



Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia

**"EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DEL
SANEAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
MORELIA, MICH."**

ING. RAFAEL GODÍNEZ GARNICA

JULIO 2007

ÍNDICE

I. RESUMEN EJECUTIVO	1
1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO DEL PROYECTO	1
1.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO	2
1.3. ORIGEN DEL PROYECTO.....	3
1.4. IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS SOCIALES	3
1.5. IDENTIFICACIÓN DE COSTOS SOCIALES	3
1.6. FLUJO DE COSTOS Y BENEFICIOS SOCIALES	4
II. SITUACIÓN SIN PROYECTO Y POSIBLES SOLUCIONES	7
2.1. ANTECEDENTES Y ORIGEN DEL PROYECTO	7
2.2. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA POBLACIÓN.....	8
2.2.1. Población	8
2.2.2. Distribución de la población según sector de actividad	9
2.3. CONDICIONES DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE	10
2.4. SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO.....	11
2.4.1. Sistema de Alcantarillado.....	11
2.4.2. Sistema de Saneamiento	14
2.4.3. Aprovechamiento del Agua Residual y Agua Tratada	14
2.5. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE.....	18
2.6. ANÁLISIS DE LA OFERTA DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO.....	21
2.7. BALANCE OFERTA-DEMANDA SIN PROYECTO	23
2.8. SITUACIÓN SIN PROYECTO	24
2.9. CALIDAD DEL INFLUENTE.....	24
2.10. EFECTOS EN EL ENTORNO RELACIONADOS CON LAS AGUAS RESIDUALES.....	25
2.10.1. Salud de la población.....	25
2.10.2. Situación Sin Proyecto en el Valor de los Inmuebles de la Zona Urbana.....	29
2.10.3. Situación Sin Proyecto Riego Agrícola.....	36
2.10.4. Situación Sin Proyecto en la Industria	47
2.10.5. Situación Sin Proyecto en el Medio Ambiente	48
2.11. MEDIDAS DE OPTIMIZACIÓN	48
2.12. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	48

2.12.1.	PTAR Atapaneo	48
2.12.2.	PTAR Itzícuaru	50
2.12.2.1.	Selección de Sitios de las Plantas de Tratamiento	56
III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO		62
3.1.	OBJETIVO	62
3.2.	PROPOSITO.....	62
3.3.	COMPONENTES	63
3.4.	ACCIONES.....	64
3.5.	TIPO DE PROYECTO	64
3.6.	SECTOR ECONOMICO Y LOCALIZACION	64
3.6.1.	Planta de Tratamiento Atapaneo	65
3.6.2.	Planta de Tratamiento Itzícuaru	66
3.7.	MANIFESTACIÓN DEL EJECUTOR.....	67
3.7.1.	Técnica	67
3.7.2.	Ambiental.....	70
3.7.3.	Factibilidad Legal	71
3.8.	CAPACIDAD INSTALADA	73
3.9.	COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	73
3.10.	FUENTES DE RECURSOS	77
3.11.	SUPUESTOS ECONOMICOS.....	79
IV. SITUACIÓN CON PROYECTO		80
4.1.	SITUACIÓN CON PROYECTO PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES	80
4.1.1.	Descargas PTAR Atapaneo.....	80
4.1.2.	Descargas PTAR Itzícuaru	81
4.2.	SITUACIÓN CON PROYECTO DE LOS COSTOS DE SALUD.....	82
4.3.	SITUACIÓN CON PROYECTO PARA PREDIOS ALEDAÑOS A LOS CAUCES POR DONDE ESCURREN LAS AGUAS RESIDUALES.....	84
4.4.	SITUACIÓN CON PROYECTO PARA EL RIEGO AGRÍCOLA.....	85
4.5.	SITUACIÓN CON PROYECTO EN LA INDUSTRIA	96
	SITUACIÓN CON PROYECTO DEL ENTORNO AMBIENTAL.....	99
4.6.	BALANCE OFERTA-DEMANDA CON PROYECTO	100
V. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA		102

5.1.	CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS SOCIALES	102
5.1.1.	Costos de Inversión	102
5.1.2.	Costos de Operación y Mantenimiento	105
5.1.3.	Costos de operación y mantenimiento para el aprovechamiento del agua tratada .	105
5.2.	IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS SOCIALES .	106
5.2.1.	Cuantificación y valoración de beneficios en salud.....	106
5.2.2.	Incremento en el valor de los predios aledaños	108
5.2.3.	Mejora en la actividad agrícola	109
5.2.4.	Beneficios por el Aprovechamiento del Agua Residual Tratada en la Industria	112
5.2.5.	Beneficios por Mejora en el Medio Ambiente.....	113
5.3.	FLUJO DE COSTOS Y BENEFICIOS SOCIALES	113
5.4.	INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	117
5.5.	EVALUACIÓN DE LA ETAPA INICIAL DEL PROYECTO ITZÍCUIAROS	118
5.5.1.	Costos de Inversión	118
5.5.2.	Costos de Operación y Mantenimiento	119
5.5.3.	Costos de operación y mantenimiento para el aprovechamiento del agua tratada .	120
5.5.4.	Cuantificación y valoración de beneficios en salud.....	121
5.5.5.	Beneficios por Mejora en el Medio Ambiente.....	122
5.5.6.	Flujo de Costos y Beneficios Sociales	123
5.5.7.	Indicadores de Rentabilidad.....	123
VI.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGO.....	125
6.1.	REDUCCIÓN DE LOS BENEFICIOS	125
6.2.	INCREMENTO DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN	125
VII.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES	127
VIII.	ANEXOS.....	129
i.	PRINCIPALES ENFERMEDADES TRASMITIDAS POR AGUAS CONTAMINADAS	129
ii.	RESULTADO DEL ESTUDIO DE VALORES DE INMUEBLES DEL RÍO CHIQUITO	133



RESUMEN EJECUTIVO

1.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO DEL PROYECTO

La ciudad de Morelia cuenta con 616,425 habitantes, a los que les brinda el servicio de agua potable el Organismo Operados de Agua Potable y Saneamiento de Morelia (OOAPAS), el que para abastecer del líquido a sus usuarios utiliza principalmente dos fuentes superficiales, la presa de Cointzio y el manantial la Mintzita, así como una serie de pozos profundos. La capacidad de producción de todo el sistema en el año 2006 fue de 3.37 m³/seg.

La cobertura de agua potable en 2006 fue de 95.1%, sin embargo existe un gran número de colonias con el servicio tandeado, aproximadamente, el 72.5% de los usuarios. En lo referente al alcantarillado, la cobertura para este servicio en el mismo año fue del 95.3% con alrededor de 175 mil descargas domiciliarias.

De acuerdo a información proporcionada por el OOAPAS, actualmente se generan alrededor de 1,300 lps de aguas residuales, las cuales no reciben tratamiento alguno, por lo que se descarga dicho volumen a los cauces de los ríos Grande y Chiquito de Morelia, generando la degradación de estos cuerpos de agua. Y precisamente, la problemática actual reside en que no se tratan las aguas residuales de la ciudad de Morelia, lo que ocasiona que no se cumpla con la normatividad vigente y este hecho ha generado afectaciones en las zonas de riego, en la salud de las personas asentadas cerca de estos cauces y en general al medio ambiente.

Por lo anterior, el proyecto contempla construir dos plantas de tratamiento de aguas residuales una de 1,200 l.p.s. en el periodo 2005-2006 y otra de 210 l.p.s. iniciales en el año 2007 que crecerá paulatinamente en el horizonte de proyecto hasta 350 l.p.s., la cual estará dividida 5 módulos de 70 l.p.s. para, en primera instancia, sanear el total de las aguas servidas y con esto dar cumplimiento de la normatividad además de mejorar las necesidades de la zona de riego y aprovechar una parte del volumen tratado para comercializarlo con la industria.

Es importante aclarar que el financiamiento de ambas plantas incluye componentes del FINFRA, el cual tiene un porcentaje en la construcción de la planta de 1,200 lps y en los módulos iniciales de 210 lps. De los módulos restantes se definirá su estructura financiera cuando sea requerida.

A continuación se describe de forma general los procesos de tratamiento de cada una de las plantas:

PTAR Atapaneo, se basó en el sistema de filtros biológicos, con un gasto de diseño inicial de 1,200 lps, aplicados en un arreglo de tres módulos con un gasto de 400 lps cada uno. El proceso de tratamiento contemplado para esta planta es el siguiente:

- Tratamiento preliminar
- Sedimentador primario
- Filtros biológicos
- Reactor biológico
- Sedimentador secundario
- Unidades de desinfección
- Unidad de recirculación
- Tratamiento de lodos

PTAR los Itzícuaros, se basa en el sistema de lodos activados con modalidad aireación extendida y desinfección. Esta planta tendrá una capacidad total de 350 lps en el horizonte de evaluación, pero iniciará en el año 2007 con un gasto de diseño de 210 lps, aplicados en un arreglo de tres módulos con un gasto de 70 lps cada uno. Posteriormente, conforme crezca la población también lo hará la planta con la construcción de un módulo adicional en el 2011, con el que se tratarían 280 lps y uno más para llegar a 350 lps en el 2025. El proyecto Itzícuaros tendrá el siguiente proceso de tratamiento:

- Tratamiento preliminar
- Sedimentador primario
- Bio-P
- Lodos activados con aireación extendida
- Clarificación secundaria
- Floculación y coagulación
- Desinfección
- Tratamiento de lodos

1.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente estudio es determinar la rentabilidad socioeconómica del proyecto "Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Itzícuaros para Morelia, Mich." y emitir una recomendación en torno a la factibilidad económica en términos sociales de llevar a cabo este proyecto, aunque en forma complementaria también se muestran los datos actualizados de la evaluación del proyecto de la PTAR Atapaneo.

1.3. ORIGEN DEL PROYECTO

El caso particular de la ciudad de Morelia, actualmente descarga sus aguas residuales sin ningún tratamiento en los ríos Grande y Chiquito, que atraviesan por esta ciudad; para posteriormente desembocar en el lago de Cuitzeo, localizado al norte de Morelia. Esta situación representa un problema por el daño al medio ambiente, debido a que la contaminación de tales aguas rebasa los parámetros permitidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Por tal motivo, el OOAPAS, como autoridad responsable de las descargas de aguas residuales tiene entre sus objetivos prioritarios dar tratamiento al total de dichas aguas.

Por lo anterior se dio origen al proyecto "Saneamiento de las Aguas Residuales de Morelia, Michoacán", el cual tiene como objetivo mejorar la calidad de las aguas residuales vertidas en los cuerpos de agua de la región y evitar un deterioro del bienestar de la población asentada en la zona. Además de estar ligado al objetivo No. 2 del Plan de Nacional Hidráulico, de la Comisión Nacional del Agua que dice textualmente *"Se propiciara la ampliación de la cobertura y calidad de los servicios de agua potable alcantarillado y saneamiento"*

1.4. IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS SOCIALES

- a) **Disminución de costos de salud.** Corresponde al ahorro en costos por atención de enfermedades asociadas al contacto con aguas residuales que se presentan en la zona y que se evitarán con la ejecución del proyecto.
- b) **Incremento en el valor de los predios.** Al tratar el agua residual generada por la industria se mejorará la imagen de la zona y se incrementará el valor de los predios aledaños a los cauces donde actualmente se descarga el agua residual.
- c) **Incremento en el excedente agrícola.** Corresponde al incremento en el excedente económico de los agricultores, derivado de pasar del riego restringido, que únicamente permite regar prácticamente forrajes a un riego no restringido, resultado de mejorar las condiciones del agua utilizada para riego.
- d) **Aprovechamiento del agua en la industria.** Este beneficio se deriva de la sustitución de agua de pozo por agua tratada en la industria papelera CRISOBA.
- e) **Mejoramiento del medio ambiente.** Este beneficio únicamente se identificó pero no se cuantificó ni valoró.

1.5. IDENTIFICACIÓN DE COSTOS SOCIALES

Los costos identificados atribuibles al proyecto de ampliación de la planta de tratamiento se refieren principalmente a los siguientes:

- a) **Inversión.** Se refiere a los recursos requeridos para la construcción, equipamiento y trabajos complementarios de las dos PTAR's.
- b) **Operación y Mantenimiento.** Son los recursos adicionales requeridos para el tratamiento del agua residual, así como para el mantenimiento de las plantas.
- c) **Aprovechamiento del agua tratada.** Son los recursos adicionales requeridos para el aprovechamiento del agua tratada en la industria e incluye costos de inversión y costos de operación y mantenimiento del equipo requerido. En el caso del aprovechamiento del agua en predios agrícolas, la infraestructura ya está construida por lo que no se requieren costos adicionales.

1.6. FLUJO DE COSTOS Y BENEFICIOS SOCIALES

El flujo de costos y beneficios sociales para los primeros años de las dos plantas se presenta a continuación, el periodo de evaluación considerado para este análisis es de 20 años.

CUADRO 1.1 Flujo de costos de PTAR de Atapaneo (Pesos de 2007)

DESCRIPCIÓN \ AÑO	2004	2005	2006	2007	2008
INVERSIÓN					
COSTO DEL TERRENO	25,500,000				
PROYECTO EJECUTIVO EMISOR	3,610,015				
EMISOR	45,863,674	34,451,517	51,888,264		
PROYECTO EJECUTIVO PTAR	10,228,377				
EQUIPO DE PROCESO E INSTRUMENTOS	27,414,537	20,593,038	31,015,673		
CAJA DE DEMASÍAS, OBRA DE BY PASS Y LLEGADA A LA PLANTA	430,781	323,590	487,367		
PRETRATAMIENTO Y CÁRCAMO DE REBOMBEO	1,098,585	825,227	1,242,894		
ZONA DE CRIBADO	492,871	370,231	557,614		
TRATAMIENTO PRIMARIO Y SECUNDARIO	12,397,258	9,312,476	14,025,745		
DESINFECCIÓN	731,398	549,406	827,474		
CÁRCAMO DE REBOMBEO DE LODOS Y CANALES	1,248,060	937,508	1,412,004		
CANALES DE MEZCLA, MUROS Y VERTEDORES	221,683	166,522	250,803		
EDIFICACIONES Y OBRAS EXTERIORES	3,791,974	2,848,425	4,290,083		
OBRAS COMPLEMENTARIAS	5,337,195	4,009,153	6,038,282		
CANALES PLUVIALES Y DRENAJE DE SERVICIO	162,512	122,074	183,859		
OBRA DE DESCARGA A CUERPO RECEPTOR Y DISPOSICIÓN FINAL	1,213,367	911,448	1,372,753		
OBRA MECÁNICA (MONTAJE, TUBERÍA E INSTRUMENTOS)	3,703,465	2,781,940	4,189,947		
PLC, INSTRUMENTOS Y SOFTWARE	728,923	547,546	824,673		
EQUIPO DE VOCEO Y LABORATORIO	676,937	508,496	765,858		
PROCURA DE TUBERÍAS DE PROCESO	6,445,633	4,841,780	7,292,322		
OBRA ELÉCTRICA, SUBESTACIÓN, CCM, FUERZA, APARTARAYOS Y ALUMBRADO	5,688,004	4,272,671	6,435,173		
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO			7,240,476		
SUPERVISIÓN			10,003,642		
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					
FIJOS DE OPERACIÓN				12,350,813	12,350,813
VARIABLES DE OPERACIÓN				10,667,074	10,667,074
BENEFICIOS					
INCREMENTO EN EL EXCEDENTE NETO AGRÍCOLA					
SALUD				137,420	539,437
VALOR DE PREDIOS				0	0
VALOR DE RESCATE					
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	(156,985,248)	(88,373,049)	(150,344,907)	(22,880,468)	(22,478,451)

Fuente: Cálculos propios.

CUADRO 1.2 Flujo de costos de PTAR de Itzicuaros
(Pesos de 2007)

DESCRIPCIÓN \ AÑO	2007	2008	2009	2010	2011
INVERSIÓN					
COSTO DEL TERRENO	6,000,000				
PROYECTO EJECUTIVO	4,081,252				
OBRA CIVIL	16,879,490				
OBRA MECÁNICA	44,486,324				
OBRA ELÉCTRICA	5,125,499				
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	2,092,761				
SUPERVISIÓN	2,943,283				
SEGUROS Y FIANZAS	2,354,626				
MÓDULOS PTAR-1					
COSTOS ADICIONALES PTAR-1					
MÓDULOS PTAR-2					16,788,199
COLECTOR ZONA ALTA	6,240,142				
COLECTOR ZONA MEDIA	3,493,238				
COLECTOR ZONA PARALELO A EXISTENTE					4,960,881
EMISOR	2,755,074				
LINEA DE CONDUCCIÓN DE A.R.T 210 Ips	7,818,137				
LINEA DE CONDUCCIÓN DE A.R.T 150 Ips					5,863,603
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO					
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CONDUCCIÓN		762,554	762,554	762,554	1,317,899
FIJOS DE OPERACIÓN		4,316,422	4,316,422	4,316,422	4,316,422
VARIABLES DE OPERACIÓN		3,773,264	4,367,477	5,154,407	5,596,973
BENEFICIOS					
LIBERACIÓN DE AGUA DE POZO POR AGUA TRATADA		10,252,300	15,445,783	22,323,639	25,175,897
SALUD		631,750	637,196	642,567	647,848
VALOR DE RESCATE					
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	(104,269,828)	2,031,811	6,636,527	12,732,823	(16,808,442)

Fuente: Elaboración propia.

Es importante señalar que todos los costos fueron actualizados a precios de 2007, ya que se tenían datos de diferentes años.

Para determinar la conveniencia de ejecutar el proyecto se utilizó como criterio de decisión el Valor Actual Neto Social (VANS), el cual permite comparar los beneficios y costos del proyecto durante su vida útil. Para realizar la evaluación se consideró una vida útil de 20 años y una tasa social de descuento del 12%. Los resultados de la evaluación se presentan en el cuadro 1.3. La Tasa Interna de Retorno (TIR) en ambos proyectos es superior al 12% considerado como el costo de oportunidad de los recursos. En el caso de la Tasa de Retorno Inmediato (TIR), esta no fue estimada, debido a que los principales beneficios del proyecto dependen del momento de inicio del proyecto.

CUADRO 1.3 Valor Actual Neto Social del proyecto.

Concepto	Importe	TIR
ATAPANEO		
Valor Actual de Beneficios Sociales	\$1,082,021,418	
Valor Actual de Costos Sociales	\$694,743,117	
Valor Actual Neto Social	\$387,278,302	18.36%
ITZÍCUIAROS		
Valor Actual de Beneficios Sociales	\$235,550,884	
Valor Actual de Costos Sociales	\$215,459,601	
Valor Actual Neto Social	\$20,091,282	14.01%
Inversión Inicial ITZÍCUIAROS		
Valor Actual de Beneficios Sociales	\$194,873,452	
Valor Actual de Costos Sociales	\$180,744,206	
Valor Actual Neto Social	\$14,129,246	13.83%
SANEAMIENTO INTEGRAL MORELIA		
Valor Actual de Beneficios Sociales	\$1,317,572,302	
Valor Actual de Costos Sociales	\$910,202,718	
Valor Actual Neto Social	\$407,369,584	17.78%

Fuente: Elaboración propia.

Con la información proporcionada por el OOAPAS para la evaluación del proyecto, del cuadro 1.3 se concluye lo siguiente:

- El proyecto "Saneamiento de las Aguas Residuales de Morelia, Mich." es socialmente rentable, ya que se obtiene una ganancia para el país de **407.37 millones de pesos**. En caso de realizar únicamente la inversión inicial del proyecto Itzícuaros la sociedad se beneficiaría en **\$14.13 millones**.
- Es importante mencionar que con este proyecto, se reducirán las aguas residuales no tratadas en 41.01 millones de m³ el primer año de operación y llegando a 47.23 millones de m³ en el 2027, con lo que el medio ambiente se vería beneficiado al reducir la carga de contaminantes que se descargan en los cuerpos de agua de la zona.
- Cabe señalar que la parte del proyecto que se pondrá a consideración del comité de FINFRA es exclusivamente el de la PTAR Itzícuaros, la cual tiene un costo sin IVA de 78.88 millones de pesos, de la cual se tendrá una aportación del 40% sobre dicho monto que corresponde a 31.552 millones de pesos.



SITUACIÓN SIN PROYECTO Y POSIBLES SOLUCIONES

2.1. ANTECEDENTES Y ORIGEN DEL PROYECTO

Actualmente el crecimiento de la población y el desarrollo económico de la ciudad de Morelia, Michoacán, han acelerado el uso de sus recursos naturales; en algunos casos éstos tienden al agotamiento o al deterioro de su calidad; por tal motivo el compromiso del organismo operador de agua de la ciudad, de dotar de los servicios de agua potable y alcantarillado a sus habitantes, tiene una nueva preocupación; dotar de servicios que sean sustentables con su entorno, así es como nace la encomienda de invertir, no únicamente, en ampliar los servicios de agua para la ciudadanía, sino también de invertir en el saneamiento de las aguas servidas, para asumir los efectos negativos que conlleva el uso del agua potable en las ciudades.

Así pues, la contaminación de ciertos cuerpos receptores derivada de la descarga de aguas residuales representa una preocupación para las autoridades, en los tres niveles de gobierno, dados los efectos negativos que trae consigo para la población que habita cerca de esas descargas y el medio ambiente. Con la finalidad de preservar el medio ambiente, en el año de 1996 el gobierno federal aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

El caso particular de la ciudad de Morelia, actualmente descarga sus aguas residuales sin ningún tratamiento en los ríos Grande y Chiquito, que atraviesan por esta ciudad; para posteriormente desembocar en el lago de Cuitzeo, localizado al norte de Morelia. Esta situación representa un problema en el bienestar social por el daño al medio ambiente, debido a que la contaminación de tales aguas rebasa los parámetros permitidos por la Norma Oficial Mexicana antes citada. Por tal motivo, el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la ciudad, OOAPAS, como autoridad responsable de las descargas de aguas residuales tiene entre sus objetivos prioritarios dar tratamiento al total de dichas aguas.

Por lo anterior se dio origen al proyecto "Saneamiento de las Aguas Residuales de Morelia, Michoacán", el cual tiene como objetivo mejorar la calidad de las aguas que son desalojadas de la ciudad y vertidas en los cuerpos de agua de la región. A partir de lo anterior se espera cumplir con las condiciones establecidas por la normatividad nacional; además de evitar un deterioro en el bienestar de la población.

El objetivo del citado proyecto, es sanear las aguas residuales que se generan en la ciudad de Morelia para cumplir con las normas de descarga establecidas y al mismo tiempo contribuir a la mejora en el medio ambiente de la zona, en específico del lago de Cuitzeo, ya que este es el vaso en el que finalmente desembocan las aguas residuales de la ciudad.

En virtud de que el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C. (BANOBRAS) participará financieramente en este proyecto, a través del Fondo de Inversión en Infraestructura (FINFRA), es necesario realizar la evaluación socioeconómica del mismo.

La primera parte de este proyecto de saneamiento, lo cual corresponde a la planta Atapaneo y su emisor fue construido en el periodo 2005 y 2006, para lo cual se realizó el estudio socioeconómico del proyecto en el año 2002 comprobando la rentabilidad del proyecto, el cual fue entregado en su oportunidad a BANOBRAS.

Para dicho estudio, se evaluó considerando la planta Atapaneo exclusivamente, con capacidad modular suficiente para cubrir el crecimiento de las aguas residuales generadas por la ciudad en el horizonte de evaluación. Debido a las condiciones de la topografía e infraestructura de alcantarillado existente, se determinó la conveniencia operativa de ampliar la capacidad de tratamiento en el sitio denominado Itzícuaros y no en Atapaneo, por lo cual es necesario actualizar y adecuar el estudio de evaluación socioeconómica al cambiar la conceptualización del proyecto y el monto de inversión, para así solicitar su registro en la cartera de Programas y Proyectos de Inversión de la SHCP.

El presente estudio demuestra la rentabilidad del proyecto de inversión de las PTAR's tanto individualmente como en su conjunto.

2.2. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA POBLACIÓN

2.2.1. Población

El estado de Michoacán cuenta con 112 municipios que para el año 2000 tenía una población de 3,985,667 habitantes. Morelia concentraba a 620,532 personas, lo que representó aproximadamente el 16% de la población estatal¹. Para el 2005 el Estado contaba con 3'966,073 habitantes, es decir en aproximadamente 5 años la población del estado decreció el 0.1% en promedio anual.

CUADRO 2.1 Información Poblacional de Michoacán y Morelia

Población	Estado de Michoacán	Municipio de Morelia
Población Total 2000	3,985,667	620,532
Población Total 2005	3,966,073	684,145
Crecimiento Promedio Anual	-0.10%	1.97%

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2000, INEGI.

La proyección de la población a utilizar en el presente estudio se obtuvo de las proyecciones realizadas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) para el período 2000-2030, ver cuadro 2.2.

1. Censo de Población y Vivienda 2000 del INEGI.

CUADRO 2.2 Proyección de la Población de la Ciudad de Morelia

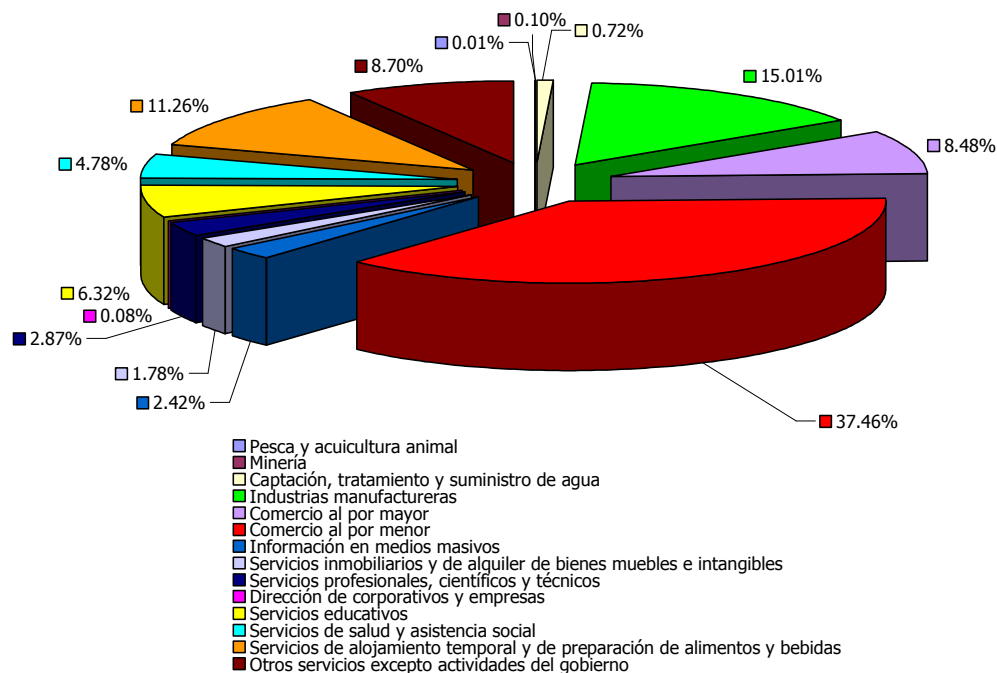
Año	Población	Año	Población
2000	573,070	2016	662,838
2001	580,093	2017	667,653
2002	586,763	2018	672,378
2003	593,149	2019	677,031
2004	599,267	2020	681,588
2005	605,146	2021	686,028
2006	610,859	2022	690,374
2007	616,425	2023	694,565
2008	621,901	2024	698,625
2009	627,262	2025	702,539
2010	632,549	2026	706,289
2011	637,748	2027	709,888
2012	642,901	2028	713,292
2013	647,972	2029	716,532
2014	652,994	2030	719,574
2015	657,953		

Fuente: Población a mitad de año de las localidades urbanas, 2000-2030; CONAPO.

2.2.2. Distribución de la población según sector de actividad

En la gráfica 2.1 se observa que el 37.46% de la población ocupada en la ciudad de Morelia se concentra en el sub-sector comercio al por menor, el 15.01% en industrias manufactureras; 11.26% en servicios de alojamiento y 8.7% trabaja en otros servicios excepto gobierno.

GRÁFICA 2.1 Distribución de la población ocupada en la ciudad de Morelia, Mich., promedio mensual, según rama de actividad, 2001.



Fuente: Elaboración propia con base en Censos Económicos INEGI, 2004.

2.3. CONDICIONES DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

El sistema de agua potable en la ciudad de Morelia se abastece de fuentes tanto superficiales como subterráneas, según datos del propio organismo, las aguas superficiales que aportan el 52% y las aguas subterráneas que aportan el 48% del agua que se consume en la ciudad. En el cuadro 2.3 se presentan los gastos por tipo de fuente del sistema de producción de agua potable de la ciudad.

CUADRO 2.3 Volumen Producido

Fuente de Abastecimiento	Gasto Medio Extraído l.p.s.	Volumen Hm³/año	% De la Producción Total
Subterránea			
Pozos Profundos	1,480.9	46.70	44.0%
Manantial San Miguel	80.3	2.53	2.4%
Manantiales	59.7	1.88	1.8%
Suma Subterránea	1,620.90	51.12	48.1%
Superficial			
La Mintzita	1,084.23	34.19	32.2%
Cointzio	662.80	20.90	19.7%
Suma Superficial	1,747.03	55.09	51.9%

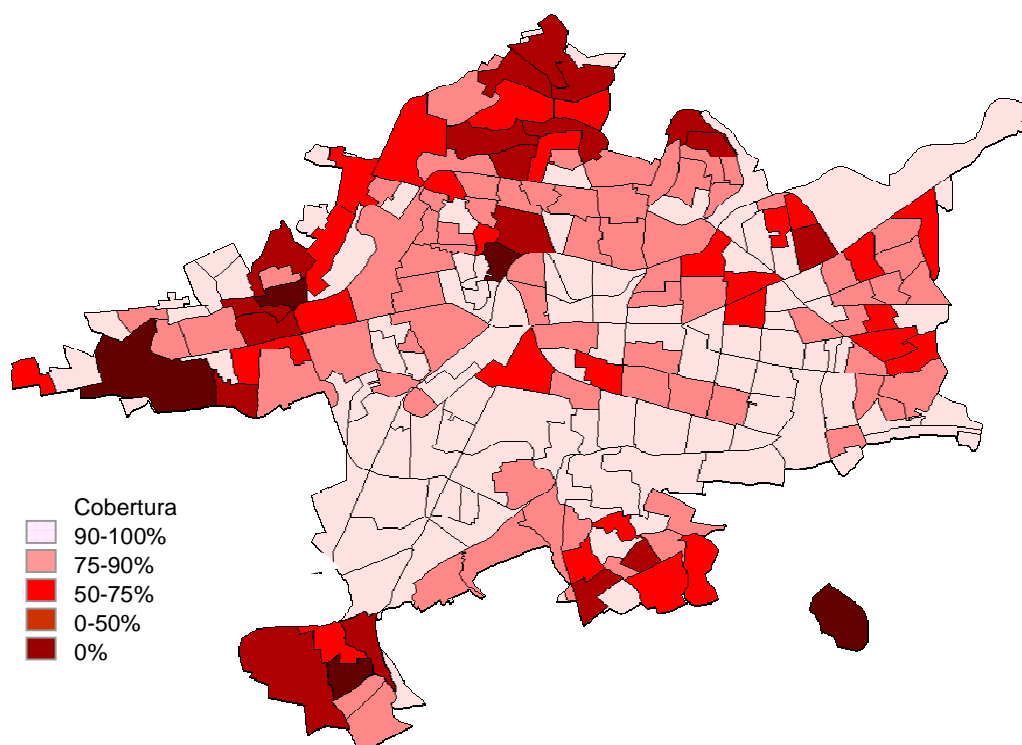
Fuente: Estudio de Diagnóstico Integral del Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Morelia, Mich.2003.

La cobertura de agua potable en la ciudad de Morelia a diciembre de 2006 es del 95.1%, sin embargo existe un gran número de colonias con el servicio tandeado, es decir, no existe continuidad en el servicio las 24 horas del día los 365 días del año, en este escenario se encuentran, aproximadamente, el 72.5% de los usuarios.

2.4. SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

2.4.1. Sistema de Alcantarillado

La cobertura del servicio de alcantarillado es del 95.3% a diciembre de 2006, lo que representa 175,030 descargas; en el estudio de diagnóstico integral realizado para el OOAPAS en el 2003 existían 143,141 descargas domiciliarias registradas en el padrón de usuarios del Organismo, las cuales se encuentran distribuidas como lo muestra la figura 2.1.

FIGURA 2.1 Habitantes con drenaje a red pública.

Fuente: Estudio de Diagnóstico Integral del Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Morelia, Mich.2003.

El sistema de alcantarillado de la ciudad funciona por gravedad, captándose en una serie de subcolectores y colectores, que a su vez descargan las aguas residuales sin tratamiento en los ríos Grande de Morelia y Chiquito. El río Grande de Morelia cruza la ciudad del suroeste al noreste para desembocar en el Lago de Cuitzeo; el río Chiquito se incorpora al río Grande en el noroeste de la mancha urbana de Morelia constituyendo, junto con otros arroyos de menor importancia que son afluentes de estos mismos, como el drenaje natural de la ciudad. Estas descargas de agua sin tratamiento ocasionan contaminación, malos olores, deterioro de la imagen urbana y un potencial riesgo de salud pública².

En el estudio de diagnóstico realizado en el 2003 para el OOAPAS, se aforaron los principales colectores de la ciudad obteniéndose un gasto medio de 838.56 l.p.s. que representan el 64% del total del agua residual generada, es decir que en total se generan aproximadamente 1,310.25 l.p.s., el cuadro 2.4 muestra el desglose de dicho gasto.

2 Estudio de Diagnóstico Integral del Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Morelia, Mich.2003

CUADRO 2.4 Principales descargas aforadas.

Descarga	Promedio l.p.s.
Colector Combatientes del Nusco	170.40
Colector Infonavit La Colina	65.11
M.D.R. Grande Colector Valladolid	199.61
M.D.R. Chiquito Colector Zamora (IMJUVE)"	163.60
M.D.R. Grande Plan de Los Olivos (Tubo de 0.91 m)	38.80
M.D.R. Grande Plan de los Olivos (Tubo de 1.83 m (centro))	46.37
M.D.R. Grande Plan de los Olivos (Tubo de 1.83 m (derecho))	113.42
Adolfo López Mateos (canal)	41.24
Total	838.56

Fuente: Estudio de Diagnóstico Integral del Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Morelia, Mich.2003.

Para determinar el volumen total de agua residual producida, se realizaron estimaciones del caudal consumido de agua potable y se utilizó un 20% de uso consuntivo del líquido, quedando el 80% restante de agua residual, en el cuadro 2.5 se muestran los volúmenes estimados, proyectados hasta el año 2030.

CUADRO 2.5 Proyección del Volumen Generado de Agua Residual

Año	Consumo de AP (m ³ /seg)	Generación de AR (m ³ /seg)
2007	1.63	1.30
2008	1.64	1.31
2009	1.65	1.32
2010	1.67	1.33
2011	1.68	1.35
2012	1.70	1.36
2013	1.71	1.37
2014	1.72	1.38
2015	1.74	1.39
2016	1.75	1.40
2017	1.76	1.41
2018	1.77	1.42
2019	1.79	1.43
2020	1.80	1.44
2021	1.81	1.45
2022	1.82	1.46
2023	1.83	1.47
2024	1.84	1.47
2025	1.85	1.48
2026	1.86	1.49
2027	1.87	1.50
2028	1.88	1.50
2029	1.89	1.51
2030	1.90	1.52

Fuente: Elaboración propia basándose en datos proporcionados por OOAPAS.

2.4.2. Sistema de Saneamiento

Actualmente no se cuenta con sistemas que den tratamiento a las aguas residuales de la ciudad de Morelia,

El "Estudio de Ingeniería Básica de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Morelia, Mich.", determina que de acuerdo con la concentración de contaminantes en el agua residual, esta se clasifica como agua municipal de concentración media, como resultado del muestreo y análisis de 60 descargas.

