarga	e	ton/día	172.2	11.3	3.8	36.0	96.9	320.2	0.0	320.2
2) Recolección										
Residuos mezclados	f	ton/día	160.8	11.3	3.8	36.0	90.5	302.4	0.0	302.4
Residuos de jardín	g	ton/día	11.4	0.0	0.0	0.0	6.4	17.8	0.0	17.8
3) Intermedio										
Para compostaje	h	ton/día	10.3	0.0	0.0	0.0	5.8	16.1	0.0	16.1
Residuo	i	ton/día	1.1	0.0	0.0	0.0	0.6	1.7	0.0	1.7
4) Disposición										
Disposición	j	ton/día	161.9	11.3	3.8	36.0	91.1	304.1	0.0	304.1
3. Tasas										
recolección	$(f+g)/(d+e)$	%	100.0	90.4	79.2	95.0	100.0	98.7	0.0	81.6
minimización	$(c+h)/b$	%	14.4	8.8	9.4	8.9	14.5	13.5	0.0	11.3

Othón P Blanco

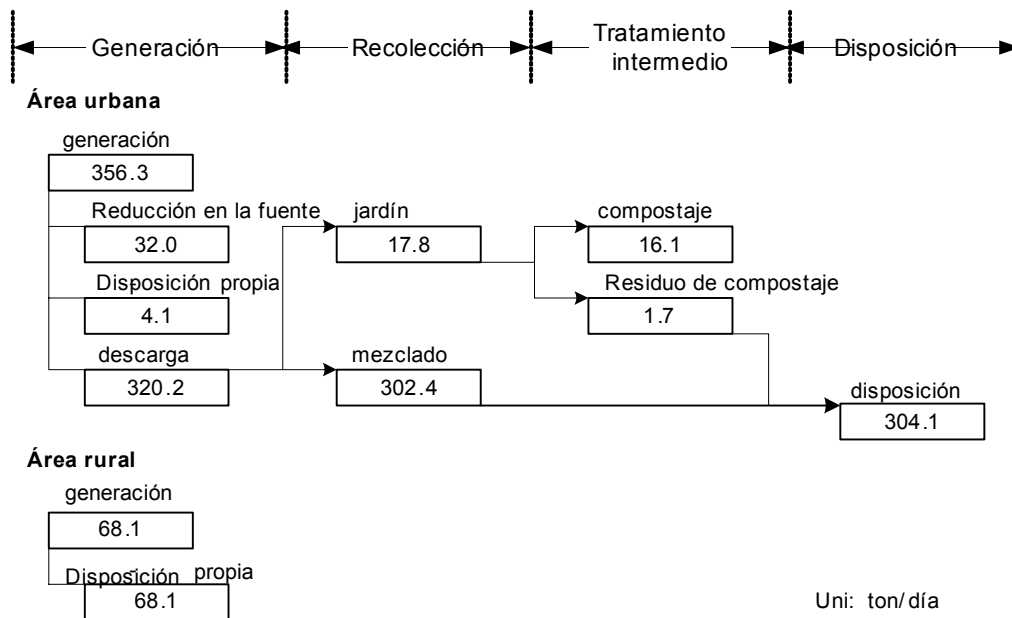


Figura H-27: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011 (Othón P. Blanco)

Cuadro H-87: Flujo de los Residuos del Plan Maestro para 2011 (Felipe C. Puerto)

Aspecto		Unidad	Urbana 6	Urbana 7	Urbana 8	Sub-total	Rural	Total
1. Población								
población	a	Hab.	24,117	5,218	7,574	36,909	34,400	71,309
2. Cantidad de residuos								
1) En la fuente								
generación	b	ton/día	27.6	6.0	8.7	42.3	27.5	69.8
Reducción en la fuente	c	ton/día	2.5	0.5	0.8	3.8	0.0	3.8
Auto-disposición	d	ton/día	2.5	1.1	1.6	5.2	27.5	32.7
descarga	e	ton/día	22.6	4.4	6.3	33.3	0.0	33.3
2) Recolección								
Mezcla de residuos	f	ton/día	22.6	4.4	6.3	33.3	0.0	33.3
Residuos de jardín	g	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3) Intermedio								
Para compostaje	h	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
residuo	i	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4) Disposición								
Disposición	j	ton/día	22.6	4.4	6.3	33.3	0.0	33.3
3. Tasas								
recolección	$(f+g)/(d+e)$	%	90.0	80.0	79.7	86.5	0.0	50.5
minimización	$(c+h)/b$	%	9.1	8.3	9.2	9.0	0.0	5.4

Felipe C Puerto

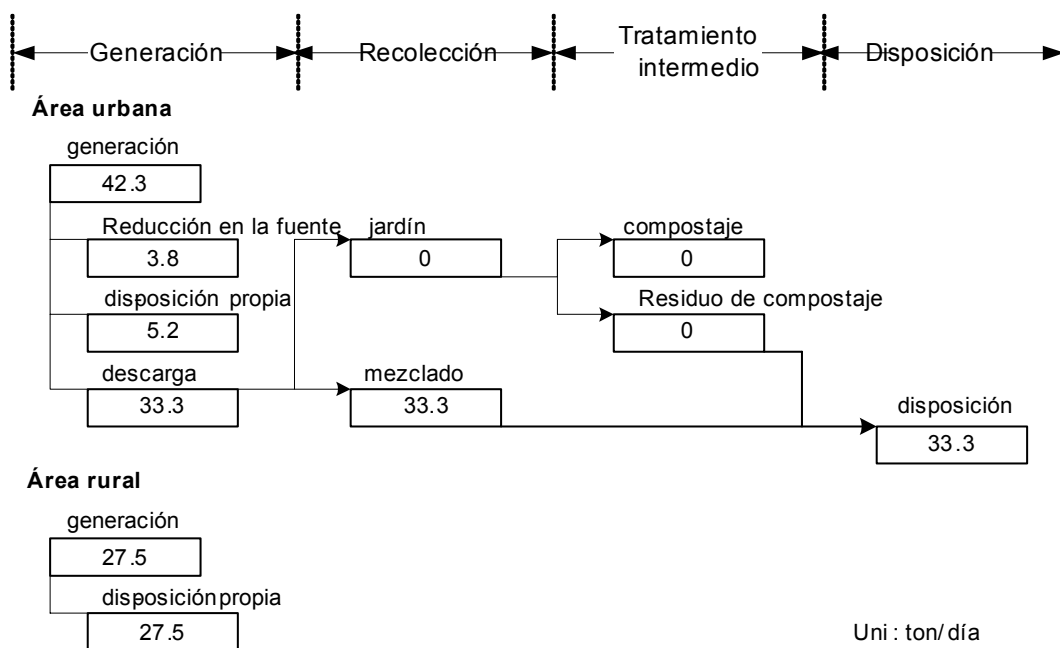


Figura H-28: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011 (Felipe C. Puerto)

Cuadro H-88: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011 (Solidaridad)

Aspecto		Unidad	Urbana 9	Urbana 10	Sub-total	Rural	Total
1. Población							
población	a	Hab.	307,932	2,664	310,596	19,288	329,884
2. Cantidad de residuos							
1) En la fuente							
generación	b	ton/día	400.9	3.1	404.0	19.5	423.5
Reducción en la fuente	c	ton/día	36.1	0.3	36.4	0.0	36.4
Auto-disposición	d	ton/día	0.0	0.6	0.6	19.5	20.1
Descarga	e	ton/día	364.8	2.2	367.0	0.0	367.0
2) Recolección							
Residuo mezclado	f	ton/día	340.7	2.2	342.9	0.0	342.9
Residuo de jardín	g	ton/día	24.1	0.0	24.1	0.0	24.1
3) Intermedio							
Para compostaje	h	ton/día	21.7	0.0	21.7	0.0	21.7
Residuo	i	ton/día	2.4	0.0	2.4	0.0	2.4
4) Disposición							
disposición	j	ton/día	343.1	2.2	345.3	0.0	345.3
3. Tasas							
recolección	(f+g)/(d+e)	%	100.0	78.6	99.8	0.0	94.8
minimización	(c+h)/b	%	14.4	9.7	14.4	0.0	13.7

Solidaridad

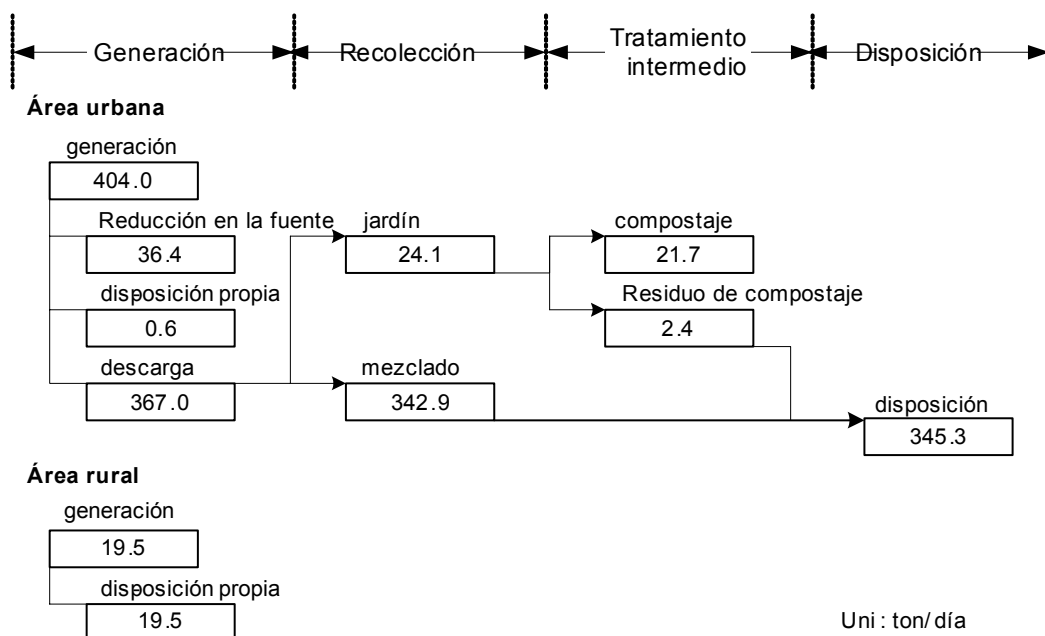


Figura H-29: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2011 (Solidaridad)

Cuadro H-89: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015

Aspecto		Unidad	Urbana			Sub-total	Rural	Total
			OPB	FCP	SOL			
1. Población								
población	a	Hab.	341,449	38,273	382,664	762,386	130,408	892,794
2. Cantidad de residuos								
1) En la fuente								
generación	b	ton/día	406.1	44.0	495.6	945.7	122.9	1,068.6
Reducción en la fuente	c	ton/día	61.0	6.6	74.3	141.9	0.0	141.9
Auto-disposición	d	ton/día	4.4	5.0	0.6	10.0	122.9	132.9
Descarga	e	ton/día	340.7	32.4	420.7	793.8	0.0	793.8
2) Recolección								
Residuo mezclado	f	ton/día	307.2	32.4	371.5	711.1	0.0	711.1
Residuo de jardín	g	ton/día	33.5	0.0	49.2	82.7	0.0	82.7
3) Intermedio								
Para compostaje	h	ton/día	30.2	0.0	44.3	74.5	0.0	74.5
residuo	i	ton/día	3.3	0.0	4.9	8.2	0.0	8.2
4) Disposición								
disposición	j	ton/día	310.5	32.4	376.4	719.3	0.0	719.3
3. Tasas								
recolección	$(f+g)/(d+e)$	%	98.7	86.6	99.9	98.8	0.0	85.7
minimización	$(c+h)/b$	%	22.5	15.0	23.9	22.9	0.0	20.3

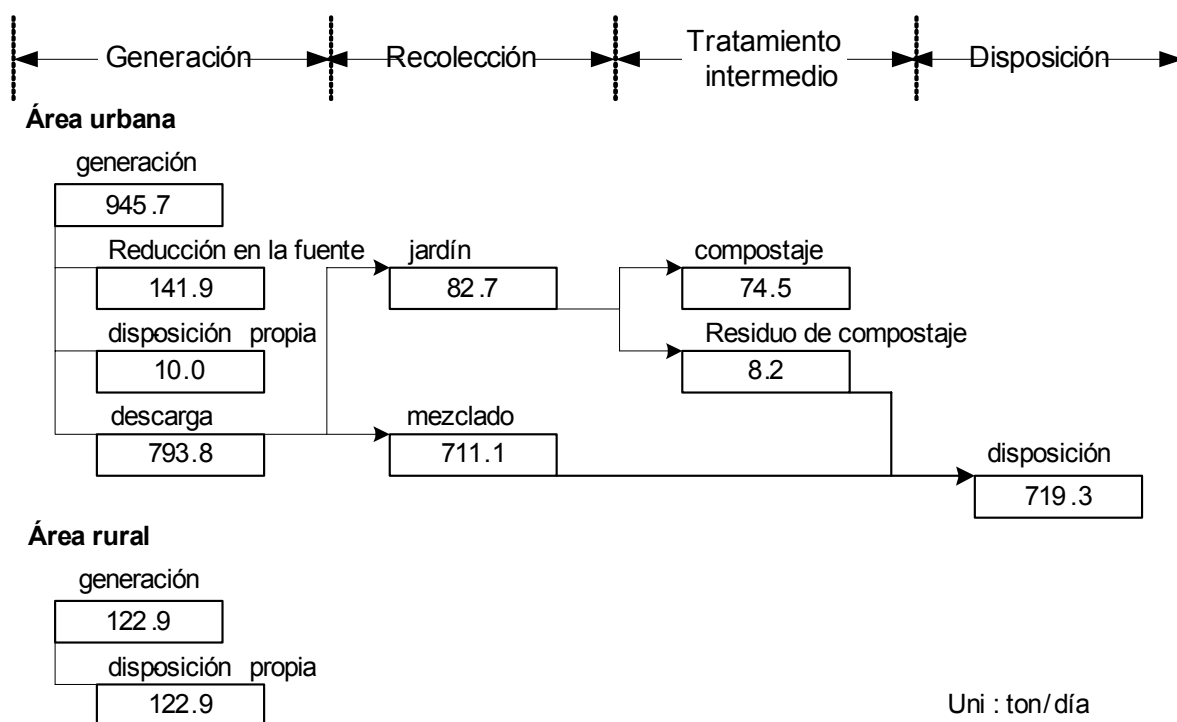


Figura H-30: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015

Cuadro H-90: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Othón P Blanco)

Aspecto		Unidad	Urbano 1	Urbano 2	Urbano 3	Urbano 4	Urbano 5	Sub-tot	Rural	Total
1. Población										
población	a	Hab.	172,488	12,474	4,854	43,418	108,215	341,449	73,740	415,189
2. Cantidad de residuos										
1) En la fuente										
generación	b	ton/día	203.8	14.7	5.7	51.3	130.6	406.1	73.0	479.1
Reducción en la fuente	c	ton/día	30.6	2.2	0.9	7.7	19.6	61.0	0.0	61.0
Auto disposición	d	ton/día	0.0	1.2	1.0	2.2	0.0	4.4	73.0	77.4
Descarga	e	ton/día	173.2	11.3	3.8	41.4	111.0	340.7	0.0	340.7
2) Recolección										
Residuos mezclados	f	ton/día	152.8	11.3	3.8	41.4	97.9	307.2	0.0	307.2
Residuos de jardín	g	ton/día	20.4	0.0	0.0	0.0	13.1	33.5	0.0	33.5
3) Intermedio										
Para compostaje	h	ton/día	18.4	0.0	0.0	0.0	11.8	30.2	0.0	30.2
Residuo	i	ton/día	2.0	0.0	0.0	0.0	1.3	3.3	0.0	3.3
4) Disposición										
Disposición	j	ton/día	154.8	11.3	3.8	41.4	99.2	310.5	0.0	310.5
3. Tasas										
recolección	(f+g)/(d+e)	%	100.0	90.4	79.2	95.0	100.0	98.7	0.0	81.5
minimización	(c+h)/b	%	24.0	15.0	15.8	15.0	24.0	22.5	0.0	19.0

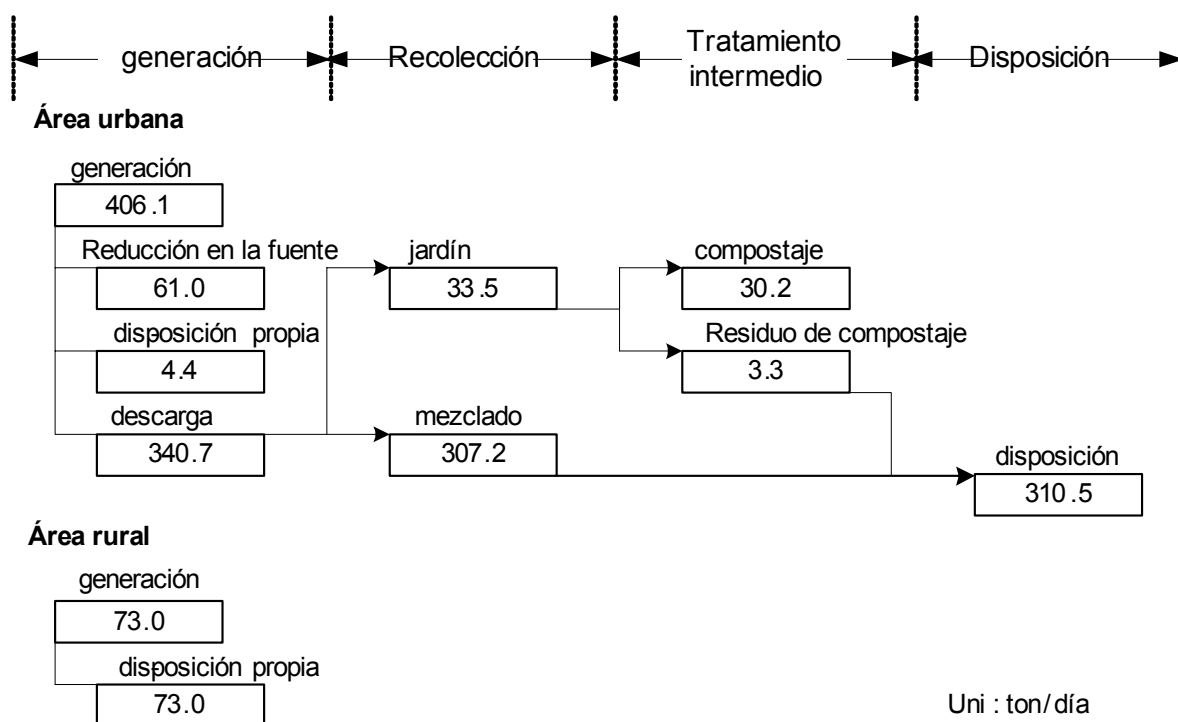


Figura H-31: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Othón P. Blanco)

Cuadro H-91: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Felipe C. Puerto)