Algunos de los principales parámetros indicados en el estudio son:

Demanda Bioquímica de Oxígeno Total (DBO Total) = 272.2 mg/l

Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble (DBO Sol) = 153.7 mg/l

Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) = 186.6 mg/l

Demanda Bioquímica de Oxígeno: Nitrógeno: Fósforo (DBO:N:F) = 100:11:1.6

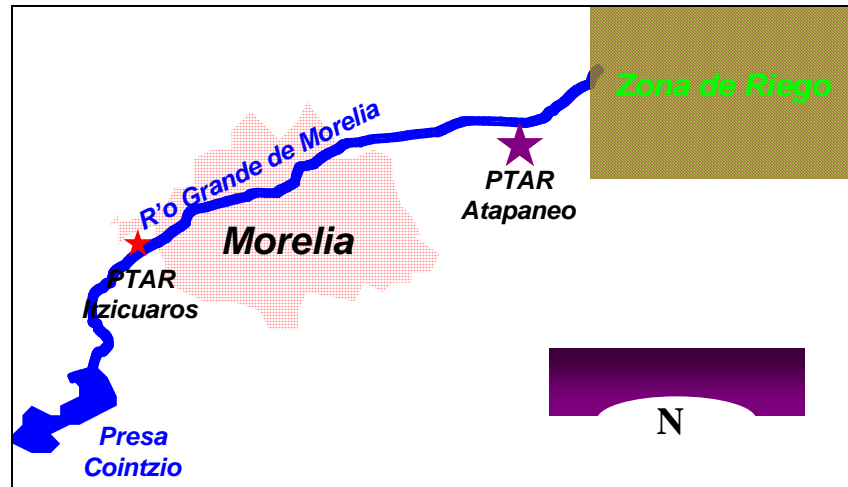
Estos valores son interpretados como que el agua contiene una gran cantidad de materia orgánica que solo podría ser removida mediante tratamiento biológico; pero por su relación de DBO:N:F no sería necesaria la adición de nutrientes. El estudio apunta que la concentración de grasas y aceites está dentro del rango de un agua con concentración entre débil y media. Finalmente, ninguna de las concentraciones de metales pesados representa un problema para un proceso biológico.

2.4.3. Aprovechamiento del Agua Residual y Agua Tratada

Dado que actualmente no se cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad, no existe un mercado de agua tratada, sin embargo el agua residual se utiliza para el riego agrícola, ya que las descargas de los colectores se hacen en los ríos Grande y Chiquito de Morelia, en cuyos cauces se mezclan con el agua proveniente de la presa Cointzio y con algunas otras pequeñas aportaciones de cauces menores existentes en la zona.

Es de suma importancia no perder de vista que el agua que se utiliza en riego agrícola, es la que proviene de la presa Cointzio, pero se mezcla con las descargas de aguas residuales que la ciudad de Morelia descarga en el Río Grande, ya que la zona de riego se encuentra aguas abajo de la ciudad. A continuación se presenta de forma esquemática la ubicación de las PTAR's que se evalúan y la zonas de aprovechamiento del agua.

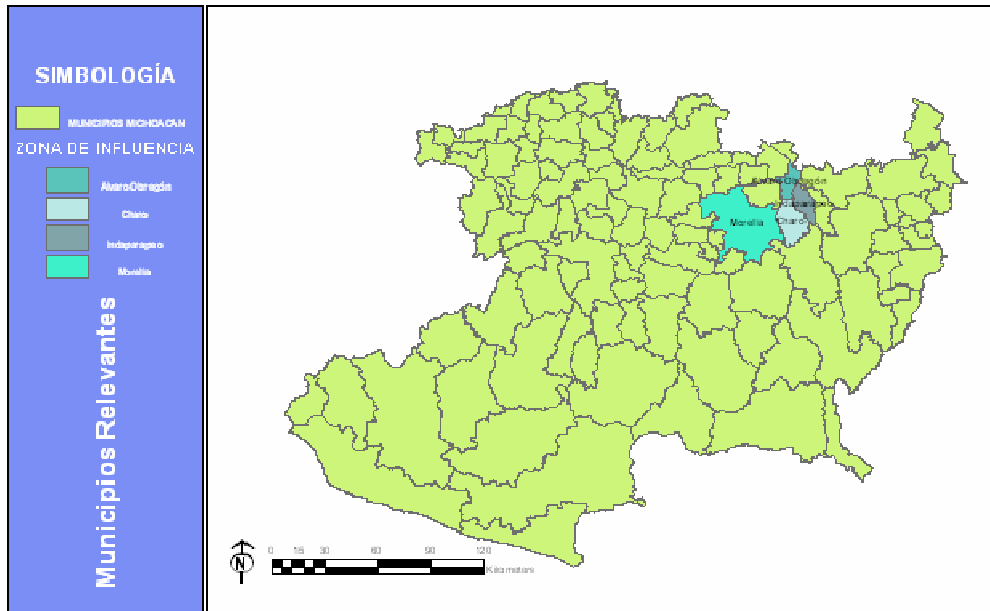
FIGURA 2.2 Zonas de Aprovechamiento del Agua Proveniente de Cointzio



Fuente: Elaboración propia.

Las zonas en que se reutiliza el agua residual, son los módulos II, III y IV del distrito de riego 020 Morelia-Queréndaro, que abarcan parte de los municipios de Morelia, Tarímbaro, Charo, Alvaro Obregón, Indaparapeo, Queréndaro y Zinapécuaro, los módulos mencionados se encuentran aguas abajo de la ciudad de Morelia; en ese tramo del trayecto ya están mezclados los volúmenes asignados para el riego de la presa y el agua residual proveniente de Morelia, lo que ha generado el detrimento de la rentabilidad agrícola en la zona, la figura 2.3 muestran los municipios de la zona de influencia.

FIGURA 2.3 Municipios de la Zona Agrícola que Utiliza Aguas Residuales



Fuente: Elaboración propia.

El deterioro en la rentabilidad consiste en que los cultivos que se permite regar son forrajes y no es posible regar otro tipo de cultivos que pudieran ser de mayor rentabilidad para los productores; esto ha sido un gran reclamo de los propios agricultores quienes han externado su desacuerdo en diversos foros, desde hace varios años, ya que no cuentan con la libertad de producir lo que más les convenga, por citar un ejemplo en XI congreso nacional de irrigación, los agricultores comentan lo siguiente al respecto de la transferencia del distrito a los usuarios:

"es significativo que todos los entrevistados de los módulos 2, 3 y 4 señalen que la transferencia no les ha resuelto el problema para ellos más importante: la contaminación de las aguas que reciben. De nada sirve, explican, que decidamos las cuotas de riego o nos encarguemos del mantenimiento de los canales, si no podemos decidir sobre los cultivos que sembramos, debido a que los más rentables, las hortalizas, están prohibidas por la contaminación de las aguas superficiales que desaloja la capital del estado. Esta demanda se vuelve más importante si consideramos que los precios de los principales cultivos del distrito han caído sensiblemente."

Por otra parte no sería posible ampliar la superficie destinada a forrajes y en especial la alfalfa, ya que los mismos técnicos de la CNA calculan que el agua no alcanzaría para la demanda que requiere ese cultivo³.

La superficie total del Distrito de Riego 020 es de 19,646 has. de las cuales el 69.2% corresponden a los módulos II, III y IV; ver cuadro 2.6. El distrito cuenta con 5,510 usuarios de los cuales el 80% son ejidatarios y el 20% restante, pequeños propietarios.

CUADRO 2.6. Módulos de riego en el Distrito de Riego 020

	Nombre de la Asociación	Superficie (Has.)	Usuarios
I	Asociación de usuarios aguas de Morelia	1,289	395
II	Asociación de usuarios del Río Grande de Morelia	1,135	386
III	Asociación de agricultores del Valle Álvaro Obregón Tarímbaro A. C.	8,813	2287
IV	Asociación de usuarios del canal de Zacapendo A. C.	3,651	900
V	Asociación de usuarios de la presa Malpais A. C.	4,758	1,342
	Total	19,646	5,510

Fuente: Distrito de Riego 020 Morelia-Querendaro

En los módulos regados con aguas residuales, la estructura de cultivos no ha presentado grandes variaciones del 2002 al 2006 como se muestra a continuación en el cuadro 2.7, donde se puede observar que la totalidad de los cultivos en 2006 son aquellos que por norma pueden ser regados con ese tipo de agua.

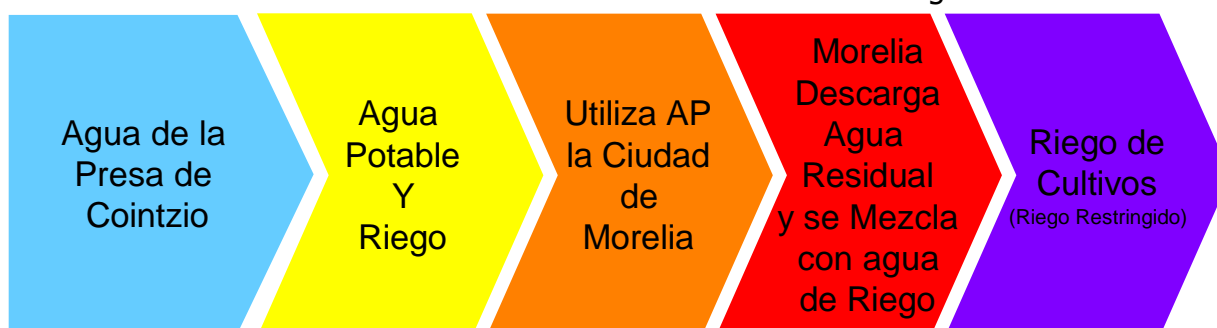
3 XI Congreso Nacional de Irrigación. Guanajuato, Guanajuato, México. 19-21/09/2001

CUADRO 2.7. Estructura de Cultivos en la Zona de Influencia

Cultivo	Superficie sembrada Has. 2002	Superficie sembrada Has. 2006
Cíclicos O-I		
Avena forraje	480	740
Cebada	242	30
Garbanzo forraje	91	60
Hortalizas	93	0
Janamargo	18	9
Trigo	1,550	1,694
Cíclicos P-V		
Frijol	33	0
Hortalizas	156	0
Maíz	5,773	4,381
Sorgo	4,006	2,144
Perennes		
Alfalfa	1,155	1,234
Total	13,597	10,292

Fuente: Distrito de Riego 020 Morelia-Querendaro.

En resumen, el agua residual que actualmente tiene un reuso en la zona, se presenta en el sector agrícola, más no por que sea una fuente adicional sino por que esta se mezcla con su principal fuente de abasto, afectándose de forma negativa el excedente económico de los agricultores, al obligarlos a trabajar con un esquema de cultivos basados en forrajes por contar con restricciones al riego, el siguiente esquema ilustra el trayecto del agua que abastece a la zona de riego.

FIGURA 2.4. Fuente de Abasto de Zona de Riego

Fuente: Elaboración propia.

2.5. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE

Para la estimación de la demanda de agua potable para la ciudad de Morelia, se partió de la población asentada en esta, cuyo último dato obtenido del Censo de Población y Vivienda 2005 nos indica que en el municipio radicaban 684,145 habitantes de los cuales el 88% reside en la capital del Estado, la proyección de la población se realizó con los valores de CONAPO que se presentaron en el cuadro 2.2.

Los consumos promedio por tipo de usuario, son los que se obtuvieron en el diagnóstico integral del OOAPAS y son los que se presentan en los cuadros 2.8 y 2.9, en los que se promedia los resultados de campo con los datos obtenidos de los registros del organismo así como de los valores comúnmente utilizados por Comisión Nacional del Agua para usuarios domésticos.

CUADRO 2.8 Resultados del estudio de consumos por zona socioeconómica

Nivel Socioeconómico	Mediciones en Muestras Aleatorias Representativas	Mediciones en los D.H.	MAPAS de la CNA	Promedio	Adoptado para la Proyección de la Demanda (lt/hab/día)
Residencial	218		300	259	240
Media	202	227	205	211	200
Popular	194	181	130	168	180
Popular A	156			156	150

Fuente: Estudio de Diagnóstico Integral del Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Morelia, Mich.2003.

CUADRO 2.9 Consumos por toma de otros usos

Tipo de Usuario	Mediciones en Muestras Aleatorias	Registro de Consumos del OOAPAS	Adoptado para la Proy. de la Demanda lt/Unid/día
Comercial	1,796	1,679	1,680
Industrial	4,429	4,054	4,055

Fuente: Estudio de Diagnóstico Integral del Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Morelia, Mich.2003.

Una vez determinados los consumos por tipo de usuario se procedió a estimar los porcentajes de la población, por tipo de usuario, con los datos obtenidos del OOAPAS, para lo cual primero se estimó el número de habitantes promedio por toma de los usuarios domésticos, así como la proporción de la población por tipo de usuario. El cuadro 2.10 muestra dichos porcentajes con respecto del total por tipo de usuario según datos COANPO del 2006.

CUADRO 2.10 Proporción Tomas Según Tipo de Usuario Respecto de la Población

Tipo de Usuario	No. de Tomas	% Respecto de la Población
Popular	57,469	9.89%
Popular A	15,327	2.64%
Medio	83,668	14.40%
Residencial	13,427	2.31%
Comercial	12,505	2.15%
Industrial	1,266	0.22%

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Con los datos obtenidos, se procedió a estimar la demanda por tipo de usuario para el periodo 2007-2030 cuyos resultados se presentan en el cuadro 2.11; en el caso de la demanda total del sistema se estimó una eficiencia física del 57.9% en el 2007, cifra que se incrementa a razón del 0.81% anual hasta el 2022 año en que según estimaciones del OOAPAS el organismo alcanzaría una eficiencia física del 70%.

CUADRO 2.11 Estimación de la Demanda de Agua Potable

Año	Población	Población cubierta	Consumo Popular	Consumo Popular A	Consumo Media	Consumo Residencial	Demanda Doméstico	Tomas Comerciales	Demanda Comercial	Tomas Industrial	Demanda Industrial	Consumo del Sistema	Pérdidas Sistema	Demanda Total
-	(Hab)	(Hab)	(m3/seg)	(m3/seg)	(m3/seg)	(m3/seg)	(m3/seg)	(tomas)	(m3/seg)	(tomas)	(m3/seg)	(m3/seg)	%	(m3/seg)
2007	616,425	586,220	0.41	0.11	0.67	0.13	1.32	12,619	0.25	1,278	0.06	1.63	42.1%	2.81
2008	621,901	591,428	0.42	0.11	0.67	0.13	1.33	12,731	0.25	1,289	0.06	1.64	41.3%	2.79
2009	627,262	596,526	0.42	0.11	0.68	0.13	1.34	12,841	0.25	1,300	0.06	1.65	40.5%	2.78
2010	632,549	601,554	0.42	0.11	0.69	0.13	1.35	12,949	0.25	1,311	0.06	1.67	39.7%	2.77
2011	637,748	606,498	0.43	0.11	0.69	0.13	1.37	13,055	0.25	1,322	0.06	1.68	38.9%	2.75
2012	642,901	611,399	0.43	0.11	0.70	0.13	1.38	13,161	0.26	1,332	0.06	1.70	38.1%	2.74
2013	647,972	616,221	0.43	0.12	0.70	0.14	1.39	13,265	0.26	1,343	0.06	1.71	37.3%	2.72
2014	652,994	620,997	0.44	0.12	0.71	0.14	1.40	13,368	0.26	1,353	0.06	1.72	36.5%	2.71
2015	657,953	625,713	0.44	0.12	0.71	0.14	1.41	13,469	0.26	1,364	0.06	1.74	35.6%	2.70
2016	662,838	630,359	0.44	0.12	0.72	0.14	1.42	13,569	0.26	1,374	0.06	1.75	34.8%	2.68
2017	667,653	634,938	0.45	0.12	0.72	0.14	1.43	13,668	0.27	1,384	0.06	1.76	34.0%	2.67
2018	672,378	639,431	0.45	0.12	0.73	0.14	1.44	13,764	0.27	1,393	0.07	1.77	33.2%	2.66
2019	677,031	643,856	0.45	0.12	0.73	0.14	1.45	13,860	0.27	1,403	0.07	1.79	32.4%	2.64
2020	681,588	648,190	0.46	0.12	0.74	0.14	1.46	13,953	0.27	1,413	0.07	1.80	31.6%	2.63
2021	686,028	652,413	0.46	0.12	0.74	0.14	1.47	14,044	0.27	1,422	0.07	1.81	30.8%	2.61
2022	690,374	656,546	0.46	0.12	0.75	0.14	1.48	14,133	0.27	1,431	0.07	1.82	30.0%	2.60
2023	694,565	660,531	0.47	0.12	0.75	0.15	1.49	14,219	0.28	1,439	0.07	1.83	30.0%	2.62
2024	698,625	664,392	0.47	0.12	0.76	0.15	1.50	14,302	0.28	1,448	0.07	1.84	30.0%	2.63
2025	702,539	668,115	0.47	0.13	0.76	0.15	1.50	14,382	0.28	1,456	0.07	1.85	30.0%	2.65
2026	706,289	671,681	0.47	0.13	0.77	0.15	1.51	14,459	0.28	1,464	0.07	1.86	30.0%	2.66
2027	709,888	675,103	0.48	0.13	0.77	0.15	1.52	14,532	0.28	1,471	0.07	1.87	30.0%	2.67
2028	713,292	678,341	0.48	0.13	0.77	0.15	1.53	14,602	0.28	1,478	0.07	1.88	30.0%	2.69
2029	716,532	681,422	0.48	0.13	0.78	0.15	1.53	14,668	0.29	1,485	0.07	1.89	30.0%	2.70
2030	719,574	684,315	0.48	0.13	0.78	0.15	1.54	14,731	0.29	1,491	0.07	1.90	30.0%	2.71

Como se muestra en el cuadro anterior, la demanda de agua potable para el 2007 se estima será de 1.63 m³/seg., esto sin contar las pérdidas físicas del sistema, lo que genera que la producción para este año tendrá que ser de 2.81 m³/seg. Cabe señalar que para optimizar la situación actual de la demanda de agua potable, se contempló el programa de disminución de pérdidas físicas.

En el caso de la demanda por el servicio de alcantarillado, se estimó el volumen de agua que generan los usuarios con una cobertura del 95.3% y un uso consuntivo del 20%, para el 2007 sería de 1.30 m³/seg., ver cuadro 2.12.

CUADRO 2.12 Proyección del Volumen Generado de Agua Residual

Año	Consumo de AP (m ³ /seg)	Generación de AR (m ³ /seg)
2007	1.63	1.30
2008	1.64	1.31
2009	1.65	1.32
2010	1.67	1.33
2011	1.68	1.35
2012	1.70	1.36
2013	1.71	1.37
2014	1.72	1.38
2015	1.74	1.39
2016	1.75	1.40
2017	1.76	1.41
2018	1.77	1.42
2019	1.79	1.43
2020	1.80	1.44
2021	1.81	1.45
2022	1.82	1.46
2023	1.83	1.47
2024	1.84	1.47
2025	1.85	1.48
2026	1.86	1.49
2027	1.87	1.50
2028	1.88	1.50
2029	1.89	1.51
2030	1.90	1.52

Fuente: Elaboración propia basándose en datos proporcionados por OOAPAS.

2.6. ANÁLISIS DE LA OFERTA DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

Para el 2006, el OOAPAS reportó una cobertura del servicio de agua potable del 95.1% y de alcantarillado del 95.3%. El servicio se proporciona a través de 169,891 tomas domésticas y 161,906 conexiones al alcantarillado. Se cuenta con equipo de micromedición en el 51.4% de las tomas. Del universo de usuarios con servicio, únicamente el 27.5% de éstos tiene servicio diario y el 72.5% restante tiene servicio tandeado.

La oferta de agua potable para la ciudad de Morelia se muestra en el cuadro 2.13, el volumen total ofertado es de 3.367 m³/seg., del cual cerca del 52% proviene de fuentes superficiales y el 48% restante de pozos y manantiales.

CUADRO 2.13 Volumen Producido

Fuente de Abastecimiento	Gasto Medio Extraído l.p.s.	Volumen Hm ³ /año
Subterránea		
Pozos Profundos	1,480.9	46.70
Manantial San Miguel	80.3	2.53
Manantiales	59.7	1.88
Suma Subterránea	1,620.90	51.12
Superficial		
La Mintzita	1,084.23	34.19
Cointzio	662.80	20.90
Suma Superficial	1,747.03	55.09

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS.

En el caso del alcantarillado, la red cuenta con 677 km de longitud con diámetros que van de los 20 cm a los 183 cm, la tubería es de concreto en el cuadro 2.14 se presenta la composición de la red de drenaje de la ciudad. La red principal, básicamente consiste en los colectores marginales del Río Grande y Río Chiquito, los cuales tienen una capacidad limitada, que es superada por las necesidades futuras, por lo que es necesario analizar la posibilidad de contar con dos o tres plantas de tratamiento para toda la ciudad, ubicándose de manera estratégica en función de las áreas de influencia.

CUADRO 2.14 "Constitución de la Red de Drenaje de la Ciudad de Morelia, Mich."

Diámetro		Tubería	Longitud
cm	pulg	Concreto	m
20	8	Simple	98,900
25	10	Simple	168,500
30	12	Simple	252,700
38	15	Simple	54,900
45	18	Reforzado	36,500
61	24	Reforzado	33,500
76	30	Reforzado	16,260
91	36	Reforzado	5,420
107	42	Reforzado	2,100
122	48	Reforzado	5,520
152	60	Reforzado	2,750
183	72	Reforzado	720
TOTAL			677,770

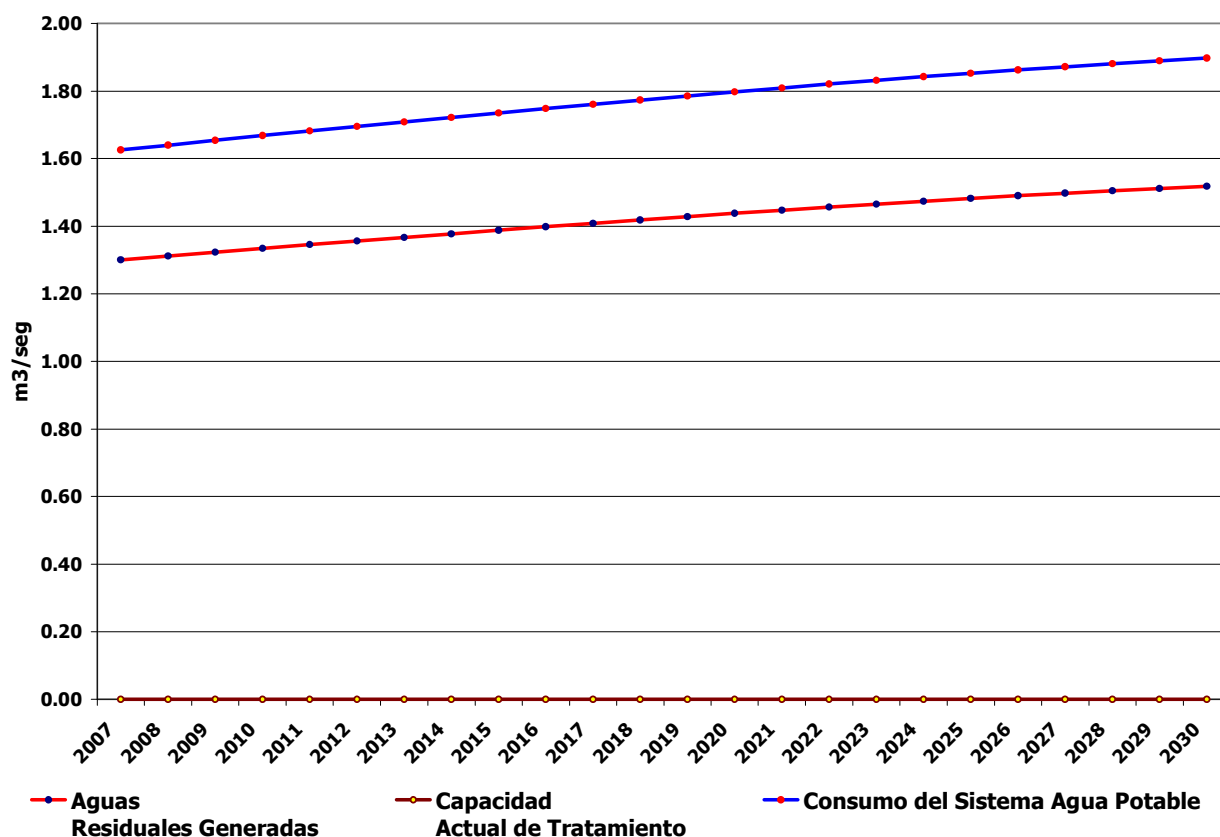
Fuente: Estudio de Diagnóstico Integral del Sistema de Agua Potable y Saneamiento de Morelia, Mich.2003.

La oferta de saneamiento para la ciudad de Morelia es nula hasta el año 2006 ya que no había en operación ninguna planta de tratamiento, de ahí la importancia de contar con un sistema de PTAR's que realicen el saneamiento de las aguas residuales y se complemente con el proyecto de la ampliación de la capacidad.

2.7. BALANCE OFERTA-DEMANDA SIN PROYECTO

Partiendo de los datos actuales de la oferta y la proyección de la demanda del sistema se estimo el balance Oferta-Demanda de la capacidad de tratamiento en la situación actual para la ciudad de Morelia, ver gráfica 2.2.

GRÁFICA 2.2 Balance Oferta-Demanda del Saneamiento Situación Actual



Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la gráfica, actualmente no existe oferta alguna para dar tratamiento de las aguas residuales de Morelia, lo que genera un déficit de 1.30 m³/seg , déficit que año con año se incrementará de no realizar acción alguna para dar tratamiento a las aguas residuales.

La principal problemática reside en que se están arrojando a los cauces de los ríos Grande y Chiquito de Morelia cerca de 1,300 lps de aguas residuales sin tratamiento y por tal motivo, el proyecto contempla la construcción de dos PTAR's para dar cumplimiento a la normatividad y mejorar las condiciones en los habitantes asentados en las márgenes, así como mejorar las condiciones en la zona de riego.

2.8. SITUACIÓN SIN PROYECTO

La situación sin proyecto consiste en la situación actual optimizada; en lo referente al sistema de saneamiento del proyecto, las optimizaciones pueden ser por un lado, proyectos que ya se estén ejecutando o estén dentro del programa de inversiones del organismo en el corto plazo, por otra parte, también pueden ser medidas administrativas que mejoren en cierta medida la operación actual del sistema de saneamiento. La finalidad de estas optimizaciones es no sobrevalorar los beneficios del proyecto o atribuirle beneficios que pudieran obtenerse sin la necesidad de invertir en el proyecto que se evalúa.

Una vez comentado lo anterior, para el presente análisis no se identificaron medidas de optimización para mejorar la situación del saneamiento de las aguas residuales de la ciudad de Morelia. Y por tal motivo la situación actual corresponderá a la situación sin proyecto.

2.9. CALIDAD DEL INFLUENTE

Los valores utilizados para definir la calidad de diseño considerada en las alternativas de tratamiento fueron tomados de los resultados medios ponderados obtenidos por Montgomery Watson México, S.A. de C.V. durante el monitoreo de las 60 descargas más importantes que generan el agua residual de la ciudad de Morelia, situándose en los niveles de calidad que se describen en el cuadro 2.15.

CUADRO 2.15 Calidad del Influyente, para el Estudio de Alternativas de la PTAR, Morelia

Parámetro	Valor	Unidades
Temperatura de verano	28	°C
Temperatura de invierno	14.4	°C
Sólidos suspendidos totales	259	Mg/l
Sólidos suspendidos volátiles	187	Mg/l
DBO ₅ total	272	Mg/l
DBO ₅ disuelta	154	Mg/l
DQO total	530	Mg/l
DQO disuelta	230	Mg/l
P H	7.12	Unidades pH
PO ₄ ⁻³	16	mg/l
NTK	31	mg N/l
NH ₃	21	mg N/l
Grasas y Aceites	62	mg/l

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Morelia, Mich. Montgomery Watson, S.A. de C.V., 2001.

2.10. EFECTOS EN EL ENTORNO RELACIONADOS CON LAS AGUAS RESIDUALES

2.10.1. Salud de la población⁴

Durante la fase de trabajo de campo se visitaron algunos lugares de los ríos Grande y Chico, donde se vierten las aguas residuales, con la finalidad de identificar efectos negativos en la salud de los habitantes que viven cerca de esos sitios y fuesen causados por el contacto con el agua contaminada.

Para realizar un diagnóstico del costo en el que incurre la sociedad por el hecho de trabajar y convivir cerca de un río contaminado por aguas residuales, fue necesario en primer término, solicitar a la Secretaría de Salud a través de la Jurisdicción Sanitaria número uno de Morelia, información estadística de la zona afectada.

En entrevista realizada con el Dr. Jaime Aguilar, jefe del área de epidemiología de la Jurisdicción, se acotó una zona de influencia de los ríos Grande y Chico de Morelia, en donde se identificaron algunas comunidades rurales y urbanas que posiblemente son afectadas por morbilidades infecciosas del aparato digestivo. Para sustentar lo anterior y determinar si existe una relación contaminación – enfermedad, se realizó un análisis comparativo histórico de los años 1999, 2000 y 2001 de dichas enfermedades en 48 comunidades y Centros de Salud urbanos con y sin influencia del río Grande de Morelia. Por lo tanto se solicitó la siguiente información:

⁴ Actualizado del estudio de evaluación socioeconómica de la PTAR de Atapaneo.

- Número de casos de enfermedades infecciosas y parasitarias detectadas tales como:⁵
 - Amebiasis
 - Ascariasis
 - Oxiuriasis
 - Intoxicación por alimentos
 - Giardiasis
 - Tifoidea
 - Paratifoidea y otras salmoneras
 - Shigelosis
 - Cólera
- Estos casos fueron solicitados para los municipios y localidades, lo más parecidas entre si, con y sin influencia del río Grande de Morelia (cuadro 2.16):

CUADRO 2.16 Localidades Con y Sin Influencia del Río Grande, Morelia

Localidades sin influencia	Localidades con influencia
C.S.R. Pob. Conc. Valle de Juárez	Zinapécuaro de Figueroa
La Galería	Conc. Uruétaro
San Pedro los Sauces	La Noria
Mesón Nuevo	Cuitzillo Grande
Cuto del Porvenir	Cotizo
La palma	Col. Matamoros
Cañada del herrero	Col. ANP. Porvenir
Tarímbaro	Col. Eva Sámano de López Mateos
Salud Rural Umécuaro	Col. Clara Córdova
Tzintzamacato grande	Col. Obrera
Teremendo	CSU de Morelia
El Resumidero	Queréndaro
Salud Rural el Correo	Charo
Salud Rural Coro Grande	Cuitzeo del Porvenir
Tenencia Morelos	Benito Juárez
Unidad Unión Antorchista	Agustín del Pulque
Lomas del Durazno	Pob. Conc. Álvaro Obregón
Col. Amp. Sta. Cecilia	La Mina
Tierra y Libertad	El Calvario
Unión Progreso	Felipe Carrillo Pto.
Pino Real	Cehuayo Grande
Jeruco	Pob. Disp. Singuio
Chupicuaro	Las Trojes
Dr. Miguel Silva	Tzintzineo

Fuente: Elaboración propia con datos de la Jurisdicción Sanitaria No. 1, Morelia, 2002.

5. Al final del presente estudio se anexa un documento en el que se enlistan y explican algunas enfermedades transmitidas por aguas contaminadas.

Se compararon los resultados proporcionados por la SSA entre las zonas afectadas por el río Grande y comunidades similares en condiciones económicas y tamaño poblacional pero sin la influencia del mismo; se identificó una variación significativa en los niveles de casos por enfermedades infecciosas del aparato digestivo hasta en un 98%.

Lo mismo se hizo para las colonias influenciadas en la ciudad de Morelia, ya que existen predios localizados a la margen del río Grande y Río Chiquito. Al analizar los resultados de las clínicas cercanas a la zona de influencia, se encontró que el número de casos por enfermedades del aparato digestivo era mayor en un 71% que en las zonas donde no existe contacto con tales ríos. A continuación se muestran las comunidades y colonias que presentan un efecto negativo, producido por la influencia de las aguas residuales en la situación actual.

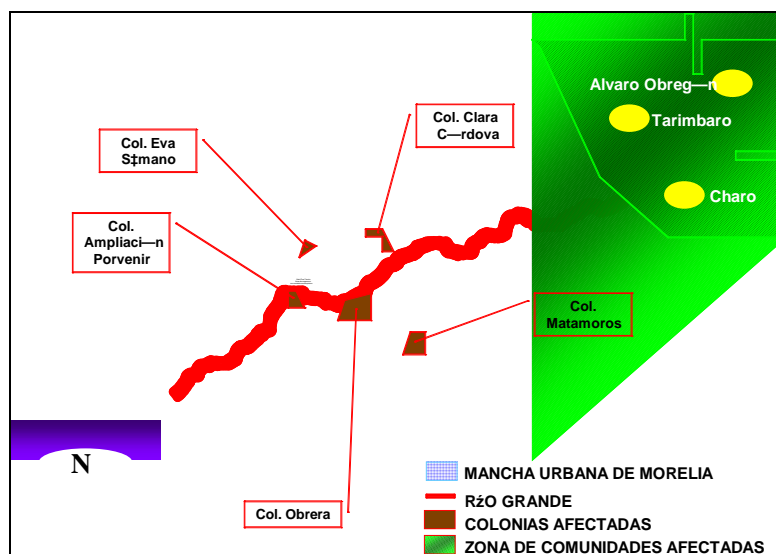
CUADRO 2.17 Localidades con Influencia Relevantes para el Proyecto

Municipio	Unidad	Morelia	Unidad
Alvaro Obregon	Las Trojes	Modulo 1	Col. Matamoros
Alvaro Obregon	Chehuayo Grande	Modulo 2	Col. Amp. Porvenir
Tarimbaro	La Noria	Modulo 4	Col. Eva Samano de López Mateos
Alvaro Obregon	La Mina	Modulo 5	Col. Clara Córdova
Alvaro Obregon	Felipe Carrillo Pto.	Modulo 8	Col. Obrera
Alvaro Obregon	Tzintzineo		
Cuitzeo	Benito Juárez		
Cuitzeo	Agustín del Pulque		
Charo	Charo		

Fuente: Elaboración propia con datos de la Jurisdicción Sanitaria No. 1, Morelia, 2002.

La ubicación de los módulos de salud en donde se presentaron un mayor número de enfermedades gastrointestinales se muestran en la figura 2.5, por otro lado las unidades rurales se encuentran al noreste de la ciudad de Morelia.

FIGURA 2.5. Zona de Influencia de las Aguas Residuales



Fuente: Elaboración propia

Al realizar el trabajo de campo en la zona se detectó que las intoxicaciones por alimentos son el principal padecimiento registrado, estas se manifiestan en diarreas que son tratadas con antibiótico y suero oral, proporcionado por el centro de salud de la comunidad de manera gratuita; dichas intoxicaciones pueden presentarse con diversas intensidades, lo cual representa un costo adicional para el paciente por incapacidad para laborar o estudiar.

Así, se visitaron las comunidades mencionadas previamente para entrevistar a los médicos de la zona, con el fin de conocer aspectos tales como edades de los pacientes infectados, medicamentos recetados, días de incapacidad y costos por consultas.

En la situación actual la sociedad incurre en un costo anual por enfermedades infecciosas de \$1,434,371 pesos, pero como solo el 98% de estos casos puede ser atribuible al río Grande en las comunidades aguas debajo de la ciudad y el 71% a las colonias de Morelia que tienen influencia, el costo neto fué de \$1,129,154 pesos del año 2007, según se observa en el cuadro 2.18.