Aspecto		Unidad	Urbano 6	Urbano 7	Urbano 8	Sub-total	Rural	Total
1. Población								
población	a	Hab.	25,009	5,410	7,854	38,273	35,628	73,901
2. Cantidad de residuos								
1) En la fuente								
generación	b	ton/día	28.8	6.2	9.0	44.0	28.7	72.7
Reducción en la fuente	c	ton/día	4.3	0.9	1.4	6.6	0.0	6.6
	d	ton/día	2.4	1.1	1.5	5.0	28.7	33.7
descarga	e	ton/día	22.1	4.2	6.1	32.4	0.0	32.4
2) Recolección								
Residuos mezclados	f	ton/día	22.1	4.2	6.1	32.4	0.0	32.4
Residuos de Jardín	g	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3) Intermedio								
Para composteo	h	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Residuo	i	ton/día	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4) Disposición								
Disposición	j	ton/día	22.1	4.2	6.1	32.4	0.0	32.4
3. Tasas								
recolección	$(f+g)/(d+e)$	%	90.2	79.2	80.3	86.6	0.0	49.1
minimización	$(c+h)/b$	%	14.9	14.5	15.6	15.0	0.0	9.1

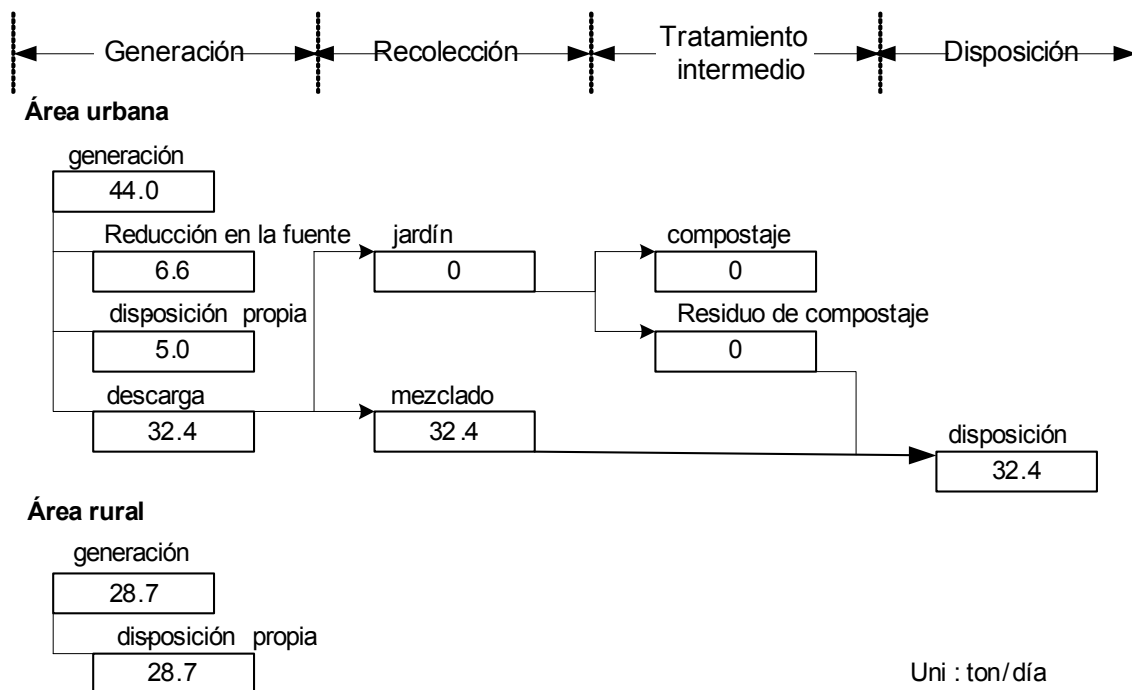


Figura H-32: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Felipe C. Puerto)

Cuadro H-92: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Solidaridad)

Aspecto		Unidad	Urbano 9	Urbano 10	Sub-total	Rural	Total
1. Población							
población	a	Hab.	379,664	3,000	382,664	21,040	403,704
2. Cantidad de residuos							
1) En la fuente							
generación	b	ton/día	492.1	3.5	495.6	21.2	516.8
Reducción en la fuente	c	ton/día	73.8	0.5	74.3	0.0	74.3
	d	ton/día	0.0	0.6	0.6	21.2	21.8
descarga	e	ton/día	418.3	2.4	420.7	0.0	420.7
2) Recolección							
Residuos mezclados	f	ton/día	369.1	2.4	371.5	0.0	371.5
Residuos de Jardín	g	ton/día	49.2	0.0	49.2	0.0	49.2
3) Intermedio							
Para composteo	h	ton/día	44.3	0.0	44.3	0.0	44.3
Residuo	i	ton/día	4.9	0.0	4.9	0.0	4.9
4) Disposición							
Disposición	j	ton/día	374.0	2.4	376.4	0.0	376.4
3. Tasas							
recolección	(f+g)/(d+e)	%	100.0	80.0	99.9	0.0	95.1
minimización	(c+h)/b	%	24.0	14.3	23.9	0.0	22.9

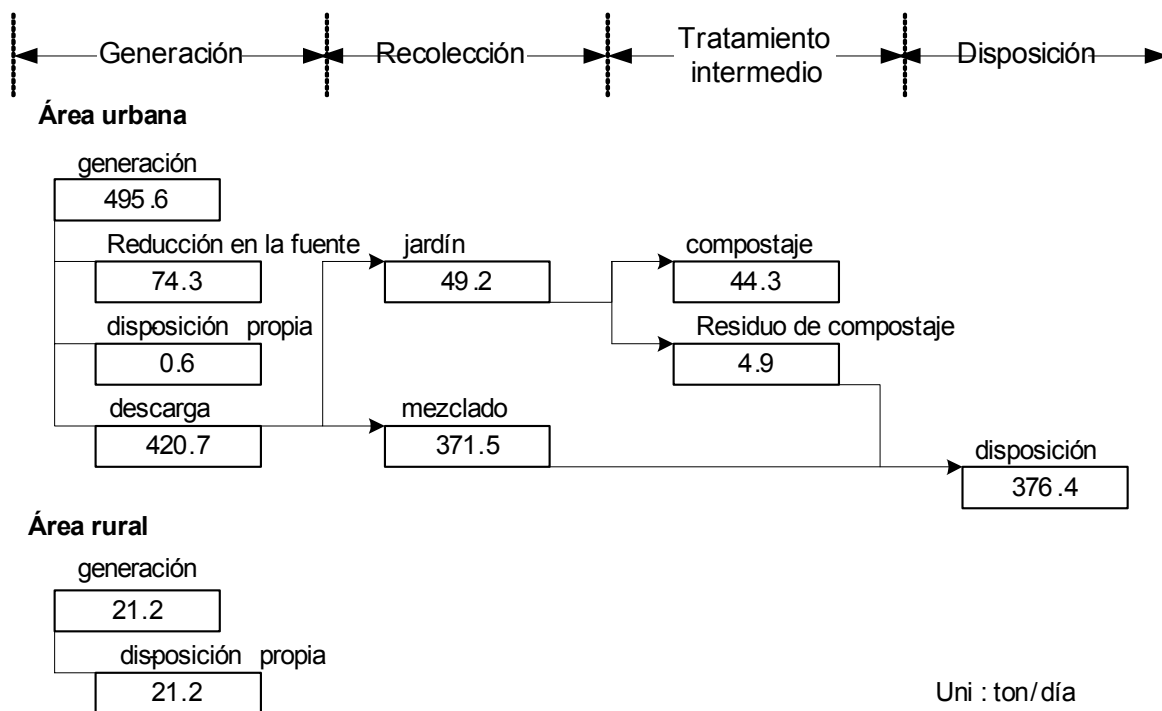


Figura H-33: Flujo de los Residuos para el Plan Maestro para el 2015 (Solidaridad)



### H.3.5 Estimación de Costos

#### a. Condiciones Básicas

Esta sección presenta las condiciones básicas para la estimación de costos del Plan Maestro de MRS.

El precio y los porcentajes de conversión se basan en Noviembre de 2003.

#### Porcentajes de Conversión

US\$ 1.00 = 11.00 pesos mexicanos = JP¥110

#### Vida de Servicio

Recipiente de compostaje de traspatio : 5 años

Equipo : 7 años

#### Costos de Unidad

El siguiente Cuadro muestra los costos de unidad para la estimación de costos

Cuadro H-93: Costos de Unidad

Descripción	Unidad	Precio (peso)	Precio (USD)
<b>Personal</b>			
Administrador	persona/año	200,000.00	-
Ingeniero	persona/año	150,000.00	-
Supervisor	persona/año	120,000.00	-
Mecánico	persona/año	100,000.00	-
Asistente de mecánico	persona/año	70,000.00	-
Chofer	persona/año	70,000.00	-
trabajador por jornada	persona/año	60,000.00	-
Secretaria	persona/año	70,000.00	-
Barrendero de calles	persona/año	30,000.00	-
<b>Terraplén</b>			
Excavación de máquina, 200 m transporte y acumulación	m3	50.00	-
Excavación de máquina, 500 m transporte y acumulación	m3	50.00	-
Excavación de máquina, 1,000 m transporte y acumulación	m3	50.00	-
Construcción de dique, relleno de máquina y compactación	m3	100.00	-
Forro sintético (HDPE)	m2	100.00	-
Forro de barro (60 cm.)	m2	40.00	-
Instalación del forro	m2	20.00	-
<b>Drenaje</b>			
100 mm PVC-tubo de drenaje (terraplén no está incluido) suministrado, transportado, instalado (s/t/i)	LM	100.00	-
200 mm PVC- tubo de drenaje (terraplén no está incluido) s/t/i	LM	150.00	-
300 mm PVC- tubo de drenaje (terraplén no está incluido) s/t/i	LM	200.00	-
300 mm tubo de concreto (terraplén no está incluido) s/t/i	LM	250.00	-
400 mm tubo de concreto (terraplén no está incluido) s/t/i	LM	300.00	-
500 mm tubo de concreto (terraplén no está incluido) s/t/i	LM	350.00	-
<b>Construcción</b>			
concreto premezclado 180 kg/cm <sup>2</sup> (2,500 lb./in <sup>2</sup> ) s/t/i	m3	1,100.00	-
concreto premezclado 210 kg/cm <sup>2</sup> (3,000 lb./in <sup>2</sup> ) s/t/i	m3	1,200.00	-
concreto premezclado 280 kg/cm <sup>2</sup> (4,000 lb./in <sup>2</sup> ) s/t/i	m3	1,500.00	-
Edificio de oficina, R/C incluyendo todos los trabajos	m2	4,000.00	-
Taller, estructura metálica	m2	2,000.00	-

Descripción	Unidad	Precio (peso)	Precio (USD)
Techo (cubierta de teja)	m2	300.00	-
Pared ( bloque)	m2	200.00	-
Trabajo en la carretera			
pavimento de carretera de concreto (suministrado, transportado, instalado) (t=0.15m)	m2	220.00	-
Pavimento de asfalto caliente mezclado (suministrado, transportado, instalado-s/t/i) (t=0.1m)	m2	85.00	-
carretera de grava (t=0.3 m) y preparación de desnivel (s/t/i)	m2	55.00	-
Diversos			
Báscula camionera, 60 ton, con sistema computarizado de registro de información	juego	-	70,000.00
plantar árboles de 2 a 5 m de alto (s/t/i)	árbol	600.00	-
cerco (H=2.5 m) (s/t/i)	m	150.00	-
gavión, 1 m x 1 m x 2 m (s/t/i)	m3	150.00	-
tubería de eliminación de gas, 200 mm HDPE (PAD) perforado (s/t/i)	m	130.00	-
Materiales básicos			
Diesel	galón	4.90	-
gasolina	galón	5.70	-
Roca triturada	m3	145.00	-
arena	m3	145.00	-
Barra reforzada	ton	7,500.00	-
Equipo (Nuevo)			
Camión compactador de 20 yd3 o 15.29 m3	unidad	-	85,000.00
Camión compactador de 16 yd3 o 12 m3	unidad	-	80,000.00
Camión compactador de 8 yd3 o 8 m3	unidad	-	70,000.00
Camión de volteo (6 ton)	unidad	-	55,000.00
Camión de volteo (10 ton)	unidad	-	75,000.00
Tractor-trailer 20t (inc. 85 yd3 trailer)	unidad	-	120,000.00
Tractor (pago de carga 20t)	unidad	-	75,000.00
85 yd3trailer (hoja hidráulica de evacuación)	unidad	-	45,000.00
Grúa (para contenedor 30 yd3)	unidad	-	65,000.00
Contenedor 30 yd3 para grúa	unidad	-	32,000.00
Camión con tanque de agua (15,000 litros)	unidad	-	75,000.00
Camión con tanque de agua (10,000 litros)	unidad	-	65,000.00
Barredor de calles	unidad	-	80,000.00
Cargador de rueda (100 Kw.)	unidad	-	172,000.00
Cargador de rueda (70 Kw.)	unidad	-	90,000.00
Buldózer (CAT D6 clase)	unidad	-	235,000.00
Buldózer (CAT D7 clase)	unidad	-	312,000.00
Compactador de relleno (CAT 826)	unidad	-	235,000.00
Elevación de horquilla (40 Kw.)	unidad	-	25,000.00
Excavador (100 Kw.)	unidad	-	190,000.00
Excavador (75 Kw.)	unidad	-	150,000.00
Contenedor (4.5 m3)	unidad	-	700.00
Carrito de mano	unidad	480.00	-

**b. Reducción en la Fuente**

Se asume que los municipios subsidiarían 50% del precio del contenedor cuando los ciudadanos lo compren. El siguiente Cuadro indica la cantidad de subsidios requeridos para la reducción en la fuente

**Cuadro H-94: Costo de la Reducción en la Fuente por Municipio**

Área de estudio (Total)	Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Reducción en la fuente	ton/año	0	3,981	6,389	9,128	14,785	18,434	22,451	26,356	36,723	41,429	46,466	51,796	277,938
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	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	257,432
Costo (subsidio)	1000pesos/año	0	1,193	749	852	1,716	1,121	2,421	3,156	4,768	4,017	4,366	3,957	28,316
Costo de unidad	pesos/ton de reducción	-	300	117	93	116	61	108	120	130	97	94	76	102
<b>OPB</b>														
Reducción en la fuente	ton/año	0	1,826	2,921	4,199	6,717	8,323	10,076	11,681	16,172	18,032	20,075	22,266	122,288
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	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	117,815
Costo (subsidio)	1000pesos/año	0	576	356	402	805	516	1,138	1,460	2,177	1,819	1,962	1,748	12,959
Costo de unidad	pesos/ton de reducción	-	315	122	96	120	62	113	125	135	101	98	79	106
<b>FCP</b>														
Reducción en la fuente	ton/año	0	293	438	548	877	1,059	1,242	1,388	1,863	2,081	2,264	2,410	14,463
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	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	14,079
Costo (subsidio)	1000pesos/año	0	94	49	50	101	54	150	199	259	210	214	169	1,549
Costo de unidad	pesos/ton de reducción	-	321	112	91	115	51	121	143	139	101	95	70	107
<b>SOL</b>														
Reducción en la fuente	ton/año	0	1,862	3,030	4,381	7,191	9,052	11,133	13,287	18,688	21,316	24,127	27,120	141,187
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	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	125,538
Costo (subsidio)	1000pesos/año	0	523	344	400	810	551	1,133	1,497	2,332	1,988	2,190	2,040	13,808
Costo de unidad	pesos/ton de reducción	-	281	114	91	113	61	102	113	125	93	91	75	98

Cuadro H-95: Cost of Resource Reduction by Urban Group

<b>Urbano 1 (OPB)</b>		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Reducción en la fuente	año	0	1,241	1,898	2,592	3,942	4,672	5,439	6,205	8,432	9,308	10,220	11,169	
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	0	3,615	5,531	7,520	11,498	13,668	15,910	18,225	24,734	27,265	29,869	32,545	
Compra de contenedor	cantidad	0	3,615	1,916	1,989	3,978	2,170	5,857	7,846	10,414	8,498	8,752	7,088	62,123
Costo (subsidio)	1000pesos/año	0	398	211	219	438	239	644	863	1,146	935	963	780	6,836
<b>Urbano 2 (OPB)</b>		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Reducción en la fuente	año	0	73	146	183	292	329	402	438	621	657	730	803	
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	0	262	400	544	832	989	1,151	1,318	1,789	1,972	2,160	2,354	
Compra de contenedor	cantidad	0	262	138	144	288	157	424	567	753	615	633	513	4,494
Costo (subsidio)	1000pesos/año	0	29	15	16	32	17	47	62	83	68	70	56	495
<b>Urbano 3 (OPB)</b>		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Reducción en la fuente	año	0	37	37	73	110	146	146	183	256	256	292	329	
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	0	102	156	212	324	385	448	513	696	767	841	916	
Compra de contenedor	cantidad	0	102	54	56	112	61	165	221	293	239	247	199	1,749
Costo (subsidio)	1000pesos/año	0	11	6	6	12	7	18	24	32	26	27	22	191
<b>Urbano 4 (OPB)</b>		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Reducción en la fuente	año	0	219	329	475	767	949	1,132	1,351	1,935	2,190	2,482	2,811	
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	0	586	954	1,374	2,213	2,759	3,356	4,003	5,642	6,441	7,291	8,192	
Compra de contenedor	cantidad	0	586	368	420	839	546	1,183	1,601	2,427	2,058	2,235	2,044	14,307
Costo (subsidio)	1000pesos/año	0	64	40	46	92	60	130	176	267	226	246	225	1,572
<b>Urbano 5 (OPB)</b>		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Reducción en la fuente	año	0	256	511	876	1,606	2,227	2,957	3,504	4,928	5,621	6,351	7,154	
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	0	673	1,437	2,485	4,581	6,340	8,384	9,996	14,080	16,067	18,180	20,418	
Compra de contenedor	cantidad	0	673	764	1,048	2,096	1,759	2,717	3,049	5,896	5,131	5,968	6,041	35,142
Costo (subsidio)	1000pesos/año	0	74	84	115	231	193	299	335	649	564	656	665	3,865

JICA  
KOKUSAI KOGYO CO., LTD.

Estudio de Manejo de Saneamiento Ambiental  
en la Costa del Estado de Quintana Roo en los Estados Unidos Mexicanos

<b>Urbano 6 (FCP)</b>		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Reducción en la fuente	ton/año	0	183	292	365	584	694	803	913	1,205	1,351	1,460	1,570	
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	0	563	856	1,156	1,757	2,077	2,404	2,730	3,674	4,017	4,365	4,719	
Compra de contenedor	cantidad	0	563	293	300	601	320	890	1,182	1,537	1,244	1,269	1,001	9,200
Costo (subsido)	1000pesos/año	0	62	32	33	66	35	98	130	169	137	140	110	1,012

<b>Urbano 7 (FCP)</b>		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Reducción en la fuente	ton/año	0	37	73	73	110	146	183	183	256	292	329	329	
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	0	122	185	250	380	449	520	591	795	869	944	1,021	
Compra de contenedor	cantidad	0	122	63	65	130	69	193	256	332	269	274	217	1,990
Costo (subsido)	1000pesos/año	0	13	7	7	14	8	21	28	37	30	30	24	219

<b>Urbano 8 (FCP)</b>		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Reducción en la fuente	ton/año	0	73	73	110	183	219	256	292	402	438	475	511	
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	0	177	269	363	552	652	755	857	1,154	1,261	1,371	1,482	
Compra de contenedor	cantidad	0	177	92	94	189	100	280	371	483	390	399	314	2,889
Costo (subsido)	1000pesos/año	0	19	10	10	21	11	31	41	53	43	44	35	318
<b>Urbano 9 (SOL)</b>		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Reducción en la fuente	ton/año	0	1,825	2,993	4,344	7,118	8,979	11,060	13,177	18,542	21,170	23,944	26,937	
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	0	4,704	7,804	11,401	18,697	23,674	29,182	34,860	49,187	56,219	63,701	71,635	
Compra de contenedor	cantidad	0	4,704	3,100	3,597	7,296	4,977	10,212	13,482	21,024	17,925	19,755	18,419	124,491
Costo (subsido)	1000pesos/año	0	517	341	396	803	547	1,123	1,483	2,313	1,972	2,173	2,026	13,694

<b>Urbano 10 (FCP)</b>		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Reducción en la fuente	ton/año	0	37	37	37	73	73	73	110	146	146	183	183	
Participante	% del total de viviendas	0%	11%	16%	21%	32%	37%	43%	48%	64%	69%	75%	80%	
Participante	Cantidad de viviendas	0	56	87	119	184	221	260	302	415	463	514	566	
Compra de contenedor	cantidad	0	56	31	32	65	37	95	129	176	145	153	128	1,047
Costo (subsido)	1000pesos/año	0	6	3	4	7	4	10	14	19	16	17	14	114

**c. Recolección y Transporte**

Los costos requeridos para la recolección y transporte se indican en los siguientes cuadros.

**Cuadro H-96: Costo de Recolección y Transporte (Toda el Área de Estudio)**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	341.2	427.9	494.6	576	606.4	649.4	688.7	720.5	727.7	750.2	772.4	793.8	
Cantidad de recolección	1000ton/año	125	156	178	209	220	237	251	262	265	274	282	290	2,749
Cantidad requerida de vehículos														
Compactor	Cantidad	47	64	70	81	86	89	93	97	96	97	98	100	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	3	4	4	6	7	10	11	12	14	16	
Compra de vehículo														
Compactor	Cantidad	10	21	10	15	10	8	8	14	20	11	16	12	155
Camión de volteo	Cantidad	0	0	3	1	0	2	1	3	1	4	3	2	20
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año													
O&M	1000pesos/año	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
Total	1000pesos/año	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
		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

Cuadro H-97: Costo de Recolección y Transporte (Othón P Blanco)

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	152.1	189.2	220	261.1	272.8	291.5	309.1	320.2	320.3	327.3	334.3	340.7	
Cantidad de recolección	1000ton/año	56	69	79	95	99	107	113	116	116	119	122	124	1215
Cantidad requerida de vehículos														
Compactor	Cantidad	21	29	31	37	40	40	42	43	43	43	43	44	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	2	2	2	3	3	5	5	5	6	7	
Compra de vehículo														
Compactor	Cantidad	3	11	6	10	8	5	6	4	11	6	10	9	89
Camión de volteo	Cantidad	0	0	2	0	0	1	0	2	0	2	1	1	9
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	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	1000pesos/año	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
Total	1000pesos/año	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

Cuadro H-98: Costo de Recolección y Transporte (Felipe C Puerto)

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	12.5	18.7	21.5	26.9	26.7	29.3	29.4	33.3	32.5	32.5	32.5	32.4	
Cantidad de recolección	1000ton/año	5	7	7	9	9	10	10	12	12	12	12	12	117
Cantidad requerida de vehículos														
Compactor	Cantidad	2	4	4	5	5	5	5	6	5	5	5	5	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Compra de vehículo														
Compactor	Cantidad	1	3	0	1	0	0	0	2	2	0	1	0	10
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	1,122	3,366	0	1,122	0	0	0	2,233	2,244	0	1,122	0	11,209
O&M	1000pesos/año	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
Total	1000pesos/año	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

Cuadro H-99: Costo de Recolección y Transporte (Solidaridad)

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	176.6	220	253.1	288	306.9	328.6	350.2	367	374.9	390.4	405.6	420.7	
Cantidad de recolección	1000ton/año	64	80	92	105	112	120	128	134	137	143	148	154	1,417
Cantidad requerida de vehículos														
Compactador	Cantidad	24	31	35	39	41	44	46	48	48	49	50	51	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	
Compra de vehículo														
Compactador	Cantidad	6	7	4	4	2	3	2	8	7	5	5	3	56
Camión de volteo	Cantidad	0	0	1	1	0	1	1	1	1	2	2	1	11
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	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	1000pesos/año	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
Total	1000pesos/año	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

Cuadro H-100: Costo de Recolección y Transporte por Grupo Urbano

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	152.1	159.3	160	169.2	168.6	169.7	170.8	172.2	169.7	170.9	172.2	173.2	
Cantidad de recolección	1000ton/año	56	58	58	62	62	62	62	63	62	62	63	63	
Cantidad requerida de vehículos														
Compactador	Cantidad	21	22	22	23	23	22	22	22	22	21	21	21	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	
Compra de vehículo														
Compactador	Cantidad	3	4	4	5	5	4	4	3	4	3	5	5	49
Camión de volteo	Cantidad	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	5
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	3,355	4,477	5,236	5,588	5,588	5,236	4,477	4,125	4,477	4,125	6,358	5,588	58,630
O&M	1000pesos/año	10,197	10,681	11,121	11,605	11,605	11,550	11,550	11,990	11,990	11,506	11,935	11,935	137,665
Total	1000pesos/año	13,552	15,158	16,357	17,193	17,193	16,786	16,027	16,115	16,467	15,631	18,293	17,523	196,295



**Urbano 2 (OPB)**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0	3.7	6.1	8.5	8.5	9.8	9.9	11.3	11.1	11.2	11.2	11.3	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	
Cantidad requerida de vehículos														
Compactador	Cantidad	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Compra de vehículo														
Compactador	Cantidad	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	4
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	1,122	0	1,122	0	0	0	0	1,122	0	1,122	0	4,488
O&M	1000pesos/año	0	484	484	968	968	968	968	968	968	968	968	968	9,680
Total	1000pesos/año	0	1,606	484	2,090	968	968	968	968	2,090	968	2,090	968	14,168

**Urbano 3 (OPB)**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0	1.4	2.4	3.4	3.3	3.4	3.4	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Cantidad requerida de vehículos														
Compactador	Cantidad	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Compra de vehículo														
Compactador	Cantidad	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	1,122	0	0	0	0	0	0	1,122	0	0	0	2,244
O&M	1000pesos/año	0	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	5,324
Total	1000pesos/año	0	1,606	484	484	484	484	484	484	1,606	484	484	484	7,568

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0	8.1	14.6	21.6	22.7	27.4	32.4	36	36.8	38.4	40	41.4	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0	3	5	8	8	10	12	13	13	14	15	15	
Cantidad requerida de vehículos														
Compactador	Cantidad	0	2	2	3	4	4	5	5	5	6	6	6	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Compra de vehículo														
Compactador	Cantidad	0	2	0	1	1	0	1	0	2	1	1	1	10
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	2,233	0	1,122	1,122	0	1,122	0	2,233	1,122	1,122	1,122	11,198
O&M	1000pesos/año	0	968	988	1,452	1,947	1,947	2,431	2,431	2,431	2,915	2,915	2,915	23,320
Total	1000pesos/año	0	3,201	988	2,574	3,069	1,947	3,553	2,431	4,664	4,037	4,037	4,037	34,518

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0	16.7	36.9	58.4	69.7	81.2	92.6	96.9	98.9	103	107.1	111	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0	6	13	21	25	30	34	35	36	38	39	41	
Cantidad requerida de vehículos														
Compactador	Cantidad	0	3	5	8	10	11	12	13	13	13	13	14	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	
Compra de vehículo														
Compactador	Cantidad	0	3	2	3	2	1	1	1	3	2	3	3	24
Camión de volteo	Cantidad	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	4
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	3,355	3,003	3,355	2,233	1,122	1,122	1,892	3,355	3,003	3,355	4,125	29,920
O&M	1000pesos/año	0	1,452	2,860	4,323	5,291	5,775	6,259	7,183	7,183	7,183	7,183	8,107	62,799
Total	1000pesos/año	0	4,807	5,863	7,678	7,524	6,897	7,381	9,075	10,538	10,186	10,538	12,232	92,719

**Urbano 6 (FCP)**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	12.5	14.8	14.9	17.6	17.4	20	20.1	22.6	22.1	22.1	22.1	22.1	
Cantidad de recolección	1000ton/año	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	
Cantidad requerida de vehículos														
Compactador	Cantidad	2	2	2	3	3	3	3	4	3	3	3	3	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Compra de vehículo														
Compactador	Cantidad	1	1	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	6
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	1,122	1,122	0	1,122	0	0	0	2,233	0	0	1,122	0	6,721
O&M	1000pesos/año	968	968	988	1,452	1,452	1,452	1,452	1,947	1,452	1,452	1,452	1,452	16,467
Total	1000pesos/año	2,090	2,090	988	2,574	1,452	1,452	1,452	4,180	1,452	1,452	2,574	1,452	23,188

**Urbano 7 (FCP)**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0	1.6	2.7	3.8	3.8	3.8	3.8	4.4	4.2	4.2	4.2	4.2	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	
Cantidad requerida de vehículos														
Compactador	Cantidad	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Compra de vehículo														
Compactador	Cantidad	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	1,122	0	0	0	0	0	0	1,122	0	0	0	2,244
O&M	1000pesos/año	0	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	5,324
Total	1000pesos/año	0	1,606	484	484	484	484	484	484	1,606	484	484	484	7,568

**Urbano 8 (FCP)**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0	2.3	3.9	5.5	5.5	5.5	5.5	6.3	6.2	6.2	6.2	6.1	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Cantidad requerida de vehículos														
Compactador	Cantidad	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Compra de vehículo														
Compactador	Cantidad	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	1,122	0	0	0	0	0	0	1,122	0	0	0	2,244
O&M	1000pesos/año	0	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	5,324
Total	1000pesos/año	0	1,606	484	484	484	484	484	484	1,606	484	484	484	7,568

**Urbano 9 (SOL)**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	176.6	219.2	251.8	286.2	305.1	326.7	348.2	364.8	372.7	388.1	403.3	418.3	
Cantidad de recolección	1000ton/año	64	80	92	104	111	119	127	133	136	142	147	153	
Cantidad requerida de vehículos														
Compactador	Cantidad	24	30	34	38	40	43	45	47	47	48	49	50	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	
Compra de vehículo														
Compactador	Cantidad	6	6	4	4	2	3	2	8	6	5	5	3	54
Camión de volteo	Cantidad	0	0	1	1	0	1	1	1	1	2	2	1	11
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	6,710	6,710	5,236	5,236	2,233	4,125	3,003	9,713	7,480	7,128	7,128	4,125	68,827
O&M	1000pesos/año	11,649	14,564	16,951	19,327	20,295	22,187	23,595	25,003	25,432	26,356	27,280	28,204	260,843
Total	1000pesos/año	18,359	21,274	22,187	24,563	22,528	26,312	26,598	34,716	32,912	33,484	34,408	32,329	329,670

**Urbano 10 (SOL)**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0	0.8	1.3	1.8	1.8	1.9	2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Cantidad requerida de vehículos														
Compactador	Cantidad	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Compra de vehículo														
Compactador	Cantidad	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Camión de volteo	Cantidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	1,122	0	0	0	0	0	0	1,122	0	0	0	2,244
O&M	1000pesos/año	0	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	484	5,324
Total	1000pesos/año	0	1,606	484	484	484	484	484	484	1,606	484	484	484	7,568

**d. Tratamiento Intermedio (compostaje)**

Los costos requeridos para el tratamiento intermedio (compostaje) se indican en los siguientes cuadros.

**Cuadro H-101: Costo del Tratamiento Intermedio (Compostaje), Toda el Área de Estudio**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0	0	4.9	10.7	17.3	24.9	33.2	41.9	51	60.9	71.4	82.7	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0	0	2	4	6	9	12	15	19	22	26	30	146
Cantidad requerida de equipos														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	3	3	4	4	6	6	7	9	11	11	
Desfibadora	Cantidad	0	0	3	3	3	4	4	6	7	7	9	11	
Adquisición del vehículo														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	3	0	1	0	2	0	1	5	2	1	15
Desfibadora	Cantidad	0	0	3	0	0	1	0	2	1	3	2	2	14
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	0	3,135	0	704	352	1,408	704	1,045	4,543	2,101	1,397	15,389
O&M	1000pesos/año	0	0	1,683	1,683	1,892	2,244	2,662	3,366	3,938	4,356	5,478	6,182	33,484
Total	1000pesos/año	0	0	4,818	1,683	2,596	2,596	4,070	4,070	4,983	8,899	7,579	7,579	48,873

Cuadro H-102: Costo del Tratamiento Intermedio (Compostaje) por Municipio

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0	0	2.2	4.7	7.6	10.8	14.3	17.8	21.4	25.2	29.2	33.5	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0	0	0.8	1.7	2.8	4	5.2	6.5	7.8	9.2	10.7	12.2	60.9
Cantidad requerida de equipos														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	2	2	2	2	3	3	3	4	5	5	
Desfibradora	Cantidad	0	0	2	2	2	2	2	3	3	3	4	5	
Adquisición del vehículo														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	2	0	0	0	1	0	0	3	1	0	7
Desfibradora	Cantidad	0	0	2	0	0	0	0	1	0	2	1	1	7
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	0	2,090	0	0	0	704	352	0	2,794	1,056	352	7,348
O&M	1000pesos/año	0	0	1,122	1,122	1,122	1,122	1,331	1,683	1,683	1,892	2,453	2,805	16,335
Total	1000pesos/año	0	0	3,212	1,122	1,122	1,122	2,035	2,035	1,683	4,686	3,509	3,157	23,683

**Felipe C Puerto**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día													
Cantidad de recolección	1000ton/año													0
Cantidad requerida de equipos														
Cargador frontal	Cantidad													
Desfibradora	Cantidad													
Adquisición del vehículo														
Cargador frontal	Cantidad													0
Desfibradora	Cantidad													0
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O&M	1000pesos/año	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1000pesos/año	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**SOL**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0.0	0.0	2.7	6.0	9.7	14.1	18.9	24.1	29.6	35.7	42.2	49.2	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0.0	0.0	1.0	2.2	3.5	5.1	6.9	8.8	10.8	13.0	15.4	18.0	84.7
Cantidad requerida de equipos														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	6	
Desfibradora	Cantidad	0	0	1	1	1	2	2	3	4	4	5	6	
Adquisición del vehículo														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2	1	1	8
Desfibradora	Cantidad	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	7
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	0	1,045	0	704	352	704	352	1,045	1,749	1,045	1,045	8,041
O&M	1000pesos/año	0	0	561	561	770	1,122	1,331	1,683	2,255	2,464	3,025	3,377	17,149
Total	1000pesos/año	0	0	1,606	561	1,474	1,474	2,035	2,035	3,300	4,213	4,070	4,422	25,190

**Cuadro H-103: Costo del Tratamiento Intermedio (Compostaje) por Grupo Urbano**

**Urbano 1 (OPB)**

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0	0	1.7	3.5	5.4	7.3	9.3	11.4	13.5	15.7	18	20.4	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0	0	0.6	1.3	2	2.7	3.4	4.2	4.9	5.7	6.6	7.4	38.8
Cantidad requerida de equipos														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	
Desfibradora	Cantidad	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	
Adquisición del vehículo														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	4
Desfibradora	Cantidad	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	4
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	0	1,045	0	0	0	704	352	0	1,045	704	352	4,202
O&M	1000pesos/año	0	0	561	561	561	561	770	1,122	1,122	1,122	1,331	1,683	9,394
Total	1000pesos/año	0	0	1,606	561	561	561	1,474	1,474	1,122	2,167	2,035	2,035	13,596



Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0	0	0.5	1.2	2.2	3.5	5	6.4	7.9	9.5	11.2	13.1	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0	0	0.2	0.4	0.8	1.3	1.8	2.3	2.9	3.5	4.1	4.8	22.1
Cantidad requerida de equipos														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	
Desfibradora	Cantidad	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	
Adquisición del vehículo														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3
Desfibradora	Cantidad	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	0	1,045	0	0	0	0	0	0	1,749	352	0	3,146
O&M	1000pesos/año	0	0	561	561	561	561	561	561	561	770	1,122	1,122	6,941
Total	1000pesos/año	0	0	1,606	561	561	561	561	561	561	2,519	1,474	1,122	10,087

Aspecto	Unidad	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Cantidad de recolección con base en 365 días	ton/día	0.0	0.0	2.7	6.0	9.7	14.1	18.9	24.1	29.6	35.7	42.2	49.2	
Cantidad de recolección	1000ton/año	0.0	0.0	1.0	2.2	3.5	5.1	6.9	8.8	10.8	13.0	15.4	18.0	84.7
Cantidad requerida de equipos														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	6	
Desfibradora	Cantidad	0	0	1	1	1	2	2	3	4	4	5	6	
Adquisición del vehículo														
Cargador frontal	Cantidad	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2	1	1	8
Desfibradora	Cantidad	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	7
Costo en pesos														
Inversión	1000pesos/año	0	0	1,045	0	704	352	704	352	1,045	1,749	1,045	1,045	8,041
O&M	1000pesos/año	0	0	561	561	770	1,122	1,331	1,683	2,255	2,464	3,025	3,377	17,149
Total	1000pesos/año	0	0	1,606	561	1,474	1,474	2,035	2,035	3,300	4,213	4,070	4,422	25,190

**e. Disposición Final**

Los costos requeridos para la disposición final están indicados en los siguientes cuadros. Los costos de construcción del Nivel 1, 2 y 3 se asumen como costos de construcción y operación. El 40% de los costos de construcción del Nivel 4 se asume se gastará en el primer año, 30 % en el quinto año y 30% en el décimo año.