CUADRO 2.18 Casos y Costos de Enfermedades Parasitarias Reportados en 2002, Pesos de 2007

Enfermedad*	No. de Casos	Medicamento	Medicamento \$	Consulta \$	Incapacidad	Días de incapacidad	Costo \$
Amebiasis	764	Metronidazol Bendazol	39.51	197.57	175.20	1	\$ 314,988
Ascariasis	115	Metronidazol Bendazol	39.51	197.57	175.20	1	\$ 47,413
Oxiuriasis	147	Metronidazol Bendazol	39.51	197.57	175.20	1	\$ 60,606
Intoxicación por alimentos	1,759	Antibiótico	114.59	197.57	175.20	1.5	\$ 1,011,364
Total	2,785						\$1,434,371
Total de morbilidades atribuibles a los ríos Grande y Chico de Morelia							\$1,129,154

Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por la jurisdicción sanitaria No.1.

*Enfermedades tales como las tifoideas, paratifoideas, shigelosis y el cólera, no son incluidas en la tabla debido a de Morelia que no existen reportes de estas en los últimos años para estas comunidades.

En caso de no hacer nada respecto al saneamiento de las aguas residuales de la ciudad de Morelia (situación sin proyecto), entonces se incurrirá en un costo social pues la contaminación de las aguas continuará afectando la salud de los habitantes de la zona. Para estimar este costo se proyectó el crecimiento de la población de los municipios de Morelia, Álvaro Obregón, Charo, Cuitzeo y Tarímbaro según las tasas de crecimiento de CONAPO.

Los costos en los que se incurrirá en los próximos 20 años por este concepto, proyectados y calculados a valor presente, serán de \$10,157,123 pesos del 2007, como se presenta en el cuadro 2.19.

CUADRO 2.19 Costo por Tratamiento de Enfermedades Provocadas por Agua Contaminada, Pesos de 2007.

Año	No. De casos	Costo \$
2007	2925	\$1,164,917
2008	2950	\$1,171,187
2009	2974	\$1,177,245
2010	2998	\$1,183,165
2011	3020	\$1,188,922
2012	3042	\$1,194,587
2013	3063	\$1,200,104
2014	3084	\$1,205,527
2015	3103	\$1,210,835
2016	3122	\$1,216,020
2017	3141	\$1,221,071
2018	3158	\$1,225,979
2019	3175	\$1,230,751
2020	3191	\$1,235,357
2021	3207	\$1,239,771
2022	3222	\$1,244,002
2023	3236	\$1,247,986
2024	3251	\$1,251,736
2025	3265	\$1,255,242
2026	3280	\$1,258,467
2027	3294	\$1,261,433

Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por la Jurisdicción Sanitaria No. 1 y CONAPO.

2.10.2. Situación Sin Proyecto en el Valor de los Inmuebles de la Zona Urbana

Los diferentes puntos de descarga de aguas residuales que existen en la ciudad de Morelia, desembocan en los ríos Grande y Chiquito, esto afecta a los predios cercanos a las márgenes de tales cuerpos de agua. Durante la etapa relacionada con el trabajo de campo se realizó una visita a esos sitios con la finalidad de diagnosticar una pérdida en el valor de los predios aledaños, dados los efectos negativos que trae consigo la descarga de aguas residuales como malos olores, fauna nociva y una imagen deteriorada de la región.

Se encontró que los predios cercanos a las márgenes de los ríos tienen un valor menor respecto a otros que se localizan en sitios relativamente distantes a los ríos. Para cuantificar dicha pérdida se realizó un estudio del mercado de los bienes inmuebles en la zona afectada por las descargas, dicho estudio fue realizado por un perito valuador⁶ quien señaló que los predios afectados tienen, en promedio, un área que va de los 90 m² a los 500 m² dependiendo de la colonia.

Para determinar el área de influencia del sujeto de estudio, y los valores para cada una de las colonias afectadas por el Río Chiquito como canal de aguas negras, se llevó a cabo una visita a lo largo de aproximadamente cinco kilómetros de su trayectoria, desde la Avenida Camelinas en su parte oriente, hasta la Avenida Héroes de Nocupetaro al poniente del mismo, la figura 2.6 muestra la zona analizada.

En dicha visita de inspección se observó una amplia diversidad de factores que inciden sobre la salud e imagen visual, puesto que la calidad de vida de las personas que habitan dentro del área de influencia del sujeto de estudio, es mucho menor que la de aquellas que habitan fuera de ésta.

Este colector a cielo abierto es un riesgo para la salud dado a que las aguas residuales que conduce (resultantes de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de casas habitación, edificios comerciales e instituciones, y las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que puedan agregarse), contienen sustancias fecales, trozos de alimentos, basura, papel y animales en suspensión, los cuales forman un foco de infección que motiva el crecimiento de bacterias y organismos más complejos que a su vez generan enfermedades como la fiebre tifoidea, disentería, cólera, gastroenteritis, hepatitis, poliomielitis, esquistosomiasis, entre otras; afectando principalmente a niños por su susceptibilidad a las mismas. Estos organismos patógenos provienen generalmente del tracto intestinal de las personas y de los animales cuyas deyecciones van a parar a las aguas negras; y es durante su desarrollo en el cuerpo del huésped, cuando producen compuestos tóxicos o venenosos que causan enfermedad al huésped. La propagación de las enfermedades que arrastran las aguas residuales es a través de diversas formas, como ejemplos tenemos la polución en el aire de materia fecal, la ingestión de agua proveniente de un suministro contaminado, la ingestión de alimentos contaminados por la forma en que fueron cultivados (alimentación de agua contaminada), por organismos y animales que interactúen en el ambiente aledaño (cucarachas, mosquitos, moscas, ratas, aves, etc.), o por la falta de higiene del ser humano.

A lo largo de la trayectoria del Río Chiquito, se percibió la expedición de olores producto de la descomposición bacteriana de los sólidos transportados por las aguas residuales, que de acuerdo a la teoría, el olor mohoso no desagradable experimentado, corresponde a las aguas negras frescas que son las aguas negras en su estado inicial, inmediatamente después que se han agregado sólidos al agua, las cuales además son turbias, con sólidos en suspensión o flotando, de color grisáceo y contienen oxígeno disuelto suficiente para mantener la descomposición aeróbica. Por otro lado, el olor fétido, ofensivo y desagradable percibido, corresponde a las aguas negras sépticas que son las aguas negras de color negruzco, que tienen sólidos suspendidos y flotantes de color negro. Como sea, cualquiera de estos dos tipos de aguas afecta singularmente la convivencia y el desarrollo cotidiano de los habitantes que se localizan dentro del área de influencia del sistema abierto en funcionamiento.

Otro factor importante son los accidentes que suelen ocurrir por fenómenos naturales y por la exposición de personas a las obras de conducción. En aguas torrenciales es común observar en estos sistemas que el agua alcanza niveles máximos y hasta de desbordamientos, por lo que la afectación de las viviendas y otros bienes son materia del fenómeno, pero además, lo es cuando por alguna circunstancia una persona resbala y/o es arrastrada por el cuerpo de agua hasta el punto de caer en el canal y perder probablemente la vida. Si bien existen en la mayoría de los márgenes de los canales, dispositivos de seguridad, no son suficientes para contrarrestar estas situaciones de daños naturales y humanos.

Por último podemos incluir entre esos factores la discontinuidad de algunas vialidades (tanto vehicular como peatonal), producida por los sistemas de recolección. Por ejemplo, la interrupción en vialidades vehiculares congestiona otras disponibles para el paso, alterando caóticamente el tráfico, por lo que genera gases contaminantes y ruido primordialmente. Así también existe la necesidad en los peatones de caminar largos trayectos para poder cruzar a su destino, exponiendo en ocasiones su vida por privarse de la molestia que esto implica.

De acuerdo a la descripción de los factores anteriormente citados, el área de influencia para el canal abierto en mención se estima de doscientos metros aproximadamente del eje del canal hacia cada uno de sus extremos paralelos, es decir con un ancho efectivo de cuatrocientos metros aproximadamente. Esta área define el parámetro de la investigación de mercado de terrenos e inmuebles en venta efectuada en las colonias que son afectadas por este sistema hidráulico natural a cielo abierto, cuyos valores fueron ponderados y analizados conforme a las prácticas de la valuación y según los factores o elementos negativos mencionados que demeritan el valor en dicha área de influencia.

Los valores promedio para el área de influencia determinada se presentan en el cuadro 2.20, además se señala la superficie aproximada de afectación efectiva (sin vialidades y sin espacios públicos).

CUADRO 2.20 Estudio de Valores de Inmuebles, Pesos de 2007.

Zona/Colonia	Superficie aproximada de afectación sin vialidad, sin espacios públicos (m²)	Valor promedio del inmueble sobre m² de terreno actual considerando afectación por olores (\$/m²)
Prados del Campestre	22,712	6,008
5 de diciembre	17,672	7,543
Nueva Chapultepec	194,814	6,734
Infonavit Las Camelias	27,765	4,250
Ventura Puente	216,536	3,675
Electricistas	70,571	4,935
Juárez	71,460	2,975
Molino de Parras	122,537	3,233
Las Camelias	70,905	6,734
Félix Ireta	200,104	4,678
Felicitas del Río	119,023	3,845
Gustavo Díaz Ordaz	3,490	3,632
Morelos	66,253	3,645

Fuente: Estudio de Impacto Económico en el Río Chiquito de Morelia, Avalúos Ingeniería Integral.

Los incrementos están condicionados a la ejecución de las interconexiones y reforzamientos de ciertos colectores para conducir el agua a la PTAR, ya que están basados en el supuesto de que éste será captado por la tubería correspondiente; además que por este hecho se propiciaría la continuidad de las vialidades y con ello la disminución de agentes accidentales y contaminantes, la creación en su caso de lugares para el desarrollo de actividades al aire libre que motiven la integración social, la creación de zonas verdes para un mejor impacto medioambiental, y sobre todo el mejoramiento de las condiciones de salubridad en el área de influencia por medio de la prevención de enfermedades.

Cabe decir que los incrementos son estimados al momento en que terminasen las obras de entubamiento e interconexiones de las aguas residuales, ya que posteriormente el área de influencia actual experimentaría un proceso de regeneración y consolidación que tomaría las tendencias del mercado en la zona a la cual pertenecen.

Por otro lado, conviene mencionar que existiría un mayor incremento que el estimado de acuerdo al proyecto de entubamiento, si las aguas del Río Chiquito fueran saneadas. La razón es porque debido a las dimensiones de su sección y a la vegetación existente, vendría a complementarse con las aguas tratadas para convertirse en un corredor o parque natural, lo cual a su vez sería de gran atractivo para los habitantes del lugar y aquellos que utilizaran la avenida que corre paralela al Río.

Respecto de las fuentes consultadas para la estimación de este apartado fueron:

Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia 2004, Instituto Municipal de Desarrollo Urbano de Morelia (INDUM), y

SINCE por Colonias Morelia 2000, del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

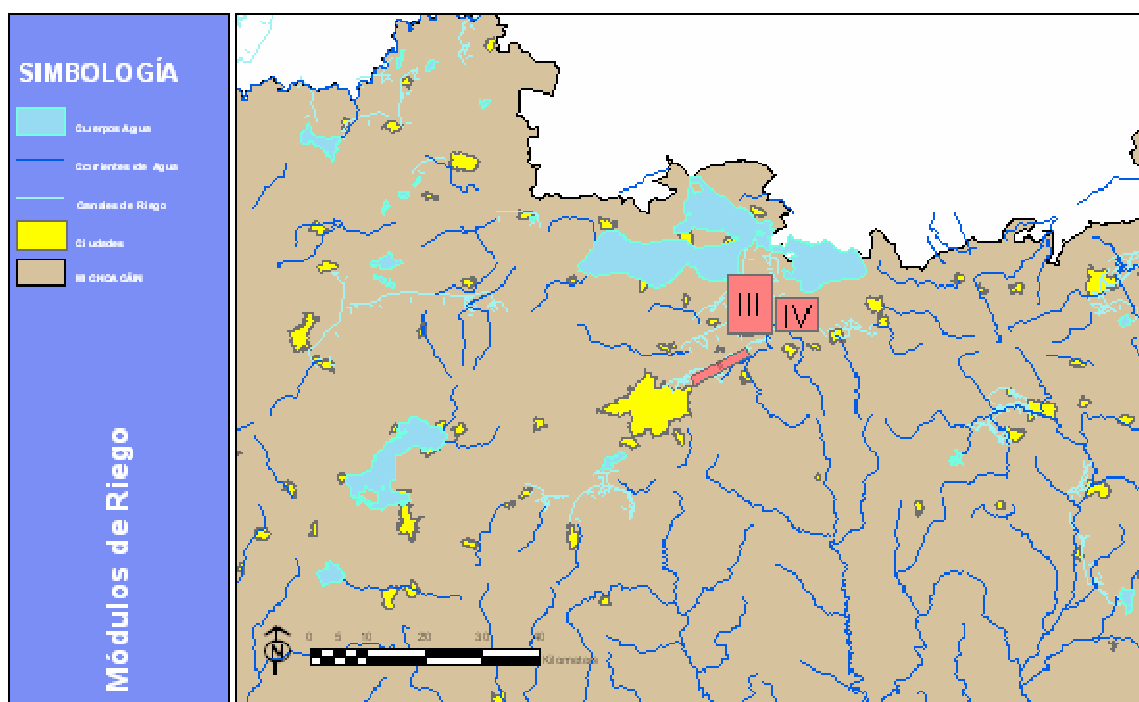
Dentro de estas dos se encontró información muy importante para el estudio como: el crecimiento histórico de la población y su proyección, la distribución de la propiedad, crecimiento de la ciudad (recursos y necesidades actuales y a futuro), desarrollo social y económico, empleo, seguridad social, cartas urbanas, entre otras cosas.

Al mismo tiempo se investigaron los valores comerciales en distintas publicaciones locales (El Sol de Morelia, La Jornada, La Voz de Michoacán, Provincia, etc.) y sitios web (www.ampiorg.com, www.armandomanzano.com, www.century21mexico.com, www.coldwellbanker.com.mx, www.metroscubicos.com, www.morelia.gob.mx, www.paredesyasociados.com), así como diversa información para conocer el entorno social y económico de Morelia, Michoacán.

2.10.3. Situación Sin Proyecto Riego Agrícola

La zona agrícola relevante para el proyecto, como ya se mencionó en el apartado "aprovechamiento de las aguas residuales" del presente documento, esta inscrita dentro de los municipios de Alvaro Obregón, Charo, Indaparapeo y Morelia, dentro de estos municipios se encuentran los módulos II, III y IV del distrito de riego 020, ver figura 2.7.

FIGURA 2.7. Relación Municipio-Módulo



Fuente: Elaboración propia.

El sector agrícola, ha sido afectado de sobremanera con las descargas de las aguas residuales provenientes de la ciudad de Morelia, lo que ha ocasionado que la totalidad de los cultivos regados con agua proveniente del río Grande de Morelia, sean forrajes, ya que el río es utilizado como canal principal del Distrito de Riego 020.

Es importante señalar que el problema de la zona no es de volúmenes de agua, ya que tienen garantizado el suministro con el agua proveniente de la presa de Coitzio, el principal problema es la calidad con que les llega el agua a los agricultores debido a que se descargan en el Río Grande de Morelia, el cual es el canal principal del Distrito de Riego. Es por ello, que de no tratarse el total de las aguas residuales de la ciudad de Morelia la problemática de los agricultores persistiría.

Esta situación ha reducido las utilidades de los agricultores de la zona, por lo que se estimó el excedente económico de estos agricultores, utilizando la estructura de cultivos estimada en promedio durante los últimos años (2001-2004), dicha información fue obtenida de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). En el cuadro 2.21 se presenta la estructura de cultivos por municipio de la zona de influencia del proyecto con riego; cabe señalar que las hortalizas regadas que se presentan en este cuadro no utilizan agua residual, sino que es agua de pozo o de otra fuente distinta al río Grande de Morelia.

CUADRO 2.21 Estructura de Cultivos por Municipio.

ALVARO OBREGON PROMEDIO				
OTOÑO-INVIERNO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
AVENA FORRAJERA EN VERDE	432	432	3,808	9
CALABACITA	5	4	92	22
CEBADA GRANO	225	225	828	4
CEBOLLA	29	29	569	20
CHILE VERDE	5	5	35	7
EBO (JANAMARGO O VEZA)	69	69	973	13
FRIJOL	4	4	4	1
GARBANZO GRANO	41	41	41	1
HABA VERDE	1	1	5	5
LECHUGA	14	14	275	20
TOMATE VERDE	3	3	29	10
TRIGO GRANO	947	947	5,184	6
TOTAL	1,774	1,773		
PRIMAVERA-VERANO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
CALABACITA	18	18	385	22
CHILE VERDE	18	18	140	8
FRIJOL	5	5	5	1
FRIJOL	2	2	2	1
FRIJOL	4	4	4	1
MAIZ GRANO	4,518	3,876	27,381	7
SORGO GRANO	2,305	2,167	16,060	7
TOMATE ROJO (JITOMATE)	41	37	882	23
TOMATE VERDE	18	18	144	8
TOTAL	6,927	6,143		
PERENNES				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
AGAVE	5			
ALFALFA VERDE	450	439	21,510	49
FRAMBUESA	1	1	1	1
ZARZAMORA	17	17	136	8
TOTAL	473	457		

Fuente: Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.

CUADRO 2.21 Estructura de Cultivos por Municipio (continuación).

CHARO 2004				
OTOÑO-INVIERNO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
AVENA FORRAJERA SECA	5	5	43	9
BROCOLI	1	1	20	20
CALABACITA	16	16	347	22
CEBADA GRANO	9	9	27	3
CEBOLLA	2	2	39	20
CILANTRO	3	3	14	5
COL (REPOLLO)	2	2	69	35
EBO (JANAMARGO O VEZA)	43	43	613	13
EJOTE	3	3	20	7
GARBANZO GRANO	79	79	79	1
TOMATE VERDE	20	20	193	10
TRIGO GRANO	4	4	20	5
ZANAHORIA	26	26	842	33
TOTAL	212	212		
PRIMAVERA-VERANO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
CALABACITA	43	43	935	22
MAIZ GRANO	1,518	1,511	10,579	7
SORGO GRANO	225	221	1,691	7
TOMATE VERDE	18	18	144	8
ZANAHORIA	230	230	7,130	31
TOTAL	2,033	2,023		
PERENNES				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
ALFALFA VERDE	40	40	2,000	50
TOTAL	40	40		

Fuente: Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.

CUADRO 2.21 Estructura de Cultivos por Municipio (continuación).

INDAPARAPEO PROMEDIO				
OTOÑO-INVIERNO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
AVENA FORRAJERA EN VERDE	4	4	35	9
CEBADA GRANO	55	55	165	3
EBO (JANAMARGO O VEZA)	21	21	268	13
GARBANZO GRANO	40	40	40	1
TRIGO GRANO	540	540	2,895	5
TOTAL	660	660		
PRIMAVERA-VERANO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
CHILE VERDE	11	11	90	8
MAIZ GRANO	3,607	3,575	24,837	7
SORGO GRANO	1,044	997	7,362	7
TOTAL	4,662	4,584		
PERENNES				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
ALFALFA VERDE	20	20	1,120	56
TOTAL	20	20		

Fuente: Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.

Así pues, partiendo de los datos presentados en el cuadro anterior, y utilizando únicamente los cultivos forrajeros, que son los regados con aguas provenientes del río Grande de Morelia, el valor de la producción en la situación actual estimado es de \$79,197,230, cuyo desglose se muestra en el cuadro 2.22.

CUADRO 2.22 Valor de la Producción Situación Actual.

MÓDULO II				
CULTIVO	RENTABILIDAD (\$/HA)	SUPEFICIE SEMBRADA MÓDULO II (HA)	CONSUMO DE AGUA (M3)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN SIT ACTUAL (\$)
OTOÑO-INVIERNO				
AVENA FORRAJERA EN VERDE	6,695	3	29,525	19,766
CEBADA GRANO	-788	5	45,173	-4,189
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13,905	25	117,139	354,080
GARBANZO GRANO	204	46	194,685	9,456
TRIGO GRANO	1,325	2	26,690	3,130
PRIMAVERA-VERANO				
MAIZ GRANO	5,855	896	2,598,609	5,246,550
SORGO GRANO	4,222	133	358,724	560,898
PERENNES				
ALFALFA VERDE	27,401	24	453,498	647,194
TOTAL		1,135	3,824,043	6,836,886
MÓDULO III				
CULTIVO	RENTABILIDAD (\$/HA)	SUPEFICIE SEMBRADA MÓDULO III (HA)	CONSUMO DE AGUA (M3)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN SIT ACTUAL (\$)
OTOÑO-INVIERNO				
AVENA FORRAJERA EN VERDE	7,119	424	4,236,654	3,016,159
CEBADA GRANO	380	220	1,873,518	83,679
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13,905	68	312,968	946,021
GARBANZO GRANO	204	40	166,818	8,102
TRIGO GRANO	2,117	929	10,497,413	1,966,953
PRIMAVERA-VERANO				
MAIZ GRANO	5,942	4,430	12,847,996	26,323,905
SORGO GRANO	4,430	2,261	6,103,429	10,015,213
PERENNES				
ALFALFA VERDE	26,768	441	8,473,308	11,813,246
TOTAL		8,813	44,512,104	54,173,278
MÓDULO IV				
CULTIVO	RENTABILIDAD (\$/HA)	SUPEFICIE SEMBRADA MÓDULO IV (HA)	CONSUMO DE AGUA (M3)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN SIT ACTUAL (\$)
OTOÑO-INVIERNO				
AVENA FORRAJERA EN VERDE	6,695	3	27,395	18,340
CEBADA GRANO	-788	38	320,181	-29,689
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13,905	14	64,978	196,411
GARBANZO GRANO	204	28	115,779	5,623
TRIGO GRANO	1,608	370	4,179,127	594,581
PRIMAVERA-VERANO				
MAIZ GRANO	5,635	2,470	7,164,031	13,921,266
SORGO GRANO	4,222	715	1,930,535	3,018,569
PERENNES				
ALFALFA VERDE	33,726	14	262,993	461,963
TOTAL		3,651	14,065,018	18,187,065

Fuente: Estimación propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola SAGARPA y datos del Distrito de Riego 020.

En el cuadro anterior se muestra el valor social de la producción eliminando los subsidios para la situación actual de los tres módulos, la cual asciende a \$79.20 millones de pesos al año, en las 13,599 hectáreas correspondientes a los módulos II, III y IV.

Para el presente análisis se estimó conveniente que la situación actual se optimizara para al menos mejorar el valor de la producción considerando tres factores:

- La superficie históricamente sembrada de cada cultivo en la zona.
- El volumen demandado de agua por esos cultivos y
- La rentabilidad de cada uno de los cultivos

Con las tres variables antes mencionadas, se realizó la maximización del valor de la producción para los ciclos Primavera-Verano Y Otoño-Invierno de cada uno de los tres módulos conforme a los pasos que se presentan a continuación.

1. Se utilizó la información estadística disponible de SAGARPA de los municipios relevantes al proyecto del periodo 2001-2004, y a cada uno de ellos se le relacionó con el módulo con mayor representatividad en cuanto a superficie, quedando de la siguiente manera.

CUADRO 2.23. Relación Municipio-Módulo

Municipio	Módulo
Charo	II
Álvaro Obregón	III
Indaparapeo	IV

Fuente: Elaboración propia.

2. Una vez relacionados los módulos, se estimó la superficie máxima sembrada de cada uno de los cultivos cíclicos durante el periodo 2001-2004 y que es posible regar con aguas residuales. Datos que se muestran en el cuadro 2.24.

CUADRO 2.24. Superficie Sembrada

Charo					
Cultivos Otoño-Invierno	2001	2002	2003	2004	Sup. Máx.
AVENA FORRAJERA EN VERDE		5	5	5	5
CEBADA GRANO			9		9
EBO (JANAMARGO O VEZA)	95	25.5	26	26	95
GARBANZO GRANO	110	68	68	68	110
TRIGO GRANO			4	4	4
Cultivos Primavera-Verano					
MAIZ GRANO	600	1,800	1,835	1,835	1,835
SORGO GRANO	300	300	100	200	300
Álvaro Obregón					
Cultivos Otoño-Invierno	2001	2002	2003	2004	Sup. Máx.
AVENA FORRAJERA EN VERDE	768	320	320	320	768
CEBADA GRANO	179	128	464	128	464
EBO (JANAMARGO O VEZA)	140	46	46	46	140
GARBANZO GRANO	30	44	44	44	44
TRIGO GRANO	1,227	1,000	562	1,000	1,227
Cultivos Primavera-Verano					
MAIZ GRANO	3,000	5,000	5,035	5,035	5,035
SORGO GRANO	3,500	1,900	1,948	1,872	3,500
Indaparapeo					
Cultivos Otoño-Invierno	2001	2002	2003	2004	Sup. Máx.
AVENA FORRAJERA EN VERDE		4	4	4	4
CEBADA GRANO			55		55
EBO (JANAMARGO O VEZA)	20	20.5	21	21	21
GARBANZO GRANO	20	47	47	47	47
TRIGO GRANO		518	584	518	584
Cultivos Primavera-Verano					
MAIZ GRANO	1,500	4,286	4,321	4,321	4,321
SORGO GRANO	1,600	938	819	819	1,600

Fuente: Estimación propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola SAGARPA

3. Paso seguido, se estimaron los volúmenes de agua requeridos para los cultivos que pueden regarse con las aguas residuales, dicha estimación se estimó con las láminas de riego por tipo de cultivo proporcionadas por el Distrito de Riego 020, con este dato y la superficie promedio sembrada se estimó el máximo volumen de agua requerida para cada uno de los municipios, ver cuadro 2.25.

CUADRO 2.25. Volumen de Agua Requerido

Charo		
Cultivos Otoño-Invierno	Superficie (Has)	Vol. de Agua (m³)
AVENA FORRAJERA EN VERDE	5	50,000
CEBADA GRANO	9	76,500
EBO (JANAMARGO O VEZA)	43	198,375
GARBANZO GRANO	79	329,700
TRIGO GRANO	4	45,200
Cultivos Primavera-Verano		
MAIZ GRANO	1,518	4,400,750
SORGO GRANO	225	607,500
Álvaro Obregón		
Cultivos Otoño-Invierno	Superficie (Has)	Vol. de Agua (m³)
AVENA FORRAJERA EN VERDE	432	4,320,000
CEBADA GRANO	225	1,910,375
EBO (JANAMARGO O VEZA)	69	319,125
GARBANZO GRANO	41	170,100
TRIGO GRANO	947	10,703,925
Cultivos Primavera-Verano		
MAIZ GRANO	4,518	13,100,750
SORGO GRANO	2,305	6,223,500
Indaparapeo		
Cultivos Otoño-Invierno	Superficie (Has)	Vol. de Agua (m³)
AVENA FORRAJERA EN VERDE	4	40,000
CEBADA GRANO	55	467,500
EBO (JANAMARGO O VEZA)	21	94,875
GARBANZO GRANO	40	169,050
TRIGO GRANO	540	6,102,000
Cultivos Primavera-Verano		
MAIZ GRANO	3,607	10,460,300
SORGO GRANO	1,044	2,818,800

Fuente: Estimación propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola SAGARPA

4. Una vez estimados los datos anteriores se procedió con la estimación de la rentabilidad de cada uno de los cultivos sembrados, esta rentabilidad se calculó con la diferencia entre el valor de la producción y el costo de producción por hectárea, considerando su rendimiento respectivo, a continuación en el cuadro 2.26 se presenta la rentabilidad por tipo de cultivo y por municipio.

CUADRO 2.26. Rentabilidad por Hectárea

Charo					
Cultivos Otoño-Invierno	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ha)	Valor de la Prod. (\$/Ha)	Costo de Prod. (\$/Ha)	Rentabilidad (\$/Ha)
AVENA FORRAJERA EN VERDE	9	1,097	9,509	2,814	6,695
CEBADA GRANO	3	1,825	5,474	6,262	-788
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13	1,394	18,117	4,212	13,905
GARBANZO GRANO	1	5,899	5,899	5,695	204
TRIGO GRANO	5	1,786	8,842	7,517	1,325
Cultivos Primavera-Verano					
MAIZ GRANO	7	1,734	12,135	6,280	5,855
SORGO GRANO	7	1,470	10,659	6,437	4,222
Álvaro Obregón					
Cultivos Otoño-Invierno	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ha)	Valor de la Prod. (\$/Ha)	Costo de Prod. (\$/Ha)	Rentabilidad (\$/Ha)
AVENA FORRAJERA EN VERDE	9	1,135	9,934	2,814	7,119
CEBADA GRANO	4	1,660	6,642	6,262	380
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13	1,394	18,117	4,212	13,905
GARBANZO GRANO	1	5,899	5,899	5,695	204
TRIGO GRANO	6	1,752	9,635	7,517	2,117
Cultivos Primavera-Verano					
MAIZ GRANO	7	1,734	12,221	6,280	5,942
SORGO GRANO	7	1,470	10,868	6,437	4,430
Indaparapeo					
Cultivos Otoño-Invierno	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ha)	Valor de la Prod. (\$/Ha)	Costo de Prod. (\$/Ha)	Rentabilidad (\$/Ha)
AVENA FORRAJERA EN VERDE	35	9	1,097	2,814	6,695
CEBADA GRANO	165	3	1,825	6,262	-788
EBO (JANAMARGO O VEZA)	268	13	1,394	4,212	13,905
GARBANZO GRANO	40	1	5,899	5,695	204
TRIGO GRANO	2,895	5	1,711	7,517	1,608
Cultivos Primavera-Verano					
MAIZ GRANO	7	1,734	11,915	6,280	5,635
SORGO GRANO	7	1,470	10,659	6,437	4,222

Fuente: Estimación propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola SAGARPA

Como se observa en el cuadro anterior, la cebada es un cultivo que en cierto momento pudiera ser no rentable, esto es debido a un muy bajo rendimiento en alguno de los municipios.

5. El siguiente paso fue tomar cada una de las variables mencionadas y hacer una maximización de forma lineal de los cultivos que mejorarían el excedente económico de los agricultores, en la zona, para la situación sin proyecto. Esta maximización se realizó de la siguiente forma:

CUADRO 2.27. Maximización de la Rentabilidad Situación Actual

CULTIVO	SUPEFICIE SEMBRADA (Ha)	CONSUMO DE AGUA (m ³ /Ha)	RENTABILIDAD (Ha)	VALOR PRODUCCIÓN (\$)
CULTIVO 1	X1	C1	R1	X1*R1
CULTIVO 2	X2	C2	R2	X2*R2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
CULTIVO n	Xn	Cn	Rn	Xn*Rn
TOTAL	$\sum_{i=1}^n X_i$	$\sum_{i=1}^n X_i C_i$		$\sum_{i=1}^n X_i R_i$
RESTRICCIONES	MÁX HISTÓRICO X1 MÁX HISTÓRICO X2 ⋮ MÁX HISTÓRICO Xn Superficie máxima sembrada	Volumen de agua máximo utilizado con estructura promedio		

Fuente: Estimación propia

El resultado de lo mencionado en los puntos anteriores es una situación actual optimizada, de la estructura de cultivos sembrados en la zona, en otras palabras es la situación que de ahora en adelante se denominará situación sin proyecto en lo que respecta al riego agrícola de la zona de influencia del proyecto. A continuación en el cuadro 2.28 se presentan los resultados de esta optimización para cada uno de los municipios.

CUADRO 2.28 Valor de la Producción Situación Actual.

MÓDULO II				
CULTIVO	RENTABILIDAD (\$/HA)	SUFEICIE SEMBRADA MÓDULO II (HA)	CONSUMO DE AGUA (M3)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN S/PROYECTO (\$)
OTOÑO-INVIERNO				
AVENA FORRAJERA	6,695	3	29,525	19,766
CEBADA GRANO	-788	0	0	0
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13,905	56	258,045	780,003
GARBANZO GRANO	204	21	88,352	4,291
TRIGO GRANO	1,325	2	26,690	3,130
PRIMAVERA-VERANO				
MAIZ GRANO	5,855	1,020	2,957,333	5,970,808
SORGO GRANO	4,222	0	0	0
PERENNES				
ALFALFA VERDE	27,401	24	453,498	647,194
TOTAL		1,126	3,813,444	7,425,193
MÓDULO III				
CULTIVO	RENTABILIDAD (\$/HA)	SUFEICIE SEMBRADA MÓDULO III (HA)	CONSUMO DE AGUA (M3)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN S/PROYECTO (\$)
OTOÑO-INVIERNO				
AVENA FORRAJERA	7,119	753	7,531,829	5,362,060
CEBADA GRANO	380	0	0	0
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13,905	137	631,575	1,909,087
GARBANZO GRANO	204	0	0	0
TRIGO GRANO	2,117	790	8,923,967	1,672,128
PRIMAVERA-VERANO				
MAIZ GRANO	5,942	4,938	14,319,792	29,339,427
SORGO GRANO	4,430	1,715	4,631,634	7,600,120
PERENNES				
ALFALFA VERDE	26,768	441	8,473,308	11,813,246
TOTAL		8,775	44,512,104	57,696,069
MÓDULO IV				
CULTIVO	RENTABILIDAD (\$/HA)	SUFEICIE SEMBRADA MÓDULO IV (HA)	CONSUMO DE AGUA (M3)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN S/PROYECTO (\$)
OTOÑO-INVIERNO				
AVENA FORRAJERA	6,695	3	27,395	18,340
CEBADA GRANO	-788	0	0	0
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13,905	14	66,159	199,982
GARBANZO GRANO	204	22	94,256	4,578
TRIGO GRANO	1,608	400	4,519,648	643,028
PRIMAVERA-VERANO				
MAIZ GRANO	5,635	2,959	8,582,140	16,676,959
SORGO GRANO	4,222	190	512,426	801,225
PERENNES				
ALFALFA VERDE	33,726	14	262,993	461,963
TOTAL		3,602	14,065,018	18,806,076

Fuente: Estimación propia.

Una vez maximizado el valor de la producción, la situación sin proyecto en el sector agrícola, da como resultado \$83,927,338 como valor de la producción, es decir se obtuvo un incremento de \$4,730,108 pesos respecto de la situación actual; este monto corresponde a los tres módulos del distrito de riego.

2.10.4. Situación Sin Proyecto en la Industria

Dado que en la actualidad no existe una oferta de agua residual tratada, no existe el consumo de este tipo de agua en las industrias asentadas en la zona, sin embargo uno de los potenciales usuarios, la papelería, se encuentra en las cercanías del sitio propuesto para la construcción de una de las plantas. Y según datos proporcionados por el OOAPAS sobre pláticas sostenidas con esta industria, se encuentra totalmente dispuesta a utilizar agua residual tratada ya que le representa un costo menor al de explotación de los pozos de agua potable.

Esta industria utiliza agua de pozo y del manantial denominado Minzita, del cual extraen un caudal estimado de 400 lps, por lo que es totalmente viable intercambiar inicialmente 200 l.p.s. Para esta industria actualmente el costo por cada metro cúbico es de \$7.1783, que es el precio que se establece en la Ley Federal de Derechos para la zona de disponibilidad No. 5. Adicionalmente se estimó que los costos de extracción son de \$0.95/m³ y un costo anual de mantenimiento de la fuente de \$150,000⁷.

Esta industria está teniendo problemas para mantener su concesión en el mediano plazo, por lo que han manifestado una alta posibilidad de que se adquiera el total del volumen tratado por la PTAR y llegar hasta los 350 l.p.s. por lo siguiente:

“El agua es un elemento esencial en el proceso de producción de celulosa y papel. La Compañía cuenta con concesiones vigentes y suficientes de uso o aprovechamiento de agua para cada una de sus plantas productivas. Aún cuando el consumo de agua por parte de la Compañía se ha reducido de manera voluntaria y significativa (por mejoras en los procesos y la eficiente utilización de dicho recurso) en los últimos años, el gobierno federal tiene la facultad legal de limitar el volumen de agua que la Compañía puede aprovechar conforme a sus concesiones, así como para revocar o modificar dichas concesiones por falta de cumplimiento de algunos de sus términos. La Compañía considera que se encuentra en cumplimiento de sus obligaciones conforme a las concesiones.

⁷ Costos estimados con base en información proporcionada por OOAPAS, debido a que no fue posible contar con la información de la industria.