**Cuadro H-104: Costos de Disposición Final por Municipio**

Unidad: 1,000 pesos

	Presente	Corto plazo					Mediano plazo					Largo plazo					Total
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015			
Municipio	1,808	6,107	6,891	7,541	9,616	12,899	11,023	11,598	13,469	13,626	11,903	12,035	13,328	131,844			
Inversión	0	0	0	0	0	2,486	0	0	1,593	1,865	0	0	1,195	7,139			
O&M	1,808	6,107	6,891	7,541	9,616	10,413	11,023	11,598	11,876	11,761	11,903	12,035	12,133	124,705			
FCP	43	151	225	379	465	461	514	516	583	570	570	570	568	5,615			
Inversión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
O&M	43	151	225	379	465	461	514	516	583	570	570	570	568	5,615			
SOL	6,384	7,090	8,811	10,029	11,296	11,922	12,630	13,322	19,808	13,922	14,321	14,695	19,550	163,780			
Inversión	0	0	0	0	0	0	0	0	6,006	0	0	0	4,505	10,511			
O&M	6,384	7,090	8,811	10,029	11,296	11,922	12,630	13,322	13,802	13,922	14,321	14,695	15,045	153,269			
Total	8,235	13,348	15,927	17,949	21,377	25,282	24,167	25,436	33,861	28,118	26,794	27,300	33,446	301,239			
Inversión	0	0	0	0	0	2,486	0	0	7,600	1,865	0	0	5,700	17,650			
O&M	8,235	13,348	15,927	17,949	21,377	22,796	24,167	25,436	26,261	26,253	26,794	27,300	27,746	283,589			

Cuadro H-105: Costo de Inversión de la Disposición Final por Grupo Urbano

Grupo urbano	Presente	Corto plazo					Mediano plazo					Largo plazo					Unidad: 1,000 pesos		
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015					
Municipio																			
1 OPB											2,486							1,865	
2 OPB																			
3 OPB																			
4 OPB																			
5 OPB														1,593					1,195
6 FCP																			
7 FCP																			
8 FCP																			
9 SOL														6,006					4,505
10 SOL																			
Total	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,486	0	0	7,600	1,865	0	0	0	5,700

Cuadro H-106: Costos de Operación y Mantenimiento de la Disposición Final por Grupo Urbano

Grupo urbano	Presente	Corto plazo					Mediano plazo					Largo plazo					Unidad: 1,000 pesos			
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015						
Municipio																				
1 OPB	1,808	6,107	6,396	6,364	6,669	6,573	6,549	6,520	6,500	6,328	6,296	6,263	6,215							
2 OPB	0	0	45	122	171	171	197	199	227	223	225	225	227							
3 OPB	0	0	17	29	41	40	41	41	46	46	46	46	46							
4 OPB	0	0	98	293	434	911	1,100	1,301	1,445	1,478	1,542	1,606	1,662							
5 OPB	0	0	335	733	2,301	2,718	3,136	3,537	3,658	3,686	3,794	3,895	3,983							
6 FCP	43	151	178	299	353	349	402	404	454	444	444	444	444							
7 FCP	0	0	19	33	46	46	46	46	53	51	51	51	51							
8 FCP	0	0	28	47	66	66	66	66	76	75	75	75	73							
9 SOL	6,384	7,090	8,801	10,013	11,274	11,900	12,607	13,298	13,776	13,896	14,293	14,667	15,016							
10 SOL	0	0	10	16	22	22	23	24	26	26	28	28	29							
Total	8,235	13,348	15,927	17,949	21,377	22,796	24,167	25,436	26,261	26,253	26,794	27,300	27,746							

Cuadro H-107: Costos de la Disposición Final por Grupo Urbano

Unidad: 1,000 pesos

Grupo urbano	Municipio	Presente	Corto plazo			Mediano plazo			Largo plazo			Total		
			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012		2013	2014
1	OPB	1,808	6,107	6,396	6,364	6,669	9,059	6,520	6,500	8,193	6,296	6,263	6,215	82,939
2	OPB	0	0	45	122	171	171	199	227	223	225	225	227	2,032
3	OPB	0	0	17	29	41	40	41	46	46	46	46	46	439
4	OPB	0	0	98	293	434	911	1,301	1,445	1,478	1,542	1,606	1,662	11,870
5	OPB	0	0	335	733	2,301	2,718	3,136	5,251	3,686	3,794	3,895	5,178	34,564
6	FCP	43	151	178	299	353	349	402	454	444	444	444	444	4,409
7	FCP	0	0	19	33	46	46	46	53	51	51	51	51	493
8	FCP	0	0	28	47	66	66	66	76	75	75	75	73	713
9	SOL	6,384	7,090	8,801	10,013	11,274	11,900	12,607	19,782	13,896	14,293	14,667	19,521	163,526
10	SOL	0	0	10	16	22	22	23	26	26	28	28	29	254
Total	-	8,235	13,348	15,927	17,949	21,377	25,282	24,167	33,861	28,118	26,794	27,300	33,446	301,239

**f. Costo Total**

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

**Cuadro H-108: 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 (O&M)	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 H-109: Costo Total del Plan Maestro de 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	2016			
Reducción en la fuente (O&M)	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 H-110: Costo Total del Plan Maestro de MRS (Felipe C Puerto)

Unidad: 1,000 pesos

Aspecto	Corto					Mediano					Largo					Total
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
Reducción en la fuente (O&M)	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 H-111: Costo Total del Plan Maestro de MRS (Solidaridad)

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 (O&M)	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			



### **H.3.6 Análisis Financiero**

#### **H.3.6.1 Análisis Financiero**

##### **a. Escenarios**

Para los propósitos del análisis financiero, ha sido necesario establecer una serie de escenarios debido a que muchas variables dependen grandemente de las decisiones a ser tomadas por las autoridades correspondientes en base a criterios políticos o administrativos. Estas variables incluyen (a) tarifas o derechos del servicio: imponer o no tarifas, a quiénes y por qué monto; (b) negocios o firmas comerciales/industriales o generadores de residuos que no sean las familias o generadores de residuos domiciliarios: cómo estimar su número (guía de CEPIS y condiciones locales); y (c) la eficiencia de la recaudación: el monto recaudado en relación al monto facturado.

Con respecto a la aplicación de tarifas o derechos del servicio, conforme a las consideraciones presentadas anteriormente, se asumió que todos los generadores de residuos sólidos, sean domiciliarios o negocios, pagarían las tarifas o derechos correspondientes. Los montos de las tarifas que pagarían las familias o generadores de residuos domiciliarios fueron asumidos que variarían de 30 Pesos, a 40 Pesos y 50 Pesos por mes, mientras que los negocios o firmas comerciales/industriales fueron asumidos que pagarían tarifas más altas que variarían de 100 Pesos, a 150 Pesos y 200 Pesos por mes.

En cuanto al número de negocios o firmas comerciales/industriales (generadores no-domésticos), se tomó como límite inferior el 10% del número de familias, de acuerdo a la recomendación de CEPIS. Sin embargo, como los datos en OPB indicaron que el número de firmas comerciales/industriales que realmente pagan oscilaban entre el 15% y el 19% del número de familias, los escenarios asumieron el número de firmas comerciales como el 10%, 15% y 20% del número de familias. Esto podría ser justificado con el argumento de que en los lugares en donde el turismo sea activo, se puede esperar que el número de firmas comerciales sea más alto que en los lugares sin turismo.

La última variable se refiere a la eficiencia de la recaudación. Es difícil estimar la respuesta de los usuarios de un servicio cuando se introduce una tarifa o derecho del servicio en donde el servicio era proveído libre de cargo. Dependería mucho de la preparación mental de los usuarios del servicio por parte de los funcionarios municipales, dependería en gran medida de hasta qué grado se pueda mejorar la conciencia del público usuario sobre los problemas ambientales y la resultante reacción positiva del público por hacer algo en favor del medio ambiente. En el caso de Felipe Carrillo Puerto en donde el público usuario puede observar fácilmente las mejoras que han ocurrido recientemente en el manejo de los residuos sólidos, sería perfecto para introducir

las tarifas o derechos del servicio y esperar una respuesta favorable de los usuarios del servicio. En general, se asumió que inicialmente las firmas comerciales tendrían una mejor disposición a pagar que los usuarios domésticos, pero que a 5 años de iniciada la ejecución del Plan Maestro, el pago tanto por los usuarios domésticos como por las firmas comerciales alcanzaría el 90% en el 2009 y permanecería en ese nivel.

Las consideraciones presentadas arriba resultaron en tres escenarios básicos por cada municipio y también para el Area 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% (Ver Cuadro H-113).

### **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)% (Ver Cuadro H-114).

### **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% (Ver Cuadro H-115).

#### **b.4 Area 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% (Ver Cuadro H-116).

#### **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 deficit 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 H-112: Deficit Financiero del MRS con Tarifas de \$30 Familias y \$100 Negocios

Año	OPB	FCP	Solidaridad	Area 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 Area 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.

### **H.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.

**Cuadro H-113: Costos e Ingresos del Servicio de Manejo de Residuos Sólidos con Tarifas Mensuales de 50 pesos para viviendas & 200 pesos para Comercios (Othón P Blanco)**

		Tarifa para viviendas: Pesos/mes		50		200									
		Tarifa para comercios: Pesos/mes		50		200									
Aspecto	Unidad	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Usuarios de viviendas	Población	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	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	-
Usuarios comerciales	10% viviendas	4,022	4,466	4,910	5,299	5,688	6,077	6,466	6,855	7,095	7,334	7,574	7,814	8,053	-
	15% viviendas	6,033	6,699	7,365	7,949	8,532	9,116	9,699	10,283	10,642	11,002	11,361	11,720	12,080	-
	20% viviendas.	8,044	8,932	9,820	10,598	11,376	12,154	12,932	13,711	14,190	14,669	15,148	15,627	16,106	-
Factura en la eficiencia de la recolección	viviendas.	5	10	30	50	70	85	90	90	90	90	90	90	90	-
	Comercios	50	70	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	-
Ingresos (Tarifa a usuarios)	viviendas		2.68	8.84	15.90	23.89	30.99	34.92	37.02	38.31	39.61	40.90	42.19	43.49	358.73
	Com/ viviendas 10%	4.83	7.50	9.43	11.45	12.29	13.13	13.97	14.81	15.32	15.84	16.36	16.88	17.39	169.19
	Com/ viviendas 15%		11.25	14.14	17.17	18.43	19.69	20.95	22.21	22.99	23.76	24.54	25.32	26.09	246.54
	Com/ viviendas 20%	9.65	15.01	18.85	22.89	24.57	26.25	27.93	29.61	30.65	31.68	32.72	33.75	34.79	338.38
Total viviendas & ingresos por comercios	Com/ viviendas 10%	4.83	10.18	18.26	27.34	36.18	44.12	48.88	51.83	53.64	55.45	57.26	59.07	60.88	527.92
	Com/ viviendas 15%	0.00	13.93	22.98	33.07	42.32	50.68	55.87	59.23	61.30	63.37	65.44	67.51	69.58	605.27
	Com/ viviendas 20%	9.65	17.69	27.69	38.79	48.46	57.25	62.85	66.63	68.96	71.29	73.62	75.95	78.28	697.10
Total	Cost		21.29	36.00	37.76	44.16	47.33	43.08	46.76	49.85	56.72	53.58	56.94	57.59	551.05
	Com/ viviendas 10%		-11.11	-17.73	-10.42	-7.98	-3.21	5.80	5.07	3.79	-1.27	3.68	2.13	3.29	-27.96
Balanza financiera	Com/ viviendas 15%		-7.36	-13.02	-4.69	-1.84	3.36	12.79	12.47	11.45	6.65	11.86	10.57	11.99	54.22
	Com/ viviendas 20%		-3.60	-8.31	1.03	4.31	9.92	19.77	19.87	19.12	14.57	20.04	19.01	20.69	136.40
	FIRR														55.4%

Cuadro H-114: Costos e Ingresos del Servicio de Manejo de Residuos Sólidos con Tarifas Mensuales de 40 Pesos para viviendas & 150 Pesos para comercios (Felipe C Puerto)

Tarifa para viviendas: Pesos/mes		40													
Tarifa para comercios: Pesos/mes		150													
Aspecto	Unidad	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Usuarios de viviendas	Población	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	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	-
	Cantidad	779	793	807	818	829	840	851	863	871	879	887	895	903	-
Usuarios comerciales	10% viviendas	1,168	1,190	1,211	1,228	1,244	1,261	1,277	1,294	1,306	1,318	1,330	1,342	1,354	-
	15% viviendas	1,558	1,586	1,615	1,637	1,659	1,681	1,703	1,725	1,741	1,757	1,773	1,789	1,805	-
	20% viviendas.	5	10	30	50	70	85	90	90	90	90	90	90	90	-
Factura en la eficiencia de la recolección	%	50	70	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	-
Ingresos (Tarifa a usuarios)	Comercios		0.38	1.16	1.96	2.79	3.43	3.68	3.73	3.76	3.80	3.83	3.86	3.90	36.28
	viviendas		1.00	1.16	1.33	1.34	1.36	1.38	1.40	1.41	1.42	1.44	1.45	1.46	16.15
	Com/ viviendas 10%		1.50	1.74	1.99	2.02	2.04	2.07	2.10	2.12	2.13	2.15	2.17	2.19	24.23
	Com/ viviendas 15%		2.00	2.33	2.65	2.69	2.72	2.76	2.79	2.82	2.85	2.87	2.90	2.92	32.30
Total viviendas & ingresos por comercios	Com/ viviendas 20%	0	1.38	2.33	3.29	4.13	4.79	5.06	5.12	5.17	5.22	5.27	5.31	5.36	52.43
	Com/ viviendas 10%		1.88	2.91	3.95	4.80	5.47	5.75	5.82	5.88	5.93	5.98	6.04	6.09	60.50
	Com/ viviendas 15%		2.38	3.49	4.62	5.47	6.15	6.44	6.52	6.58	6.64	6.70	6.76	6.82	68.58
	Com/ viviendas 20%		2.35	5.85	2.60	4.35	3.28	3.29	3.40	6.30	5.82	3.52	4.65	3.47	48.87
Total	Cost		-0.97	-3.52	0.69	-0.22	1.51	1.77	1.73	-1.13	-0.60	1.75	0.67	1.89	3.56
	Com/ viviendas 10%		-0.47	-2.94	1.35	0.45	2.19	2.46	2.43	-0.42	0.11	2.46	1.39	2.62	11.63
	Com/ viviendas 15%		0.03	-2.36	2.02	1.12	2.87	3.15	3.13	0.28	0.82	3.18	2.12	3.35	19.71
	Com/ viviendas 20%														86.1%
Balanza finaliera	Cost														FIRR
	Com/ viviendas 10%														3.56
	Com/ viviendas 15%														37.4%
	Com/ viviendas 20%														86.1%

**Cuadro H-115: Costos e Ingresos del Servicio de Manejo de Residuos Sólidos con Tarifas Mensuales de 50 Pesos para viviendas & 200 Pesos para comercios (Solidaridad)**

Tarifa para viviendas: Pesos/mes		50													
Tarifa para comercios: Pesos/mes		200													
Aspecto	Unidad	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
Usuarios de viviendas	Población	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	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	-
	10% viviendas	3,061	3,349	4,463	4,932	5,400	5,900	6,400	6,900	7,325	7,750	8,175	8,600	9,025	-
Usuarios comerciales	15% viviendas	4,591	5,024	6,694	7,397	8,100	8,850	9,601	10,351	10,988	11,625	12,263	12,900	13,538	-
	20% viviendas.	6,121	6,698	8,926	9,863	10,800	11,801	12,801	13,801	14,651	15,501	16,350	17,200	18,050	-
	Factura en viviendas.	5	10	30	50	70	85	90	90	90	90	90	90	90	90
la eficiencia de la recolección	Comercios	50	70	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	-
	viviendas		2.01	8.03	14.79	22.68	30.09	34.56	37.26	39.56	41.85	44.15	46.44	48.74	370.17
Ingresos (Tarifa a usuarios)	Com/ viviendas 10%	3.67	5.63	8.57	10.65	11.66	12.74	13.82	14.90	15.82	16.74	17.66	18.58	19.49	169.95
	Com/ viviendas 15%		8.44	12.85	15.98	17.50	19.12	20.74	22.36	23.73	25.11	26.49	27.86	29.24	249.42
	Com/ viviendas 20%	7.35	11.25	17.14	21.30	23.33	25.49	27.65	29.81	31.65	33.48	35.32	37.15	38.99	339.90
	Com/ viviendas 10%	3.67	7.64	16.60	25.45	34.35	42.84	48.39	52.17	55.38	58.59	61.80	65.02	68.23	540.12
Total viviendas & ingresos por comercios	Com/ viviendas 15%		10.45	20.89	30.77	40.18	49.21	55.30	59.62	63.29	66.96	70.63	74.31	77.98	619.58
	Com/ viviendas 20%		13.26	25.17	36.10	46.01	55.58	62.21	67.07	71.20	75.33	79.46	83.59	87.72	702.72
	Cost		27.32	34.65	37.49	40.51	40.65	45.15	47.56	47.56	58.52	59.05	60.61	63.74	578.03
Total	Com/ viviendas 10%		-19.69	-18.05	-12.04	-6.17	2.19	3.24	4.61	-7.41	0.08	2.75	4.40	4.49	-41.59
	Com/ viviendas 15%		-16.87	-13.77	-6.71	-0.33	8.56	10.15	12.06	0.50	8.45	11.58	13.69	14.24	41.55
	Com/ viviendas 20%		-14.06	-9.48	-1.39	5.50	14.93	17.06	19.51	8.42	16.82	20.41	22.98	23.98	124.69
Balanza finalciera	Com/ viviendas 10%														578.03
	Com/ viviendas 15%														-41.59
	Com/ viviendas 20%														11.4%
															32.5%

Cuadro H-116: Costos e Ingresos del Servicio de Manejo de Residuos Sólidos con Tarifas Mensuales de 50 Pesos para viviendas & 200 Pesos para comercios (Área de Estudio)

Tarifa para viviendas: Pesos/mes		50														
Tarifa para comercios: Pesos/mes		200														
Aspecto	Unidad	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total	
Usuarios de viviendas	Población	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	78,615	86,082	101,802	110,490	119,176	128,178	137,180	146,182	152,907	159,632	166,357	173,083	179,808	-	
Usuarios comerciales	10% viviendas	7,862	8,608	10,180	11,049	11,918	12,818	13,718	14,618	15,291	15,963	16,636	17,308	17,981	-	
	15% viviendas	11,792	12,912	15,270	16,574	17,876	19,227	20,577	21,927	22,936	23,945	24,954	25,962	26,971	-	
	20% viviendas.	15,723	17,216	20,360	22,098	23,835	25,636	27,436	29,236	30,581	31,926	33,271	34,617	35,962	-	
Factura en la eficiencia de la recolección	viviendas.	5	10	30	50	70	85	90	90	90	90	90	90	90	-	
	Comercios	50	70	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	-	
Ingresos (Tarifa a usuarios)	viviendas	2.36	5.16	18.32	33.15	50.05	65.37	74.08	78.94	82.57	86.20	89.83	93.46	97.10	776.60	
	Com/ viviendas 10%	9.43	14.46	19.55	23.87	25.74	27.69	29.63	31.58	33.03	34.48	35.93	37.39	38.84	361.61	
	Com/ viviendas 15%	14.15	21.69	29.32	35.80	38.61	41.53	44.45	47.36	49.54	51.72	53.90	56.08	58.26	542.41	
	Com/ viviendas 20%	18.87	28.92	39.09	47.73	51.48	55.37	59.26	63.15	66.06	68.96	71.87	74.77	77.68	723.22	
Total viviendas & ingresos por comercios	Com/ viviendas 10%	11.79	19.63	37.87	57.01	75.80	93.06	103.71	110.51	115.60	120.68	125.77	130.85	135.93	1,138.21	
	Com/ viviendas 15%	16.51	26.86	47.64	68.95	88.67	106.90	118.52	126.30	132.11	137.92	143.73	149.54	155.35	1,319.01	
	Com/ viviendas 20%	21.23	34.09	57.42	80.88	101.54	120.74	133.34	142.09	148.63	155.16	161.70	168.24	174.77	1,499.82	
	Cost		50.97	76.50	77.85	80.88	89.02	91.25	91.52	97.71	118.93	121.05	122.20	124.80	1,177.95	FIRR
Balanza finalciera	Com/ viviendas 10%		-31.34	-38.63	-20.83	-13.22	1.80	12.19	12.80	-3.33	-0.37	9.61	8.65	11.13	-51.53	
	Com/ viviendas 15%		-24.11	-28.85	-8.90	-0.35	15.65	27.01	28.59	13.18	16.87	27.58	27.34	30.55	124.55	18.1%
	Com/ viviendas 20%		-16.88	-19.08	3.03	12.52	29.49	41.82	44.37	29.69	34.11	45.55	46.03	49.97	300.64	46.0%



### H.3.7 El Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos

Esta sección sintetiza el Plan Maestro de Manejo de Residuos Sólidos en los siguientes cuadros.

Cuadro H-117: El Plan Maestro de MRS, Toda el Área de Estudio 1, (Cantidad de Residuos)

Aspecto	unidad	Presente		Corto				Mediano				Largo			
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1. Población															
	Población	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	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	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	0.0	0.0	10.9	17.5	25.0	40.5	50.5	61.5	72.2	100.6	113.5	127.3	141.9	
	Disposición propia	106.2	124.3	100.9	71.3	26.7	26.9	20.5	17.3	9.9	9.8	9.8	9.9	10.0	
	Descarga	319.9	341.2	427.9	494.6	576.0	606.4	649.4	688.7	720.5	727.7	750.2	772.4	793.8	
2) Recolección															
	Residuos mezclados	319.9	341.2	427.9	489.7	565.3	589.1	624.5	655.5	678.6	676.7	689.3	701.0	711.1	
	Residuos de jardín	0.0	0.0	0.0	4.9	10.7	17.3	24.9	33.2	41.9	51.0	60.9	71.4	82.7	
3) Disposición															
	Disposición	319.9	341.2	427.9	490.3	566.4	590.8	627.0	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	

Cuadro H-118: El Plan Maestro de MRS, Toda el Área de Estudio 2, (Sistema Técnico)

Aspecto	unidad	Presente		Corto			Mediano			Largo				
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
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														
Diversos niveles de relleno sanitario pueden adoptarse dependiendo del tamaño de la comunidad														

Cuadro H-119: El Plan Maestro de MRS, Toda el Área de Estudio 3, (Costo e Ingreso)

Aspecto	unidad	Presente 2003	Corto			Mediano				Largo				Total			
			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2015		
5. Costo de MRS																	
Reducción en la fuente	1000pesos	-	0	1,193	749	852	1,716	1,121	2,421	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	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	4,983	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	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	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	8,636	8,748	9,081	9,341	86,927			
total	1000pesos	-	50,965	76,498	77,846	89,018	91,254	91,517	97,714	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	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	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			
Total	1000pesos	-	26,858	47,643	68,946	88,667	106,901	118,523	126,301	137,922	143,733	149,544	155,354	1,302,504			
7. Saldo (positivo)																	
Saldo	1000pesos		-24,107	-28,855	-8,900	-0,351	15,646	27,007	28,587	16,870	27,580	27,342	30,554	124,553			
Vivienda (50 Pesos/mes)	1000pesos	-	5,165	18,324	33,147	50,054	65,371	74,077	78,938	86,201	89,833	93,465	97,096	774,241			

Cuadro H-120: El Plan Maestro de MRS, Othón P Blanco 1, (Cantidad de Residuos)

Aspecto	Unidad	Presente			Corto			Mediano			Largo			
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1. Población														
	Población	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
	Vivienda 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	208.4	229.1	250.0	268.5	287.0	306.0	325.1	344.2	356.3	368.7	380.9	393.6	406.1
	Reducción en la fuente	0.0	0.0	5.0	8.0	11.5	18.4	22.8	27.6	32.0	44.3	49.4	55.0	61.0
	Disposición propia	58.3	77.0	55.8	40.5	14.4	14.8	10.8	7.5	4.1	4.1	4.2	4.3	4.4
	Descarga	150.1	152.1	189.2	220.0	261.1	272.8	291.5	309.1	320.2	320.3	327.3	334.3	340.7
2) Recolección														
	Residuos mezclados	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	0.0	0.0	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	150.1	152.1	189.2	218.1	256.9	265.9	281.8	296.2	304.1	301.1	304.7	308.0	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	2	3	4	6	7	8	9	12	13	14	15
		0	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	7	8

Cuadro H-121: El Plan Maestro de MRS, Othón P Blanco 2, (Sistema Técnico)

Aspecto	unidad	Presente		Corto			Mediano			Largo				
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
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														
Varios niveles de rellenos sanitarios se adoptarán dependiendo del tamaño de la comunidad														

Cuadro H-122: El Plan Maestro de MRS, Othón P Blanco 3, (Costo e Ingreso)

Aspecto	unidad	Presente 2003	Corto			Mediano			Largo				Total			
			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		2014	2015	
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	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 (positivo)																
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 H-123: El Plan Maestro de MRS, Felipe C Puerto 1, (Cantidad de Residuos)

Aspecto	Unidad	Presente		Corto				Mediano				Largo			
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1. Población															
	Población	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	
	Vivienda 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	37.1	37.9	38.6	39.1	39.9	40.4	41.1	41.8	42.3	42.7	43.2	43.7	44.0	
	Reducción en la fuente	0.0	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	26.3	25.4	19.1	16.4	11.5	11.3	8.9	9.0	5.2	5.1	5.0	5.0	5.0	
	Descarga	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	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	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	
3) Disposición															
	Disposición	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	

Cuadro H-124: El Plan Maestro de MRS, Felipe C Puerto 2, (Sistema Técnico)

Aspecto	unidad	Presente		Corto			Mediano			Largo				
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
4. Sistema Técnico														
1) Reducción en la fuente														
Participante (vivienda)	%	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														
Varios niveles de rellenos sanitarios se adoptarán dependiendo del tamaño de la comunidad														



Cuadro H-125: El Plan Maestro de MRS, Felipe C Puerto 3, (Costo e Ingreso)

Aspecto	unidad	Presente												Mediano			Largo				Total
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015							
<b>5. Costo de MRS</b>																					
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						
<b>6. Ingreso (tarifa suficiente)</b>																					
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						
<b>7. Saldo (positivo)</b>																					
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 H-126: El Plan Maestro de MRS, Solidaridad 1, (Cantidad de Residuos)

Aspecto	Unidad	Presente											Corto					Mediano					Largo				
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1. Población																											
	Población	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													
	Vivienda 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	180.6	198.5	251.1	275.8	300.8	327.4	354.2	381.5	404.0	426.7	449.4	472.3	495.6													
	Reducción en la fuente	0.0	0.0	5.1	8.3	12.0	19.7	24.8	30.5	36.4	51.2	58.4	66.1	74.3													
	Disposición propia	21.6	21.9	26.0	14.4	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6													
	Descarga	159.0	176.6	220.0	253.1	288.0	306.9	328.6	350.2	367.0	374.9	390.4	405.6	420.7													
2) Recolección																											
	Residuos mezclados	159.0	176.6	220.0	250.4	282.0	297.2	314.5	331.3	342.9	345.3	354.7	363.4	371.5													
	Residuos de jardín	0.0	0.0	0.0	2.7	6.0	9.7	14.1	18.9	24.1	29.6	35.7	42.2	49.2													
3) Disposición																											
	Disposición	159.0	176.6	220.0	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													

Cuadro H-127: El Plan Maestro de MRS, Solidaridad 2, (Sistema Técnico)

Aspecto	unidad	Presente			Corto			Mediano			Largo			
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
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														
Varios niveles de rellenos sanitarios se adoptarán dependiendo del tamaño de la comunidad														

Cuadro H-128: El Plan Maestro de MRS, Solidaridad 3, (Costo e Ingreso)

Aspecto	Presente	Corto				Mediano				Largo				Total	
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2015
5. Costo de MRS	unidad														
Reducción en la fuente	1000pesos	-	0	523	344	400	810	551	1,133	1,497	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	33,968	34,892	32,813	337,238	
Reciclaje (compostaje)	1000pesos	-	0	0	1,606	561	1,474	1,474	2,035	2,035	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	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	54,490	55,847	58,825	533,632	
administración	1000pesos	-	1,874	2,438	2,837	3,207	3,428	3,697	3,987	4,247	4,561	4,767	4,915	44,401	
total	1000pesos	-	27,323	34,652	37,487	40,511	40,646	45,148	47,559	62,787	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	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	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	70,634	74,306	77,977	619,583	
7. Saldo (positivo)															
Saldo	1000pesos		-16,875	-13,766	-6,714	-0,333	8,563	10,151	12,060	0,504	11,583	13,692	14,237	41,550	

### H.3.8 Plan de Implementación

#### H.3.8.1 Plan Global de Implementación

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

Cuadro H-129: Plan de Implementación (Fase 1: 2004-2007)

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

Cuadro H-130: Plan de Implementación (Fase 2: 2008-2011)

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

Cuadro H-131: Plan de Implementación (Fase 3: 2012-2015)

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

### H.3.8.2 Plan de Implementación del Sistema Técnico

Esta sección explica como implementar el sistema técnico anualmente.

#### a. Reducción en la Fuente

Los siguientes cuadros muestran como implementar la reducción en la fuente, en la fuente de generación de residuos.

Cuadro H-132: Plan de Implementación de Reducción en la Fuente (por Municipio)

#### Toda el Área de Estudio

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	3,981	11%	10,860	10,860
	2006	6,389	16%	17,679	6,819
	2007	9,128	21%	25,424	7,745
fase 2	2008	14,785	32%	41,018	15,594
	2009	18,434	37%	51,214	10,196
	2010	22,451	43%	62,370	22,016
	2011	26,356	48%	73,395	28,704
fase 3	2012	36,723	64%	102,166	43,335
	2013	41,429	69%	115,341	36,514
	2014	46,466	75%	129,236	39,685
	2015	51,796	80%	143,848	35,964

#### Othón P Blanco

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	1,826	11%	5,238	5,238
	2006	2,921	16%	8,478	3,240
	2007	4,199	21%	12,135	3,657
fase 2	2008	6,717	32%	19,448	7,313
	2009	8,323	37%	24,141	4,693
	2010	10,076	43%	29,249	10,346
	2011	11,681	48%	34,055	13,284
fase 3	2012	16,172	64%	46,941	19,783
	2013	18,032	69%	52,512	16,541
	2014	20,075	75%	58,341	17,835
	2015	22,266	80%	64,425	15,885



**Felipe C Puerto**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	293	11%	862	862
	2006	438	16%	1,310	448
	2007	548	21%	1,769	459
fase 2	2008	877	32%	2,689	920
	2009	1,059	37%	3,178	489
	2010	1,242	43%	3,679	1,363
	2011	1,388	48%	4,178	1,809
fase 3	2012	1,863	64%	5,623	2,352
	2013	2,081	69%	6,147	1,903
	2014	2,264	75%	6,680	1,942
	2015	2,410	80%	7,222	1,532

**Solidaridad**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	1,862	11%	4,760	4,760
	2006	3,030	16%	7,891	3,131
	2007	4,381	21%	11,520	3,629
fase 2	2008	7,191	32%	18,881	7,361
	2009	9,052	37%	23,895	5,014
	2010	11,133	43%	29,442	10,307
	2011	13,287	48%	35,162	13,611
fase 3	2012	18,688	64%	49,602	21,200
	2013	21,316	69%	56,682	18,070
	2014	24,127	75%	64,215	19,908
	2015	27,120	80%	72,201	18,547

Cuadro H-133: Plan de Implementación de Reducción en la Fuente (por Grupo Urbano)

**Grupo Urbano 1 (OPB)**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	1,241	11%	3,615	3,615
	2006	1,898	16%	5,531	1,916
	2007	2,592	21%	7,520	1,989
fase 2	2008	3,942	32%	11,498	3,978
	2009	4,672	37%	13,668	2,170
	2010	5,439	43%	15,910	5,857
	2011	6,205	48%	18,225	7,846
fase 3	2012	8,432	64%	24,734	10,414
	2013	9,308	69%	27,265	8,498
	2014	10,220	75%	29,869	8,752
	2015	11,169	80%	32,545	7,088

**Grupo Urbano 2 (OPB)**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	73	11%	262	262
	2006	146	16%	400	138
	2007	183	21%	544	144
fase 2	2008	292	32%	832	288
	2009	329	37%	989	157
	2010	402	43%	1,151	424
	2011	438	48%	1,318	567
fase 3	2012	621	64%	1,789	753
	2013	657	69%	1,972	615
	2014	730	75%	2,160	633
	2015	803	80%	2,354	513

**Grupo Urbano 3 (OPB)**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	37	11%	102	102
	2006	37	16%	156	54
	2007	73	21%	212	56
fase 2	2008	110	32%	324	112
	2009	146	37%	385	61
	2010	146	43%	448	165
	2011	183	48%	513	221
fase 3	2012	256	64%	696	293
	2013	256	69%	767	239
	2014	292	75%	841	247
	2015	329	80%	916	199

**Grupo Urbano 4 (OPB)**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	219	11%	586	586
	2006	329	16%	954	368
	2007	475	21%	1,374	420
fase 2	2008	767	32%	2,213	839
	2009	949	37%	2,759	546
	2010	1,132	43%	3,356	1,183
	2011	1,351	48%	4,003	1,601
fase 3	2012	1,935	64%	5,642	2,427
	2013	2,190	69%	6,441	2,058
	2014	2,482	75%	7,291	2,235
	2015	2,811	80%	8,192	2,044

**Grupo Urbano 5 (OPB)**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	256	11%	673	673
	2006	511	16%	1,437	764
	2007	876	21%	2,485	1,048
fase 2	2008	1,606	32%	4,581	2,096
	2009	2,227	37%	6,340	1,759
	2010	2,957	43%	8,384	2,717
	2011	3,504	48%	9,996	3,049
fase 3	2012	4,928	64%	14,080	5,896
	2013	5,621	69%	16,067	5,131
	2014	6,351	75%	18,180	5,968
	2015	7,154	80%	20,418	6,041

**Grupo Urbano 6 (FCP)**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	183	11%	563	563
	2006	292	16%	856	293
	2007	365	21%	1,156	300
fase 2	2008	584	32%	1,757	601
	2009	694	37%	2,077	320
	2010	803	43%	2,404	890
	2011	913	48%	2,730	1,182
fase 3	2012	1,205	64%	3,674	1,537
	2013	1,351	69%	4,017	1,244
	2014	1,460	75%	4,365	1,269
	2015	1,570	80%	4,719	1,001

**Grupo Urbano 7 (FCP)**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	37	11%	122	122
	2006	73	16%	185	63
	2007	73	21%	250	65
fase 2	2008	110	32%	380	130
	2009	146	37%	449	69
	2010	183	43%	520	193
	2011	183	48%	591	256
fase 3	2012	256	64%	795	332
	2013	292	69%	869	269
	2014	329	75%	944	274
	2015	329	80%	1,021	217

**Grupo Urbano 8 (FCP)**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	73	11%	177	177
	2006	73	16%	269	92
	2007	110	21%	363	94
fase 2	2008	183	32%	552	189
	2009	219	37%	652	100
	2010	256	43%	755	280
	2011	292	48%	857	371
fase 3	2012	402	64%	1,154	483
	2013	438	69%	1,261	390
	2014	475	75%	1,371	399
	2015	511	80%	1,482	314

**Grupo Urbano 9 (SOL)**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	1,825	11%	4,704	4,704
	2006	2,993	16%	7,804	3,100
	2007	4,344	21%	11,401	3,597
fase 2	2008	7,118	32%	18,697	7,296
	2009	8,979	37%	23,674	4,977
	2010	11,060	43%	29,182	10,212
	2011	13,177	48%	34,860	13,482
fase 3	2012	18,542	64%	49,187	21,024
	2013	21,170	69%	56,219	17,925
	2014	23,944	75%	63,701	19,755
	2015	26,937	80%	71,635	18,419

**Grupo Urbano 10 (FCP)**

Fase	Año	Reducción en la fuente	participante	participante	Compra de contenedor
		ton/año	% total de viviendas	Cantidad de viviendas	cantidad
fase 1	2004	0	0%	0	0
	2005	37	11%	56	56
	2006	37	16%	87	31
	2007	37	21%	119	32
fase 2	2008	73	32%	184	65
	2009	73	37%	221	37
	2010	73	43%	260	95
	2011	110	48%	302	129
fase 3	2012	146	64%	415	176
	2013	146	69%	463	145
	2014	183	75%	514	153
	2015	183	80%	566	128

**b. Recolección y Transporte**

Los siguientes cuadros muestran como implementar la recolección de residuos. Los camiones compactadores son para residuos mezclados y los camiones de volteo son para los residuos de jardinería.