La Compañía no puede asegurar que las concesiones no sean revocadas, que los términos de cualquier renovación de las mismas sean favorables, ni que el agua que actualmente puede utilizar para la producción de sus productos sea suficiente para cubrir sus volúmenes de producción requeridos en el futuro. Por lo tanto, la revocación o vencimiento de las concesiones, así como la insuficiencia de agua o los niveles de utilización permitidos, podrían afectar la liquidez, situación financiera de la Compañía y sus resultados operativos.”⁸

2.10.5. Situación Sin Proyecto en el Medio Ambiente

En la situación actual, los cuerpos receptores de agua de la zona están recibiendo un efecto negativo, provocado por las descargas de aguas residuales, situación que ha generado la degradación de los cuerpos de agua de la zona, en suma, la contaminación es una externalidad negativa que ha venido alterando el bienestar de la comunidad, en este caso de la ciudad de Morelia y sus alrededores.

En el 2005 las descargas de aguas provenientes del uso municipal, descargaron en el estado de Michoacán 238.79 millones de m³ de agua residual sin ningún tratamiento; en el inciso 2.5 del presente documento, se muestra la generación de agua residual para la ciudad de Morelia y para este año se estima en 1.3 m³/s, lo que representa 41 millones de m³ al año, aproximadamente el 17% del agua residual no tratada en el Estado.

2.11. MEDIDAS DE OPTIMIZACIÓN

Para el presente análisis la medida de optimización realizada es la que se presentó en el inciso anterior, y que está relacionada con mejorar el excedente económico de los productores agrícolas de la zona, únicamente, cambiando parte de la superficie sembrada por otro cultivo forrajero más rentable.

2.12. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

2.12.1. PTAR Atapaneo

La alternativa de tratamiento propuesta en el estudio de ingeniería básica y acordada tanto por el OOPAS, CNA y BANOBRAS, es por filtros biológicos. Este sistema de tratamiento está integrado por los siguientes procesos:

- Pretratamiento (Cribado y Desarenación)

⁸ Página 12 del reporte anual que se presenta de acuerdo con las disposiciones de carácter general aplicables a las emisoras de valores y a otros participantes del mercado de valores por el año terminado el 31 de diciembre de 2005, KIMBERLY-CLARK DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

- Sedimentador Primario
- Filtros Biológicos
- Sedimentador Secundario
- Filtración Arena-Antracita (Opcional)
- Desinfección con Gas Cloro
- Digestión Aeróbica de Lodos
- Espesamiento y Deshidratación en Filtro Prensa Tipo Banda

Los aspectos técnicos y económicos que determinaron la selección de esta alternativa fueron los siguientes:

- 1) El efluente producido en los filtros biológicos es acorde con la calidad de agua requerida en la planta de tratamiento.
- 2) Con la eficiencia de tratamiento que ofrecen los filtros biológicos y con la adición de más unidades de este tipo, se puede incrementar a futuro el flujo de operación y obtener una mejor calidad de agua sin necesidad de cambiar a otra modalidad de tratamiento biológico.
- 3) Por el área unitaria y global que demanda la inclusión de filtros biológicos, así como a la configuración del terreno destinado para la planta, el costo por el sistema de interconexiones será mucho menor al requerido por la alternativa que contempla zanjas de oxidación, en donde su acomodo por la forma del predio disponible separaría más éstas unidades y consecuentemente demandaría más bombeo y cantidad de tubería.
- 4) En términos económicos, el costo de la inversión inicial es inferior al de todas las alternativas analizadas; además, el importe anual por concepto de operación y mantenimiento también resulta menor.

En resumen, la alternativa de filtros biológicos presenta los aspectos más relevantes que la hacen técnica y económicamente más atractiva para las necesidades y disposiciones actuales, especialmente en lo referente a las características que presenta el terreno en donde se ubicará la planta.⁹

⁹. Estudio de Ingeniería Básica para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Morelia, Mich. Montgomery Watson, S.A. de C.V., 2001.

2.12.2. PTAR Itzícuarro

El principal objetivo del presente estudio es sanear la zona poniente de la ciudad de Morelia que es cruzada por la carretera libre a Guadalajara, para lo cual se han propuesto tres plantas de tratamiento con una cobertura total de 2,851 Has , la de aguas arriba propuesta al sureste de San José Itzícuarro en terrenos del Desarrollo Frac. Villas del Pedregal con un área de aportación de 853.7 Has, la segunda después del cruce del camino a El Cerrito con una área de influencia de 560.3 has y la tercera con 1,437.2 Has de influencia ubicada en el cruce del canal Itzícuarro con el camino a San Juanito.

El área de influencia de cada planta se delimitó para que las líneas de conducción trabajaran a gravedad y se extiende hasta el hasta el límite del crecimiento urbano indicado en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de población de Morelia, 2004

Como la capacidad total de recepción de población en la zona de influencia de cada planta de tratamiento propuesta es muy superior al horizonte de planeación del presente estudio, año 2025, conduce a sugerir el diseño de las plantas en varias etapas, de las cuales la primera se contemplaría hasta el año 2025.

Los gastos a considerarse en el diseño son los siguientes:

- Dotación 250.00 Lts/hab/día
- Factor 0.75
- Aportación 187.50 Lts/hab/día

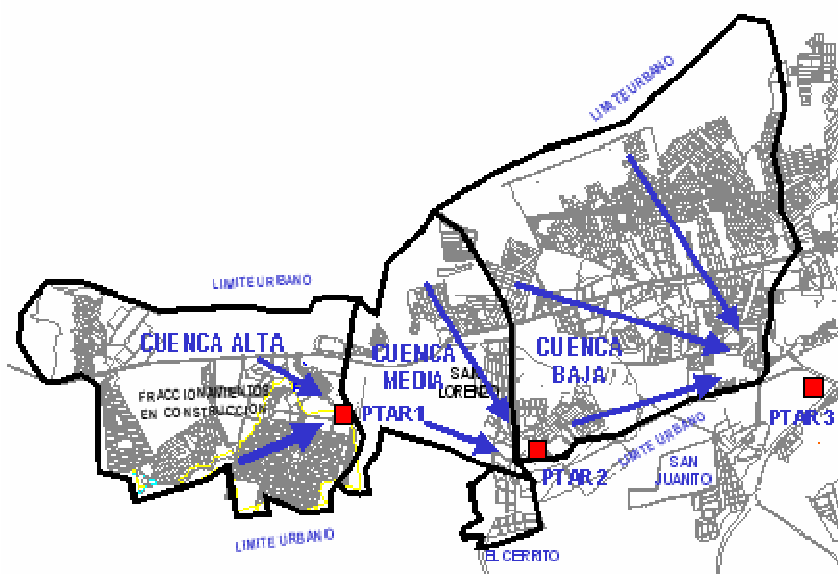
CUADRO 2.29 Gastos de Diseño Plantas de Tratamiento -

Año	Población	Gastos (Lps)				
		Qmin	Qmed	Harmonn	QM Inst	QM Ext
CUENCA ALTA PTAR-1						
2005	4,545	4.93	9.86	3.283	32.38	48.57
2010	30,761	33.38	66.75	2.467	164.65	246.98
2015	65,533	71.11	142.22	2.170	308.61	462.92
2020	99,420	107.88	215.76	2.170	468.19	702.29
2025	131,526	142.72	285.43	2.170	619.38	929.08
CUENCA MEDIA PTAR-2						
2005	7,121	7.73	15.45	3.099	47.90	71.85
2010	15,860	17.21	34.42	2.754	94.78	142.17
2015	28,279	30.68	61.37	2.503	153.58	230.36
2020	45,222	49.07	98.14	2.305	226.25	339.37
2025	64,486	69.97	139.94	2.170	303.68	455.51
CUENCA BAJA PTAR-3						
2000	34,857	37.82	75.64	2.414	182.57	273.86
2005	43,595	47.30	94.61	2.320	219.53	329.30
2010	46,079	50.00	100.00	2.298	229.77	344.65
2015	51,727	56.13	112.25	2.251	252.67	379.01
2025	64,569	70.06	140.12	2.170	304.07	456.11

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C..

La planta para sanear la cuenca alta se ubica en la zona baja del Fraccionamiento Villas del Pedregal, la intermedia se propone ubicarla al oriente del cruce del camino a El Cerrito con el canal Itz'icuario y la tercera a la altura del cruce del Río Grande con el camino a San Juanito, la figura 2.8 muestra la localización de las propuestas mencionadas.

FIGURA 2.8 Zona de Influencia de las Plantas



Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C..

Planta 1

Para identificar los posibles trayectos de colectores se visitaron a los residentes de los fraccionamientos que se encuentran en el límite del crecimiento urbano propuesto en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia vigente, así como un recorrido general de la zona para identificar posibles sitios para las plantas de tratamiento de la zona poniente de Morelia.

De acuerdo con lo anterior el fraccionamiento La Maestranza se encuentra en proceso de construcción con un avance del 50%, este fraccionamiento tiene contemplada una descarga general que en proyecto se conectará a una planta de tratamiento propia ubicada a un costado del lado sur de la carretera a Guadalajara, de acuerdo con la supervisión del proyecto por parte de OOAPAS el planteamiento del colector principal incluirá el gasto de aportación de la descarga del fraccionamiento.

El fraccionamiento Villa Magna está construido en un 50%, tiene construida una planta de tratamiento para un gasto de 8.5 lps de los 23 lps totales de proyecto, al igual que La Maestranza, la aportación que genera éste fraccionamiento se incluirá en el planteamiento general del colector principal.

El fraccionamiento la Hacienda no está construido y sólo cuenta con el camino de acceso.

El fraccionamiento El Bosque está en proceso de construcción y Frac. Villas del Pedregal en trámite.

En resumen, en forma general los fraccionamientos pretenden a corto y mediano plazo la construcción de las siguientes viviendas:

CUADRO 2.30 Fraccionamientos en la Cuenca Alta

Fraccionamiento	Condiciones Actuales	Viviendas Programadas	Población Total*
La Maestranza	En Construcción	4,000	17,440
Villa Magna	En Construcción	3,000	13,080
La Hacienda	Const. vialidades	4,000	17,440
Villas del Pedregal	Próximo a iniciar	12,000	52,320
Total		23,000	100,280

*.- Población determinada considerando 4.36 hab/viv, según PDUM

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

La alternativa de saneamiento para la cuenca alta es la siguiente:

Se propone un colector que inicia en la descarga general del fraccionamiento Lomas de la Maestranza continuando por vialidades del fraccionamiento Villa Magna hasta el extremo sur del mismo a un costado de la planta de tratamiento de Villa Magna, para seguir por la margen izquierda del arroyo sin nombre hasta el Fraccionamiento La Hacienda, en proceso de urbanización, donde continúa por las vialidades norte de Fraccionamiento Villas del Pedregal, el cual se encuentra en proyecto, hasta el sitio de la planta localizado en el extremo noreste de dicho fraccionamiento.

Planta 2

Para la conducción de las aguas servidas a la planta de tratamiento de la cuenca media se propone lo siguiente:

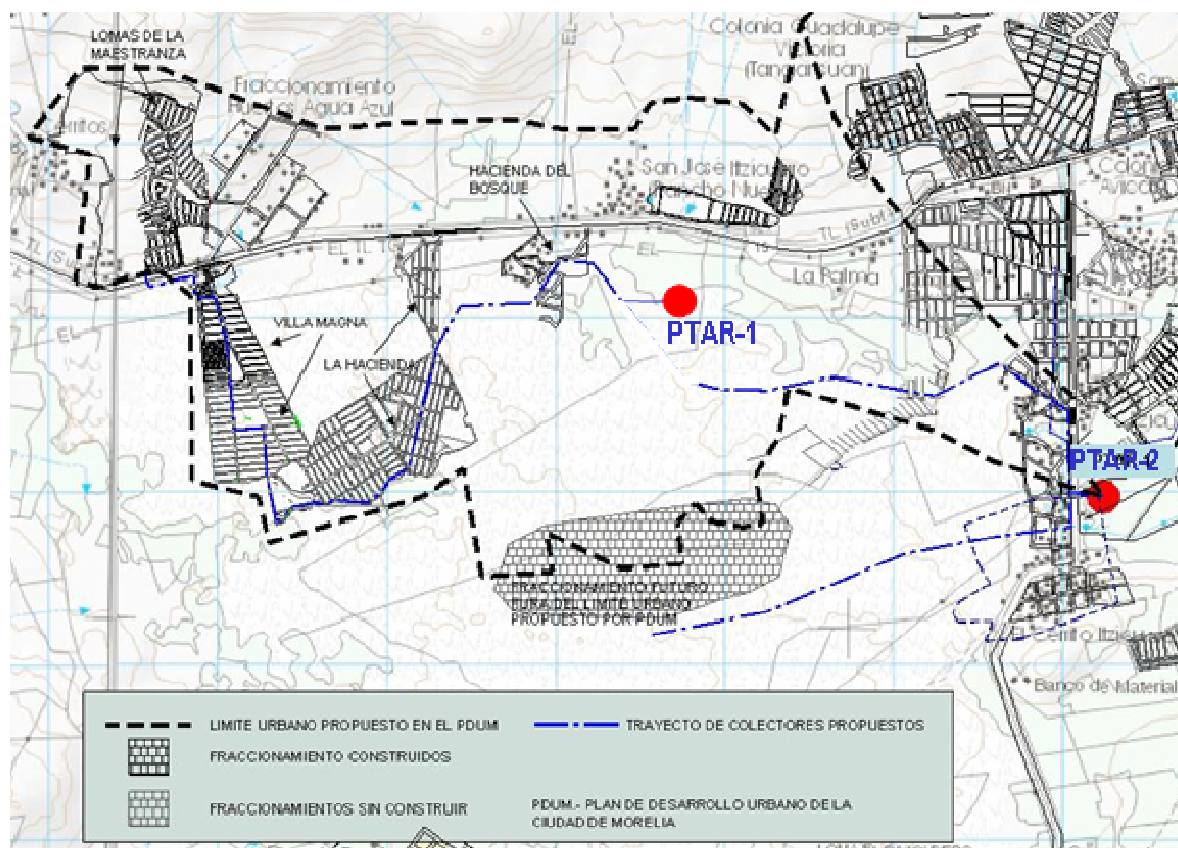
Un colector que inicie al sur de la planta de tratamiento de la cuenca alta en los límites del Fraccionamiento Villas del Pedregal siguiendo una dirección general al sureste a campo traviesa hasta la carretera al Cerrito a la altura de San Lorenzo Itzícuaró, siguiendo al sur por esta vialidad hasta 200 m antes del canal para continuar al oriente hasta el sitio de la planta de tratamiento.

Planta 3

La conducción de las aguas servidas a la planta de tratamiento de la cuenca baja se realizará con el colector existente, que al hacer la revisión hidráulica resultó aceptable para la población al horizonte del estudio.

Debido a que el colector existente actualmente descarga a un dren en su cruce con el camino a Cointzio, se hace necesario eliminar dicha descarga y conducir sus aportaciones hasta la planta de tratamiento, ubicada sobre la margen izquierda del Río Grande muy próximo a su cruce con el camino a San Juan Itzícuaró.

FIGURA 2.9 Zona de Influencia de las Plantas 1 y 2



Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

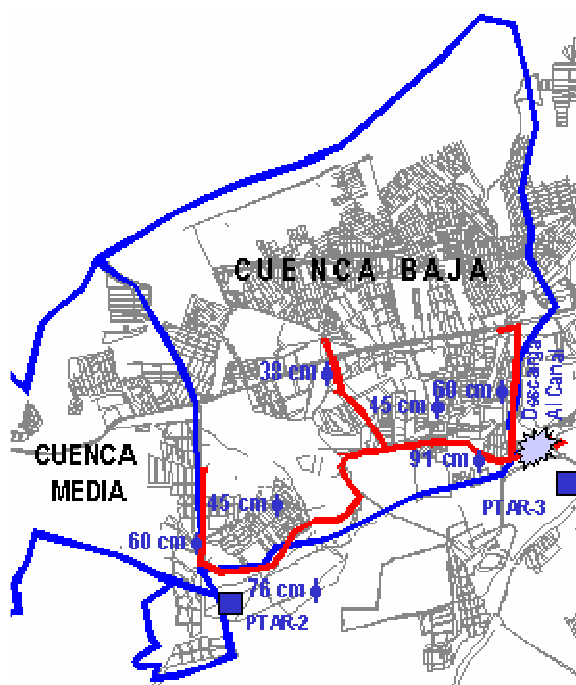
Planta 2

La zona de influencia de la segunda planta de tratamiento es la comprendida entre la planta de tratamiento de la cuenca alta y el camino a San Juanito y límites de la zona urbana.

En esta zona se contempla la revisión del colector existente considerando el crecimiento urbano propuesto en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Morelia. Este colector inicia en la colonia Ignacio Allende a un lado de carretera a La Mintzita y descarga en el canal existente en su cruce con la carretera a San Juanito a un costado del sitio propuesto para la planta de tratamiento No. 2.

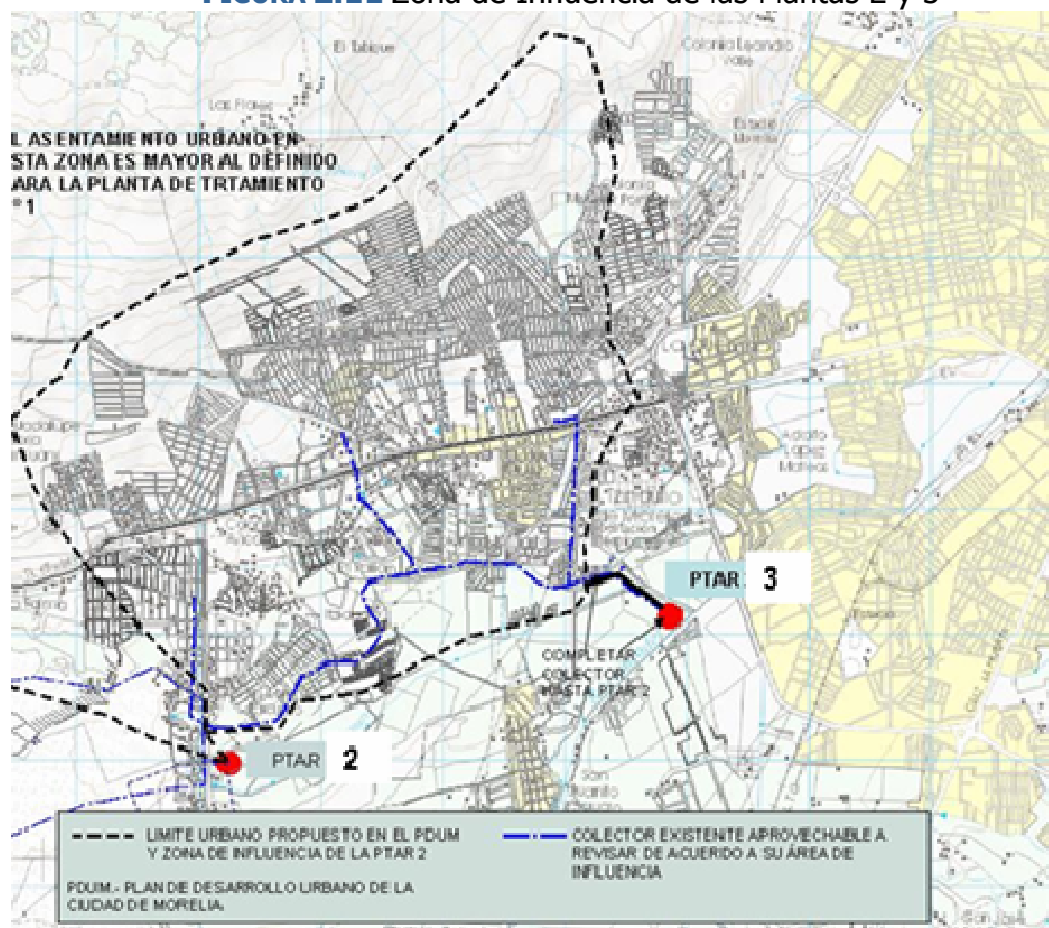
En la zona de estudio la principal infraestructura de drenaje sanitario consiste en un colector que inicia en la colonia Río Florido con trayectoria hacia el sur hasta el sitio propuesto para la planta de tratamiento 1 y seguir al oriente paralelo al canal Itz'icuario y terminar en el camino a San Juanito.. Los primeros 500 m tiene un diámetro de 45 cm y cambia a 60 cm hasta la planta de tratamiento 1 donde se incrementa a 76 cm hasta la Colonia Villas del Parián, donde recibe una tubería de 45 cm y el diámetro aumenta a 91 cm hasta recibir la descarga de 60 cm en la Colonia Nueva Esperanza sobre el camino a con el camino a San Juaníto Itz'icuario para descargar a cielo abierto a un canal. El desarrollo del colector es aproximadamente de 4.5 Km, ver figura 2.10.

FIGURA 2.10 Colector Existente



Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

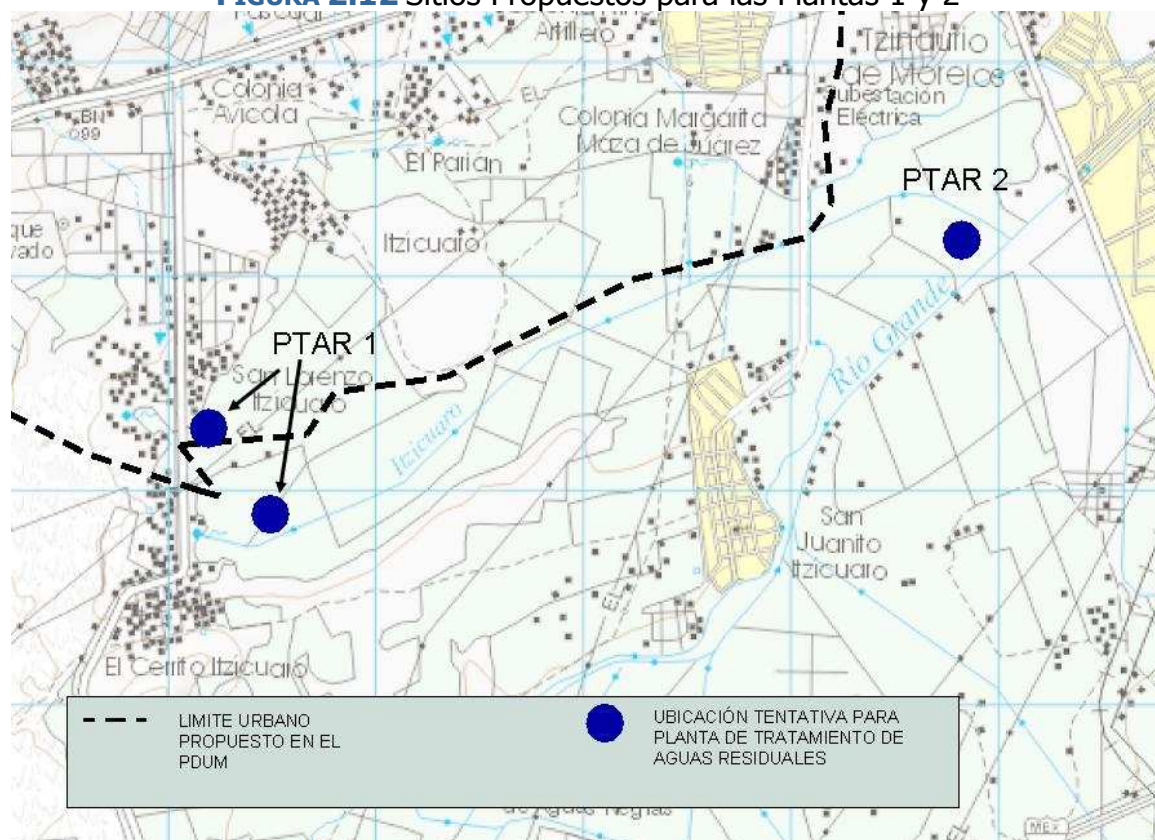
FIGURA 2.11 Zona de Influencia de las Plantas 2 y 3



Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

2.12.2.1. Selección de Sitios de las Plantas de Tratamiento

Para la PTAR 1 se proponen dos sitios uno dentro de la localidad de San Lorenzo Itzúcuaro y el otro, camino a El Cerrito a un costado del canal Itzúcuaro. Para la PTAR 2 se propone un terreno ubicado a un costado del Canal Río Grande junto a la estación de bombeo del OOAPAS. Los sitios propuestos serán gestionados por el OOAPAS.

FIGURA 2.12 Sitios Propuestos para las Plantas 1 y 2

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

Después de realizar el OOAPAS varios análisis, determinaron que se optaría por construir únicamente dos plantas de tratamiento en esta zona, contribuyendo a tener economías de escala, una operación más eficaz y aprovecharían de una forma más adecuada la infraestructura de proyecto.

Por lo anterior, se consideró que la planta de la zona media no se construiría y esos caudales pueden llegar a una planta de tratamiento en la zona baja, siendo necesario en un futuro reforzar el colector existente. Por lo anterior, la planta deberá tener un diseño de 280 lps para tratar las aguas residuales en el horizonte de proyecto.

La conclusión es que se tendrá una planta de tratamiento en la zona alta y otra en la zona baja, pero debido a la falta de urbanización y densificación de la zona alta, la construcción de dicha planta podrá desfasarse hacia el mediano plazo.

Siendo así, la solución es construir en forma inmediata la planta de tratamiento de la zona baja y los colectores necesarios para hacer llegar el agua de las zonas media y alta hasta dicha planta de tratamiento.

El análisis de las alternativas se realizó considerando una calidad en la descarga de 75-75 en DBO y SST, de la siguiente manera:

Alternativa A

En este caso se plantea la construcción de las dos plantas de tratamiento con sus respectivos colectores y emisor, teniéndose las siguientes inversiones:

CUADRO 2.31 Inversiones Necesarias para Alternativa A

Componente	Inversión
Colector Zona Alta	5,367,194
Colector Zona Media	1,844,553
Colector Paralelo al existente	5,023,468
Emisor	2,369,660
PTAR Zona Alta	82,000,000 (4 MÓDULOS)
PTAR Zona Baja	80,000,000 (4 MÓDULOS)

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

De la PTAR de la zona alta se construiría un primer módulo de 70 lps, mientras que en la PTAR de la zona baja dos módulos de 70 lps cada uno.

Por lo anterior, la programación de las inversiones en esta alternativa queda de la siguiente forma:

CUADRO 2.32 Períodos de Inversión Alternativa A

Año	Inversión
2007	85,081,407
2011	17,500,000
2012	17,500,000
2014	5,023,468
2016	17,500,000
2020	17,500,000
2021	17,000,000

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

Considerando una tasa del 12%, esta alternativa presenta un valor presente de los costos de 108.86 millones de pesos.

Alternativa B

Esta alternativa considera construir en una etapa inicial únicamente la PTAR de la zona baja y mandar toda el agua a esta planta, difiriendo la construcción de la PTAR de la zona alta hacia el mediano plazo, aproximadamente en el año 2015.

Por lo anterior, es necesario construir los colectores necesarios para hacer llegar toda el agua hacia esta planta de tratamiento.

CUADRO 2.33 Inversiones Necesarias para Alternativa B

Componente	Inversión
Colector Zona Alta	5,367,194
Colector Zona Media	3,004,561
Colector Paralelo al existente	5,023,468
Emisor	2,369,660
PTAR Zona Alta	82,000,000 (4 MÓDULOS)
PTAR Zona Baja	80,000,000 (4 MÓDULOS)

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

De la PTAR de la zona alta se construiría un primer módulo de 70 lps hasta el año 2015, mientras que en la PTAR de la zona baja tres módulos de 70 lps cada uno.

Por lo anterior, la programación de las inversiones en esta alternativa queda de la siguiente forma:

CUADRO 2.34 Períodos de Inversión Alternativa B

Año	Inversión
2007	56,741,415
2008	17,000,000
2011	17,000,000
2012	5,023,468
2015 ^{/a}	29,500,000
2018	17,500,000
2020	17,500,000
2023	17,500,000

/a: Se considera que las obras comunes a todos los módulos comprenden una serie de edificios y elementos que requieren una inversión adicional al costo de los módulos de tratamiento de \$12,000,000, por tal motivo en el año 2015 el importe se compone de 12,000,000+17,500,000

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

Considerando una tasa del 12%, esta alternativa presenta un valor presente de los costos de 97.67 millones de pesos.

Por los resultados obtenidos utilizando como indicador de rentabilidad el valor actual de los costos (VAC). Se concluye que la alternativa B es la más adecuada para resolver el saneamiento de la zona.

Debido a que los datos anteriores son producto del estudio realizado en 2005, por Servicios y Consultores S. C., el OOAPAS encargó a la misma empresa la actualización de los costos de la opción B, esta actualización dio como resultado un incremento en los costos de la inversión inicial, pasando de \$56,741,415 a \$62,500,001 y son los que se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 2.35 Períodos de Inversión Alternativa B

Año	Inversión
PROYECTO EJECUTIVO	3,510,316
OBRA CIVIL	14,518,178
OBRA MECÁNICA	38,263,026
OBRA ELÉCTRICA	4,408,481
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	1,800,000
TOTAL	62,500,001

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

Por otro lado la inversión en la ampliación modular quedó como en el estudio base, es decir 17,000,000 para la zona baja y 17,500,000 para la zona alta. Aunado a lo anterior y considerando el volumen total de agua residual que genera la ciudad de Morelia, se propuso la disminución en el número de módulos, a manera de optimización para el presente estudio, replanteando de la siguiente forma las inversiones de cada uno de los módulos y postergando otros, ver cuadro 2.36.

CUADRO 2.36 Períodos de Inversión Alternativa B optimizada

Año	Ingeniería Básica	Propuesta	Propuesta (Actualizado a pesos de Ene 2007)
2007	62,500,001	62,500,001	73,582,076
2011	17,000,000	17,000,000	20,014,324
2012	5,023,468	5,023,468	5,914,195
2015	29,500,000	0	0
2018	17,500,000	0	0
2020	17,500,000	0	0
2023	17,500,000	0	0
2025	0	29,500,000	34,730,739

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C. y cálculos propios

Con base en los datos presentados en este apartado se estimó el gasto de operación de la Alternativa seleccionada, quedando como se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO 2.37 Gasto medio generado y capacidad de tratamiento propuesto

Año	Gasto Medio a Tratar (lps)	Capacidad de Tratamiento
2007	125.9	210
2008	143.3	210
2009	165.9	210
2010	195.8	210
2011	212.6	210
2012	231.4	280
2013	252.7	280
2014	276.6	280
2015	280.0	280
2016	280.0	280
2017	280.0	280
2018	280.0	280
2019	280.0	280
2020	280.0	280
2021	280.0	280
2022	280.0	280
2023	280.0	280
2024	280.0	280
2025	280.0	280
2026	350.0	350
2027	350.0	350

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C. y cálculos propios

III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1. OBJETIVO

El objetivo principal del proyecto es el saneamiento de las aguas residuales de la ciudad de Morelia, Mich., para lo cual se requiere la construcción de dos plantas de tratamiento. La primera fue construida en el período 2005-2006 para entrar en operaciones en el 2007 con una capacidad instalada de 1,200 lps. La segunda será construida en el periodo 2007 para entrar en operación en el 2008 con una capacidad inicial de 210 lps y en el 2011 se construirá el módulo adicional de 70 lps hasta llegar a los 280 lps, posteriormente se ampliará según las necesidades de la zona, para el presente estudio se estima únicamente un módulo adicional de 70 lps en el 2025, para llegar a un total de 350 lps, lo anterior se confirmará de acuerdo al comportamiento futuro de la demanda.

Este proyecto se encuentra ligado al objetivo No. 2 del Plan de Nacional Hidráulico, de la Comisión Nacional del Agua que dice textualmente *“Se propiciara la ampliación de la cobertura y calidad de los servicios de agua potable alcantarillado y saneamiento”*

3.2. PROPOSITO

Actualmente, las aguas residuales generadas en la ciudad de Morelia son descargadas en los ríos Grande y Chiquito; la calidad en el nivel de contaminantes de tales aguas rebasa algunos parámetros establecidos por la Norma Oficial Mexicana, NOM-001-ECOL-1996. De esta manera, el organismo operador de agua, OOAPAS de Morelia, como autoridad responsable dio origen a un programa de inversiones para la operación del sistema de saneamiento de la ciudad, con la construcción de un conjunto de colectores y dos plantas de tratamiento de aguas residuales; con dichos proyectos se pretende mejorar la calidad de las aguas que son descargadas en tales cuerpos receptores y así cumplir con las condiciones establecidas por la normatividad, para evitar sanciones previstas en la ley, además de evitar el deterioro al medio ambiente.

El principal propósito de este proyecto es sanear la totalidad de las aguas residuales de la ciudad, permitiendo sanear el Río Grande y el Río Chiquito, así como eliminar problemas de salud por el contacto con agua contaminada, eliminar malos olores a lo largo de la ciudad, permitir la siembra de cultivos más rentables aguas abajo de la ciudad y mejorar el ecosistema en donde se descargan actualmente las aguas residuales.

El objetivo del presente estudio es determinar la rentabilidad social del proyecto “Saneamiento de las Aguas Residuales de Morelia, Michoacán” y emitir una recomendación en torno a la factibilidad económica en términos sociales de llevar a cabo este proyecto.

3.3. COMPONENTES

Los principales componentes del proyecto son:

1. Planta de tratamiento Atapaneo con capacidad de 1,200 lps.
2. Interconexiones de colectores y emisor que conecta el colector principal con la PTAR Atapaneo
3. Planta de tratamiento Itzícuaró con capacidad inicial de 210 con ampliación a 350 lps.
4. Infraestructura para conducir el agua residual tratada desde la PTAR Itzícuaró hasta la papelera para su reuso.

La planta de Atapaneo se basó en el sistema de filtros biológicos, con un gasto de diseño inicial de 1,200 lps, aplicados en un arreglo de tres módulos con un gasto de 400 lps cada uno. Posteriormente, conforme crezca la población también lo hará la planta. Se construyó en el periodo 2005-2006.

El proceso de tratamiento contemplado para el proyecto es el siguiente:

- Tratamiento preliminar
- Sedimentador primario
- Filtros biológicos
- Reactor biológico
- Sedimentador secundario
- Unidades de desinfección
- Unidad de recirculación
- Tratamiento de lodos

La planta a construir en Itzícuaró se basa en el sistema de lodos activados con modalidad aireación extendida y desinfección, con un gasto de diseño de 210 lps, aplicados en un arreglo de tres módulos con un gasto de 70 lps cada uno. Posteriormente, conforme crezca la población también lo hará la planta. Inicialmente con 210 lps en el 2008, 70 lps en el 2011 y un módulo adicional de 70 lps contemplado para el 2025.

El proceso de tratamiento contemplado para el proyecto es el siguiente:

- Tratamiento preliminar
- Sedimentador primario
- Bio-P
- Lodos activados con aireación extendida
- Clarificación secundaria
- Floculación y coagulación
- Desinfección
- Tratamiento de lodos

3.4. ACCIONES

Para la generación de los componentes del proyecto se necesita realizar las acciones siguientes:

- Gestionar los trámites administrativos ante CONAGUA y BANOBRAS para la realización de la construcción, los cuales ya se encuentran en trámites muy adelantados.
- Realizar obras complementarias con recursos propios del Sistema como la instalación de la línea del colector industrial para la alimentación de la planta de desbaste fisicoquímico, contando actualmente con un avance considerable.
- Elaboración de los proyectos Ejecutivos de los componentes del proyecto.
- Gestionar la obtención de los recursos económicos.
- Licitación de la Obra.
- Construcción de la Obra.