**Cuadro H-134: Plan de Implementación para la Recolección (por Municipio)**

**Toda el Área de Estudio**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días ton/día	Cantidad de recolección 1000ton /año	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
				Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	341.2	125	47	0	10	0
	2005	427.9	156	64	0	21	0
	2006	494.6	178	70	3	10	3
	2007	576.0	209	81	4	15	1
fase 2	2008	606.4	220	86	4	10	0
	2009	649.4	237	89	6	8	2
	2010	688.7	251	93	7	8	1
	2011	720.5	262	97	10	14	3
fase 3	2012	727.7	265	96	11	20	1
	2013	750.2	274	97	12	11	4
	2014	772.4	282	98	14	16	3
	2015	793.8	290	100	16	12	2

**Othón P Blanco**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días ton/día	Cantidad de recolección 1000ton /año	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
				Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	152.1	56	21	0	3	0
	2005	189.2	69	29	0	11	0
	2006	220.0	79	31	2	6	2
	2007	261.1	95	37	2	10	0
fase 2	2008	272.8	99	40	2	8	0
	2009	291.5	107	40	3	5	1
	2010	309.1	113	42	3	6	0
	2011	320.2	116	43	5	4	2
fase 3	2012	320.3	116	43	5	11	0
	2013	327.3	119	43	5	6	2
	2014	334.3	122	43	6	10	1
	2015	340.7	124	44	7	9	1

**Felipe C Puerto**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días ton/día	Cantidad de recolección 1000ton /año	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
				Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	12.5	5	2	0	1	0
	2005	18.7	7	4	0	3	0
	2006	21.5	7	4	0	0	0
	2007	26.9	9	5	0	1	0
fase 2	2008	26.7	9	5	0	0	0
	2009	29.3	10	5	0	0	0
	2010	29.4	10	5	0	0	0
	2011	33.3	12	6	0	2	0
fase 3	2012	32.5	12	5	0	2	0
	2013	32.5	12	5	0	0	0
	2014	32.5	12	5	0	1	0
	2015	32.4	12	5	0	0	0

**Solidaridad**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días ton/día	Cantidad de recolección 1000ton /año	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
				Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	176.6	64	24	0	6	0
	2005	220.0	80	31	0	7	0
	2006	253.1	92	35	1	4	1
	2007	288.0	105	39	2	4	1
fase 2	2008	306.9	112	41	2	2	0
	2009	328.6	120	44	3	3	1
	2010	350.2	128	46	4	2	1
	2011	367.0	134	48	5	8	1
fase 3	2012	374.9	137	48	6	7	1
	2013	390.4	143	49	7	5	2
	2014	405.6	148	50	8	5	2
	2015	420.7	154	51	9	3	1

Cuadro H-135: Plan de Implementación para la Recolección & Transporte (Grupo Urbano)

**Grupo Urbano 1 (OPB)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días ton/día	Cantidad de recolección 1000ton /año	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
				Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	152.1	56	21	0	3	0
	2005	159.3	58	22	0	4	0
	2006	160	58	22	1	4	1
	2007	169.2	62	23	1	5	0
fase 2	2008	168.6	62	23	1	5	0
	2009	169.7	62	22	2	4	1
	2010	170.8	62	22	2	4	0
	2011	172.2	63	22	3	3	1
fase 3	2012	169.7	62	22	3	4	0
	2013	170.9	62	21	3	3	1
	2014	172.2	63	21	4	5	1
	2015	173.2	63	21	4	5	0

**Grupo Urbano 2 (OPB)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días	Cantidad de recolección	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
		ton/día	1000ton /año	Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	3.7	1	1	0	1	0
	2006	6.1	2	1	0	0	0
	2007	8.5	3	2	0	1	0
fase 2	2008	8.5	3	2	0	0	0
	2009	9.8	4	2	0	0	0
	2010	9.9	4	2	0	0	0
	2011	11.3	4	2	0	0	0
fase 3	2012	11.1	4	2	0	1	0
	2013	11.2	4	2	0	0	0
	2014	11.2	4	2	0	1	0
	2015	11.3	4	2	0	0	0

**Grupo Urbano 3 (OPB)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días	Cantidad de recolección	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
		ton/día	1000ton /año	Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	1.4	1	1	0	1	0
	2006	2.4	1	1	0	0	0
	2007	3.4	1	1	0	0	0
fase 2	2008	3.3	1	1	0	0	0
	2009	3.4	1	1	0	0	0
	2010	3.4	1	1	0	0	0
	2011	3.8	1	1	0	0	0
fase 3	2012	3.8	1	1	0	1	0
	2013	3.8	1	1	0	0	0
	2014	3.8	1	1	0	0	0
	2015	3.8	1	1	0	0	0

**Grupo Urbano 4 (OPB)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días	Cantidad de recolección	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
		ton/día	1000ton /año	Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	8.1	3	2	0	2	0
	2006	14.6	5	2	0	0	0
	2007	21.6	8	3	0	1	0
fase 2	2008	22.7	8	4	0	1	0
	2009	27.4	10	4	0	0	0
	2010	32.4	12	5	0	1	0
	2011	36	13	5	0	0	0
fase 3	2012	36.8	13	5	0	2	0
	2013	38.4	14	6	0	1	0
	2014	40	15	6	0	1	0
	2015	41.4	15	6	0	1	0

**Grupo Urbano 5 (OPB)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días	Cantidad de recolección	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
				Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
		ton/día	1000ton /año	cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	16.7	6	3	0	3	0
	2006	36.9	13	5	1	2	1
	2007	58.4	21	8	1	3	0
fase 2	2008	69.7	25	10	1	2	0
	2009	81.2	30	11	1	1	0
	2010	92.6	34	12	1	1	0
	2011	96.9	35	13	2	1	1
fase 3	2012	98.9	36	13	2	3	0
	2013	103	38	13	2	2	1
	2014	107.1	39	13	2	3	0
	2015	111	41	14	3	3	1

**Grupo Urbano 6 (FCP)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días	Cantidad de recolección	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
				Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
		ton/día	1000ton /año	cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	12.5	5	2	0	1	0
	2005	14.8	5	2	0	1	0
	2006	14.9	5	2	0	0	0
	2007	17.6	6	3	0	1	0
fase 2	2008	17.4	6	3	0	0	0
	2009	20	7	3	0	0	0
	2010	20.1	7	3	0	0	0
	2011	22.6	8	4	0	2	0
fase 3	2012	22.1	8	3	0	0	0
	2013	22.1	8	3	0	0	0
	2014	22.1	8	3	0	1	0
	2015	22.1	8	3	0	0	0

**Grupo Urbano 7 (FCP)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días	Cantidad de recolección	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
				Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
		ton/día	1000ton /año	cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	1.6	1	1	0	1	0
	2006	2.7	1	1	0	0	0
	2007	3.8	1	1	0	0	0
fase 2	2008	3.8	1	1	0	0	0
	2009	3.8	1	1	0	0	0
	2010	3.8	1	1	0	0	0
	2011	4.4	2	1	0	0	0
fase 3	2012	4.2	2	1	0	1	0
	2013	4.2	2	1	0	0	0
	2014	4.2	2	1	0	0	0
	2015	4.2	2	1	0	0	0



**Grupo Urbano 8 (FCP)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días	Cantidad de recolección	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
				Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
		ton/día	1000ton /año	cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	2.3	1	1	0	1	0
	2006	3.9	1	1	0	0	0
	2007	5.5	2	1	0	0	0
fase 2	2008	5.5	2	1	0	0	0
	2009	5.5	2	1	0	0	0
	2010	5.5	2	1	0	0	0
	2011	6.3	2	1	0	0	0
fase 3	2012	6.2	2	1	0	1	0
	2013	6.2	2	1	0	0	0
	2014	6.2	2	1	0	0	0
	2015	6.1	2	1	0	0	0

**Grupo Urbano 9 (SOL)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días	Cantidad de recolección	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
				Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
		ton/día	1000ton /año	cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	176.6	64	24	0	6	0
	2005	219.2	80	30	0	6	0
	2006	251.8	92	34	1	4	1
	2007	286.2	104	38	2	4	1
fase 2	2008	305.1	111	40	2	2	0
	2009	326.7	119	43	3	3	1
	2010	348.2	127	45	4	2	1
	2011	364.8	133	47	5	8	1
fase 3	2012	372.7	136	47	6	6	1
	2013	388.1	142	48	7	5	2
	2014	403.3	147	49	8	5	2
	2015	418.3	153	50	9	3	1

**Grupo Urbano 10 (SOL)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días	Cantidad de recolección	Cantidad requerida de vehículos		Compra de vehículos	
				Compactador	Camión de volteo	Compactador	Camión de volteo
		ton/día	1000ton /año	cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	0.8	0	1	0	1	0
	2006	1.3	0	1	0	0	0
	2007	1.8	1	1	0	0	0
fase 2	2008	1.8	1	1	0	0	0
	2009	1.9	1	1	0	0	0
	2010	2	1	1	0	0	0
	2011	2.2	1	1	0	0	0
fase 3	2012	2.2	1	1	0	1	0
	2013	2.3	1	1	0	0	0
	2014	2.3	1	1	0	0	0
	2015	2.4	1	1	0	0	0

**c. Tratamiento Intermedio (Compostaje)**

Los siguientes cuadros muestran como implementar el compostaje de residuos de poda.

**Cuadro H-136: Plan de Implementación del Compostaje de Residuos de Poda**

**Área de Estudio**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días ton/día	Cantidad de recolección 1000ton /año	Cantidad requerida de equipos		Compra de vehículos	
				Cargador frontal	Desfibradora	Cargador frontal	desfibradora
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
Fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	0	0	0	0	0	0
	2006	4.9	1.8	3	3	3	3
	2007	10.7	3.9	3	3	0	0
Fase 2	2008	17.3	6.3	4	3	1	0
	2009	24.9	9.1	4	4	0	1
	2010	33.2	12.1	6	4	2	0
	2011	41.9	15.3	6	6	0	2
Fase 3	2012	51.0	18.6	7	7	1	1
	2013	60.9	22.2	9	7	5	3
	2014	71.4	26.1	11	9	2	2
	2015	82.7	30.2	11	11	1	2

**Othón P Blanco**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días ton/día	Cantidad de recolección 1000ton /año	Cantidad requerida de equipos		Compra de vehículos	
				Cargador frontal	Desfibradora	Cargador frontal	desfibradora
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
Fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	0	0	0	0	0	0
	2006	2.2	0.8	2	2	2	2
	2007	4.7	1.7	2	2	0	0
Fase 2	2008	7.6	2.8	2	2	0	0
	2009	10.8	4.0	2	2	0	0
	2010	14.3	5.2	3	2	1	0
	2011	17.8	6.5	3	3	0	1
Fase 3	2012	21.4	7.8	3	3	0	0
	2013	25.2	9.2	4	3	3	2
	2014	29.2	10.7	5	4	1	1
	2015	33.5	12.2	5	5	0	1

**Solidaridad**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días ton/día	Cantidad de recolección 1000ton /año	Cantidad requerida de equipos		Compra de vehículos	
				Cargador frontal	Desfibradora	Cargador frontal	desfibradora
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
Fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	0	0	0	0	0	0
	2006	2.7	1.0	1	1	1	1
	2007	6.0	2.2	1	1	0	0
Fase 2	2008	9.7	3.5	2	1	1	0
	2009	14.1	5.1	2	2	0	1
	2010	18.9	6.9	3	2	1	0
	2011	24.1	8.8	3	3	0	1
Fase 3	2012	29.6	10.8	4	4	1	1
	2013	35.7	13.0	5	4	2	1
	2014	42.2	15.4	6	5	1	1
	2015	49.2	18.0	6	6	1	1

Cuadro H-137: Plan de Implementación para el Compostaje de Residuos de Poda  
 (por Grupos Urbanos)

**Grupo Urbano 1 (OPB)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días ton/día	Cantidad de recolección 1000ton /año	Cantidad requerida de equipos		Compra de vehículos	
				Cargador frontal	Desfibradora	Cargador frontal	desfibradora
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
Fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	0	0	0	0	0	0
	2006	1.7	0.6	1	1	1	1
	2007	3.5	1.3	1	1	0	0
Fase 2	2008	5.4	2.0	1	1	0	0
	2009	7.3	2.7	1	1	0	0
	2010	9.3	3.4	2	1	1	0
	2011	11.4	4.2	2	2	0	1
Fase 3	2012	13.5	4.9	2	2	0	0
	2013	15.7	5.7	2	2	1	1
	2014	18.0	6.6	3	2	1	0
	2015	20.4	7.4	3	3	0	1

**Grupo Urbano 5 (OPB)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días ton/día	Cantidad de recolección 1000ton /año	Cantidad requerida de equipos		Compra de vehículos	
				Cargador frontal	Desfibradora	Cargador frontal	desfibradora
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
Fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	0	0	0	0	0	0
	2006	0.5	0.2	1	1	1	1
	2007	1.2	0.4	1	1	0	0
Fase 2	2008	2.2	0.8	1	1	0	0
	2009	3.5	1.3	1	1	0	0
	2010	5.0	1.8	1	1	0	0
	2011	6.4	2.3	1	1	0	0
Fase 3	2012	7.9	2.9	1	1	0	0
	2013	9.5	3.5	2	1	2	1
	2014	11.2	4.1	2	2	0	1
	2015	13.1	4.8	2	2	0	0

**Grupo Urbano 9 (SOL)**

Fase	Año	Cantidad de recolección con base en 365 días ton/día	Cantidad de recolección 1000ton /año	Cantidad requerida de equipos		Compra de vehículos	
				Cargador frontal	Desfibradora	Cargador frontal	desfibradora
				cantidad	cantidad	cantidad	cantidad
Fase 1	2004	0	0	0	0	0	0
	2005	0	0	0	0	0	0
	2006	2.7	1.0	1	1	1	1
	2007	6.0	2.2	1	1	0	0
Fase 2	2008	9.7	3.5	2	1	1	0
	2009	14.1	5.1	2	2	0	1
	2010	18.9	6.9	3	2	1	0
	2011	24.1	8.8	3	3	0	1
Fase 3	2012	29.6	10.8	4	4	1	1
	2013	35.7	13.0	5	4	2	1
	2014	42.2	15.4	6	5	1	1
	2015	49.2	18.0	6	6	1	1

**d. Disposición Final**

El siguiente Cuadro indica cómo implementar la disposición final en los respectivos grupos urbanos.

Cuadro H-138: Plan de Implementación de la Disposición Final

Nivel de relleno sanitario	
1	Vertedero controlado
2	Vertedero cerrado
3	Relleno sanitario con control de gas
4	Relleno sanitario con control de lixiviados

Fase	Grupo Urbano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Municipio	OPB	OPB	OPB	OPB	OPB	FCP	FCP	FCP	SOL	SOL
Fase 1	2004	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1
	2005	3	1	1	1	2	1	1	1	3	1
	2006	3	2	1	2	2	2	1	1	3	1
	2007	3	2	1	2	3	2	1	1	3	1
Fase 2	2008	4	2	1	3	3	2	1	1	3	1
	2009	4	2	1	3	3	2	1	1	3	1
	2010	4	2	1	3	3	2	1	1	3	1
	2011	4	2	1	3	4	2	1	1	4	1
Fase 3	2012	4	2	1	3	4	2	1	1	4	1
	2013	4	2	1	3	4	2	1	1	4	1
	2014	4	2	1	3	4	2	1	1	4	1
	2015	4	2	1	3	4	2	1	1	4	1

## H.4 Examinación Ambiental Inicial

La Examinación ambiental inicial (IEE por sus siglas en inglés) es el procedimiento a través del cual se determina si se requiere o no de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA por sus siglas en inglés), además de determinar los tipos de impacto que deberían estudiarse a mayor profundidad. La primera se conoce como ‘*screening*’ o selección y la segunda como ‘*scoping*’ o enfoque. En la etapa del Plan Maestro, en la que únicamente se llevan a cabo diseños preliminares, la IEE es previa a la EIA.

### H.4.1 Perfil de la EIA

#### a. EIA a Nivel Nacional

La Evaluación de Impacto Ambiental se señala del artículo 28 al 35 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA). Los individuos o compañías que pretendan realizar alguna de las siguientes obras o actividades requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental a SEMARNAT:

- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;
- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;
- Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;
- Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, así como residuos radiactivos;
- Aprovechamientos forestales en selvas tropicales y especies de difícil regeneración;
- Plantaciones forestales;
- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;
- Parques industriales donde se prevea la realización de actividades altamente riesgosas;
- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros;
- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales;
- Obras en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación;
- Actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias que puedan poner en peligro la preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas, y
- Obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia federal, que puedan causar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente.

Para los efectos a que se refiere la sección anterior, SEMARNAT ‘notificará a los interesados su determinación para que sometan al procedimiento de evaluación de impacto ambiental la obra o actividad que corresponda, explicando las razones que lo justifiquen, con el propósito de que aquéllos presenten los informes, dictámenes y consideraciones que juzguen

convenientes, en un plazo no mayor a diez días. Una vez recibida la documentación de los interesados, la Secretaría, en un plazo no mayor a treinta días, les comunicará si procede o no la presentación de una manifestación de impacto ambiental, así como la modalidad y el plazo para hacerlo’.

El impacto ambiental que pudiesen ocasionar las obras o actividades no comprendidas en la sección anterior ‘será evaluado por las autoridades del Distrito Federal o de los Estados, con la participación de los municipios respectivos, cuando por su ubicación, dimensiones o características produzcan impactos ambientales significativos sobre el medio ambiente, y estén expresamente señalados en la legislación ambiental estatal’.

Puesto que los trabajos y actividades incluidos en el Plan Maestro de este estudio consisten en el manejo y tratamiento de residuos municipales, residuos industriales no peligrosos y aguas residuales, la Examinación ambiental inicial de los proyectos componentes del Plan Maestro debería realizarse en concordancia con la legislación ambiental estatal.

## **b. EIA a Nivel Estatal**

### **b.1 Regulación Estatal**

Con respecto al área de estudio, el procedimiento de la Evaluación de Impacto Ambiental se señala del artículo 24 al 39 de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental del Estado de Quintana Roo (LEEPA). El tipo de proyectos que debería sujetarse a los procedimientos de la EIA estatal son los siguientes:

- Obra pública;
- Vías de comunicación estatales y caminos rurales;
- Procesadoras de alimentos, rastros y frigoríficos; procesadoras de hule natural y sus derivados; procesadoras de bebidas, ladrilleras, textiles, maquiladoras, curtidurías, industria automotriz y del vidrio y sus derivados;
- Obras realizadas dentro de predios agropecuarios tales como almacenamientos pequeños para riego y control de avenidas;
- Instalaciones para captación de agua, para extraer volúmenes considerables, en los términos que se determinen en el reglamento de la ley;
- Corredores Industriales, Parques y Zonas Industriales, a excepción de aquellas en las que se prevean la realización de actividades altamente riesgosas de competencia federal;
- Exploración, explotación, extracción y procesamiento físico de sustancias que constituyan depósitos de naturaleza semejante a los componentes de los terrenos; tales como la roca y demás materiales pétreos, o productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales, construcción u ornamento de obras;
- Sistemas de manejo y disposición de residuos no peligrosos;
- Confinamientos, instalaciones de tratamiento o de eliminación de residuos domésticos e industriales no peligrosos;
- Fraccionamientos y unidades habitacionales, desarrollos inmobiliarios que no se encuentren en ecosistemas costeros y nuevos centros de población;

- Hoteles, restaurantes y centros comerciales que no se encuentren en zonas de jurisdicción Federal;
- Centrales de autotransporte público y privado de carácter estatal;
- Hospitales y establecimientos en donde se realicen actividades riesgosas;
- Las que se susciten de convenios o acuerdos de coordinación con el objeto de que el Estado asuma funciones de la Federación;
- Plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas de drenaje y alcantarillado, bordos, represamientos y plantas de potabilización de aguas;
- Granjas agrícolas o pecuarias de explotación intensiva;
- Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia estatal o municipal;
- Cambio de uso del suelo en terrenos considerados como acahuales; y
- Obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia estatal, que puedan causar desequilibrios ecológicos graves e irreparables daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y protección al ambiente.

Los proyectos integrantes del Plan Maestro concuerdan con los proyectos mencionados en la sección anterior. Debido a que no existen definiciones de la dimensión de los proyectos por ley obligados a sujetarse a la EIA, el Instituto de Impacto y Riesgo Ambiental (IIRA) decide y declara cuáles son los proyectos que deben sujetarse a procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental. El IIRA, organización independiente de SEDUMA desde el 25 de abril del 2003, contiene 5 departamentos (10 empleados): Administración y Finanzas, Asuntos Jurídicos, Impacto Ambiental, Riesgo Ambiental e Información Geográfica.

## **b.2 Procedimiento Estatal de Evaluación de Impacto Ambiental**

El procedimiento de la EIA en el estado se muestra en la Figura H-34. A continuación se indica el perfil del procedimiento.