3.5. TIPO DE PROYECTO

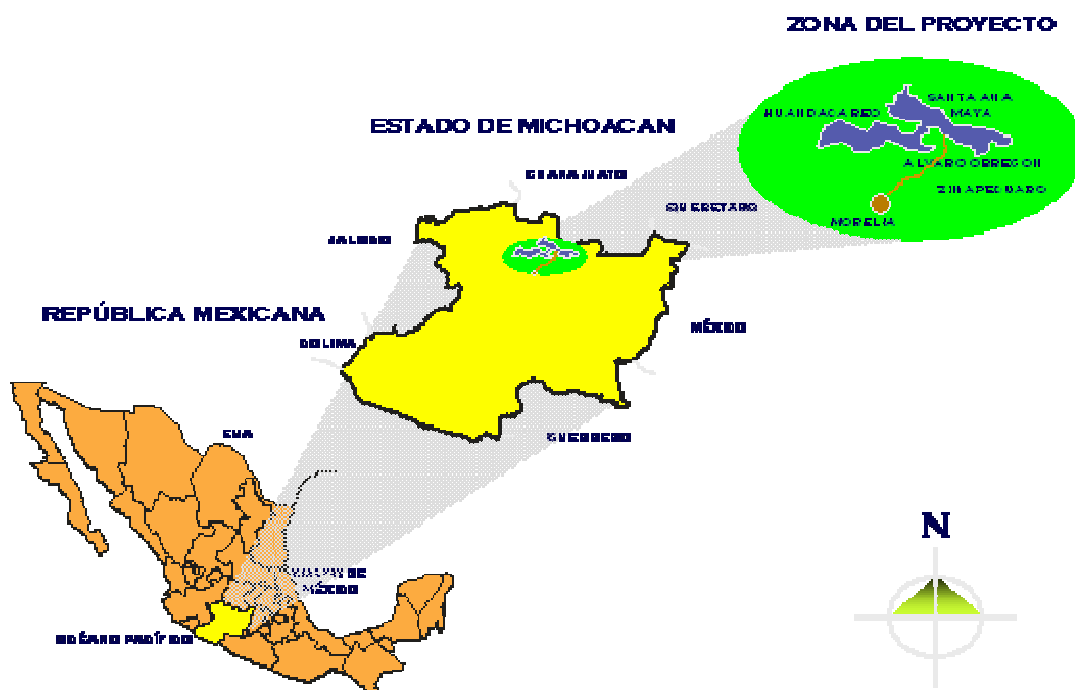
El tipo de proyecto a que corresponde según la clasificación mencionada en la sección II Tipos de programas y proyectos de inversión de los Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión, vigentes, corresponde a un proyecto de Infraestructura económica, ya que se trata de la Construcción de activos fijos para la producción de bienes y servicios de agua.

3.6. SECTOR ECONOMICO Y LOCALIZACION

El sector económico en el que se inserta el proyecto es el de **“Agua y suministro de gas por ductos al consumidor final”**, según el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Al mismo tiempo, en la contabilidad nacional el proyecto se enmarca dentro del Sistema de Cuentas Nacionales de México en la actividad económica 4 que corresponde a la Construcción; rama 60 Construcción y al grupo de actividad económica 6011 Agua, Riego y Saneamiento.

El proyecto que corresponde al estado de Michoacán de Ocampo; el cual se ubica en la zona centro occidente de la República Mexicana, colinda al norte con los estados de Jalisco, Guanajuato y Querétaro; al oriente con los estados de Querétaro, México y Guerrero; al sur con Guerrero y el Océano Pacífico y al poniente con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco.

MAPA 3.1 Ubicación de la zona del proyecto



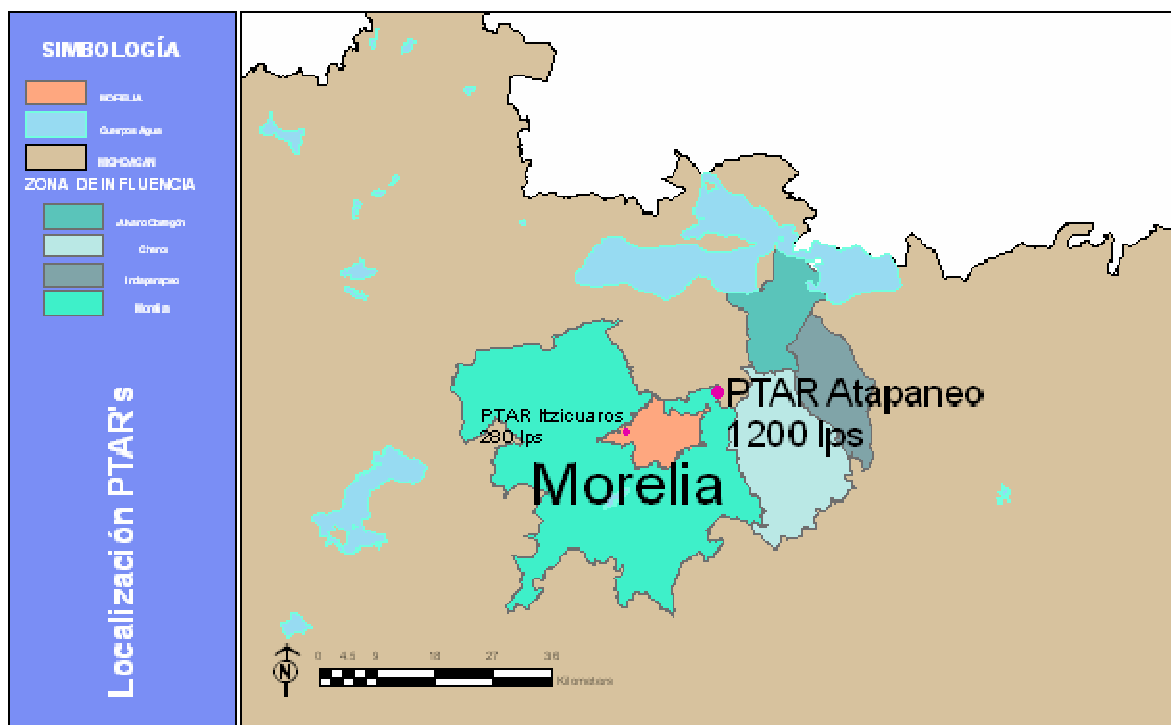
Fuente: Elaboración propia.

La capital del estado es Morelia y su cabecera municipal tiene un área de 1,335 km²; limita al norte con los municipios de Chucándiro, Copándaro, Huaniqueo, Tarímbaro y Alvaro Obregón; al sur con Acuitzio, Huiramba y Madero; la oriente con los municipios de Charo y Tzitzio, finalmente, al poniente con Coeneo, Lagunillas, Quiroga y Tzintzunzán.

3.6.1. Planta de Tratamiento Atapaneo

Se eligió un predio de aproximadamente 17 hectáreas ubicado a diez kilómetros aguas abajo del sitio donde se inició hace más de cinco años la construcción de la planta de tratamiento. Este predio cuenta con una localización conveniente para construir la planta, por un lado su cercanía al punto de descarga de la red de colectores es importante, ya que la llegada de aguas residuales puede ser por gravedad o con el mínimo bombeo; por otro lado, su distancia de la mancha urbana es suficiente para evitar problemas sociales a causa de la presencia de posibles olores en la planta. Por otro lado, presenta una pendiente suave hacia el cauce del Río Grande de Morelia, permitiendo ubicar las unidades de tratamiento de tal forma que se aproveche al máximo el flujo natural.

En el siguiente mapa se indica la localización de las plantas de tratamiento en Morelia.

MAPA 3.2 Localización y zona de influencia del Proyecto

Fuente: Elaboración propia.

3.6.2. Planta de Tratamiento Itzicuaros

Se eligió un predio de aproximadamente 4 hectáreas ubicado casi en la confluencia del Dren los Itzicuaros y el Dren Río Grande de Morelia. Este predio cuenta con una localización conveniente para construir la planta, ya que prácticamente todos los caudales proyectados que recolectará la planta serán a gravedad. Por otro lado, presenta una pendiente suave hacia el cauce del Río Grande de Morelia, permitiendo ubicar las unidades de tratamiento de tal forma que se aproveche al máximo el flujo natural.

La zona total de influencia inicia por la avenida Francisco I. Madero próximo al cruce con el camino a San Juanito Itzicuaros hasta la altura del fraccionamiento Lomas de La Maestranza por la carretera a Guadalajara y encerrada por el límite urbano indicada en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de población de Morelia, 2004.

MAPA 3.3 Localización de la Zona de Estudio



Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

3.7. MANIFESTACIÓN DEL EJECUTOR

El OOAPAS de Morelia de acuerdo a los estudios de campo y análisis realizados por este Organismo, así como con la información soporte obtenida, emite las siguientes manifestaciones:

3.7.1. Técnica

El Sistema de Plantas de Tratamiento de la ciudad de contempla acciones en las cuencas del río Grande y el río Chiquito. Estas acciones consideran la interconexión de colectores de aguas residuales que se generan en las zonas urbanas de dichas cuencas y la conducción de las mismas hasta los sitios propuestos para la construcción de dos plantas de tratamiento que se ubicarán una en la parte alta y otra en la parte baja de cada cuenca.

El análisis de las alternativas de los procesos de tratamiento e cada planta se realizó con la utilización de un programa de computadora desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los EUA (Environmental Protection Agency, EPA) y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EUA (U.S. Corps of Engineers). El nombre del programa utilizado es "Computer Assisted Procedure for the Design and Evaluation of Wastewater Treatment Systems", CAPDET, versión 2.07. Este programa permite adecuar las bases de diseño de cada proceso y los procesos unitarios a las condiciones propias de cada lugar.

Las bases de la evaluación son las que a continuación se indican.

- **Gasto de diseño:** Inicialmente se consideraron 1,200 l.p.s., aplicados en un arreglo de tres módulos con un gasto de 400 l.p.s., cada uno. La segunda planta es de 280 lps, considerando un módulo inicial de 210 lps y un subsecuente de 70 lps.
- **Calidad del influente:** Los valores utilizados para definir la calidad de diseño considerada en las alternativas de tratamiento fueron tomados de los resultados medios ponderados obtenidos por MWM, S.A. de C.V. durante el monitoreo de las 60 descargas más importantes que generan el agua residual de la ciudad de Morelia, situándose en los niveles de calidad siguientes.

CUADRO 3.1 Calidad del Influyente para el Estudio de Alternativas

Parámetro	Valor	Unidades
Temperatura de verano	28	°C
Temperatura de invierno	14.4	°C
Sólidos suspendidos totales	259	Mg/l
Sólidos suspendidos volátiles	187	Mg/l
DBO ₅ total	272	Mg/l
DBO ₅ disuelta	154	Mg/l
DQO total	530	Mg/l
DQO disuelta	230	Mg/l
P H	7.12	Unidades pH
PO ₄ ⁻³	16	mg/l
NTK	31	mg N/l
NH ₃	21	mg N/l
Grasas y Aceites	62	mg/l

FUENTE: *Caracterización de descargas de aguas residuales.
Resumen general de principales parámetros para cada descarga*

- **Normas de calidad del efluente:** se analizaron dos escenarios.

Para la PTAR de 1,200 lps

- 1) Requerimientos actuales de calidad para cumplir con la normatividad ambiental vigente y
- 2) Para condiciones normativas más estrictas con apego a la norma NOM-001-ECOL-1996, tabla II, para descargas a ríos cuyas aguas se usan con fines agrícolas.

Es importante resaltar que el interés del Organismo Operador de Morelia reside en tratar las aguas de la localidad para cumplir con la normatividad ambiental vigente y con el fin de que agricultores del Distrito de Riego Morelia-Queréndaro, puedan aprovechar estas aguas tratadas con fines de riego agrícola. En caso de que surja el interés de cambiar los cultivos de ciertas áreas, de cultivos restringidos, a cultivos no restringidos en algunas zonas, se ha dado especial atención a lo largo del análisis en plantear alternativas que pudieran disminuir la carga de huevos de helminto al nivel establecido en la norma NOM-001-ECOL-1996 como necesario para poder utilizar las aguas tratadas en riego agrícola no restringido.

Para la PTAR de 210 lps con ampliación a 350 lps.

- 1) Requerimientos actuales de calidad para cumplir con la normatividad ambiental vigente y
- 2) Para condiciones normativas más estrictas con apego a las necesidades de la industria papelera que esta en condiciones de adquirir el agua tratada y dejar de explotar el manantial y pozos profundos.

Es importante resaltar que el interés del Organismo Operador de Morelia reside en tratar las aguas de la localidad para cumplir con la normatividad ambiental vigente y con el fin de poder obtener los derechos de los pozos o disminuir la sobre explotación del acuífero, se hace indispensable llevar el agua a unos parámetros de calidad más estrictos.

- Tipo de suelos: el tipo de suelo es especialmente importante para las estimaciones de costos de lagunas para el tratamiento de aguas residuales; en este sentido las suposiciones hechas fueron que los suelos eran lo suficientemente impermeables para hacer innecesaria la instalación de membranas o geotextiles para sellar las lagunas (u otro procedimiento para este efecto) y que el material producto de la excavación era adecuado para la construcción de los bordos.

- **Criterios de diseño:** en las corridas se emplearon los criterios de diseño de la CNA y en su defecto los de la Environmental Protection Agency (EPA) o los de la Water Environment Federation.

- **Indicadores económicos:** los principales indicadores económicos empleados en la estimación de costos son los que se describen en el siguiente cuadro.

CUADRO 3.2 Indicadores Económicos

Concepto	Valor	Unidades
Paridad peso-dólar	10.50	\$/DII
Edificaciones Industriales	2,483.00	\$/m ²
Construcción de bordos	42.18	\$/m ³
Electricidad	0.52	\$/Kw.h
Medio sintético de filtros	45.00	\$/pie ³
Cloro	2.92	\$/kg
Tasa de interés	10	% anual
Periodo de Amortización	20	Años

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

Dentro del Sistema de Plantas de Tratamiento de la ciudad también se está considerando el reuso del agua tratada, principalmente en los sectores agrícola e industrial para cada una de las plantas.

El costo de inversión de las obras independientemente del nivel de proyecto o estudio considerado se determinó con base en catálogos de conceptos de precios unitarios de CNA, OOAPAS y precios de mercado, así como mediante el esquema de proyecto para establecer las cantidades de obra más importantes. Por lo anterior se considera que los costos de inversión no sufrirán variaciones importantes en la licitación.

Se cuenta con todos los aforos y estudios necesarios de calidad del agua para conocer la situación exacta de las aguas residuales y realizar el proyecto con información confiable.

Después de haber analizado el dictamen de aspectos técnicos, el proyecto descrito con anterioridad es la opción más viable para la ciudad de Morelia.

Los criterios generales y básicos para el diseño de equipos y tuberías, así como las especificaciones técnicas son las adecuadas y recomendadas por las Normas, Códigos y Reglamentos de la especialidad.

El proyecto se considera técnicamente factible.

3.7.2. Ambiental

Con fundamento en la LGEEPA y su Reglamento en Materia de Impacto Ambiental (INE, 1997b), se realizó la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad General del proyecto de saneamiento de Aguas Residuales en Morelia, Mich.

Dicho documento, se realizó en base a las metodologías vigentes del Instituto, identificando las causas que alteran la abundancia o diversidad de los recursos naturales que pudiese causar impactos sobre el ambiente ante de la realización de este proyecto durante la preparación, construcción, y operación del mismo; incluyendo medidas de mitigación para disminuirlos.

Es importante mencionar que de acuerdo a la evaluación de impactos, estos son en su mayoría de carácter local pero de una gran repercusión en el ambiente. Es por ello que las medidas de mitigación especialmente en la etapa de construcción forman parte de las actividades a desarrollar en el proyecto del diseño de la planta de tratamiento, sin embargo considerando sus características, se mencionan como parte de este estudio de impacto ambiental, ya que su realización repercutirá en la reducción de los impactos negativos, así como en la prevención y mitigación de los mismos.

Estas medidas de mitigación son totalmente viables de realizarse y forman parte de la etapa de construcción y operación de las plantas, como son el control de ruidos y polvo en la construcción, hasta el control de olores y cuidado con el cumplimiento de la norma en la descarga.

Cabe señalar que será responsabilidad de la empresa constructora que participe en las actividades de preparación y construcción de la planta de tratamiento, cuidar la calidad ambiental al finalizar la obra. La constructora deberá tener cuidado para no realizar procedimientos que impacten desfavorablemente sobre el medio ambiente existente, e inclusive mejorarlo, al restaurar, compensar y controlar los impactos ambientales adversos y directos que se presenten por la ejecución de la obra.

Con lo anterior, se ha dado cumplimiento a las disposiciones ambientales estipuladas en la normatividad Federal aplicable, contando con las evidencias presentadas demuestran que la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento cuenta con las autorizaciones y elementos necesarios que se adjuntan para determinar que la ejecución de las obras de saneamiento son factibles de realizarse ambientalmente.

El establecimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Morelia, representa una alternativa para la correcta operación de las aguas residuales generadas en la misma.

Se tiene un impacto ambiental positivo al sanear las corrientes del Río Grande y el Río Chiquito, los cuales actualmente tienen descargas de aguas residuales crudas.

El proyecto es factible ambientalmente

3.7.3. Factibilidad Legal

En el aspecto de saneamiento, el agua que usa la población es descargada a los diferentes cuerpos receptores sin tratamiento, contaminándolos y creando condiciones insalubres en la zona, es un evidente incumplimiento a lo que establece la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Por lo anterior, es primordial impulsar y apoyar los proyectos del sistema de tratamiento de la ciudad de Morelia, ya que su objetivo es el rescate Ecológico de la zona, particularmente aquellos que consideren el tratamiento de las aguas residuales y su aprovechamiento con el fin de intercambiarla por otros usos que no requieran agua limpia, como pueden ser el riego de áreas verdes, algunos usos industriales, el riego de terrenos agrícolas y la recuperación de los deteriorados cuerpos de agua de la región, entre otros.

Respecto de la evaluación legal se fundamenta que en materia normativa se cuenta con los elementos legales tanto federales como estatales para que el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia autoridad administrativa estatal en materia hidráulica, de conformidad a la Ley del Agua para el Estado de Michoacán, una vez que cuente con las respectivas autorizaciones de la Comisión Nacional del Agua y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales ejecute las obras que comprende el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad.

De acuerdo a lo dispuesto por la fracción III del artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los Municipios, a través de sus ayuntamientos, tendrán a su cargo los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales, para la prestación de dichos servicios deberá, desde luego, observar lo dispuesto por las Leyes Federales y Estatales aplicables.

Así mismo, los Municipios, previo acuerdo entre sus ayuntamientos, podrán coordinarse y asociarse para la más eficaz prestación de los servicios públicos a su cargo, lo que habilita la posibilidad legal para los Municipios de constituir, mediante convenio que para tal efecto suscriban, Organismos Intermunicipales que presten los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales, cubriendo las necesidades de dichos servicios en los Municipios que los integren, ya que en la mayoría de los casos los Municipios, por si solos y por factores administrativos y financieros, se ven imposibilitados para cubrir las necesidades de sus habitantes.

El artículo 115 Constitucional, contempla, además, la posibilidad de que el Municipio, cuando lo juzgue necesario, celebre convenios con el Estado para que éste último, de manera directa o a través del organismo correspondiente, se haga cargo en forma temporal de la ejecución y operación de obras y la prestación de determinado servicio público.

Para la licitación se cuenta con bases de concurso bajo el esquema de licitación pública, que permitirán cumplir con la Ley de Obra Pública y normativas aplicables.

Al evitar las descargas de aguas residuales sin tratar a las corrientes nacionales, se está cumpliendo con lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales.

El proyecto se considera legalmente factible.

3.8. CAPACIDAD INSTALADA

El proyecto consta de la construcción de dos plantas de tratamiento, la primera es la denominada PTAR Atapaneo con una capacidad de 1,200 lps y la segunda PTAR Itzúcaros con una capacidad de 350 lps en etapas; en la primer etapa se tendría una capacidad de 210 lps, que es la inversión inicial, ampliándose a 280 en el 2011 y se llegará a los 350 lps en la segunda etapa en el 2025, ver cuadro siguiente.

CUADRO 3.3 Capacidad instalada

Año	Capacidad de Tratamiento
2007	210
2008	210
2009	210
2010	210
2011	210
2012	280
2013	280
2014	280
2015	280
2016	280
2017	280
2018	280
2019	280
2020	280
2021	280
2022	280
2023	280
2024	280
2025	280
2026	350
2027	350

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C. y cálculos propios

3.9. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Para la realización del proyecto se han invertido \$352.93 a precios corrientes, en el periodo 2005-2006, por conceptos de infraestructura de la PTAR de Atapaneo; además de la inversión en el terreno y los costos de supervisión. Por otra parte, se tiene contemplado realizar una inversión de inicial de \$105.44 millones (sin IVA), para la construcción de la PTAR en los Itzúcaros. Los costos actualizados a pesos de 2007 de ambas PTAR's se distribuyen como se muestra en el cuadro siguiente.

CUADRO 3.4 Inversiones del Proyecto (Pesos de Enero de 2007)

DESCRIPCIÓN	IMPORTE Sin IVA	IMPORTE Con IVA	IMPORTE Social
PTAR Atapaneo (1,200 lps)	400,373,707	460,429,763	395,703,203
Proyecto Ejecutivo Emisor	3,771,236	4,336,921	3,610,015
Emisor	134,080,583	154,192,670	132,203,455
Proyecto Ejecutivo Ptar	10,685,167	12,287,942	10,228,377
Equipo de Proceso e Instrumentos	79,263,357	91,152,861	79,023,248
Caja de Demasías, Obra de By Pass y Llegada a la Planta	1,278,226	1,469,960	1,241,738
Pretratamiento y Cárcamo de Rebombeo	3,227,589	3,711,727	3,166,706
Zona de Cribado	1,463,557	1,683,091	1,420,716
Tratamiento Primario y Secundario	35,994,308	41,393,454	35,735,479
Desinfección	2,154,902	2,478,137	2,108,279
Cárcamo de Rebombeo de Lodos y Canales de Recirculación A Selectores	3,693,145	4,247,117	3,597,573
Canales de Mezcla, Muros y Vertedores	657,663	756,312	639,009
Edificaciones Y Obras Exteriores	11,218,591	12,901,380	10,930,482
Obras Complementarias	15,839,656	18,215,604	15,384,630
Canales Pluviales y Drenaje De Servicio	481,939	554,230	468,445
Obra de Descarga a Cuerpo Receptor y Disposición Final	3,553,343	4,086,344	3,497,568
Obra Mecánica (Montaje de Equipo, Tubería e Instrumentos)	10,677,939	12,279,630	10,675,352
Plc, Instrumentos y Software	2,105,607	2,421,448	2,101,142
Equipo de Voceo y Laboratorio	1,956,328	2,249,777	1,951,291
Procura de Tuberías de Proceso	18,636,189	21,431,617	18,579,735
Obra Eléctrica, Subestación, Ccm, Fuerza, Apartarayos y Alumbrado	16,890,264	19,423,804	16,395,848
Pruebas de Funcionamiento	7,240,476	8,326,547	7,240,476
Supervisión	10,003,642	11,504,188	10,003,642
Terreno	25,500,000	29,325,000	25,500,000
PTAR Itzicuaros (210 lps)	105,442,766	120,359,181	104,269,828
Proyectos Ejecutivos	4,132,741	4,752,653	4,081,252
Obra Civil	17,092,443	19,656,309	16,879,490
Obra Mecánica	45,047,566	51,804,700	44,486,324
Obra Eléctrica	5,190,163	5,968,687	5,125,499
Pruebas de Funcionamiento y Pruebas de Capacidad	2,119,164	2,437,038	2,092,761
Supervisión	2,943,283	3,384,775	2,943,283
Seguros y Fianzas	2,354,626	2,707,820	2,354,626
Colector Zona Alta	6,318,868	7,266,699	6,240,142
Colector Zona Media	3,537,309	4,067,906	3,493,238
Emisor	2,789,832	3,208,307	2,755,074
Terreno (No se considera IVA)	6,000,000	6,000,000	6,000,000
Línea de Conducción de A.R.T 210 lps	7,916,771	9,104,287	7,818,137
Total	505,816,473	580,788,944	499,973,031

Fuente: Elaboración propia con datos de los Aquasol Morelia, Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C. y OOAPAS.

Debido a que se utilizará el efluente de la planta de tratamiento Itzicuario en la industria papelerá, se requerirá una línea de conducción para un gasto de 210 l.p.s. que se incluye en dicho presupuesto, teniendo que ampliarse en el año 2011.

Con la finalidad de ampliar la capacidad de tratamiento en el año 2011 a 280 lps, de acuerdo a la proyección de la demanda, se construiría un módulo adicional, un colector para recolectar las aguas de la zona y una línea de conducción con capacidad de 150 lps para llevar el agua tratada a la industria.

CUADRO 3.5 Inversiones del Proyecto en el año 2011 (Pesos de Enero de 2007)

DESCRIPCIÓN	IMPORTE Sin IVA	IMPORTE Con IVA	IMPORTE Social
Colector Paralelo al Existente	5,914,195	6,801,324	13,951,742
Línea de Conducción de A.R.T 150 lps	5,937,578	6,828,215	5,863,603
Módulo en la Planta de tratamiento de 70 lps	20,014,324	23,016,473	6,240,142

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

Posteriormente, en el año 2025 se tiene la necesidad de volver a ampliar la capacidad de tratamiento con un módulo adicional, así como con infraestructura complementaria de recolección de aguas residuales crudas. La línea de conducción de aguas tratadas para la industria que se construyó en el 2011 sería suficiente para el caudal total.

CUADRO 3.6 Inversiones del Proyecto en el año 2025 (pesos del 2007)

Componente	IMPORTE Sin IVA	IMPORTE Con IVA	IMPORTE Social
Módulo en la planta de tratamiento de 70 lps	20,602,981	23,693,428	20,346,291
Infraestructura adicional	14,127,758	16,246,922	19,764,969

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

Se considera que las obras comunes a todos los módulos comprenden una serie de edificios y elementos que requieren una inversión adicional al costo de los módulos de tratamiento de \$14,127,758, por tal motivo en el año 2015 el importe se compone de 14,127,758+20,602,981.

Los costos de operación y mantenimiento son los recursos necesarios para mantener operando en óptimas condiciones la planta de tratamiento, durante su vida útil, e incluyen conceptos como energía eléctrica, reactivos químicos, materiales y mano de obra, entre otros. De acuerdo a información proporcionada por OOAPAS, los costos de operación y mantenimiento requeridos, son de 2.74 millones de pesos mensuales (ver cuadro 3.7).

CUADRO 3.7 Costos de operación y mantenimiento mensuales

PTAR ATAPANEO		Importe (Sin IVA)
COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
COSTOS DE PERSONAL		175,933.70
COSTOS DE MATERIALES		14,990.80
COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (H-M Intermedio Región Sur)		424,322.94
FIDUCIARIO		125,235.65
SEGUROS Y FIANZAS		24,984.67
ADMINISTRATIVOS, MANTENIMIENTO, INDIRECTOS Y UTILIDADES		275,560.06
COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		275,247.44
REACTIVOS QUÍMICOS DE LABORATORIO Y DE PROCESO		488,324.92
TRANSPORTE		49,646.52
UTILIDAD		81,312.94
TOTAL		1,935,559.62
PTAR ITZÍCUIROS		Importe (Sin IVA)
COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
COSTOS DE PERSONAL		99,500.00
COSTOS DE MATERIALES		4,000.00
COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA, EDIFICIOS E INSTALACIONES		135,569.85
SEGUROS Y FIANZAS		5,000.00
ADMINISTRATIVOS		22,000.00
MANTENIMIENTO Y REPOSICIÓN EQUIPO DE PROCESO		56,250.00
MANTENIMIENTO GENERAL EXCLUYENDO EQ. DE PROCESO		12,500.00
UTILIDAD		33,481.99
COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA		83,090.97
REACTIVOS QUÍMICOS DE LABORATORIO Y DE PROCESO		316,683.35
UTILIDAD		39,977.43
TOTAL		808,053.59

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS.

Por otra parte, el OOAPAS incurrirá en costos adicionales que corresponden a los recursos requeridos para conducir el agua tratada desde la PTAR hasta la papelería. En el cuadro 3.8 se presentan los costos de operación y mantenimiento de la línea de conducción de agua residual tratada.

CUADRO 3.8 Costos de operación y mantenimiento para el aprovechamiento del agua tratada.

Concepto	Conducción para 210 l.p.s.		Conducción para 150 l.p.s.	
	Monto Privado (sin IVA)	Monto Social	Monto Privado (sin IVA)	Monto Social
Energía eléctrica	328,447	328,447	218,965	218,965
Personal de oper y mtto	54,000	43,200	54,000	43,200
Mantenimiento general	395,839	390,907	296,879	293,180
Total	778,285	762,554	569,844	555,345

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS y cálculos propios.

Del cuadro anterior, el costo privado de operación y mantenimiento es de \$1.35 millones anuales y el social de \$1.32 millones, en los cuales incurrirá el organismo operador una vez que estén utilizándose ambas líneas de conducción para suministrar el agua residual tratada a la industria.

A continuación se presenta un cuadro resumen de los costos de inversión, operación y mantenimiento privados (sin IVA), del total del proyecto PTAR Itzicuaros, únicamente se presentan los años en los que es necesario realizar alguna reinversión.

CUADRO 3.9 Inversiones del Proyecto sin IVA (Pesos de Enero de 2007)

DESCRIPCIÓN	2007	2011	2025
INVERSIÓN	\$105,442,766	\$31,866,097	\$34,730,739
COSTO DEL TERRENO	\$6,000,000		
PROYECTO EJECUTIVO	\$4,132,741		
OBRA CIVIL	\$17,092,443		
OBRA MECÁNICA	\$45,047,566		
OBRA ELÉCTRICA	\$5,190,163		
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	\$2,119,164		
SUPERVISIÓN	\$2,943,283		
SEGUROS Y FIANZAS	\$2,354,626		
MÓDULOS PTAR-1			\$20,602,981
COSTOS ADICIONALES PTAR-1			\$14,127,758
MÓDULOS PTAR-2		\$20,014,324	
COLECTOR ZONA ALTA	\$6,318,868		
COLECTOR ZONA MEDIA	\$3,537,309		
COLECTOR ZONA PARALELO A EXISTENTE		\$5,914,195	
EMISOR	\$2,789,832		
LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE A.R.T 210 lps	\$7,916,771		
LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE A.R.T 150 lps		\$5,937,578	
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		\$11,308,623	\$13,155,581
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CONDUCCIÓN		\$1,348,129	\$1,348,129
FIJOS DE OPERACIÓN		\$4,419,622	\$4,419,622
VARIABLES DE OPERACIÓN		\$5,540,872	\$7,387,830
TOTAL	\$105,442,766	\$43,174,720	\$47,886,320

Fuente: Elaboración propia con datos de los Aquasol Morelia, Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C. y OOAPAS.

Es importante señalar que todos los costos de la PTAR Itzicuaros fueron actualizados a precios de 2007, ya que se tenían datos de diferentes años.

3.10. FUENTES DE RECURSOS

El programa de trabajo contempla varias fuentes de financiamiento, ya que se contará con recursos FINFRA, participación privada, recursos estatales y crédito. Las participaciones de cada fuente en la inversión para la PTAR de Atapaneo, se plantean en el siguiente cuadro. Como se observa la participación de mayor tamaño es la que aportará el Estado y Municipio.

CUADRO 3.10 Inversiones en Pesos PTAR Atapaneo 2005-2006

Componente	Esquema financiero				Total Con IVA
	FINFRA	Edo/Mpio	AQUASOL	Crédito	
PTAR Atapaneo y Emisor ^{la}	88,384,010	148,726,265	101,409,307	67,348,107	405,867,688
Subtotal ^{la}	88,384,010	148,726,265	101,409,307	67,348,107	405,867,688

la: Pesos corrientes del año en que se realizó la inversión.

NOTA: El importe total mostrado en el cuadro no coincide con el del cuadro 3.4 debido a que este último se encuentra en pesos de febrero de 2007.

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS.

Para el proyecto de la PTAR Itzícuaros, las fuentes de financiamiento que se contemplan son las que se presentan en el cuadro 3.11, es importante resaltar que los importes que se presentan son los requeridos para la primer etapa del proyecto, es decir para la construcción de tres módulos de 70 l.p.s., así como las obras complementarias (colectores y emisor) y el **terreno de 6 millones de pesos**, estos conceptos serán financiadas por el Estado y Municipio, debido a que parte de las atribuciones que poseen es dotar del servicio de alcantarillado a sus ciudadanos y son parte de sus programas de infraestructura básica.

CUADRO 3.11 Inversiones en Pesos PTAR Itzícuaros en el 2007

Componente	Esquema financiero (con IVA)				Total Sin IVA	Total Con IVA
	FINFRA	Edo/Mpio	AQUASOL	Crédito		
PTAR Itzícuaros ^{lb}	31,551,994	0	22,677,996	36,481,993	78,879,986	90,711,984
Terreno	0	6,000,000	0	0	6,000,000	6,000,000
Colectores ^{lb}	0	14,542,911	0	0	12,646,010	14,542,911
Inf. Reuso del agua ^{lb}	0	9,104,287	0	0	7,916,771	9,104,287
	31,551,994	29,647,198	22,677,996	36,481,993	105,442,766	120,359,181

lb: Pesos de 2007.

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS.

Aunado a lo anterior y como se ha hecho mención a lo largo del documento, la proyección de crecimiento de la PTAR Itzícuaros se tiene contemplada para los años 2011 y 2025, debido a esto, el importe que se requerirá para cubrir las ampliaciones es el que se presenta a continuación.

CUADRO 3.12 Reinversiones en Pesos de 2007 para PTAR Itzícuaros

Componente	Total Con IVA
Módulos 2011	\$23,693,428
Colector Paralelo al Existente 2011	\$6,801,324
Línea de conducción de A.R.T. 150 lps 2011	\$6,828,215
Costos Adicionales Ptar-1 2025	\$16,246,922
Módulos 2025	\$23,016,473
Subtotal ^{lb}	\$76,586,363

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS.

Debido a que la primer reinversión se realizará dentro de cuatro años, el OOAPAS buscará la mejor manera de financiarlas, adoptándose el mejor modelo que le ofrezca el mercado.

3.11. SUPUESTOS ECONOMICOS

Para realizar la evaluación del presente estudio fue preciso considerar un conjunto de actividades que permitieran obtener indicadores relacionados con la disposición de aguas residuales en la ciudad, para ello se solicitó información del organismo operador OOAPAS. Además de revisar otras fuentes como el estudio de ingeniería básica de la planta de tratamiento, presentado al promotor del proyecto en abril de 2001¹⁰. También, el equipo de trabajo recopiló información de organismos como CONAGUA, INEGI, SAGARPA, entre otros, con la finalidad de identificar los posibles beneficios y costos atribuibles al proyecto.

- A partir de lo descrito anteriormente, el proyecto se evaluará considerando las siguientes premisas:
- Se actualizaron todos los montos de la inversión de la PTAR de Atapaneo (1,200 l.p.s.) a pesos de 2007 con el INPC.
- Se utilizó parte de la información que es presentada en el estudio de ingeniería básica, como tecnología de tratamiento, costos de inversión, registro de aforos; además de contar con datos actualizados que proporcionó el organismo operador.
- Dados el estudio de ingeniería básica, las condiciones físicas y de disposición de terrenos, se presupone que el sitio propuesto es el adecuado para la construcción de la PTAR.
- El horizonte de evaluación para el presente proyecto de es de 20 años. El periodo de inversión de la PTAR de 1,200 lps inicia a fines del año 2004 y esta inicia sus operaciones en el año 2007; la inversión inicial de la PTAR de 210 lps comienza en el 2007 e inicia operaciones en el 2008.
- Los colectores que actualmente descargan en los ríos Grande y Chiquito de Morelia serán reforzados e interconectados para captar esas aguas residuales y sean llevadas hacia la PTAR correspondiente; por lo tanto, solo hasta ese momento se podrán obtener los beneficios atribuibles al proyecto.

10. Estudio de Ingeniería Básica para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Morelia, Mich. Montgomery Watson, S.A. de C.V., 2001.

IV. SITUACIÓN CON PROYECTO

Una vez construidas las plantas de tratamiento se evitará que las aguas residuales generadas en la ciudad sean descargadas sin previo tratamiento a cauces naturales. Lo anterior permitirá disminuir o evitar los efectos negativos ocasionados en los predios aledaños y en la salud de la población, así como apoyar a la agricultura en la siembra de cultivos más rentables.

4.1. SITUACIÓN CON PROYECTO PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES

4.1.1. Descargas PTAR Atapaneo

De acuerdo al estudio de ingeniería básica, se analizaron dos escenarios:

- a) Requerimientos actuales de calidad para cumplir con la normatividad ambiental vigente y,
- b) Para condiciones normativas más estrictas con apego a la norma NOM-001-ECOL-1996, tabla II, para descargas a ríos cuyas aguas se usan con fines agrícolas (cuerpo receptor tipo A).

La calidad establecida por esta norma se muestra en el cuadro 3.2. Es importante resaltar que el interés del Organismo Operador de Morelia reside en tratar las aguas de la localidad para cumplir con la normatividad ambiental vigente y con el fin de que agricultores del Distrito de Riego Morelia-Queréndaro, puedan aprovechar estas aguas tratadas con fines de riego agrícola en cultivos más rentables, ya que actualmente solo siembran forrajes.

CUADRO 4.1 Calidad requerida en el efluente. NOM-ECOL-001-1996.
Límites Máximos Permisibles.
Uso en riego agrícola, cuerpo receptor (A)

Parámetros	Promedio Mensual*	Promedio Diario*
Grasas y Aceites (2)	15	25
Materia Flotante (3)	Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	150	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	150	200
Coliformes fecales, (NMP/100ml)	1,000	2,000
Huevos de Helminto (huevos/l)		
Riego no restringido	1	1
Huevos de Helminto (huevos/l)		
Riego restringido	5	5
Nitrógeno Total (mg/l)	40	60
Fósforo Total (mg/l)	20	30
Arsénico (mg/l)	0.2	0.4
Cadmio (mg/l)	0.2	0.4
Cianuro (mg/l)	2.0	3.0
Cobre (mg/l)	4.0	6.0
Cromo (mg/l)	1.0	1.5
Mercurio (mg/l)	0.01	0.02
Níquel (mg/l)	2	4
Plomo (mg/l)	0.5	1
Zinc (mg/l)	10	20

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Morelia, Mich. Montgomery Watson, S.A. de C.V., 2001.

La calidad final del efluente que contempla producir la PTAR, basado en filtros biológicos, con tratamiento primario y digestión aerobia será de 75 mg/l de DBO. Cabe aclarar que las dos fases del proyecto contemplan producir esa misma calidad del efluente.

Debido a que el agua tratada podría ser reutilizada en riego agrícola, en caso de venderse a los agricultores, deberá tener como máximo un huevo de "helminto", por lo que se asegura esta calidad de agua con un proceso de filtración que reciba el efluente del sedimentador secundario, garantizando la remoción y ausencia de estos huevos hasta los niveles deseados.

4.1.2. Descargas PTAR Itzicuario

De acuerdo al reuso del agua residual tratada, el cual será en la industria papelera que dejará de utilizar el agua del manantial y de pozo, requiere de cierta calidad para que el agua pueda ser parte de su proceso.

CUADRO 4.2 Calidad del Agua Requerida por la Industria

Parámetros	Promedio Mensual
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	10
Grasas y Aceites (mg/l)	4
DQO (mg/l)	30
Nitrógeno Total (mg/l)	8
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	10
Fósforo Total (mg/l)	3

Fuente: Elaboración propia, con base en información proporcionada por OOPAS, 2007.

Por lo anterior, la calidad de agua del efluente de esta planta presentará una calidad muy superior a la de la planta de 1,200 l.p.s. con los excedentes en caso de que se presenten que se cumplirán con la norma establecida.

4.2. SITUACIÓN CON PROYECTO DE LOS COSTOS DE SALUD

Derivado de construcción de las PTAR's, se reducirán los costos por enfermedades atribuibles a la cercanía o contacto con las aguas residuales de algunas colonias de la ciudad de Morelia y de ciertas comunidades localizadas aguas abajo de la mancha urbana y que se asientan en los márgenes del río grande de Morelia. El cuadro 4.3 muestra las comunidades y colonias que se identificaron como beneficiarias del proyecto en cuestiones de salud, y con las que se estimó el beneficio por salud, aunque esto no significa que el resto de la comunidad asentada en la zona no se beneficie del proyecto.

CUADRO 4.3 Localidades y Colonias con Influencia de Aguas Residuales Relevantes para el Proyecto

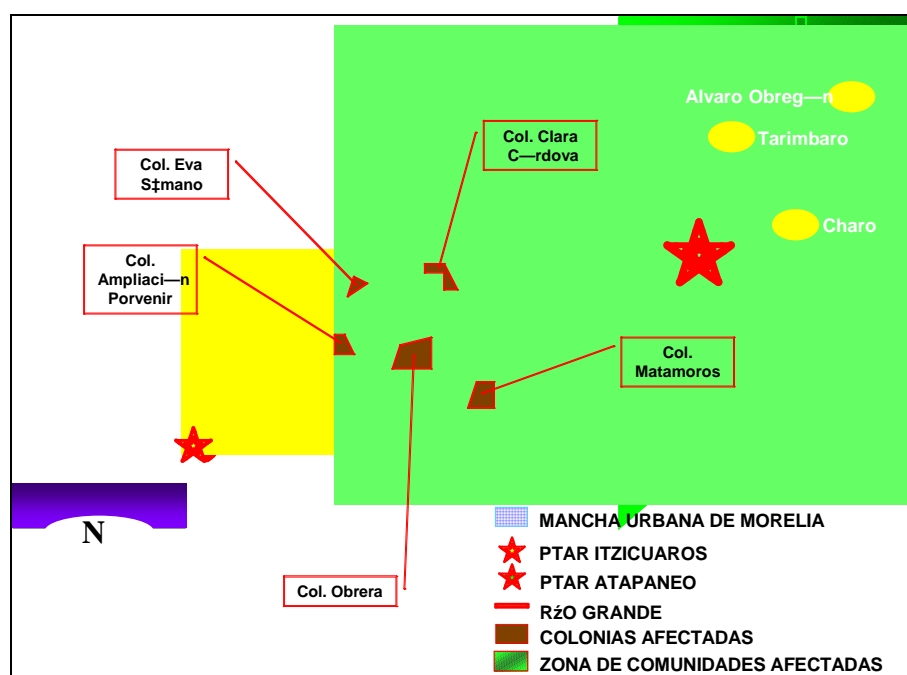
Municipio	Beneficios Atribuibles a PTAR	Unidad
Alvaro Obregon	Atapaneo	Las Trojes
Alvaro Obregon	Atapaneo	Chehuayo Grande
Tarimbaro	Atapaneo	La Noria
Alvaro Obregon	Atapaneo	La Mina
Alvaro Obregon	Atapaneo	Felipe Carrillo Pto.
Alvaro Obregon	Atapaneo	Tzintzineo
Cuitzeo	Atapaneo	Benito Juárez
Cuitzeo	Atapaneo	Agustín del Pulque
Charo	Atapaneo	Charo
Morelia		Unidad
Modulo 1	Atapaneo	Col. Matamoros
Modulo 2	Itzúcaros	Col. Amp. Porvenir
Modulo 4	Itzúcaros	Col. Eva Samano de López Mateos
Modulo 5	Itzúcaros	Col. Clara Córdova
Modulo 8	Itzúcaros	Col. Obrera

Fuente: Elaboración propia con datos de la Jurisdicción Sanitaria No. 1, Morelia, 2002.

La atribución de los beneficios mostrada en el cuadro anterior, se basó en la ubicación de las unidades de salud con efectos negativos respecto de la localización de las PTAR's, llegándose al arreglo anterior, atribuyéndose los beneficios de las unidades rurales a la PTAR de Atapaneo ya que se encuentran aguas debajo de dicha planta, además del Módulo 1 de la ciudad de Morelia, debido a que dicho módulo no se encuentra en las márgenes del Río Grande y su beneficio se atribuye a la interconexión del subcolector de la zona a el colector que aporta sus aguas a la PTAR de Atapaneo.

En el caso de los beneficios atribuibles a la PTAR de los Itzícuaros, se tomaron en cuenta las colonias afectadas en la situación actual, y que se encuentran asentadas aguas abajo de esta PTAR y antes de la PTAR Atapaneo, ya que en caso de no construirse, continuaría el efecto negativo que presentan las descargas de las aguas negras al Río Grande de Morelia. Ver figura 4.1.

FIGURA 4.1 Localización de Zonas Beneficiadas en el Aspecto de Salud



Fuente: Elaboración propia con datos de la Jurisdicción Sanitaria No. 1, Morelia, 2002.

Los costos que se presentan actualmente en las comunidades y colonias que se detallan en el cuadro 4.4, serán evitados una vez que se pongan en marcha ambos proyectos, ya que al igual que en el caso del sector agrícola, si no se construyen ambos proyectos los beneficios en salud serían NO significativos, de tal forma que para el año 2007 únicamente se tendrían los beneficios de la colonia Matamoros (\$137,420) ya que esta depende prácticamente de la conexión de los subcolectores de la zona al colector que aportará su caudal a la PTAR de Atapaneo y solo a partir del 2008, una vez que entre en operación la PTAR Itzícuaros, se estima que se capitalizarían el resto de los beneficios por salud. El siguiente cuadro muestra el reparto de los costos que se evitarían derivados de la construcción de las PTAR's.

CUADRO 4.4 Costos Evitados por Tratamiento de Enfermedades Provocadas por Agua Contaminada, Pesos de 2007.

Año	No. Total de Casos	PTAR Atapaneo	PTAR Itzicuaros	Costo \$
2007	2925	\$137,420		\$137,420
2008	2950	\$539,437	\$631,750	\$1,171,187
2009	2974	\$540,049	\$637,196	\$1,177,245
2010	2998	\$540,598	\$642,567	\$1,183,165
2011	3020	\$541,074	\$647,848	\$1,188,922
2012	3042	\$541,504	\$653,083	\$1,194,587
2013	3063	\$541,870	\$658,234	\$1,200,104
2014	3084	\$542,191	\$663,336	\$1,205,527
2015	3103	\$542,462	\$668,373	\$1,210,835
2016	3122	\$542,684	\$673,336	\$1,216,020
2017	3141	\$542,845	\$678,227	\$1,221,071
2018	3158	\$542,952	\$683,027	\$1,225,979
2019	3175	\$542,998	\$687,753	\$1,230,751
2020	3191	\$542,974	\$692,383	\$1,235,357
2021	3207	\$542,878	\$696,893	\$1,239,771
2022	3222	\$542,695	\$701,308	\$1,244,002
2023	3236	\$542,421	\$705,565	\$1,247,986
2024	3251	\$542,047	\$709,689	\$1,251,736
2025	3265	\$541,576	\$713,665	\$1,255,242
2026	3280	\$540,992	\$717,475	\$1,258,467
2027	3294	\$540,302	\$721,131	\$1,261,433

Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por la Jurisdicción Sanitaria No. 1 y CONAPO.

El efecto positivo que ocasionará el proyecto en la salud de las personas asciende a \$9.13 millones a valor presente, dicho valor se estimó con una tasa de descuento del 12% y considerando los beneficios a partir del 2007 para la PTAR de Atapaneo y el total de los beneficios a partir del 2008, año en que se concluye la construcción de las dos plantas, considerando un horizonte de evaluación de 20 años. El motivo de esta diferencia es que las comunidades aguas debajo de la ciudad de Morelia así como las colonias con influencia del Río Grande podrían beneficiarse hasta que ya no existan descargas en dicho río.

4.3. SITUACIÓN CON PROYECTO PARA PREDIOS ALEDAÑOS A LOS CAUCES POR DONDE ESCURREN LAS AGUAS RESIDUALES

Con la realización del proyecto, el agua residual generada por la industria será conducida a la planta para su saneamiento. Lo anterior derivará en una mejor imagen para los terrenos aledaños al río Chiquito por donde escurren en la actualidad, esperándose un incremento en el valor de los predios como se presenta en el cuadro 4.5.

CUADRO 4.5 Plusvalía de los Inmuebles al Margen del río Chiquito.

Zona/colonia	Superficie aproximada de afectación sin vialidad, sin espacios públicos (m2)	% de incremento al desaparecer olores	Valor promedio del inmueble sobre m2 de terreno		Proyecto Río Chiquito	
			Sin hacer ninguna obra \$/m2	Si se hace proyecto Río Chiquito \$/m2	Plusvalía unitaria promedio del inmueble sobre m2 de terreno \$/m2	Plusvalía por área afectada (\$)
Prados del Campestre	22,712	7.5%	6,008	6,459	451	10,243,112
5 de diciembre	17,672	5.0%	7,543	7,920	377	6,662,344
Nueva Chapultepec	194,814	5.0%	6,734	7,071	337	65,652,318
Infonavit Las Camelias	27,765	4.5%	4,250	4,441	191	5,303,115
Ventura Puente	216,536	6.5%	3,675	3,914	239	51,752,104
Electricistas	70,571	6.5%	4,935	5,256	321	22,653,291
Juárez	71,460	8.0%	2,975	3,213	238	17,007,480
Molino de Parras	122,537	5.0%	3,233	3,395	162	19,850,994
Las Camelias	70,905	5.0%	6,734	7,071	337	23,894,985
Félix Ireta	200,104	4.5%	4,678	4,889	211	42,221,944
Felicitas del Río	119,023	7.5%	3,845	4,133	288	34,278,624
Gustavo Díaz Ordaz	3,490	5.0%	3,632	3,814	182	635,180
Morelos	66,253	5.0%	3,645	3,827	182	12,058,046
TOTAL						312,213,537

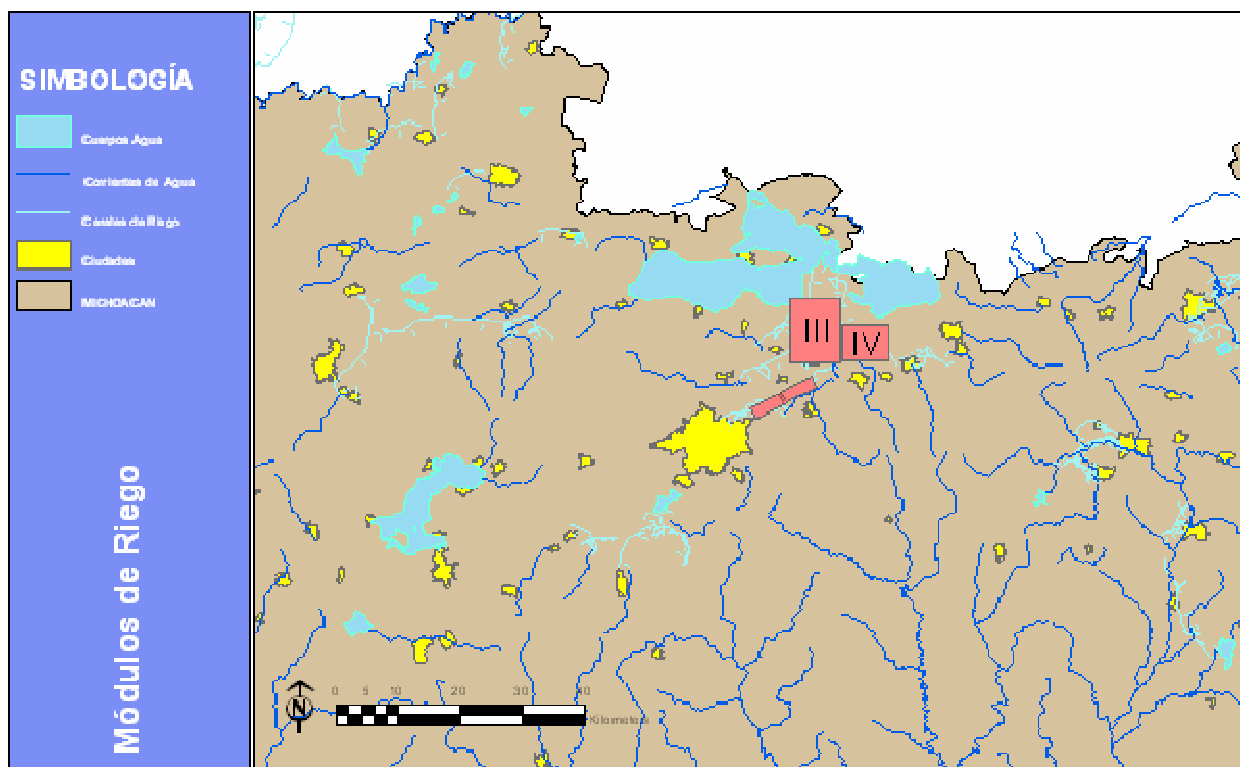
Fuente: Estudio de Impacto Económico en el Río Chiquito de Morelia, Avalúos Ingeniería Integral.

Según información proporcionada por el perito valuador, el área que se verá beneficiada es de 1,203,842 m² los cuales incrementarán su valor en promedio 5.77% por metro cuadrado. El incremento del valor de los inmuebles en la situación con proyecto asciende a \$312.21 millones, valor que internalizaría el mercado inmobiliario una vez concluido el proyecto.

4.4. SITUACIÓN CON PROYECTO PARA EL RIEGO AGRÍCOLA

La zona agrícola relevante para el proyecto, como ya se hizo mención en la situación sin proyecto, esta inscrita dentro de los municipios de Alvaro Obregón, Charo, Indaparapeo y Morelia, dentro de estos municipios se encuentran los módulos II, III y IV del distrito de riego 020, ver figura 4.2.

FIGURA 4.2. Relación Municipio-Módulo



Fuente: Elaboración propia.

Debido a que en la actualidad no es posible sembrar cultivos como hortalizas, en la situación con proyecto se plantea que el riego no sea restringido a este tipo de cultivos, ya que el principal problema de la zona no es de volúmenes de agua sino de la calidad de la misma, esto porque el canal principal de la zona de riego que va de la presa de Coitzio (fuente del riego de la zona) a la zona de riego es el río grande de Morelia; y es donde actualmente se descargan las aguas residuales sin tratar.

Por lo anterior, se utilizó como referencia la estructura de cultivos que se producen en los municipios influenciados por el proyecto ver cuadro 4.6, en el que se presenta la estructura de cultivos promedio por municipio de la zona de influencia del proyecto.

CUADRO 4.6 Estructura de Cultivos por Municipio.

ALVARO OBREGON PROMEDIO				
OTOÑO-INVIERNO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
AVENA FORRAJERA EN VERDE	432	432	3,808	9
CALABACITA	5	4	92	22
CEBADA GRANO	225	225	828	4
CEBOLLA	29	29	569	20
CHILE VERDE	5	5	35	7
EBO (JANAMARGO O VEZA)	69	69	973	13
FRIJOL	4	4	4	1
GARBANZO GRANO	41	41	41	1
HABA VERDE	1	1	5	5
LECHUGA	14	14	275	20
TOMATE VERDE	3	3	29	10
TRIGO GRANO	947	947	5,184	6
TOTAL	1,774	1,773		
PRIMAVERA-VERANO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
CALABACITA	18	18	385	22
CHILE VERDE	18	18	140	8
FRIJOL	5	5	5	1
FRIJOL	2	2	2	1
FRIJOL	4	4	4	1
MAIZ GRANO	4,518	3,876	27,381	7
SORGO GRANO	2,305	2,167	16,060	7
TOMATE ROJO (JITOMATE)	41	37	882	23
TOMATE VERDE	18	18	144	8
TOTAL	6,927	6,143		
PERENNES				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
AGAVE	5			
ALFALFA VERDE	450	439	21,510	49
FRAMBUESA	1	1	1	1
ZARZAMORA	17	17	136	8
TOTAL	473	457		

Fuente: Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.

CUADRO 4.6 Estructura de Cultivos por Municipio (continuación).

CHARO 2004				
OTOÑO-INVIERNO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
AVENA FORRAJERA SECA	5	5	43	9
BROCOLI	1	1	20	20
CALABACITA	16	16	347	22
CEBADA GRANO	9	9	27	3
CEBOLLA	2	2	39	20
CILANTRO	3	3	14	5
COL (REPOLLO)	2	2	69	35
EBO (JANAMARGO O VEZA)	43	43	613	13
EJOTE	3	3	20	7
GARBANZO GRANO	79	79	79	1
TOMATE VERDE	20	20	193	10
TRIGO GRANO	4	4	20	5
ZANAHORIA	26	26	842	33
TOTAL	212	212		
PRIMAVERA-VERANO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
CALABACITA	43	43	935	22
MAIZ GRANO	1,518	1,511	10,579	7
SORGO GRANO	225	221	1,691	7
TOMATE VERDE	18	18	144	8
ZANAHORIA	230	230	7,130	31
TOTAL	2,033	2,023		
PERENNES				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
ALFALFA VERDE	40	40	2,000	50
TOTAL	40	40		

Fuente: Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.

CUADRO 4.6 Estructura de Cultivos por Municipio (continuación).

INDAPARAPEO PROMEDIO				
OTOÑO-INVIERNO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
AVENA FORRAJERA EN VERDE	4	4	35	9
CEBADA GRANO	55	55	165	3
EBO (JANAMARGO O VEZA)	21	21	268	13
GARBANZO GRANO	40	40	40	1
TRIGO GRANO	540	540	2,895	5
TOTAL	660	660		
PRIMAVERA-VERANO				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
CHILE VERDE	11	11	90	8
MAIZ GRANO	3,607	3,575	24,837	7
SORGO GRANO	1,044	997	7,362	7
TOTAL	4,662	4,584		
PERENNES				
CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO (TON/HA)
ALFALFA VERDE	20	20	1,120	56
TOTAL	20	20		

Con los datos presentados en el cuadro anterior, y utilizando los cultivos más representativos, se maximizó la superficie destinada al riego en la zona, sin eliminar las superficies de los cultivos forrajeros, sino que, únicamente se consideró reducir dicha superficie a la mínima presentada durante los años con los que se cuenta información (2001-2004). La maximización se realizó de manera similar a la presentada en el apartado de la situación sin proyecto, es decir se estimó la máxima rentabilidad para la estructura de cultivos propuesta, sin dejar de lado ciertas restricciones como lo son la superficie históricamente sembrada y los volúmenes de agua que se requieren para estos cultivos, en los siguientes párrafos, se presenta la forma en que se estimaron las superficies de los cultivos propuestos en la situación con proyecto.

Los principales factores considerados para estimar la superficie de cada uno de los cultivos que se proponen son:

- La superficie históricamente sembrada de cada cultivo en la zona.
- El volumen demandado de agua por esos cultivos y
- La rentabilidad de cada uno de los cultivos

Con las tres variables antes mencionadas, se realizó la maximización del valor de la producción para los ciclos Primavera-Verano Y Otoño-Invierno de cada uno de los tres módulos conforme a los pasos que se presentan a continuación.

1. Se utilizó la información estadística disponible de SAGARPA de los municipios relevantes al proyecto del periodo 2001-2004.
2. Se estimó la superficie **mínima** sembrada de cada uno de los cultivos cíclicos durante el periodo 2001-2004 y que será posible regar con aguas las residuales tratadas. Datos que se muestran en el cuadro 4.7. EL motivo por el cual se estimó el mínimo fue debido a que la estructura propuesta contemple que se sigan sembrando la mayoría de los cultivos de la zona, pero también se mejore el valor de la producción con cultivos de mayor rentabilidad.

CUADRO 4.7. Superficie Sembrada

Charo					
Cultivos Otoño-Invierno	2001	2002	2003	2004	Sup. Mín.
AVENA FORRAJERA SECA		5	5	5	5
BROCOLI		1	1	1	1
CALABACITA		16	16	16	16
CEBADA GRANO			9		9
CEBOLLA		2	2	2	2
EBO (JANAMARGO O VEZA)	95	25.5	26	26	26
GARBANZO GRANO	110	68	68	68	68
TOMATE VERDE		20	20	20	20
TRIGO GRANO			4	4	4
ZANAHORIA	10	31	31	31	10
Cultivos Primavera-Verano					
CALABACITA	10	80	40	40	10
MAIZ GRANO	600	1800	1835	1835	600
SORGO GRANO	300	300	100	200	100
TOMATE VERDE		18	18	18	18
ZANAHORIA	230	230	230	230	230
Álvaro Obregón					
Cultivos Otoño-Invierno	2001	2002	2003	2004	Sup. Mín.
AVENA FORRAJERA	768	320	320	320	320
CALABACITA	5	5	5	5	5
CEBADA GRANO	179	128	464	128	128
CEBOLLA	40	25	25	25	25
CHILE VERDE	5	5	5	5	5
EBO (JANAMARGO O VEZA)	140	46	46	46	46
FRIJOL	2	4	4	4	2
GARBANZO GRANO	30	44	44	44	30
TOMATE VERDE		3	3	3	3
TRIGO GRANO	1,227	1,000	562	1,000	562
Cultivos Primavera-Verano					
CALABACITA	20	30	10	10	10
CHILE VERDE	20	30	10	10	10
FRIJOL	5	4			4
FRIJOL		2			2
FRIJOL		4			4
MAIZ GRANO	3,000	5,000	5,035	5,035	3,000
SORGO GRANO	3,500	1,900	1,948	1,872	1,872
TOMATE ROJO (JITOMATE)	52	52	30	30	30
TOMATE VERDE	12	20	20	20	12

CUADRO 4.7. Superficie Sembrada (continuación)

Indaparapeo					
Cultivos Otoño-Invierno	2001	2002	2003	2004	Sup. Mín.
AVENA FORRAJERA		4	4	4	4
CEBADA GRANO			55		55
EBO (JANAMARGO O VEZA)	20	20.5	21	21	21
GARBANZO GRANO	20	47	47	47	47
TRIGO GRANO		518	584	518	584
Cultivos Primavera-Verano					
CHILE VERDE	5	10	15	15	5
MAIZ GRANO	1500	4286	4321	4321	1,500
SORGO GRANO	1600	938	819	819	819

Fuente: Estimación propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola SAGARPA

3. Paso seguido, se estimaron los volúmenes de agua requeridos para los cultivos que pueden regarse con las aguas residuales tratadas, dicha estimación se estimó con las láminas de riego por tipo de cultivo, con este dato y la superficie promedio sembrada se estimó el máximo volumen de agua requerida para cada una de las zonas, ver cuadro 4.8.

CUADRO 4.8. Volumen de Agua Requerido

Charo		
Cultivos Otoño-Invierno	Superficie (Has)	Vol. de Agua (m³)
AVENA FORRAJERA SECA	5	50,000
BROCOLI	1	3,300
CALABACITA	16	52,800
CEBADA GRANO	9	76,500
CEBOLLA	2	6,600
EBO (JANAMARGO O VEZA)	43	198,375
GARBANZO GRANO	79	329,700
TOMATE VERDE	20	66,000
TRIGO GRANO	4	45,200
ZANAHORIA	26	84,975
Cultivos Primavera-Verano		
CALABACITA	43	157,250
MAIZ GRANO	1,518	4,400,750
SORGO GRANO	225	607,500
TOMATE VERDE	18	66,600
ZANAHORIA	230	851,000

CUADRO 4.8. Volumen de Agua Requerido (continuación)

Álvaro Obregón		
Cultivos Otoño-Invierno	Superficie (Has)	Vol. de Agua (m³)
AVENA FORRAJERA EN VERDE	432	4,320,000
CALABACITA	5	16,500
CEBADA GRANO	225	1,910,375
CEBOLLA	29	94,875
CHILE VERDE	5	16,500
EBO (JANAMARGO O VEZA)	69	319,125
FRIJOL	4	24,150
GARBANZO GRANO	41	170,100
TOMATE VERDE	3	9,900
TRIGO GRANO	947	10,703,925
Cultivos Primavera-Verano		
CALABACITA	18	64,750
CHILE VERDE	18	64,750
FRIJOL	5	31,050
FRIJOL	2	13,800
FRIJOL	4	27,600
MAIZ GRANO	4,518	13,100,750
SORGO GRANO	2,305	6,223,500
TOMATE ROJO (JITOMATE)	41	151,700
TOMATE VERDE	18	66,600
Indaparapeo		
Cultivos Otoño-Invierno	Superficie (Has)	Vol. de Agua (m³)
AVENA FORRAJERA SECA	5	50,000
BROCOLI	1	3,300
CALABACITA	16	52,800
CEBADA GRANO	9	76,500
CEBOLLA	2	6,600
EBO (JANAMARGO O VEZA)	43	198,375
GARBANZO GRANO	79	329,700
TOMATE VERDE	20	66,000
TRIGO GRANO	4	45,200
ZANAHORIA	26	84,975
Cultivos Primavera-Verano		
CALABACITA	43	157,250
MAIZ GRANO	1,518	4,400,750
SORGO GRANO	225	607,500
TOMATE VERDE	18	66,600
ZANAHORIA	230	851,000

Fuente: Estimación propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola SAGARPA

- Una vez estimados los datos anteriores se procedió con la estimación de la rentabilidad de cada uno de los cultivos sembrados; la rentabilidad se calculó con la diferencia entre el valor de la producción y el costo de producción por hectárea, considerando su rendimiento respectivo, ver cuadro 4.9.

CUADRO 4.9. Rentabilidad por Hectárea

Charo					
Cultivos Otoño-Invierno	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ha)	Valor de la Prod. (\$/Ha)	Costo de Prod. (\$/Ha)	Rentabilidad (\$/Ha)
AVENA FORRAJERA SECA	9	1,097	9,509	2,814	6,695
BROCOLI	20	2,627	51,659	23,083	28,576
CALABACITA	22	3,130	67,806	10,685	57,121
CEBADA GRANO	3	1,825	5,474	6,262	-788
CEBOLLA	20	1,880	36,973	14,949	22,024
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13	1,394	18,117	4,212	13,905
GARBANZO GRANO	1	5,899	5,899	5,695	204
TOMATE VERDE	10	5,935	57,370	14,351	43,018
TRIGO GRANO	5	1,768	8,842	7,517	1,325
ZANAHORIA	33	2,114	69,245	21,501	47,745
Cultivos Primavera-Verano					
CALABACITA	22	2,838	62,440	10,685	51,754
MAIZ GRANO	7	1,734	12,135	6,280	5,855
SORGO GRANO	7	1,470	10,659	6,437	4,222
TOMATE VERDE	8	4,775	38,203	14,351	23,851
ZANAHORIA	31	2,694	83,517	21,501	62,016
Álvaro Obregón					
Cultivos Otoño-Invierno	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ha)	Valor de la Prod. (\$/Ha)	Costo de Prod. (\$/Ha)	Rentabilidad (\$/Ha)
AVENA FORRAJERA	9	1,135	9,934	2,814	7,119
CALABACITA	22	5,068	110,222	10,685	99,537
CEBADA GRANO	4	1,660	6,642	6,262	380
CEBOLLA	20	2,659	52,524	14,949	37,575
CHILE VERDE	7	7,199	50,393	35,145	15,248
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13	1,394	18,117	4,212	13,905
FRIJOL	1	8,282	8,282	5,271	3,011
GARBANZO GRANO	1	5,899	5,899	5,695	204
TOMATE VERDE	10	5,356	50,882	14,351	36,531
TRIGO GRANO	6	1,752	9,635	7,517	2,117
Cultivos Primavera-Verano					
CALABACITA	22	2,838	62,440	10,685	51,754
CHILE VERDE	8	8,448	67,587	35,145	32,443
FRIJOL	1	14,099	14,099	5,271	8,828
FRIJOL	1	9,457	9,457	5,271	4,185
FRIJOL	1	9,457	9,457	5,271	4,185
MAIZ GRANO	7	1,734	12,221	6,280	5,942
SORGO GRANO	7	1,470	10,868	6,437	4,430
TOMATE ROJO (JITOMATE)	23	4,135	95,246	25,516	69,730
TOMATE VERDE	8	4,987	39,897	14,351	25,546

CUADRO 4.9. Rentabilidad por Hectárea (continuación)

Indaparapeo					
Cultivos Otoño-Invierno	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ha)	Valor de la Prod. (\$/Ha)	Costo de Prod. (\$/Ha)	Rentabilidad (\$/Ha)
AVENA FORRAJERA	9	1,097	9,509	2,814	6,695
CEBADA GRANO	3	1,825	5,474	6,262	-788
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13	1,394	18,117	4,212	13,905
GARBANZO GRANO	1	5,899	5,899	5,695	204
TRIGO GRANO	5	1,711	9,125	7,517	1,608
Cultivos Primavera-Verano					
CHILE VERDE	8	8,448	67,587	35,145	32,443
MAIZ GRANO	7	1,734	11,915	6,280	5,635
SORGO GRANO	7	1,470	10,659	6,437	4,222

Fuente: Estimación propia con datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola SAGARPA

Como se observa en el cuadro anterior, la cebada es un cultivo que en cierto momento pudiera ser no rentable, esto es debido a un muy bajo rendimiento en alguno de los municipios.

- El siguiente paso fue tomar cada una de las variables mencionadas y hacer una maximización de forma lineal de los cultivos que mejorarían el excedente económico de los agricultores, en la zona, para la situación con proyecto. Esta maximización se realizó de la siguiente forma:

CUADRO 4.10. Maximización de la Rentabilidad Situación Con Proyecto

CULTIVO	SUPEFICIE SEMBRADA (Ha)	CONSUMO DE AGUA (m ³ /Ha)	RENTABILIDAD (Ha)	VALOR PRODUCCIÓN (\$)
CULTIVO 1	X1	C1	R1	X1*R1
CULTIVO 2	X2	C2	R2	X2*R2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
CULTIVO n	Xn	Cn	Rn	Xn*Rn
TOTAL	$\sum_{i=1}^n X_i$	$\sum_{i=1}^n X_i C_i$		$\sum_{i=1}^n X_i R_i$
RESTRICCIONES	X1 >= MÍN HISTÓRICO X2 >= MÍN HISTÓRICO ⋮ Xn >= MÍN HISTÓRICO Superficie total máxima sembrada	Volumen de agua máximo utilizado con estructura promedio		

Fuente: Estimación propia

El resultado de lo mencionado en los puntos anteriores es una situación con proyecto, de la estructura de cultivos sembrados en la zona, considerando aquellos cultivos que los productores de la zona estarían dispuestos a sembrar, por tener una mayor rentabilidad, además de ser cultivos con los están familiarizados. En el cuadro 4.11 se presentan los resultados de esta reestructuración de cultivos para cada uno de los municipios.

CUADRO 4.11 Valor de la Producción Situación Con Proyecto.

MÓDULO II				
CULTIVO	RENTABILIDAD (\$/HA)	SUPEFICIE SEMBRADA MÓDULO II (HA)	CONSUMO DE AGUA (M3)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN C/PROYECO(\$)
OTOÑO-INVIERNO				
AVENA FORRAJERA SECA	6,695	2	24,919	16,683
BROCOLI	28,589	0	1,645	14,248
CALABACITA	57,134	30	97,651	1,690,662
CEBADA GRANO	-788	4	38,126	-3,535
CEBOLLA	22,037	1	3,289	21,966
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13,905	13	59,606	180,174
GARBANZO GRANO	204	34	142,338	6,913
TOMATE VERDE	43,031	10	32,893	428,921
TRIGO GRANO	1,325	2	22,527	2,642
ZANAHORIA	47,758	5	16,447	238,015
PRIMAVERA-VERANO				
CALABACITA	51,767	5	18,440	257,999
MAIZ GRANO	5,855	299	867,183	1,750,828
SORGO GRANO	4,222	50	134,563	210,401
TOMATE VERDE	23,864	9	33,192	214,084
ZANAHORIA	62,029	535	1,978,323	33,165,942
PERENNES				
ALFALFA VERDE	27,401	24	453,498	647,194
TOTAL		1,023	3,924,639	38,843,138
MÓDULO III				
CULTIVO	RENTABILIDAD (\$/HA)	SUPEFICIE SEMBRADA MÓDULO III (HA)	CONSUMO DE AGUA (M3)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN C/PROYECO(\$)
OTOÑO-INVIERNO				
AVENA FORRAJERA	7,119	309	3,086,823	2,197,571
CALABACITA	99,550	616	2,031,334	61,278,516
CEBADA GRANO	380	123	1,049,520	46,876
CEBOLLA	37,588	24	79,582	906,470
CHILE VERDE	15,261	5	15,916	73,606
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13,905	44	204,116	616,990
FRIJOL	3,011	2	13,312	5,808
GARBANZO GRANO	204	29	121,544	5,903
TOMATE VERDE	36,544	3	9,550	105,753
TRIGO GRANO	2,117	542	6,125,993	1,147,858
PRIMAVERA-VERANO				
CALABACITA	51,767	10	35,691	499,366
CHILE VERDE	32,456	10	35,691	313,077
FRIJOL	8,828	4	26,624	34,064
FRIJOL	4,185	2	13,312	8,075
FRIJOL	4,185	4	26,624	16,150
MAIZ GRANO	5,942	2894	8,392,300	17,194,752
SORGO GRANO	4,430	1806	4,875,637	8,000,509
TOMATE ROJO (JITOMATE)	69,743	1513	5,597,471	105,509,344
TOMATE VERDE	25,559	12	42,830	295,859
PERENNES				
ALFALFA VERDE	26,768	441	8,473,308	11,813,246
TOTAL		8,391	40,257,178	210,069,794

CUADRO 4.11 Valor de la Producción Situación Con Proyecto (continuación).