### **1. Informe Preventivo**

Un primer informe preventivo en lugar de un informe de EIA deberá presentarse a IIRA cuando:

- Las Normas Oficiales Mexicanas se apliquen al proyecto;
- El proyecto sea parte de un programa de plan de desarrollo urbano
- El proyecto se localice en un Parque Industrial, y
- El proyecto no cause impacto ambiental alguno de acuerdo a criterios técnicos para el ambiente

El Informe preventivo deberá contener:

- El nombre y ubicación del proyecto
- Los datos generales del promovente
- Los datos generales del responsable de la elaboración del informe
- Las Normas Oficiales Mexicanas u otras disposiciones
- Al Plan Parcial de Desarrollo Urbano, o ordenamiento ecológico en el cual queda incluida la actividad
- A la autorización de la Secretaría del parque industrial, en el que se ubique la actividad



- La descripción general de la obra o actividad proyectada
- La identificación de las sustancias o productos que vayan a emplearse y que puedan impactar el ambiente, así como sus características físicas y químicas
- La identificación y estimación de las emisiones, descargas y residuos cuya generación se prevea, así como las medidas de control que se pretendan llevar a cabo
- Las acciones y medidas para la prevención y mitigación de los impactos ambientales
- Los planos de localización del área
- Las condiciones adicionales que se propongan por el IIRA

## 2. Evaluación de EIA

El IIRA comunicará a los proponentes de proyectos en un plazo de 30 días si el proyecto procede o no a la evaluación de impacto ambiental.

## 3. Informe en el periódico una vez al mes

El IIRA publica mensualmente una lista de informes preventivos en la Gaceta estatal

## 4. Informe EIA

El proyecto proponente presenta un informe de EIA al IIRA. El informe EIA se puede hacer únicamente por individuos u organizaciones registrados y certificados por IIRA. En el estado hay registrados más de 24 individuos y organizaciones que conducen Evaluaciones de Impacto Ambiental.

## 5. Integración del informe

El IIRA integra archivos en el plazo de 10 días con el objetivo de hacer accesibles los informes de EIA a los ciudadanos.

## 6. Informe en la Gaceta una vez al mes

El IIRA publica mensualmente una lista de informes preventivos en la Gaceta estatal

## 7. Modificación del proyecto

Si el proyecto se modifica después de ser presentado a una Evaluación de Impacto Ambiental, el promovente deberá notificar al IIRA de la modificación

## 8. Información adicional

En caso de que el IIRA requiera más información del proyecto modificado, el promovente deberá presentar información adicional al IIRA.

## 9. Informar al Municipio

El IIRA informará al municipio donde el proyecto se localiza, de que recibieron y evaluaron el informe EIA, en un plazo de 10 días después de haber sido presentado el informe.

#### 10. Solicitud de Consultación Pública

Cualquier ciudadano puede solicitar al IIRA que se lleve a cabo una consulta pública en un plazo de 10 días hábiles después de la publicación en la Gaceta estatal del reporte de EIA.

#### 11. Solicitud de mayor información.

En el caso de que el informe del EIA no presente suficiente información para ser evaluado, el IIRA puede solicitar a quien propone el proyecto dentro de un término de 15 días hábiles, que proporcione mayores informes acerca del mismo.

#### 12. Adicional EIA

Quien proponga el proyecto tiene que someter la información adicional al IIRA, dentro de un plazo de 30 días hábiles después de haber recibido la indicación, de no hacerlo así, el procedimiento de EIA puede concluirse.

#### 13. Determinación de consulta pública.

El IIRA notifica a quien proponga el proyecto, de su determinación de llevar a cabo una consulta pública o no, dentro de un plazo de 5 días hábiles después de haber recibido la petición por parte de algún ciudadano.

#### 15. Publicación de un resumen del proyecto en el diario de mayor circulación.

Quien proponga el proyecto publica en el diario más leído en el estado un resumen del proyecto, en un plazo de 5 días hábiles después de haber sido notificado por el IIRA.

#### 16. Solicitud del informe de IEA

Cualquier ciudadano de la comunidad de que se trate, puede solicitar al IIRA que se presente a la comunidad el informe de EIA dentro de un plazo de 5 días hábiles después de la publicación del resumen del proyecto.

#### 17. Entrega del informe de EIA a la comunidad.

El IIRA entrega el informe de EIA a la comunidad que lo solicitó.

#### 18. Preparación del material para su explicación.

Quien proponga el proyecto prepara el material necesario para explicación pública de los aspectos ambientales del mismo y de las medidas de Mitigación, esto en caso de que el IIRA decidiera organizar una junta pública.

#### 19. Preparación de junta pública.

El IIRA en coordinación con el ayuntamiento, puede organizar una junta pública dentro del plazo de 15 días hábiles después de la decisión de llevar a cabo una consulta pública, si el proyecto pudiera causar daños irreparables a la salud pública o al ecosistema.

20. Solicitud de medidas adicionales de mitigación.

Cualquiera que se encuentre interesado, puede proponer medidas adicionales de mitigación al IIRA en un plazo de 20 días hábiles después de la publicación del resumen del proyecto.

21. Medidas de mitigación.

Quien proponga el proyecto planeará medidas de mitigación y las someterá al IIRA si se le recomienda.

22. Decisión final.

El IIRA evalúa el informe de la EIA de acuerdo con las NOMs, programas de desarrollo urbano, ordenamientos ecológicos, áreas naturales protegidas y demás regulaciones dentro de un plazo de 60 días hábiles. En caso de que el proyecto sea complicado, el IIRA puede requerir como una excepción de 30 días hábiles más para la evaluación del informe de EIA.

El resultado de la evaluación puede ser uno de los siguientes:

- ✓ Aprobación.
- ✓ Aprobación condicionada.
- ✓ Rechazo.

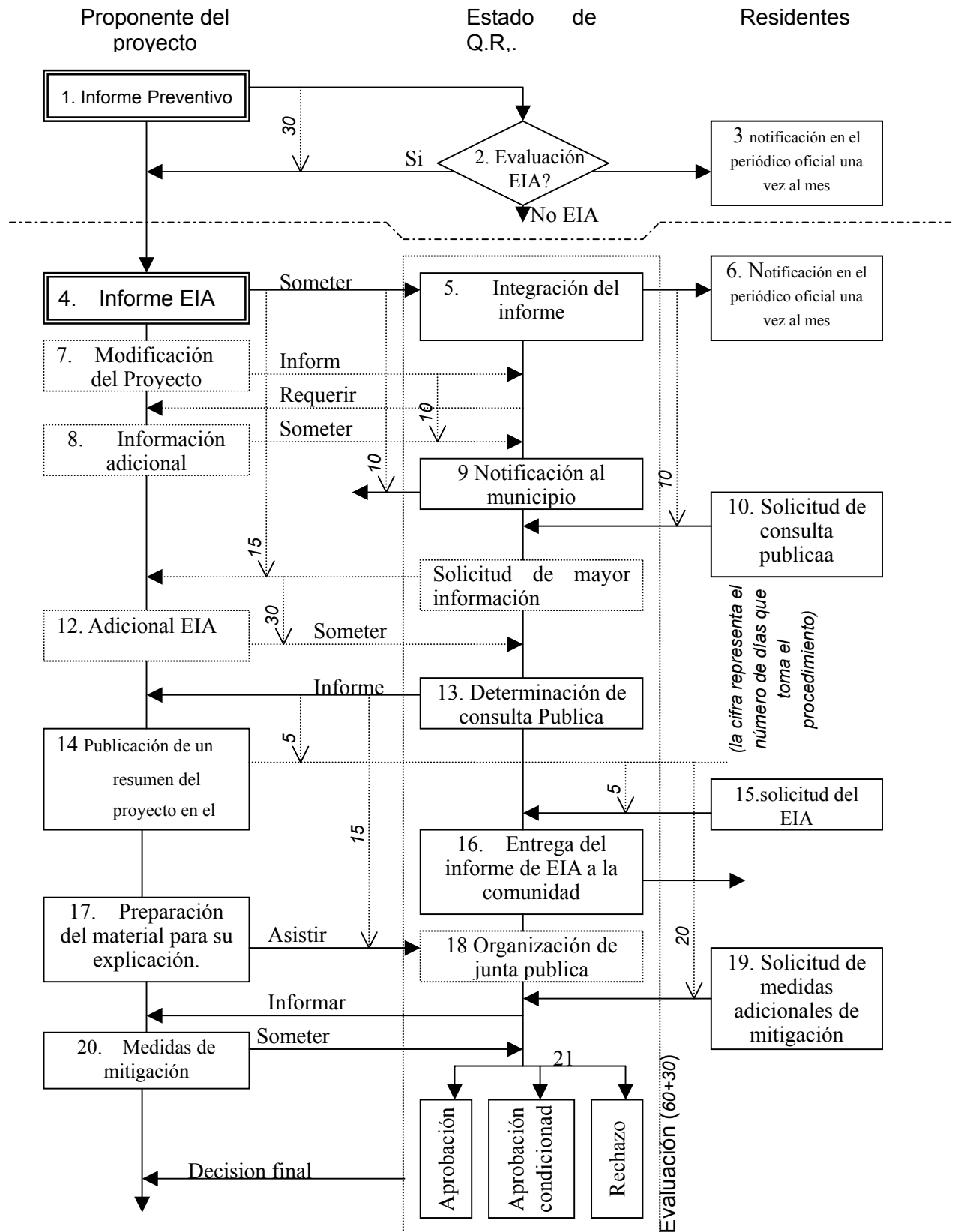


Figura H-34: procedimiento para la evaluación de impacto ambiental en Quintana Roo

### b.3 Contenido del Informe de EIA

El contenido del informe es el siguiente:

- I. Datos generales del solicitante
  - a) Nombre de la persona física o moral (empresa, organización, asociación)
  - b) Nacionalidad de la persona física o moral (empresa, organización, asociación)
  - c) Actividades de la empresa u organismo
  - d) Domicilio para oír y/o recibir notificaciones
  - e) Cámara o asociación a la que pertenece la empresa u organismo (citando el número de registro, fecha de ingreso y el registro federal de causantes)
  - f) Nombre del representante legal.
- II. Descripción de la obra o actividad proyectada en las etapas de: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento indicando lo siguiente:
  - a) Nombre del proyecto
  - b) Naturaleza del proyecto, dando una descripción detallada del proyecto en todas sus etapas, indicando:
    1. Materiales y sustancias que serán utilizadas
    2. Equipo e infraestructura requerida
    3. Recursos naturales que se afectarán y descripción de los impactos ambientales
    4. Fuente de suministro de energía eléctrica y/o combustible
    5. Requerimiento de agua cruda o potable
    6. Descripción del procedimiento de disposición, tratamiento y/o destino final de los residuos sólidos y líquidos
    7. En caso de utilizar materiales pétreos, comprobar su legal procedencia. (recibos de compra)
    8. Obra civil requerida para la preparación del terreno
    9. Requerimientos de mano de obra
    10. Obras y/o servicios de apoyo a utilizar
    11. Volúmenes que se pretenden explotar y/o producir (en caso de explotación de materiales pétreos)
    12. Sistema y/o procedimiento técnico que se utilizará para la extracción y/o transformación (en caso de materiales pétreos)
    13. Distancia existente desde la superficie al manto freático (en caso de explotación de materiales pétreos)
  - c) Vida útil del proyecto
  - d) Programa de trabajo
  - e) Ubicación física del proyecto (especificando municipio, localidad, micro y macrolocalización, medidas y colindancias)
  - f) Superficie disponible para el proyecto y área de desplante requerida, describiendo las actividades que se desarrollan en sus colindancias
  - g) Camino para marina y/o terrestre
  - h) Sitios alternativos para el desarrollo de la obra o actividad
  - i) Manifestar la cantidad, porcentaje y especies de recursos naturales que habrán de aprovecharse, así como el destino final de los no proyectados para su utilización
- III. Aspectos generales del medio natural y socioeconómicos del área donde se pretende desarrollar la obra o actividad
- IV. Congruencia de la obra o actividad con las regulaciones sobre el uso del suelo en el área correspondiente y con la normatividad del ordenamiento ecológico que rige en dicha zona.
- V. Identificación y descripción de los impactos ambientales que ocasionaría la ejecución de la obra o actividad en sus distintas etapas
- VI. Medidas de prevención y mitigación o compensación para cada uno de los impactos ambientales identificados en cada una de las diferentes etapas.
- VII. Descripción del posible escenario ambiental modificado para la obra o actividad que se trate.
- VIII. Requisitos documentales
  - a) Título de propiedad o equivalente
  - b) Acta constitutiva de la empresa
  - c) Conjunto de planos del proyecto, obra o actividad, firmados por el perito responsable de la

obra
d) Dictamen de compatibilidad de uso de suelo con relación al proyecto
e) Licencia de construcción
f) Factibilidad emitida por la Comisión Federal de Electricidad, para suministrar el servicio
g) Factibilidad de suministro de agua potable y/o drenaje por parte de la autoridad que corresponda
h) Factibilidad de la Comisión Nacional del Agua, en lo referente a: 1. Tratamientos de las aguas residuales 2. Perforación o utilización de pozo (s) profundo (s) para: • Aprovechamiento acuífero • Destino final de aguas residuales • Otros usos
i) Opinión de la Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional del Gobierno del Estado (en caso de fraccionamientos, unidades habitacionales, nuevos centros de población, caminos rurales, caminos de acceso, prolongaciones vialidades)
j) Programa de Recuperación del Área; elaborado por un prestador de servicios en materia de impacto ambiental autorizado por esta Secretaría (en caso de extracción de materiales pétreos y de acuerdo al formato anexo)
k) Programa de prevención de accidentes (en caso de estaciones de servicio de combustible y expendios)
l) Estudio de riesgo. (en caso de estaciones de servicio combustible y expendios)
m) Planos de instalación avalados por un prestador de servicio en la materia registrado en la Dirección de Protección Civil (en caso de estaciones de servicio de combustible y expendios)
n) Programa de operación de la planta (en caso de plantas de asfalto, concreto y trituradoras)

Fuente: IIRA (Instituto de Impacto y Riesgo Ambiental)

#### **b.4 Asuntos Ambientales para ser evaluados por la EIA**

A continuación se presenta una lista de asuntos ambientales para evaluarse por la EIA descritos en la LEEPA:

- Medio ambiente natural (Flora y Fauna, Paisaje)
- Contaminación (del aire, del agua/de los ecosistemas acuáticos, del suelo/subsuelo, ruido, vibración, energía térmica y lumínica)

Respecto al informe de evaluación de impacto ambiental de los tres proyectos de construcción de sitios de disposición planeados para los municipios de Othón P. Blanco, Felipe C Puerto y Solidaridad, se seleccionaron nueve o diez aspectos, como se aprecia en el siguiente cuadro.

Cuadro H-139: Aspectos ambientales seleccionados para la construcción de sitios de disposición final en el área de estudio

Aspectos ambientales		Chetumal en Othón P. Blanco	Felipe Carrillo Puerto en Felipe Carrillo Puerto	Tulum en Solidaridad
Socioeconómico	Empleo	○	○	○
	Economía Local & Regional	○	○	○
	Servicios	○	○	○
	Daños a la Salud Pública & Personal	○	○	○
Natural	Flora & Fauna	○	○	○
	Paisaje	X	○	○
	Aire	○	○	○
	Agua	○	○	○
	Suelo	○	○	○
	Ruido	○	○	○

Aunque no se ha establecido una guía estatal de EIA, algunos asuntos ambientales a considerarse son los siguientes, de acuerdo a la Guía de Presentación del Informe de Evaluación de Impacto Ambiental preparado por SEMARNAT.

- Calidad del aire
- Ruido y vibración
- Geología y geomorfología
- Agua superficial y agua subterránea
- Suelo
- Flora
- Fauna
- Paisaje
- Demografía
- Factores socioculturales
- Sector primario
  - Cambios en el uso de del suelo (agricultura, ganadería, forestal), influencia en pesca y el precio de la tierra, etc.
- Sector secundario
  - Número de trabajadores involucrados en el proyecto, tipo de servicios, incremento en las actividades comerciales, etc.

Se considera que el método dado a conocer por la directriz de JICA puede ser usada por la IEE debido a que ésta emplea un enfoque matriz en la que se incluyen 24 aspectos ambientales. Se presta atención a todos los aspectos de la etapa inicial ya que todos los aspectos mencionados arriba son incluyentes.

Los aspectos ambientales propuestos por JICA son los siguientes:

Medio ambiente social

- Repoblación
- Actividades económicas
- Transporte
- Instalaciones públicas
- División de la comunidad
- Herencia histórica/Propiedad cultural
- Derechos del agua/Derechos de acceso
- Salud pública
- Residuos
- Accidentes/Riesgos

#### Medio ambiente natural

- Topografía y geología
- Erosión del suelo
- Aguas subterráneas
- Condiciones hidrológicas
- Zonas costeras
- Fauna y flora
- Meteorología
- Paisaje/Estética

#### Contaminación

- Contaminación del aire
- Contaminación del agua
- Contaminación del suelo
- Ruido y vibración
- Asentamiento del Terreno
- Olor ofensivo



## **H.4.2 Examinación Ambiental Inicial**

La posibilidad de impacto ambiental debería considerarse al máximo dentro de la información disponible en esta etapa del Plan Maestro. La evaluación se clasifica jerárquicamente de la A a la D.

Rango A: Impactos serios pueden causarse.

Rango B: Algunos impactos pueden causarse.

Rango C: La extensión del impacto se desconoce debido a la falta de información suficiente, y/o depende de la ubicación del proyecto

Rango D: No habrá impacto alguno.

Para los aspectos clasificados como A, B o C, aquellos que serán explorados a mayor profundidad en el Estudio de Viabilidad, un plan de diseño detallado seguirá al Plan Maestro y los contenidos del trabajo serán definidos.

### **H.4.2.1 Evaluación de Aspectos Ambientales**

Aspectos ambientales de la directriz de JICA se listan en la primera columna del Cuadro H-140. En la segunda, tercera y cuarta columna, se explica en términos generales posibles impactos que pudieran ocurrir durante las etapas de construcción, operación y clausura del proyecto. Durante la etapa de construcción, la adquisición de terreno, derribe de árboles, ocupación de terreno, uso de equipo de construcción y construcción de vías de tráfico, serán las principales causas de impacto. Durante la siguiente etapa operativa, el transporte de residuos sólidos, la operación de maquinaria pesada y las instalaciones concernientes, son los factores causales. Después de la clausura del sitio de disposición, los rellenos sanitarios de lixiviados y gas descargados continuamente al sitio impactarán de manera significativa.

La mitad derecha de la tabla indica la evaluación de cada aspecto ambiental en rangos A-D, indicando dos componentes del Plan Maestro para la evaluación.