MÓDULO IV				
CULTIVO	RENTABILIDAD (\$/HA)	SUPERFICIE SEMBRADA MÓDULO IV (HA)	CONSUMO DE AGUA (M3)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN C/PROYECO(\$)
OTOÑO-INVIERNO				
AVENA FORRAJERA EN VERDE	6,695	3	27,337	18,302
CEBADA GRANO	-788	0	0	0
EBO (JANAMARGO O VEZA)	13,905	14	66,020	199,561
GARBANZO GRANO	204	22	94,058	4,568
TRIGO GRANO	1,608	399	4,510,130	641,674
PRIMAVERA-VERANO				
CHILE VERDE	32,456	1,249	4,619,634	40,522,434
MAIZ GRANO	5,635	1,025	2,972,946	5,777,079
SORGO GRANO	4,222	560	1,511,282	2,363,029
PERENNES				
ALFALFA VERDE	33,726	14	262,993	461,963
TOTAL		3,286	14,064,400	49,988,610

Fuente: Estimación propia.

Una vez reestructurado los cultivos para la situación con proyecto, el valor de la producción, en el sector agrícola, da como resultado \$298,901,542, es decir existe un incremento de \$214,974,204 pesos respecto de la situación sin proyecto; este monto corresponde a los tres módulos del distrito de riego. Sin embargo este incremento en el excedente económico no se presentaría de inmediato, por lo que se propone una tasa de incorporación del 10% anual, además de que estos beneficios no se podrán capitalizar hasta después de iniciar la operación de las dos PTAR's.

La superficie que se estimó cambiaría de tipo de cultivo es de 5,527 has. las cuales representan el 40.6% del total de la superficie de los tres módulos que actualmente utilizan aguas residuales para el riego.

4.5. SITUACIÓN CON PROYECTO EN LA INDUSTRIA

La industria en la situación con proyecto podrá intercambiar el agua de pozo y del manantial denominado Minzita por el agua residual tratada que producirá la planta de los Itzúcaros hasta por 210 l.p.s. en los primeros años de operación, ya que dicha agua tendrá un costo aproximado de producción de \$3.64 por m³.

Esta tarifa se obtuvo considerando que los ingresos para el OOAPAS por vender el agua a la industria cubrirán el total de costos de la planta, así se partió de: Ingreso = Costos. Si en este caso el ingreso es igual al precio de venta multiplicado por el volumen producido, tenemos:

$$Ingreso_i = P_i \times Q_i$$

Debido a que el objetivo es que, al menos, se igualen los costos con los ingresos del organismo por la venta del agua residual tratada, es necesario comparar el Valor Actual de los Beneficios (VAB), que en este caso corresponden al ingreso del organismo, con el Valor Actual de los Costos (VAB), para lo cual se utilizó la siguiente expresión:

$$\sum_{i=1}^n \frac{P \times Q_i}{(1+r)^i} = I + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

Donde:

P=Precio medio de venta

Q_i=Volumen de agua residual tratada en el año i

I=Inversión inicial

C_i=Costos del año i

r=Tasa de descuento

n=Periodo de evaluación

De la expresión anterior queremos conocer el precio con el que nuestros ingresos se igualan a los costos por lo que despejamos la variable P, quedando la ecuación de la siguiente forma.

$$P = \frac{I + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1+r)^i}}$$

Sustituyendo, tenemos que el precio medio de venta para recuperar el total de los costos de proporcionar el servicio es:

$$P = \frac{\$217,600,675}{55,075,283m^3} = \$3.95/m^3$$

Sin embargo, debido a que es vital para el organismo operador contar con un flujo de efectivo que le permita cumplir con sus compromisos financieros, se optó por estimar un cargo fijo mensual de \$1,448,210 y un cargo variable, que cubran los costos esta PTAR; el primero es para amortizar la inversión y el segundo para cubrir los costos de operación y mantenimiento. A continuación se muestra el cargo variable para el horizonte de evaluación.

CUADRO 4.12 Progresión de la Tarifa para el ART

Año	Tarifa de ART (\$/m³)
2008	\$1.99
2009	\$1.83
2010	\$1.68
2011	\$1.71
2012	\$1.63
2013	\$1.56
2014	\$1.50
2015	\$1.49
2016	\$1.49
2017	\$1.49
2018	\$1.49
2019	\$1.49
2020	\$1.49
2021	\$1.49
2022	\$1.49
2023	\$1.49
2024	\$1.49
2025	\$1.49
2026	\$1.36
2027	\$1.36

Fuente: Cálculos propios.

Con lo anterior, a manera de ejemplo, si en el primer año de operación la Industria consume los 143 l.p.s. que producirá la PTAR, se pagarían \$17.38 millones de cargo fijo (\$1,448,210 x 12 meses) más el resultado de multiplicar el volumen anual que representan los 143 l.p.s. por \$1.99, dando como resultado \$8.98 millones, cuyo importe anual es de \$26.36 millones.

Por otro lado se está considerando el incremento en el consumo del agua residual por parte de la industria y esto se propone por tres razones fundamentales, las cuales se describen a continuación:

- a. El precio de venta será menor que el que actualmente enfrenta la industria en la zona y la calidad del agua tratada le permitirá utilizarla en sus procesos.
- b. La industria ha tenido acercamientos con el organismo operador para negociar la compra del agua residual tratada de la planta en proyecto, adquiriendo en una primera fase un gasto de 210 l.p.s.
- c. Se estima que en el corto plazo la industria tenga que buscar una fuente alterna de abastecimiento de agua debido a que existe el proyecto del gobierno estatal de presentar una iniciativa, mediante la cual se le de un tratamiento especial al "Manantial la Mintzita", actual fuente de abasto de agua de CRISOBA. Por tal motivo ya se cuenta con avances de diagnósticos para que pueda ser declarado como Área Natural Protegida.

Por lo mencionado en los puntos anteriores se proyectó el consumo de agua residual tratada de la industria en función a la producción de la PTAR Itzúcaros, ya que si bien es cierto que actualmente consume alrededor de 400 l.p.s., es totalmente viable que dentro de 18 años este consumiendo los 350 l.p.s. que produciría la PTAR de los Itzúcaros.

Considerando que el crecimiento medio anual de la industria de 1999 al 2003 ha sido del 4.86%, dato estimado con información de los censos económicos del 2000 y 2004 del sector manufacturero, la sub-rama denominada "Fabricación de Papel" para el municipio de Morelia, Mich. Así pues, con la tasa de crecimiento media anual del 4.86% y bajo el supuesto de que la producción es directamente proporcional al consumo de agua; en el año 2019 la Industria estaría demandando los 350 l.p.s. Cabe señalar que este dato se presenta para ejemplificar el volumen de agua que podría demandar esta industria, pero para los beneficios se consideró exclusivamente el agua residual tratada generada.

SITUACIÓN CON PROYECTO DEL ENTORNO AMBIENTAL

En la situación con proyecto, se eliminarían las descargas de agua sin tratar a los cuerpos receptores de la zona, con lo que se disminuirá la degradación del agua en 41 millones de m³ el primer año de operación del proyecto; cifra que se incrementará año con año, en función del número de habitantes de la zona de influencia del proyecto, ver cuadro 4.13.

CUADRO 4.13 Proyección del Volumen Generado de Agua Residual

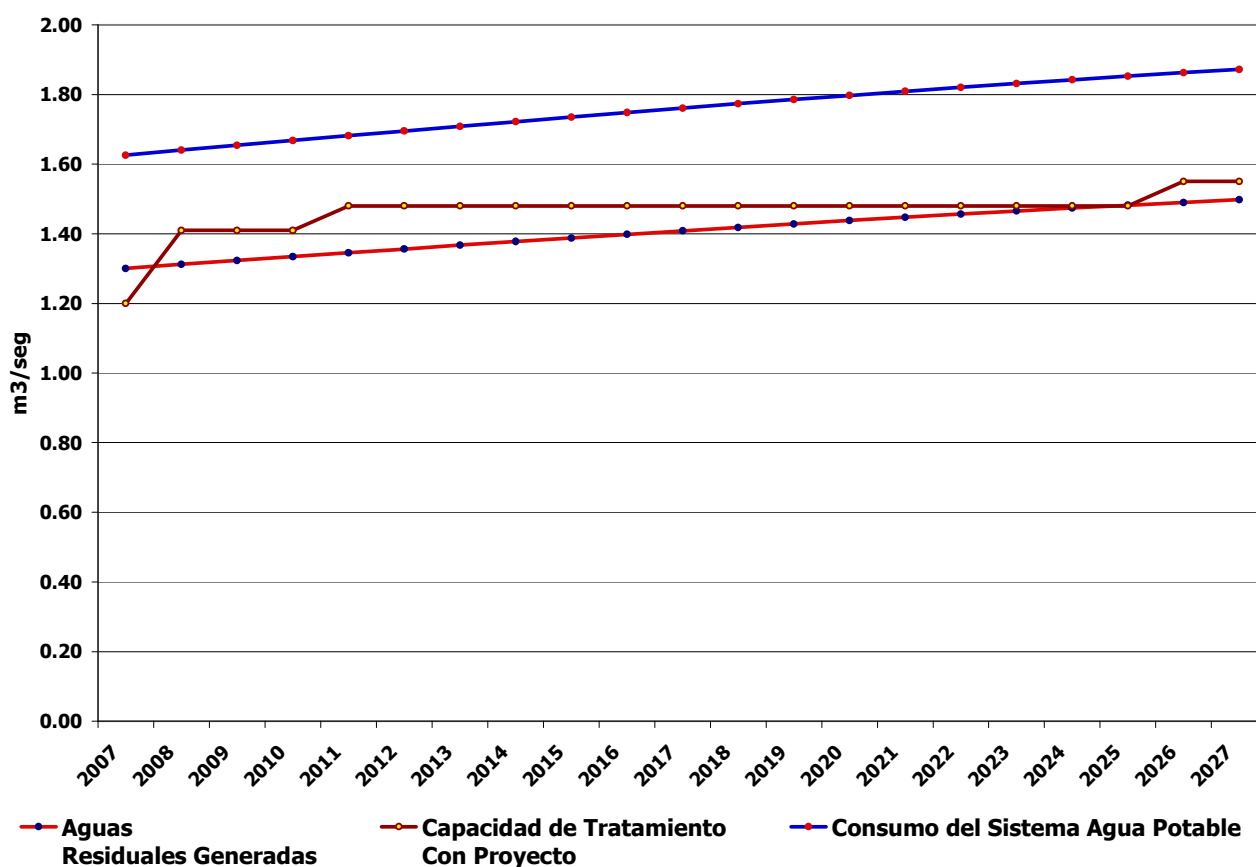
Año	Generación de AR (m³/seg)	Generación de AR (Millones m³/año)
2007	1.30	41.01
2008	1.31	41.38
2009	1.32	41.73
2010	1.33	42.09
2011	1.35	42.43
2012	1.36	42.77
2013	1.37	43.11
2014	1.38	43.45
2015	1.39	43.78
2016	1.40	44.10
2017	1.41	44.42
2018	1.42	44.74
2019	1.43	45.04
2020	1.44	45.35
2021	1.45	45.64
2022	1.46	45.93
2023	1.47	46.21
2024	1.47	46.48
2025	1.48	46.74
2026	1.49	46.99
2027	1.50	47.23

Fuente: Elaboración propia basándose en datos proporcionados por OOAPAS.

4.6. BALANCE OFERTA-DEMANDA CON PROYECTO

Una vez que se construya la infraestructura de proyecto, se logrará tratar el agua durante el horizonte de proyecto que es de 20 años, a continuación se presenta el balance oferta-demanda del sistema de saneamiento para la ciudad de Morelia en la situación con proyecto.

GRÁFICA 4.1 Proyección del Balance Oferta-Demanda del Saneamiento Con Proyecto



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la gráfica anterior una vez puesto en marcha el proyecto de ampliación (PTAR Itzícuaros 2) se eliminará el déficit que existe actualmente en el saneamiento de las aguas municipales de Morelia, en el siguiente cuadro se detallan los volúmenes estimados tanto de aguas residuales generadas como las capacidades de tratamiento del sistema de PTAR's propuestos por el OOPAS.

CUADRO 4.14 Proyección de la producción de agua potable, generación de aguas residuales y capacidad de tratamiento con proyecto para la ciudad de Morelia, Mich.

Año	Consumo del Sistema Agua Potable	Aguas Residuales Generadas	Capacidad de Tratamiento Con Proyecto	Atapaneo	Itzicuaros PTAR 1	Itzicuaros PTAR 2	Balance
-	(m3/seg)	(m3/seg)	(m3/seg)	(lps)	(lps)	(lps)	(m3/seg)
2007	1.63	1.30	1.20	1200	0	0	-0.10
2008	1.64	1.31	1.41	1200	0	210	0.10
2009	1.65	1.32	1.41	1200	0	210	0.09
2010	1.67	1.33	1.41	1200	0	210	0.08
2011	1.68	1.35	1.48	1200	0	280	0.13
2012	1.70	1.36	1.48	1200	0	280	0.12
2013	1.71	1.37	1.48	1200	0	280	0.11
2014	1.72	1.38	1.48	1200	0	280	0.10
2015	1.74	1.39	1.48	1200	0	280	0.09
2016	1.75	1.40	1.48	1200	0	280	0.08
2017	1.76	1.41	1.48	1200	0	280	0.07
2018	1.77	1.42	1.48	1200	0	280	0.06
2019	1.79	1.43	1.48	1200	0	280	0.05
2020	1.80	1.44	1.48	1200	0	280	0.04
2021	1.81	1.45	1.48	1200	0	280	0.03
2022	1.82	1.46	1.48	1200	0	280	0.02
2023	1.83	1.47	1.48	1200	0	280	0.01
2024	1.84	1.47	1.48	1200	0	280	0.01
2025	1.85	1.48	1.48	1200	0	280	0.00
2026	1.86	1.49	1.55	1200	70	280	0.06
2027	1.87	1.50	1.55	1200	70	280	0.05
2028	1.88	1.50	1.55	1200	70	280	0.05
2029	1.89	1.51	1.55	1200	70	280	0.04
2030	1.90	1.52	1.55	1200	70	280	0.03

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el OOAPAS.

En el cuadro se presenta el crecimiento propuesto para la PTAR 1, ya que con los volúmenes de aguas residuales estimados no sería necesaria su construcción sino hasta el año 2025, iniciando operaciones en el 2026.



En este capítulo se presentan los resultados de la cuantificación y valoración de los costos y beneficios del proyecto “Saneamiento de las Aguas Residuales de Morelia, Mich.” El objetivo de realizar este análisis, es ofrecer al tomador de decisiones de inversión un parámetro que permita determinar cuánto impacta en el bienestar de la sociedad, el hecho de que se lleve a cabo tal proyecto pero, en lo particular, ***se desea conocer la rentabilidad que tendrá el país de invertir o no en la construcción de la PTAR Itzícuaros en su primer etapa.***

Para realizar lo anterior se requiere identificar, cuantificar y valorar todos los costos y beneficios sociales atribuibles a la construcción de las plantas de tratamiento y que resultan de comparar las situaciones sin y con proyecto.

5.1. CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS SOCIALES

En general, los costos atribuibles a las plantas de tratamiento de aguas residuales propuestas para Morelia (Atapaneo e Itzícuaros), corresponden a los costos de inversión, operación y mantenimiento de dichas plantas y los colectores y emisores que serán construidos para conducir el agua residual hacia las plantas.

Los costos del proyecto que se presentan a continuación, fueron tomados del estudio de ingeniería básica para la planta de tratamiento Itzícuaros y del resumen de montos ejercidos en la planta de Atapaneo, estos últimos se actualizaron a pesos de enero de 2007 para realizar la evaluación social.

5.1.1. Costos de Inversión

Los costos de inversión son los recursos requeridos para la construcción de las plantas de tratamiento, equipamiento, colectores y emisores, necesarios para la operación del proyecto.

Para determinar los costos sociales de inversión, se tomaron como base los montos proporcionados obtenidos de los estudios de ingeniería básica y con información proporcionada por el OOAPAS, dichos costos están expresados en precios de mercado, por lo que fue necesario corregirlos mediante los factores de corrección calculados por el CEPEP¹¹.

11. Precio social de la divisa, costo social de la mano de obra, tasa social de descuento en la economía mexicana. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), México 1995.

La Corrección se realizó estableciendo los porcentajes de cada partida en los que se utilizan bienes comerciables y al mismo tiempo se utilizaron los porcentajes del tipo de mano de obra utilizada (calificada, semi-calificada y no calificada) de la planta de Atapaneo. En el cuadro 5.1 se presenta el monto privado y social de inversión a pesos de 2007 para las dos plantas.

CUADRO 5.1. Costos privados y sociales de inversión para la ampliación de la PTAR (Pesos de Enero de 2007)

DESCRIPCIÓN	IMPORTE Sin IVA	IMPORTE Con IVA	IMPORTE Social
PTAR Atapaneo (1,200 lps)	400,373,707	460,429,763	395,703,203
Proyecto Ejecutivo Emisor	3,771,236	4,336,921	3,610,015
Emisor	134,080,583	154,192,670	132,203,455
Proyecto Ejecutivo Ptar	10,685,167	12,287,942	10,228,377
Equipo de Proceso e Instrumentos	79,263,357	91,152,861	79,023,248
Caja de Demasías, Obra de By Pass y Llegada a la Planta	1,278,226	1,469,960	1,241,738
Pretratamiento y Cárcamo de Rebombeo	3,227,589	3,711,727	3,166,706
Zona de Cribado	1,463,557	1,683,091	1,420,716
Tratamiento Primario y Secundario	35,994,308	41,393,454	35,735,479
Desinfección	2,154,902	2,478,137	2,108,279
Cárcamo de Rebombeo de Lodos y Canales de Recirculación A Selectores	3,693,145	4,247,117	3,597,573
Canales de Mezcla, Muros y Vertedores	657,663	756,312	639,009
Edificaciones Y Obras Exteriores	11,218,591	12,901,380	10,930,482
Obras Complementarias	15,839,656	18,215,604	15,384,630
Canales Pluviales y Drenaje De Servicio	481,939	554,230	468,445
Obra de Descarga a Cuerpo Receptor y Disposición Final	3,553,343	4,086,344	3,497,568
Obra Mecánica (Montaje de Equipo, Tubería e Instrumentos)	10,677,939	12,279,630	10,675,352
Plc, Instrumentos y Software	2,105,607	2,421,448	2,101,142
Equipo de Voceo y Laboratorio	1,956,328	2,249,777	1,951,291
Procura de Tuberías de Proceso	18,636,189	21,431,617	18,579,735
Obra Eléctrica, Subestación, Ccm, Fuerza, Apartarayos y Alumbrado	16,890,264	19,423,804	16,395,848
Pruebas de Funcionamiento	7,240,476	8,326,547	7,240,476
Supervisión	10,003,642	11,504,188	10,003,642
Terreno	25,500,000	29,325,000	25,500,000
PTAR Itzicuaros (210 lps)	105,442,766	120,359,181	104,269,828
Proyectos Ejecutivos	4,132,741	4,752,653	4,081,252
Obra Civil	17,092,443	19,656,309	16,879,490
Obra Mecánica	45,047,566	51,804,700	44,486,324
Obra Eléctrica	5,190,163	5,968,687	5,125,499
Pruebas de Funcionamiento y Pruebas de Capacidad	2,119,164	2,437,038	2,092,761
Supervisión	2,943,283	3,384,775	2,943,283
Seguros y Fianzas	2,354,626	2,707,820	2,354,626
Colector Zona Alta	6,318,868	7,266,699	6,240,142
Colector Zona Media	3,537,309	4,067,906	3,493,238
Emisor	2,789,832	3,208,307	2,755,074
Terreno (No se considera IVA)	6,000,000	6,000,000	6,000,000
Línea de Conducción de A.R.T 210 lps	7,916,771	9,104,287	7,818,137
Total	505,816,473	580,788,944	499,973,031

Fuente: Elaboración propia con datos de los Aguasol Morelia, Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C. y OOPAS.

Como se presenta en el cuadro anterior, el costo social de las inversiones es de \$395.70 y \$104.27 millones para la PTAR de Atapaneo y los Itzicuaros (inversión inicial), respectivamente, por lo que el monto total de la inversión a pesos de 2007, es de \$499.97 millones a precios sociales.

De acuerdo a la proyección obtenida de la generación de las aguas residuales y al compararla con la capacidad de tratamiento propuesta en el estudio de ingeniería básica, se propuso que la construcción de los módulos adicionales en la PTAR Itzícuaro se postergue como se presenta en los cuadros 5.2 y 5.3, lo anterior como una medida de optimización.

CUADRO 5.2 Inversiones del Proyecto en el año 2011 (Pesos de Enero de 2007)

DESCRIPCIÓN	IMPORTE Sin IVA	IMPORTE Con IVA	IMPORTE Social
Colector Paralelo al Existente	5,914,195	6,801,324	13,951,742
Línea de Conducción de A.R.T 150 lps	5,937,578	6,828,215	5,863,603
Módulo en la Planta de tratamiento de 70 lps	20,014,324	23,016,473	6,240,142

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

En el año 2025 se tiene la necesidad de volver a ampliar la capacidad de tratamiento con un módulo adicional, así como con infraestructura complementaria de recolección de aguas residuales crudas. La línea de conducción de aguas tratadas para la industria que se construyó en el 2011 sería suficiente para el caudal total.

CUADRO 5.3 Inversiones del Proyecto en el año 2025 (Pesos de Enero de 2007)

Componente	IMPORTE Sin IVA	IMPORTE Con IVA	IMPORTE Social
Módulo en la planta de tratamiento de 70 lps	20,602,981	23,693,428	20,346,291
Infraestructura adicional	14,127,758	16,246,922	19,764,969

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C.

Por otra parte, como ya se mencionó, para poder hacer uso del efluente de la planta de tratamiento Itzícuaro en la papelera, se requerirá una línea de conducción para el aprovechamiento del agua tratada en la industria, el costo privado de inversión para estas obras es de 9.10 millones de pesos (IVA incluido) en 2007, el cual equivale a un monto social de 7.82 millones de pesos, además se tendrá que construir una línea de conducción adicional en el 2011 cuyo costo será de 6.82 millones con IVA; los importes sociales se obtuvieron con un factor de conversión global de 0.9875¹², ver cuadro 5.4.

CUADRO 5.4 Costos de inversión para la infraestructura de reuso del agua en la zona industrial (pesos)

Concepto	Inversión		
	Sin IVA	Con IVA	Social
Línea de conducción y obras complementarias	7,916,771.00	9,104,286.65	7,818,136.96
Ampliación de la línea de conducción y obras complementarias	5,937,578.25	6,828,214.99	5,863,602.72

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS.

¹² Este factor es la razón entre el valor social y el valor privado de la inversión de la PTAR de Atapaneco.

Considerando las inversiones ya realizadas y las reinversiones requeridas, el proyecto global para el saneamiento de las aguas de Morelia, tendrá una inversión total a valor presente, de **\$628.52 millones de pesos** a precios sociales de febrero de 2007, de los cuales ya se ejercieron \$499.79 en pesos de 2007 durante el periodo 2004-2006.

5.1.2. Costos de Operación y Mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento son los recursos necesarios para mantener operando en óptimas condiciones la planta de tratamiento durante su vida útil e incluyen conceptos como energía eléctrica, reactivos químicos, materiales y mano de obra, entre otros. Los costos de operación y mantenimiento requeridos, son de \$2.74 millones de pesos mensuales a precios de mercado y \$2.72 millones a precios sociales de 2007.

CUADRO 5.5 Costos de operación y mantenimiento mensuales

PTAR ATAPANEO	Privado (Sin IVA)	Social
COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
COSTOS DE PERSONAL	175,934	173,941
COSTOS DE MATERIALES	14,991	14,821
COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (H-M Intermedio Región Sur)	424,323	419,516
FIDUCIARIO	125,236	123,817
SEGUROS Y FIANZAS	24,985	24,702
ADMINISTRATIVOS, MANTENIMIENTO, INDIRECTOS Y UTILIDADES	275,560	272,438
COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	275,247	273,522
REACTIVOS QUÍMICOS DE LABORATORIO Y DE PROCESO	488,325	485,263
TRANSPORTE	49,647	49,335
UTILIDAD	81,313	80,803
TOTAL	1,935,560	1,918,157
PTAR ITZÍCUIROS		
COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
COSTOS DE PERSONAL	99,500	90,900
COSTOS DE MATERIALES	4,000	4,000
COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA, EDIFICIOS E INSTALACIONES	135,570	135,570
SEGUROS Y FIANZAS	5,000	5,000
ADMINISTRATIVOS	22,000	22,000
MANTENIMIENTO Y REPOSICIÓN EQUIPO DE PROCESO	56,250	56,250
MANTENIMIENTO GENERAL EXCLUYENDO EQ. DE PROCESO	12,500	12,500
UTILIDAD	33,482	33,482
COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA	83,091	83,091
REACTIVOS QUÍMICOS DE LABORATORIO Y DE PROCESO	316,683	315,724
UTILIDAD	39,977	39,977
TOTAL	808,054	798,494

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS.

5.1.3. Costos de operación y mantenimiento para el aprovechamiento del agua tratada

Los costos para conducir el agua tratada desde la PTAR hasta la papelera corresponden a los costos de bombeo y mantenimiento de la línea de conducción de las aguas residuales tratadas. En el cuadro 5.6 se presentan dichos costos.

CUADRO 5.6 Costos de operación y mantenimiento para el aprovechamiento del agua tratada.

Concepto	Conducción para 210 l.p.s.		Conducción para 150 l.p.s.	
	Monto Privado (sin IVA)	Monto Social	Monto Privado (sin IVA)	Monto Social
Energía eléctrica	328,447	328,447	218,965	218,965
Personal de op. y mtto.	54,000	43,200	54,000	43,200
Mantenimiento general	395,839	390,907	296,879	293,180
Total	778,285	762,554	569,844	555,345

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS.

Como se observa en el cuadro anterior, el costo social de operación y mantenimiento es de 0.76 millones de pesos anuales, en los cuales incurrirá el organismo operador para suministrar el agua residual tratada a la industria hasta el año 2011, ya que de ahí en adelante tendrá un costo adicional de 0.55 millones anuales.

5.2. IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS SOCIALES

En el presente apartado se detallan los beneficios identificados que se relacionan con la realización del proyecto; estos están relacionados con el mejoramiento de la calidad del agua utilizada en el distrito de riego 020 y la aparición del mercado de agua residual tratada para la industria, así como con el mejoramiento de la imagen de la ciudad, la disminución de costos de salud y la disminución de la degradación en el medio ambiente.

Es importante destacar, que la entrada en operación de la totalidad del proyecto estaría estimada para el año 2008, por lo que se considera que los primeros beneficios podrán comenzar a percibirse a partir de ese año.

5.2.1. Cuantificación y valoración de beneficios en salud

Las aguas residuales sin tratamiento previo en la ciudad de Morelia han provocado que en algunos sitios presenten externalidades negativas como malos olores, fauna nociva y una imagen desagradable, entre otros aspectos, lo cual repercute en la calidad de vida de la población.

Por lo anterior, contar con una planta de tratamiento conlleva beneficios relacionados con la disminución de enfermedades, cuya cuantificación y valoración se realizó considerando lo mencionado en el apartado 2.10.1 y las siguientes premisas:

- Los medicamentos que se utilizaron para estimar parte del costo de la población en salud son antibióticos, sobres de vida suero oral y Metronidazol o Bedanzol

- Los costos de los medicamentos para tratar las enfermedades hídricas utilizados en el estudio son medicamentos genéricos intercambiables, que son hasta un 70% más económicos que los de patente y representan una muy buena aproximación al costo social por medicamento.
- El costo por consulta con médicos privados en la zona del proyecto, tomando \$150 como el costo promedio por consulta y se actualizó con el Índice de Precios al Consumidor de servicios médicos, con la finalidad de identificar el valor de mercado de las consultas, quedando de \$197.57 por consulta para el 2007.
- Los días de incapacidad por padecer alguna enfermedad relacionada con las aguas residuales en la zona considerados para el análisis son: amebiasis, ascariasis y oxiuriasis 1 día y para la diarrea 1.5 días.
- Otro costo en que se incurre es por incapacidad dado que el paciente dejará de realizar sus actividades cotidianas. Este costo social es valorado por el ingreso que se deja de percibir y multiplicado por los días de incapacidad del total de pacientes afectados. Para lo cual se utilizó el salario medio diario del salario base de cotización del IMSS en la zona del proyecto, que es de \$175.20.

Con lo antes mencionado el efecto en la mejora de la salud de los habitantes de las zonas aledañas al proyecto se presenta en el siguiente cuadro.

CUADRO 5.7 Costo por Tratamiento de Enfermedades Provocadas por Agua Contaminada, Pesos de 2007.

Año	No. Total de Casos	Costos Sin Proyecto	Costos Con Proyecto	Beneficios PTAR Atapaneo	Beneficios PTAR Itzicuaros
2007	2925	\$137,420	\$0	\$137,420	
2008	2950	\$1,171,187	\$0	\$539,437	\$631,750
2009	2974	\$1,177,245	\$0	\$540,049	\$637,196
2010	2998	\$1,183,165	\$0	\$540,598	\$642,567
2011	3020	\$1,188,922	\$0	\$541,074	\$647,848
2012	3042	\$1,194,587	\$0	\$541,504	\$653,083
2013	3063	\$1,200,104	\$0	\$541,870	\$658,234
2014	3084	\$1,205,527	\$0	\$542,191	\$663,336
2015	3103	\$1,210,835	\$0	\$542,462	\$668,373
2016	3122	\$1,216,020	\$0	\$542,684	\$673,336
2017	3141	\$1,221,071	\$0	\$542,845	\$678,227
2018	3158	\$1,225,979	\$0	\$542,952	\$683,027
2019	3175	\$1,230,751	\$0	\$542,998	\$687,753
2020	3191	\$1,235,357	\$0	\$542,974	\$692,383
2021	3207	\$1,239,771	\$0	\$542,878	\$696,893
2022	3222	\$1,244,002	\$0	\$542,695	\$701,308
2023	3236	\$1,247,986	\$0	\$542,421	\$705,565
2024	3251	\$1,251,736	\$0	\$542,047	\$709,689
2025	3265	\$1,255,242	\$0	\$541,576	\$713,665
2026	3280	\$1,258,467	\$0	\$540,992	\$717,475
2027	3294	\$1,261,433	\$0	\$540,302	\$721,131

Fuente: Elaboración propia, con base en información proporcionada por la Jurisdicción Sanitaria No. 1 y CONAPO.

En realidad, dado que con proyecto las aguas servidas de la ciudad van a ser tratadas en su totalidad, los costos generados para la sociedad en la situación sin proyecto, entonces se transformarán en un beneficio por liberación de recursos dado que la población ya no tendrá la necesidad de pagar por consultas, medicamentos ni incapacidades. Así, los beneficios atribuibles a la planta de tratamiento por concepto de liberación de recursos, calculados a valor presente, son de \$9.13 millones.

5.2.2. Incremento en el valor de los predios aledaños

En la situación con proyecto, el valor de los predios afectados por su cercanía a los puntos de descarga se incrementará gracias a que se reducirán las externalidades negativas que afectan al entorno; tal como se señaló en los capítulos anteriores.

El cuadro 5.8 muestra el monto del beneficio por este concepto. El efecto positivo se producirá solo una vez durante la vida del proyecto (dado que es una variable stock) y se estima que pudiera presentarse en el año 2009, una vez que se consoliden los trabajos complementarios del proyecto.

CUADRO 5.8 Plusvalía de los Inmuebles al Margen del río Chiquito.

Zona/colonia	Superficie aproximada de afectación sin vialidad, sin espacios públicos (m2)	% de incremento al desaparecer olores	Valor promedio del inmueble sobre m2 de terreno		Proyecto Río Chiquito	
			Sin hacer ninguna obra \$/m2	Si se hace proyecto Río Chiquito \$/m2	Plusvalía unitaria promedio del inmueble sobre m2 de terreno \$/m2	Plusvalía por área afectada (\$)
Prados del Campestre	22,712	7.5%	6,008	6,459	451	10,243,112
5 de diciembre	17,672	5.0%	7,543	7,920	377	6,662,344
Nueva Chapultepec	194,814	5.0%	6,734	7,071	337	65,652,318
Infonavit Las Camelias	27,765	4.5%	4,250	4,441	191	5,303,115
Ventura Puente	216,536	6.5%	3,675	3,914	239	51,752,104
Electricistas	70,571	6.5%	4,935	5,256	321	22,653,291
Juárez	71,460	8.0%	2,975	3,213	238	17,007,480
Molino de Parras	122,537	5.0%	3,233	3,395	162	19,850,994
Las Camelias	70,905	5.0%	6,734	7,071	337	23,894,985
Félix Ireta	200,104	4.5%	4,678	4,889	211	42,221,944
Felicitas del Río	119,023	7.5%	3,845	4,133	288	34,278,624
Gustavo Díaz Ordaz	3,490	5.0%	3,632	3,814	182	635,180
Morelos	66,253	5.0%	3,645	3,827	182	12,058,046
TOTAL						312,213,537

Fuente: Estudio de Impacto Económico en el Río Chiquito de Morelia, Avalúos Ingeniería Integral.

En el caso del presente beneficio cabe señalar que su obtención depende de la construcción de la PTAR de Atapaneo y de sus obras complementarias, ya que la construcción y reforzamiento de algunos colectores para captar el agua que se requiere, para alcanzar el gasto medio de operación de la PTAR, es indispensable para reflejar estos beneficios en el mercado inmobiliario y debido que se estima que se tendrán hasta el año 2009, el valor actual de estos beneficios es de \$222.22 millones a pesos de 2007.

5.2.3. Mejora en la actividad agrícola

Otro de los beneficios sociales identificados por la realización del proyecto, corresponde al incremento en el excedente agrícola derivado del cambio en la estructura de los cultivos. Este beneficio se cuantificó mediante el cambio en el excedente del agricultor al poder estructurar el tipo de cultivos que sembrará sin ninguna restricción, ya que una vez que se encuentren operando los proyectos, la calidad del agua que se descarga en el río Grande de Morelia no contendrá los contaminantes que a la fecha hacen que el agricultor no pueda decidir sobre los cultivos que puede sembrar.

En el cuadro 5.9 se muestra el beneficio social por este concepto, cuyo resultado se obtiene de comparar la situación con proyecto versus la situación sin proyecto.

CUADRO 5.9 Excedente Agrícola en las Situaciones Con y Sin Proyecto.