Cuadro H-140: Evaluación de Aspectos Ambientales (Boceto)

Aspectos de Evaluación	Posible Causa y Efecto				Plan Maestro		
	Construcción	Operación	Post clausura	Manejo de Aguas Residuales		Manejo de Residuos Sólidos	
				Rango	Razones	Rango	Razones
Medio ambiente social							
Reubicación	Reubicación de gente viviendo en el área propuesta o en la ruta de acceso			D	No hay necesidad de reubicar a ningún residente	D	No hay necesidad de reubicar a ningún residente
Actividades Económicas	Alteración de actividades económicas, Empleo	Empleo		B	Empleo de trabajadores. Nuevo personal puede ser empleado para operar la planta	B	Empleo de trabajadores. Nuevo personal puede ser empleado para operar el sitio de relleno sanitario
Transporte	Aumento en tráfico y accidentes	Aumento en tráfico y accidentes		C	El impacto depende de la ubicación del sitio	C	El impacto depende de la ubicación del sitio
Instalaciones públicas	Impacto en escuelas, hospitales, etc. por tráfico y ruido	Impacto en escuelas, hospitales, etc. por tráfico y ruido		C	El impacto depende de la ubicación del sitio	C	El impacto depende de la ubicación del sitio
División de la comunidad	Separación geográfica de la comunidad o interrupción de su comunicación			D	El área del proyecto no es tan grande como para separar a la comunidad	D	El área del proyecto no es tan grande como para separar a la comunidad
Herencia histórica/ Propiedades culturales	Pérdida y/o devaluación de herencia histórica o propiedades culturales como iglesias, sitios arqueológicos y bienes históricos	Desvalorización de ellos por vehículos de transporte de residuos que pasen cerca.		D	El sitio a elegir para el proyecto debe ser seleccionado evitando herencia histórica y propiedades culturales.	D	El sitio a elegir para el proyecto debe ser seleccionado evitando herencia histórica y propiedades culturales.
Derechos del agua/ Derechos de acceso	Obstrucción de derechos de pesca, derechos de agua y			D	El sitio propiedad del estado o el municipio será seleccionado y ni el	D	El sitio propiedad del estado o el municipio será seleccionado y ni el derecho

Aspectos de Evaluación	Posible Causa y Efecto				Plan Maestro		
	Construcción	Operación	Post clausura	Manejo de Aguas Residuales			
				Rango	Razones	Rango	Razones
Salud pública	derechos de acceso común	Degradación de la salud pública debido a residuos caídos de los vehículos recolectores, existencia de una gran cantidad de residuos en un área limitada, y/o proliferación de alimañas y/o patógenos.		D		B	al agua o al acceso será asociado con el derecho a la tierra  Los residuos son transportados por vehículos de compactación para minimizar la basura. La práctica de operación del relleno sanitario debería estar planeada con la finalidad de que el sitio no atraiga alimañas y/o patógenos.
Residuos	Generación de residuos de construcción y escombros			C		C	El impacto depende de la ubicación del sitio proyectado. En caso de selvas, se deben derribar varios árboles.
Accidentes/ Riesgos		Explosión en rellenos sanitarios de gas, intrusión de CO2 en viviendas, incendios, derrumbes		D		B	Como el sitio recibe únicamente residuos no peligrosos, no se causarán reacciones químicas. El diseño y práctica de la planta minimizará posibles riesgos.
Medio ambiente natural							
Topografía y geología	Cambios en topografía y geología valiosa debido a excavaciones	Cambios en topografía y geología valiosa debido a obras del relleno sanitario		D		D	Cambios en la topografía son inevitables, pero la topografía y geología del sitio no son particularmente valiosas
Erosión del suelo	Incremento en la			D		D	Vegetación será removida

Aspectos de Evaluación	Posible Causa y Efecto				Plan Maestro		
	Construcción	Operación	Post clausura	Manejo de Aguas Residuales			
				Rango	Razones	Rango	Razones
	erosión del suelo debido a la preparación de tierra y/o deforestación				para la construcción de instalaciones. Pero el sitio está diseñado y construido para prevenir la erosión del suelo.		para la preparación de celdas de relleno sanitario. Pero las obras del relleno sanitario empiezan después de la preparación de las celdas, evitando así la erosión del suelo.
Aguas subterráneas		Cambios en la calidad y nivel de las aguas subterráneas debido a lixiviados.		D	La planta está diseñada para que los lixiviados no se filtren al subsuelo	B	Debería emplearse una técnica de manejo de lixiviados apropiada
Condiciones hidrológicas	Cambios en descargas de ríos y cauces.	Cambios en la descarga del ríos y condiciones de cauce debido a la afluencia del sitio		D	No hay cuerpos superficiales de agua que puedan ser afectados.	D	No hay cuerpos superficiales de agua que puedan ser afectados.
Zonas costeras	Impactos en el medio ambiente costero	Impactos en el medio ambiente costero		D	No hay costas cerca del sitio. En caso de proyectos en áreas costeras, la EIA debería llevarse a cabo en concordancia con la Ley Federal.	D	No hay costas cerca del sitio. En caso de proyectos en áreas costeras, la EIA debería llevarse a cabo en concordancia con la Ley Federal.
Fauna & Flora	Alteraciones en la crianza de especies silvestres y/o su extinción debido a la interrupción o pérdida del hábitat.			C	Debe examinarse si hay alguna especie de flora o fauna en protección, el grado de importancia y la distancia entre los sitios hábitat.	C	Debe examinarse si hay alguna especie de flora o fauna en protección, el grado de importancia y la distancia entre los sitios hábitat.
Meteorología	Cambios en la temperatura, dirección del viento	Cambios en la temperatura, dirección del viento		D	El alcance del proyecto no es tan amplio como para causar problemas	D	El alcance del proyecto no es tan amplio como para causar problemas meteorológicos.

Aspectos de Evaluación	Posible Causa y Efecto				Plan Maestro		
	Construcción		Operación		Manejo de Aguas Residuales		Manejo de Residuos Sólidos
	Construcción	Operación	Post clausura	Rango	Razones	Rango	Razones
Paisaje y estética	y/o intensidad, etc. Cambios en el paisaje	y/o intensidad, etc. Pérdida de valores estéticos debido a la existencia de rellenos sanitarios o plantas de tratamiento de aguas residuales		B	meteorológicos. Las plantas pueden ocasionar cambios en el paisaje	B	El relleno sanitario puede causar cambios en el paisaje.
Contaminación							
Contaminación del aire	Deterioración de la calidad del aire debido al incremento de tráfico	Deterioración de la calidad del aire debido al incremento de tráfico y polvo de residuos, descargados por camiones, el gas de los rellenos sanitarios y/o polvo/humo del sitio de operación	Emisiones continuas de gas de rellenos sanitarios.	D	El tráfico no aumenta con excepción del transporte de personal. No se emiten contaminantes aéreos	B	El tráfico puede aumentar de su nivel actual. El polvo de obras del relleno sanitario debería ser minimizado. El control de gas en rellenos sanitarios debería considerarse.
Contaminación del agua	Deterioro de la calidad de aguas superficiales y subterráneas debido a la afluencia de arena/sedimentos del trabajo de preparación del terreno	Deterioro de la calidad de aguas superficiales y subterráneas debido a la afluencia de lixiviados del sitio.	Descarga continua de lixiviados	B	La descarga de agua tratada debería controlarse estrictamente.	B	Deberían emplearse técnicas apropiadas de manejo de lixiviados.
Contaminación del suelo		Contaminación del suelo por la filtración de lixiviados		D	Control en la descarga de agua tratada.	B	Deberían emplearse técnicas apropiadas de manejo de lixiviados.

Aspectos de Evaluación	Posible Causa y Efecto			Plan Maestro			
	Operación		Post clausura	Manejo de Aguas Residuales		Manejo de Residuos Sólidos	
	Construcción	Operación		Rango	Razones	Rango	Razones
Ruido y vibración	Ruido y vibración causados por la operación de la construcción o la construcción de vías.	Ruido y vibración causados por los vehículos recolectores y/o el equipo del relleno sanitario.		D	El nivel de ruido y vibración es insignificante	C	El impacto depende de la ubicación del sitio.
Asentamiento del terreno	Asentamiento del terreno debido a la deformación de tierra			D	El ablandamiento de tierra se limita únicamente al área de instalaciones.	D	El ablandamiento de tierra se limita únicamente al área del relleno sanitario.
Olor ofensivo		Olor causado por residuos dispersos de vehículos recolectores, residuos del sitio y/o de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.		B	Se adoptarán medidas de mitigación. Debería examinarse la dirección del viento y la ubicación de áreas residenciales.	B	Los residuos se guardan en vehículos recolectores. Después de llenarse, los residuos se cubren con tierra. Debería examinarse la dirección del viento y la ubicación de áreas residenciales.

#### H.4.2.2 Scoping o Enfoque de Asuntos Ambientales

En este trabajo se consideró el tipo de obras que deberían realizarse durante el proceso de evaluación inicial ambiental. En la siguiente tabla se resumen las obras.

Como la tabla indica, hay dos tipos de obras. Una consiste en la recolección de información y su examinación con el propósito de entender las causas y efectos posibles, y para planear las contramedidas si es necesario. La otra es la elaboración del diseño de plantas para mitigar impactos ambientales anticipados.

Cuadro H-141: Enfoque o “Scoping”

Aspectos de Evaluación	Manejo de Aguas Residuales		Manejo de Residuos Sólidos	
	Categoría	Descripción del Trabajo	Categoría	Descripción del Trabajo
Actividad Económica	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información sobre la economía local.</li> <li>Confirmar el cronograma de construcción de la instalación y plan del personal para la operación.</li> </ul>	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información sobre la economía local.</li> <li>Confirmar el plan del personal para la operación.</li> </ul>
Transporte	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información actual sobre tráfico, condiciones de las vías, y ubicación de áreas residenciales alrededor del sitio.</li> </ul>	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información actual sobre tráfico, condiciones de las vías y ubicación de áreas residenciales alrededor del sitio.</li> </ul>
Instalaciones Públicas	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información de instalaciones públicas y sus distancias hasta el sitio.</li> </ul>	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información sobre la ubicación de las instalaciones públicas a largo de la vía de transporte y sus distancias hasta el sitio.</li> </ul>
Salud Pública	-		B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegurar una adecuada operación del relleno para prevenir cualquier proliferación indebida de alimañas y/o patógenos.</li> </ul>
Residuos	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar el uso de suelo del sitio.</li> <li>Asegurar que los escombros serán dispuestos adecuadamente, si existe alguno.</li> </ul>	C	Verificar el uso del suelo del sitio.
Accidentes/ Riesgos	-		B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar la distancia desde el sitio hasta el área residencial.</li> <li>Asegurar que la adecuada operación del relleno minimice los posibles riesgos.</li> </ul>
Aguas Subterráneas	-		B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar la hidrología del agua subterránea.</li> <li>Obtener datos de línea base de la calidad del agua subterránea.</li> <li>Asegurar que las tecnologías de relleno son adecuadas de acuerdo con la hidrología del agua subterránea.</li> </ul>
Fauna &	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información</li> </ul>	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información</li> </ul>

Aspectos de Evaluación	Manejo de Aguas Residuales		Manejo de Residuos Sólidos	
	Categoría	Descripción del Trabajo	Categoría	Descripción del Trabajo
Flora		sobre la vida silvestre en el área. <ul style="list-style-type: none"> <li>Estudiar el nivel de impacto sobre ellos debido al proyecto en caso que existan especies importantes dentro del área de influencia.</li> </ul>		sobre la vida silvestre en el área. <ul style="list-style-type: none"> <li>Estudiar el nivel de impacto sobre ellos debido al proyecto en caso que existan especies importantes dentro del área de influencia.</li> </ul>
Estética del Paisaje/	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar los cambios en el paisaje y su impacto.</li> </ul>	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar el cambio en el paisaje y su impacto.</li> </ul>
Contaminación del Aire	-		B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información sobre la ruta del transporte de residuos</li> <li>Estudiar la meteorología</li> <li>Asegurar que las prácticas de relleno minimiza la generación de polvo de los residuos y controlar el gas del relleno.</li> </ul>
Contaminación del Agua	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información sobre la hidrología de las aguas superficiales.</li> <li>Obtener datos de línea base de la calidad del agua superficial.</li> <li>Asegura una instalación para la descarga del agua tratada.</li> </ul>	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información sobre la hidrología del agua superficial.</li> <li>Obtener datos de línea base sobre la calidad del agua superficial.</li> <li>Asegurar el diseño del relleno para controlar los lixiviados.</li> </ul>
Contaminación del Suelo	-		B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información sobre las características del suelo.</li> <li>Obtener datos de línea base sobre la calidad del suelo.</li> <li>Asegurar que se empleen medidas para controlar el lixiviado.</li> </ul>
Ruido y Vibración	-		C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar los niveles de ruido en el sitio y su periferia.</li> <li>Recolectar información de la ruta de transporte de los residuos.</li> </ul>
Olores Ofensivos	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información sobre la dirección del viento y ubicación de las áreas residenciales.</li> <li>Evaluar los impactos sobre las áreas residenciales y si se encuentran dentro del área de influencia.</li> <li>Asegurar la operación adecuada para minimizar el efecto de los olores.</li> </ul>	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar información sobre la dirección de los vientos y la ubicación de las áreas residenciales.</li> <li>Evaluar los impactos sobre el área residencial si se encuentra dentro del área de influencia.</li> </ul>



## H.5 Evaluación del Plan Maestro

### H.5.1 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 H-142: 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 dañada<sup>3</sup>. 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

<sup>3</sup> 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 Dólares<sup>4</sup>. 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*)<sup>5</sup>. 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 informa<sup>6</sup> 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

---

<sup>4</sup> SECTUR

<sup>5</sup> SEMARNAT

<sup>6</sup> 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 H-143: 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 H-144: 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 H-145: 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 Roo<sup>7</sup>. 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 H-146: 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.

<sup>7</sup> Programa Estatal de Desarrollo del Estado de Quintana Roo (PEDU)

Cuadro H-147: 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 H-148: 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 H-149 y la Figura H-35 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 H-149: 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

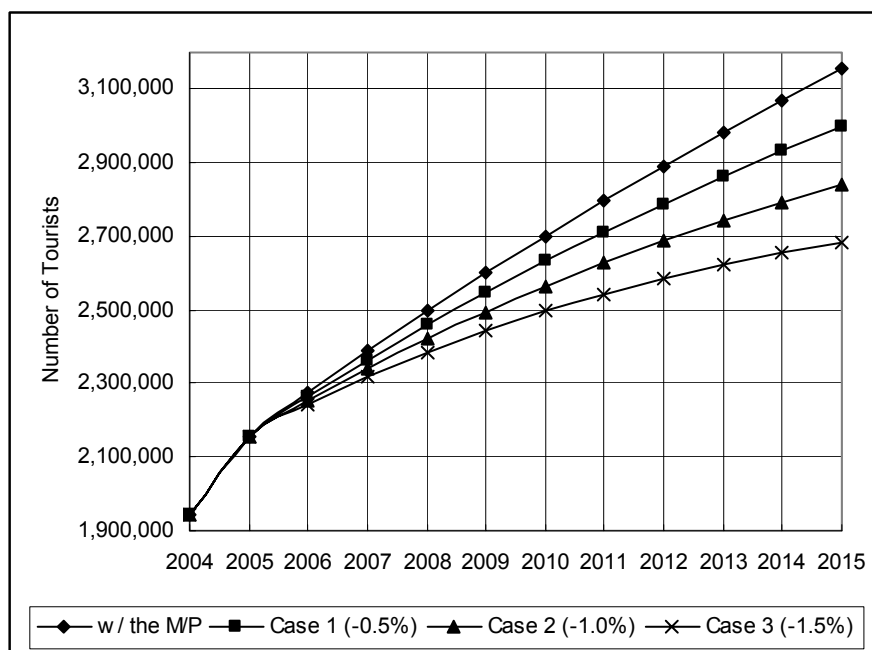


Figura H-35: Casos en Análisis de Sensibilidad



Cuadro H-150: 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 H-151: 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 H-152: 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 H-153: Resumen de la Evaluación Económica del Plan Maestro

No.	Beneficio	Evaluación
1	<b>Mantenimiento de atracciones para los turistas:</b> 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	<b>Preservación de la biodiversidad:</b> 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	<b>Protección de la fuente de agua para consumo humano:</b> 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.

## **H.5.2 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.

### **H.5.3 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.

#### **H.5.4 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.

#### **H.5.5 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.

#### **H.5.6 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.

# Capítulo I

---

---

*Recomendaciones sobre Manejo  
de Aguas Subterráneas*

## **Contenido**

Página:

<b>I</b>	<b>Recomendaciones sobre Manejo de Aguas Subterráneas</b>	<b>I-1</b>
I.1	Evaluación de Riesgos.....	I-1
I.2	Objetivo de Manejo.....	I-4
I.3	Medidas para Mejoramiento.....	I-6

## **Listado de Cuadros**

Página:

Cuadro I-1: Propuesta de Medidas de Mejoramiento Respecto al Manejo de Aguas Subterráneas .....	I-6
---	-----

# I 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.

## I.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.<sup>1</sup>

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 Roo<sup>2</sup>, se estima que aproximadamente 13,350 Mm<sup>3</sup>/año de agua recargan los acuíferos de piedra caliza. Por una parte, la cantidad aproximada de extracción es de 350 Mm<sup>3</sup>/año, lo que representa únicamente 2.6% de la recarga. Además, la evapotranspiración y descarga alcanza 6,300 Mm<sup>3</sup>/año (47.2%) y 5,850 Mm<sup>3</sup>/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

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

<sup>2</sup> 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 un elevación local del nivel de la interfase de agua dulce y de agua salada debajo de los pozos<sup>3</sup>. 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. En general, podría señalarse que tomando en consideración las cavidades mencionadas y la alta permeabilidad en la roca caliza, los riesgos de que el agua subterránea contaminada se extienda rápidamente sobre todo el sistema acuífero<sup>4</sup> son altos.
- 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

---

<sup>3</sup> Este fenómeno es conocido como desplazamiento vertical o *upconing*

agua salada subyacente al estrato de agua dulce. Además, las aguas residuales de 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.

---

<sup>4</sup> 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.

## I.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 deseados<sup>5</sup>. 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

---

<sup>5</sup> 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 resumen, 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 a la estandarización del diseño y la construcción de pozos de inyección, como por ejemplo 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.



### I.3 Medidas para Mejoramiento

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

Cuadro I-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	<p>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.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Recopilación de información respecto a pozos existentes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de información de usuarios y compañías perforadoras</li> <li>• Elaboración de un inventario de pozos</li> </ul> </li> <li>2) Recopilación de información relevante e implementación del SIG                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de materiales para el SIG (condiciones naturales, uso de la tierra, población, abastecimiento de agua, etc.)</li> <li>• Construcción del sistema SIG ligado al inventario de pozos</li> </ul> </li> <li>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"> <li>• Escenarios legales e institucionales</li> <li>• Mantenimiento de una base de datos (Actualización y modificación regular)</li> </ul> </li> </ol>
	Construcción de redes de Monitoreo	<p>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.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Mecanización de pozos de monitoreo existentes                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de la estructura de los pozos, niveles de agua y calidad</li> <li>• Mecanización en estaciones existentes</li> <li>• Visitas periódicas y chequeo de equipo</li> </ul> </li> <li>2) Expansión y construcción de las redes de monitoreo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de la información de los pozos existentes</li> <li>• Obtención de los niveles del agua subterránea en los pozos seleccionados</li> <li>• Interpretación de las condiciones geológicas</li> <li>• Estudio geofísico</li> <li>• Perforaciones de los pozos de monitoreo (obtener núcleos cuando sea necesario)</li> <li>• Análisis de la calidad del agua</li> <li>• Instalación de equipos</li> <li>• establecimiento de una metodología de recolección y procesamiento de registros de monitoreo</li> <li>• publicación anual de la información de monitoreo</li> </ul> </li> <li>3) Evaluación la información de monitoreo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• reunión de evaluación anual sostenida en CNA</li> <li>• guías administrativas basadas en la evaluación</li> <li>• investigaciones de campo</li> </ul> </li> </ol>

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