CULTIVO	VALOR DE LA PRODUCCIÓN S/PROYECO(\$)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN C/PROYECO(\$)
OTOÑO-INVIERNO		
AVENA FORRAJERA SECA	19,766	16,683
BROCOLI		14,248
CALABACITA		1,690,662
CEBADA GRANO		-3,535
CEBOLLA		21,966
EBO (JANAMARGO O VEZA)	780,003	180,174
GARBANZO GRANO	4,291	6,913
TOMATE VERDE		428,921
TRIGO GRANO	3,130	2,642
ZANAHORIA		238,015
PRIMAVERA-VERANO		
CALABACITA		257,999
MAIZ GRANO	5,970,808	1,750,828
SORGO GRANO		210,401
TOMATE VERDE		214,084
ZANAHORIA		33,165,942
PERENNES		
ALFALFA VERDE	647,194	647,194
TOTAL	7,425,193	38,843,138
CULTIVO	VALOR DE LA PRODUCCIÓN S/PROYECO(\$)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN C/PROYECO(\$)
OTOÑO-INVIERNO		
AVENA FORRAJERA	5,362,060	2,197,571
CALABACITA		61,278,516
CEBADA GRANO		46,876
CEBOLLA		906,470
CHILE VERDE		73,606
EBO (JANAMARGO O VEZA)	1,909,087	616,990
FRIJOL		5,808
GARBANZO GRANO		5,903
TOMATE VERDE		105,753
TRIGO GRANO	1,672,128	1,147,858
PRIMAVERA-VERANO		
CALABACITA		499,366
CHILE VERDE		313,077
FRIJOL		34,064
FRIJOL		8,075
FRIJOL		16,150
MAIZ GRANO	29,339,427	17,194,752
SORGO GRANO	7,600,120	8,000,509
TOMATE ROJO (JITOMATE)		105,509,344
TOMATE VERDE		295,859
PERENNES		
ALFALFA VERDE	11,813,246	11,813,246
TOTAL	57,696,069	210,069,794

CUADRO 5.9 Excedente Agrícola en las Situaciones Con y Sin Proyecto (continuación).

CULTIVO	VALOR DE LA PRODUCCIÓN S/PROYECO(\$)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN C/PROYECO(\$)
OTOÑO-INVIERNO		
AVENA FORRAJERA EN VERDE	18,340	18,302
CEBADA GRANO		0
EBO (JANAMARGO O VEZA)	199,982	199,561
GARBANZO GRANO	4,578	4,568
TRIGO GRANO	643,028	641,674
PRIMAVERA-VERANO		
CHILE VERDE		40,522,434
MAIZ GRANO	16,676,959	5,777,079
SORGO GRANO	801,225	2,363,029
PERENNES		
ALFALFA VERDE	461,963	461,963
TOTAL	18,806,076	49,988,610

Fuente: Estimación propia.

Con los datos del cuadro anterior se obtuvo el excedente neto agrícola anual el cual asciende a \$214.97 millones anuales, los cuales se podrían obtener en su totalidad a partir del año 2017, ya que se estimó una tasa de incorporación del 10% anual, en siguiente cuadro se muestra la evolución del excedente neto del agricultor para los primeros diez años.

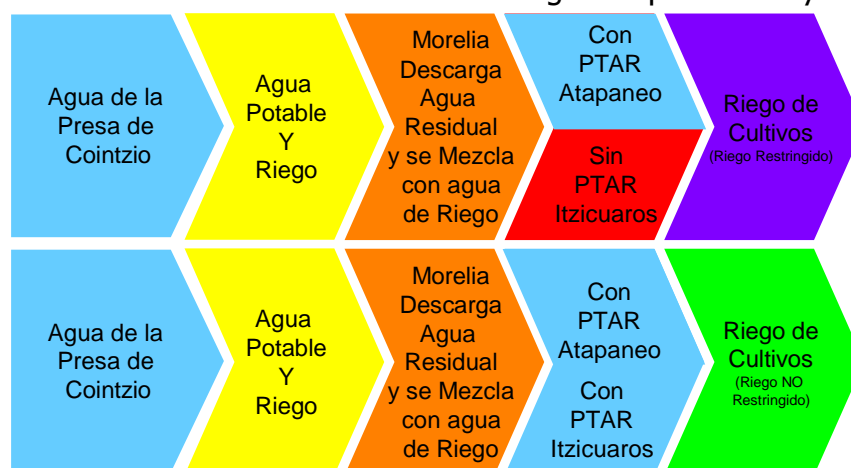
CUADRO 5.10 Proyección del Excedente Neto Agrícola, Pesos de 2007.

Año	Excedente Neto Agrícola
2008	0
2009	\$21,492,358
2010	\$42,984,716
2011	\$64,477,074
2012	\$85,969,433
2013	\$107,461,791
2014	\$128,954,149
2015	\$150,446,507
2016	\$171,938,865
2017	\$193,431,223
2018	\$214,923,581

Fuente: Estimación propia.

Estos beneficios se le atribuirá a la PTAR de Atapaneo, debido a que su producción de agua tratada será descargada en el Río Grande de Morelia nuevamente, sin embargo es de vital importancia que la PTAR de los Itzicuaros este operando, para que puedan darse estos beneficios, debido a que el agua no tratada en la ciudad de Morelia finalmente confluye en el Río Grande de Morelia, por tal motivo los beneficios agrícolas solo se podrán obtener una vez que operen ambas PTAR's, es decir a partir del 2009 se podría promover el cambio a cultivos con riego no restringido. Los posibles escenarios para los agricultores de la zona en relación al proyecto son los que se muestran a continuación.

FIGURA 5.1 Escenarios del Excedente Agrícola para el Proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. Beneficios por el Aprovechamiento del Agua Residual Tratada en la Industria

Este beneficio se identificó debido a que la papelera CRISOBA ha manifestado al OOAPAS su interés por consumir agua residual tratada, siempre y cuando esta cumpla con ciertos parámetros de calidad, con ello se podría obtener un beneficio por la aparición de la oferta de agua tratada, al sustituir, la industria, parte del agua de sus fuentes actuales (pozos y manantial), por el agua residual tratada proveniente de la PTAR Itzicuaros.

Este beneficio se cuantifica mediante el volumen sustituido (agua tratada por agua de pozo), el cual en inicio será de 210 l.p.s. e irá incrementándose conforme a la oferta de la PTAR y se valoró con el ahorro en costos por utilizar un agua a menor precio, ya que el precio actual por m^3 que paga la industria es de \$8.13, más un costo anual de aproximadamente \$150,000. Mientras que el precio medio del agua residual tratada se estimó en \$3.95 por m^3 , que es equivalente a una cuota fija mensual de \$1,448,210 más un costo variable que inicia en \$1.99 en el 2008 y se reduciría a \$1.36 en el 2027.

La estimación de los beneficios por la aparición del mercado del agua residual tratada se presenta en el cuadro 5.11, estos beneficios son incrementales en función de la producción de la PTAR hasta que se cubra la demanda de la industria. El valor presente de estos beneficios sociales asciende a \$229.98 millones.

CUADRO 5.11 Proyección de los Beneficios por el Consumo de Agua Residual Tratada, Pesos de 2007.

Año	Ahorro en Costos
2007	0
2008	\$10,252,300
2009	\$15,445,783
2010	\$22,323,639
2011	\$25,175,897
2012	\$30,109,361
2013	\$34,989,901
2014	\$40,491,725
2015	\$41,283,288
2016	\$41,283,288
2017	\$41,283,288
2018	\$41,283,288
2019	\$41,283,288
2020	\$41,283,288
2021	\$41,283,288
2022	\$41,283,288
2023	\$41,283,288
2024	\$41,283,288
2025	\$41,283,288
2026	\$57,390,680
2027	\$57,390,680

Fuente: Estimación propia.

5.2.5. Beneficios por Mejora en el Medio Ambiente

Debido a la dificultad para cuantificar y valorar este beneficio, será considerado como intangible, sin embargo es de resaltarse debido a la naturaleza del presente proyecto, cuyo principal objetivo es mejorar el ambiente; reduciendo la contaminación de los cuerpos receptores en donde actualmente se descargan las aguas negras generadas en la ciudad de Morelia.

5.3. FLUJO DE COSTOS Y BENEFICIOS SOCIALES

En los siguientes cuadros se presentan los flujos de costos y beneficios sociales atribuibles al proyecto "Saneamiento de las Aguas Residuales de Morelia, Michoacán" para los primeros años de operación del proyecto, el cuadro 5.12 muestra los costos y beneficios sociales de la PTAR de Atapaneo y el cuadro 5.13 los datos de la PTAR Itzícuaros.

CUADRO 5.12 Flujo de la Evaluación Social de PTAR de Atapaneo (Pesos de 2007)

DESCRIPCIÓN \ AÑO	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
INVERSIÓN								
COSTO DEL TERRENO	\$25,500,000							
PROYECTO EJECUTIVO EMISOR	\$3,610,015							
EMISOR	\$45,863,674	\$34,451,517	\$51,888,264					
PROYECTO EJECUTIVO PTAR	\$10,228,377							
EQUIPO DE PROCESO E INSTRUMENTOS	\$27,414,537	\$20,593,038	\$31,015,673					
CAJA DE DEMASÍAS, OBRA DE BY PASS Y LLEGADA A LA PLANTA	\$430,781	\$323,590	\$487,367					
PRETRATAMIENTO Y CÁRCAMO DE REBOMBEO	\$1,098,585	\$825,227	\$1,242,894					
ZONA DE CRIBADO	\$492,871	\$370,231	\$557,614					
TRATAMIENTO PRIMARIO Y SECUNDARIO	\$12,397,258	\$9,312,476	\$14,025,745					
DESINFECCIÓN	\$731,398	\$549,406	\$827,474					
CÁRCAMO DE REBOMBEO DE LODOS Y CANALES DE RECIRCULACIÓN A SELECTORES	\$1,248,060	\$937,508	\$1,412,004					
CANALES DE MEZCLA, MUROS Y VERTEDORES	\$221,683	\$166,522	\$250,803					
EDIFICACIONES Y OBRAS EXTERIORES	\$3,791,974	\$2,848,425	\$4,290,083					
OBRAS COMPLEMENTARIAS	\$5,337,195	\$4,009,153	\$6,038,282					
CANALES PLUVIALES Y DRENAJE DE SERVICIO	\$162,512	\$122,074	\$183,859					
OBRA DE DESCARGA A CUERPO RECEPTOR Y DISPOSICIÓN FINAL	\$1,213,367	\$911,448	\$1,372,753					
OBRA MECÁNICA (MONTAJE DE EQUIPO, TUBERÍA E INSTRUMENTOS)	\$3,703,465	\$2,781,940	\$4,189,947					
PLC, INSTRUMENTOS Y SOFTWARE	\$728,923	\$547,546	\$824,673					
EQUIPO DE VOCEO Y LABORATORIO	\$676,937	\$508,496	\$765,858					
PROCURA DE TUBERÍAS DE PROCESO	\$6,445,633	\$4,841,780	\$7,292,322					
OBRA ELÉCTRICA, SUBESTACIÓN, CCM, FUERZA, APARTARAYOS Y ALUMBRADO	\$5,688,004	\$4,272,671	\$6,435,173					
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO						\$7,240,476		
SUPERVISIÓN				\$10,003,642				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
FIJOS DE OPERACIÓN				\$12,350,813	\$12,350,813	\$12,350,813	\$12,350,813	\$12,350,813
VARIABLES DE OPERACIÓN				\$10,667,074	\$10,667,074	\$10,667,074	\$10,667,074	\$10,667,074
BENEFICIOS								
INCREMENTO EN EL EXCEDENTE NETO AGRÍCOLA						\$21,492,358	\$42,984,716	\$64,477,074
SALUD				\$137,420	\$539,437	\$540,049	\$540,598	\$541,074
VALOR DE PREDIOS				\$-	\$-	\$312,213,537		
VALOR DE RESCATE								
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	(156,985,248)	(88,373,049)	(150,344,907)	(22,880,468)	(22,478,451)	311,228,057	20,507,427	42,000,261

Fuente: Cálculos propios.

CUADRO 5.13 Flujo de la Evaluación Social de PTAR de Itzúcaros
(Pesos de 2007)

DESCRIPCIÓN \ AÑO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
INVERSIÓN									
COSTO DEL TERRENO	\$6,000,000								
PROYECTO EJECUTIVO	\$4,081,252								
OBRA CIVIL	\$16,879,490								
OBRA MECÁNICA	\$44,486,324								
OBRA ELÉCTRICA	\$5,125,499								
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	\$2,092,761								
SUPERVISIÓN	\$2,943,283								
SEGUROS Y FIANZAS	\$2,354,626								
MÓDULOS PTAR-1									
COSTOS ADICIONALES PTAR-1									
MÓDULOS PTAR-2					\$19,764,969				
COLECTOR ZONA ALTA	\$6,240,142								
COLECTOR ZONA MEDIA	\$3,493,238								
COLECTOR ZONA PARALELO A EXISTENTE					\$5,840,511				
EMISOR	\$2,755,074								
LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE A.R.T 210 lps	\$7,818,137								
LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE A.R.T 150 lps					\$5,863,603				
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO									
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO CONDUCCIÓN		\$762,554	\$762,554	\$762,554	\$1,317,899	\$1,317,899	\$1,317,899	\$1,317,899	\$1,317,899
FIJOS DE OPERACIÓN		\$4,316,422	\$4,316,422	\$4,316,422	\$4,316,422	\$4,316,422	\$4,316,422	\$4,316,422	\$4,316,422
VARIABLES DE OPERACIÓN		\$3,773,264	\$4,367,477	\$5,154,407	\$5,528,785	\$6,093,247	\$6,651,655	\$7,281,146	\$7,371,713
BENEFICIOS									
LIBERACIÓN DE AGUA DE POZO POR A.R.T.		\$10,252,300	\$15,445,783	\$22,323,639	\$25,175,897	\$30,109,361	\$34,989,901	\$40,491,725	\$41,283,288
SALUD		\$631,750	\$637,196	\$642,567	\$647,848	\$653,083	\$658,234	\$663,336	\$668,373
VALOR DE RESCATE									
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	(104,269,828)	2,031,811	6,636,527	12,732,823	(16,808,442)	19,034,876	23,362,160	28,239,594	28,945,628

Fuente: Cálculos propios.

CUADRO 5.14 Flujo de la Evaluación Social del Proyecto Conjunto
(Pesos de 2007)

DESCRIPCIÓN \ AÑO	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
INVERSIÓN	156,985,248	88,373,049	150,344,907	104,269,828	0	0	0	31,469,082
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	0	0	0	23,017,887	31,870,127	32,464,340	33,251,270	34,180,993
BENEFICIOS	0	0	0	137,420	11,423,487	350,328,923	66,491,520	90,841,894
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	(156,985,248)	(88,373,049)	(150,344,907)	(127,150,295)	(20,446,640)	317,864,584	33,240,250	25,191,819
DESCRIPCIÓN \ AÑO	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
INVERSIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	34,745,455	35,303,862	35,933,354	36,023,921	36,023,921	36,023,921	36,023,921	36,023,921
BENEFICIOS	117,273,381	143,651,795	170,651,401	192,940,631	214,438,174	235,935,583	257,432,848	257,437,621
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	82,527,926	108,347,933	134,718,047	156,916,710	178,414,253	199,911,662	221,408,927	221,413,700
DESCRIPCIÓN \ AÑO	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
INVERSIÓN	0	0	0	0	0	34,298,034	0	0
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	36,023,921	36,023,921	36,023,921	36,023,921	36,023,921	36,023,921	37,866,849	37,866,849
BENEFICIOS	257,442,227	257,446,640	257,450,872	257,454,856	257,458,606	257,462,112	273,572,728	305,075,694
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	221,418,306	221,422,720	221,426,951	221,430,935	221,434,685	187,140,157	235,705,879	267,208,845

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, en los flujos de caja anteriores, el proyecto de la PTAR de Atapaneo inicia sus operaciones en el 2007, mientras que la PTAR Itzícuaros iniciará operaciones en el 2008, por tal motivo los beneficios en el sector agrícola se propone su valoración a partir del año 2009. En el caso de la plusvalía de los inmuebles se considera que este incremento podría presentarse a partir del 2009 ya que debe tenerse completadas el total de acciones para interconectar y reforzar ciertos colectores, cuya aportación se destinará a la PTAR de Atapaneo.

Los beneficios por salud, para la PTAR de Atapaneo se considera que iniciarían a reflejarse en el 2007 y a partir del 2008 los beneficios correspondientes a ambas plantas.

5.4. INDICADORES DE RENTABILIDAD

Para determinar la conveniencia de ejecutar el proyecto, se utilizó el Valor Actual Neto Social (VANS), este indicador se empleará como uno de los criterios económicos para determinar la rentabilidad del proyecto. La lógica que sigue este concepto es determinar la equivalencia en el tiempo presente de los flujos de efectivo futuros que generará el proyecto, y comparar esta equivalencia con la inversión inicial.

Para realizar la evaluación se consideró una vida útil de veinte años y una tasa social de descuento del 12%. Los resultados de la evaluación se presentan en el cuadro 5.15.

CUADRO 5.15 Valor Actual Neto Social del proyecto.

Concepto	Importe
ATAPANEO	
Valor Actual de Beneficios Sociales	\$1,082,021,418
Valor Actual de Costos Sociales	\$694,743,117
Valor Actual Neto Social	\$387,278,302
ITZÍCUAROS	
Valor Actual de Beneficios Sociales	\$235,550,884
Valor Actual de Costos Sociales	\$215,459,601
Valor Actual Neto Social	\$20,091,282

Fuente: Cálculos propios.

Del cuadro 5.14 se desprende que el proyecto "Saneamiento de las Aguas Residuales de Morelia, Mich." es socialmente rentable, ya que se obtiene una ganancia para el país de **407,37 millones de pesos**.

Otro de los indicadores de rentabilidad analizados para conocer la conveniencia de invertir o no en el proyecto, es la Tasa Interna de Retorno (TIR), el criterio para aceptar el proyecto es que si la TIR es mayor al costo de oportunidad de los recursos se acepta, dicho de otra forma, la TIR nos muestra la máxima tasa de interés que se puede pagar con el proyecto; para las dos PTAR's el resultado es positivo, ya que ambos son mayores a la tasa del 12%, ver cuadro 5.16.

CUADRO 5.16 Cálculo de la TIR

PTAR	Valor Actual Neto	TIR
Atapaneo	\$387,278,302	18.36%
Itzícuaros	\$20,091,282	14.01%

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, el proyecto conjunto de saneamiento de las aguas residuales de la ciudad de Morelia se tiene un **VAN de 407.37 millones** de pesos de 2007, a continuación se presentan los indicadores de rentabilidad del proyecto global para el saneamiento de las aguas residuales de la ciudad de Morelia.

CUADRO 5.17 Indicadores de Rentabilidad del Proyecto en Conjunto

Concepto	Importe	TIR
SANEAMIENTO INTEGRAL MORELIA		
Valor Actual de Beneficios Sociales	\$1,317,572,302	
Valor Actual de Costos Sociales	\$910,202,718	
Valor Actual Neto Social	\$407,369,584	17.78%

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados anteriores podemos inferir que el proyecto de sanear el total del agua residual de la Ciudad de Morelia es rentable socialmente, sin embargo es necesario emitir una recomendación sobre la inversión inicial de la PTAR de los Itzícuaros y por tal motivo se detalla el análisis costo-beneficio realizado para esa inversión en el capítulo siguiente.

5.5. EVALUACIÓN DE LA ETAPA INICIAL DEL PROYECTO ITZÍCUAROS

En este apartado se detallarán los costos y beneficios de la inversión inicial del proyecto Itzícuaros, el cual únicamente contempla la construcción de tres módulos de 70 l.p.s. para tratar un gasto de 210 l.p.s en la etapa inicial.

5.5.1. Costos de Inversión

Los costos de inversión requeridos para la construcción de la primer etapa de la planta de tratamiento, equipamiento, colectores y emisores, necesarios para la operación del proyecto Itzicuaros son los que se presentan a continuación.

CUADRO 5.18. Costos privados y sociales de inversión para la ampliación de la PTAR (Pesos de Enero de 2007)

DESCRIPCIÓN	IMPORTE Sin IVA	IMPORTE Con IVA	IMPORTE Social
Proyectos Ejecutivos	4,132,741	4,752,653	4,081,252
Obra Civil	17,092,443	19,656,309	16,879,490
Obra Mecánica	45,047,566	51,804,700	44,486,324
Obra Eléctrica	5,190,163	5,968,687	5,125,499
Pruebas de Funcionamiento y Pruebas de Capacidad	2,119,164	2,437,038	2,092,761
Supervisión	2,943,283	3,384,775	2,943,283
Seguros y Fianzas	2,354,626	2,707,820	2,354,626
Colector Zona Alta	6,318,868	7,266,699	6,240,142
Colector Zona Media	3,537,309	4,067,906	3,493,238
Emisor	2,789,832	3,208,307	2,755,074
Terreno	6,000,000	6,000,000	6,000,000
Línea de Conducción de A.R.T 210 lps	7,916,771	9,104,287	7,818,137
Total	105,442,766	120,359,181	104,269,828

Fuente: Elaboración propia con datos de los Aquasol Morelia, Estudio de Ingeniería Básica de Servicios y Consultores, S. C. y OOAPAS.

Como se presenta en el cuadro anterior, el costo social de las inversiones es de \$104.27 millones para la PTAR los Itzúcuaros (inversión inicial). Como se ha mencionado en párrafos anteriores, para poder hacer uso del efluente de la planta de tratamiento Itzúcuaro en la papelería, se requerirá una línea de conducción para el aprovechamiento del agua tratada en la industria, cuyo costo social será de 7.82 millones de pesos (IVA incluido) en el 2007.

CUADRO 5.19 Costos de inversión para la infraestructura de reuso del agua en la zona industrial (pesos)

Concepto	Inversión		
	Sin IVA	Con IVA	Social
Línea de conducción y obras complementarias	7,916,771	9,104,287	7,818,137

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS.

5.5.2. Costos de Operación y Mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento incluyen conceptos como energía eléctrica, reactivos químicos, materiales y mano de obra, entre otros. Los costos de operación y mantenimiento requeridos.

CUADRO 5.20 Costos de operación y mantenimiento mensuales Itzicuaros

Concepto	Monto Privado Sin IVA	Monto Social
COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
COSTOS DE PERSONAL	99,500	90,900
COSTOS DE MATERIALES	4,000	4,000
COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA, EDIFICIOS E INSTALACIONES	135,570	135,570
SEGUROS Y FIANZAS	5,000	5,000
ADMINISTRATIVOS	22,000	22,000
MANTENIMIENTO Y REPOSICIÓN EQUIPO DE PROCESO	56,250	56,250
MANTENIMIENTO GENERAL EXCLUYENDO EQ. DE PROCESO	12,500	12,500
UTILIDAD	33,482	33,482
COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA	83,091	83,091
REACTIVOS QUÍMICOS DE LABORATORIO Y DE PROCESO	316,683	315,724
UTILIDAD	39,977	39,977
TOTAL	808,054	798,494

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS.

5.5.3. Costos de operación y mantenimiento para el aprovechamiento del agua tratada

Los costos para conducir el agua tratada desde la PTAR hasta la papelera corresponden a los costos de bombeo y mantenimiento de la línea de conducción de las aguas residuales tratadas. Como se observa en el siguiente cuadro, el costo social de operación y mantenimiento es de 0.76 millones de pesos anuales.

CUADRO 5.21 Costos de operación y mantenimiento para el aprovechamiento del agua tratada.

Concepto	Conducción para 210 l.p.s.	
	Monto Privado (sin IVA)	Monto Social
Energía eléctrica	328,447	328,447
Personal de op. y mtto.	54,000	43,200
Mantenimiento general	395,839	390,907
Total	778,285	762,554

Fuente: Elaboración propia con datos del OOAPAS.

5.5.4. Cuantificación y valoración de beneficios en salud

Las aguas residuales sin tratamiento previo en la ciudad de Morelia han provocado que en algunos sitios presenten externalidades negativas como malos olores, fauna nociva y una imagen desagradable, entre otros aspectos, lo cual repercute en la calidad de vida de la población. Para obtener este beneficio, se considera que una vez que se rebase la capacidad inicial del proyecto, el organismo operador ya tendrá contemplados los proyectos necesarios para no nulificarlo, a continuación se presentan los beneficios atribuibles al proyecto.

CUADRO 5.22 Costo por Tratamiento de Enfermedades Provocadas por Agua Contaminada, Pesos de 2007.

Año	No. Total de Casos	Costos Sin Proyecto	Costos Con Proyecto	Beneficios PTAR Atapaneo	Beneficios PTAR Itzícuaros
2007	2925	\$137,420	\$0	\$137,420	
2008	2950	\$1,171,187	\$0	\$539,437	\$631,750
2009	2974	\$1,177,245	\$0	\$540,049	\$637,196
2010	2998	\$1,183,165	\$0	\$540,598	\$642,567
2011	3020	\$1,188,922	\$0	\$541,074	\$647,848
2012	3042	\$1,194,587	\$0	\$541,504	\$653,083
2013	3063	\$1,200,104	\$0	\$541,870	\$658,234
2014	3084	\$1,205,527	\$0	\$542,191	\$663,336
2015	3103	\$1,210,835	\$0	\$542,462	\$668,373
2016	3122	\$1,216,020	\$0	\$542,684	\$673,336
2017	3141	\$1,221,071	\$0	\$542,845	\$678,227
2018	3158	\$1,225,979	\$0	\$542,952	\$683,027
2019	3175	\$1,230,751	\$0	\$542,998	\$687,753
2020	3191	\$1,235,357	\$0	\$542,974	\$692,383
2021	3207	\$1,239,771	\$0	\$542,878	\$696,893
2022	3222	\$1,244,002	\$0	\$542,695	\$701,308
2023	3236	\$1,247,986	\$0	\$542,421	\$705,565
2024	3251	\$1,251,736	\$0	\$542,047	\$709,689
2025	3265	\$1,255,242	\$0	\$541,576	\$713,665
2026	3280	\$1,258,467	\$0	\$540,992	\$717,475
2027	3294	\$1,261,433	\$0	\$540,302	\$721,131

Fuente: Elaboración propia, con base en información proporcionada por la Jurisdicción Sanitaria No. 1 y CONAPO.

Este beneficio se identificó debido a que la papelería CRISOBA ha manifestado al OOAPAS su interés por consumir agua residual tratada, siempre y cuando esta cumpla con ciertos parámetros de calidad, con ello se podría obtener un beneficio por la aparición de la oferta de agua tratada, al sustituir, la industria, parte del agua de sus fuentes actuales (pozos y manantial), por el agua residual tratada proveniente de la PTAR Itzícuaros.

Este beneficio se cuantifica mediante el volumen sustituido (agua tratada por agua de pozo), el irá incrementándose conforme a la oferta de la PTAR hasta llegar a los 210 l.p.s. y se valoró con el ahorro en costos por utilizar un agua a menor precio, ya que el precio actual por m³ que paga la industria es de \$8.13, más un costo anual de aproximadamente \$150,000. Mientras que el precio medio del agua residual tratada se estimó en \$3.37 por m³, que es equivalente a una cuota fija mensual de \$1,176,379 más un costo variable que inicia en \$1.99 en el 2008 y se reduciría a \$1.71 del 2011 en adelante.

La estimación de los beneficios por la aparición del mercado del agua residual tratada se presenta en el cuadro 5.23, estos beneficios son incrementales en función de la producción de la PTAR hasta llegar a los 210 l.p.s que producirá la planta.

CUADRO 5.23 Proyección de los Beneficios por el Consumo de Agua Residual Tratada, Pesos de 2007.

Año	Ahorro en Costos
2007	0
2008	\$13,514,276
2009	\$18,707,760
2010	\$25,585,615
2011	\$28,437,874
2012	\$28,437,874
2013	\$28,437,874
2014	\$28,437,874
2015	\$28,437,874
2016	\$28,437,874
2017	\$28,437,874
2018	\$28,437,874
2019	\$28,437,874
2020	\$28,437,874
2021	\$28,437,874
2022	\$28,437,874
2023	\$28,437,874
2024	\$28,437,874
2025	\$28,437,874
2026	\$28,437,874
2027	\$28,437,874

Fuente: Estimación propia.

5.5.5. Beneficios por Mejora en el Medio Ambiente

Debido a la dificultad para cuantificar y valorar este beneficio, será considerado como intangible, sin embargo es de resaltarse debido a la naturaleza del presente proyecto, cuyo principal objetivo es mejorar el ambiente; reduciendo la contaminación de los cuerpos receptores en donde actualmente se descargan las aguas negras generadas en la ciudad de Morelia.

5.5.6. Flujo de Costos y Beneficios Sociales

En el siguiente cuadro se presenta el flujo de costos y beneficios sociales atribuibles a la inversión inicial del proyecto "Itzícuaros" para los primeros años de operación del proyecto.

CUADRO 5.24 Flujo de la Evaluación Social Inversión Inicial PTAR de Itzícuaros

(Pesos de 2007)

DESCRIPCIÓN \ AÑO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
INVERSIÓN							
COSTO DEL TERRENO	6,000,000						
PROYECTO EJECUTIVO	4,081,252						
OBRA CIVIL	16,879,490						
OBRA MECÁNICA	44,486,324						
OBRA ELÉCTRICA	5,125,499						
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	2,092,761						
	2,943,283						
	2,354,626						
MÓDULOS PTAR-1							
COSTOS ADICIONALES PTAR-1							
MÓDULOS PTAR-2							
COLECTOR ZONA ALTA	6,240,142						
COLECTOR ZONA MEDIA	3,493,238						
COLECTOR ZONA PARALELO A EXISTENTE							
EMISOR	2,755,074						
LINEA DE CONDUCCIÓN DE A.R.T 210 lps	7,818,137						
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO							
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO							
CONDUCCIÓN		762,554	762,554	762,554	762,554	762,554	762,554
FIJOS DE OPERACIÓN		4,316,422	4,316,422	4,316,422	4,316,422	4,316,422	4,316,422
VARIABLES DE OPERACIÓN		3,773,264	4,367,477	5,154,407	5,528,785	5,528,785	5,528,785
BENEFICIOS							
LIBERACIÓN DE AGUA DE POZO POR AGUA							
TRATADA		13,514,276	18,707,760	25,585,615	28,437,874	28,437,874	28,437,874
SALUD		631,750	637,196	642,567	647,848	653,083	658,234
VALOR DE RESCATE							
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	(104,269,828)	5,293,787	9,898,503	15,994,799	18,477,961	18,483,196	18,488,347

Fuente: Cálculos propios.

5.5.7. Indicadores de Rentabilidad

Se utilizó el Valor Actual Neto Social (VANS) como uno de los criterios económicos para determinar la rentabilidad del proyecto. Para realizar la evaluación se consideró una vida útil de veinte años y una tasa social de descuento del 12%. Los resultados de la evaluación se presentan en el cuadro 5.25.

CUADRO 5.25 Valor Actual Neto Social de la Inversión Inicial Itzícuaros.

Concepto	Importe
Valor Actual de Beneficios Sociales	\$194,873,452
Valor Actual de Costos Sociales	\$180,744,206
Valor Actual Neto Social	\$14,129,246

Fuente: Cálculos propios.

Del cuadro anterior se concluye que la inversión inicial del proyecto "PTAR Itzúcaros para Morelia, Mich." es socialmente rentable, ya que se obtiene una ganancia para el país de **14,13 millones de pesos**.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) también se utilizó como criterio de rentabilidad; la TIR nos muestra la máxima tasa de interés que se puede pagar con el proyecto; y el resultado es positivo, ya que es mayor a la tasa del 12%, ver cuadro 5.26.

CUADRO 5.26 Cálculo de la TIR

PTAR	Valor Actual Neto	TIR
Itzúcaros	\$14,129,246	13.83

Fuente: Elaboración propia.

VI. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGO

Este tipo de análisis sirve para determinar la variación que puede tener un proyecto en sus parámetros de rentabilidad ante cambios en sus principales variables tanto de costos como beneficios, con la finalidad de dar al tomador de decisiones elementos para decidir sobre la realización del mismo.

6.1. REDUCCIÓN DE LOS BENEFICIOS

Considerando que se pueden disminuir los beneficios correspondientes al proyecto, se observa que hasta en un 35.88% para Atapaneo, 8.93% en los Itzícuaros y 7.27% para la inversión inicial en Itzícuaros, sería indiferente realizar los proyectos, por lo que se considera que ambos proyectos son rentables solo si los beneficios no se reducen más allá de esos porcentajes.

CUADRO 6.1 Indicadores de Rentabilidad Disminuyendo los Beneficios del Proyecto

Disminución en los Beneficios	VANS (Millones)	TIR
PTAR Atapaneo		
0%	387.28	18.36%
25%	117.43	14.15%
35.88%	0	12.00%
PTAR Itzícuaros		
0%	20.09	14.01%
5%	8.84	12.90%
8.93%	0	12.00%
Inv. Inicial Itzícuaros		
0%	14.13	13.83%
7.27%	0	12.00%

Fuente: Elaboración propia.

6.2. INCREMENTO DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN

En lo que respecta a los costos, la variable a analizar se consideró que fueran los costos de inversión, por ser el monto más representativo, los resultados del análisis se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO 6.2 Indicadores de Rentabilidad Incrementando los Costos de Inversión del Proyecto

Incremento en la Inversión	VANS (Millones)	TIR
PTAR Atapaneo		
0%	387.28	18.36%
50%	138.70	13.75%
77.90%	0	12.00%
PTAR Itzícuaros		
0%	20.09	14.01%
10%	7.65	12.72%
16.15%	0	12.00%
Inv. Inicial Itzícuaros		
0%	14.13	13.83%
10%	3.70	12.44%
13.54%	0	12.00%

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior implica que el costo de inversión del proyecto es factor de riesgo para la PTAR de Atapaneo ya que si sobrepasarán el 77.90% el proyecto ya no sería rentable, en el caso de la PTAR de los Itzícuaros, la inversión podría aumentar hasta un 16.15% para obtener un valor actual neto de cero y en el caso de realizar únicamente la inversión inicial de la PTAR Itzícuaros si se incrementara la inversión en un 13.54% se pondría en riesgo la rentabilidad del proyecto.

VII. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES

De los resultados obtenidos de la Evaluación Socioeconómica del Proyecto "Saneamiento de las Aguas Residuales de Morelia, Michoacán", sobre la base de la información disponible y presentada en los estudios de ingeniería básica existentes y tomando en cuenta los supuestos presentados a lo largo del estudio, indica que ***el momento socialmente óptimo de invertir en el proyecto es de inmediato.***

Los resultados del análisis, considerando un horizonte de evaluación de 20 años, demuestran que la construcción de la ***PTAR de Atapaneo traerá para la sociedad un beneficio de \$387.28 millones y la PTAR de los Itzícuaros un beneficio de \$20.09 millones a precios del 2007***, por lo que es rentable ejecutar ambos proyectos, ***más aún si se deseara invertir únicamente en la primer etapa del proyecto Itzícuaros este seguiría siendo rentable en \$14.13 millones.***

Es importante mencionar que con este proyecto, se reducirán las aguas residuales no tratadas en 41 millones de m³ el primer año de operación, volumen que se incrementaría año con año hasta llegar a 47 millones de m³ en el 2027.

El incremento en los costos de inversión hasta en un 16.15% o 13.54% para la inversión global o inicial de Itzícuaros, respectivamente, no representan un riesgo para la rentabilidad del proyecto, por otro lado la disminución de los beneficios, podría considerarse un riesgo siempre y cuando disminuyeran en un 35.88% los beneficios en la PTAR de Atapaneo, 8.93% en la PTAR de los Itzícuaros y 7.27% en la inversión inicial de Itzícuaros.

Se recomienda dar seguimiento a las medidas y sanciones citadas en el "Reglamento para controlar las descargas de aguas residuales al alcantarillado municipal de Morelia" ya que los beneficios del proyecto están relacionados con la eliminación de las descargas a los cauces.

Por otra parte, es necesario que al momento de entrar en operación el proyecto, se promueva el cambio en el patrón de cultivos de los módulos II, III y IV, del distrito de riego 020, hacia otros más rentables, ya que en el presente estudio se partió del supuesto que los agricultores pasen del riego restringido a un esquema no restringido, donde puedan sembrar los cultivos que les sean más rentables. Esto requiere que se monitoreen de forma periódica la calidad de los efluentes, para no tener problema con el beneficio agrícola.

Las tres principales limitaciones para la evaluación del proyecto son las que a continuación se mencionan; la primera fue la falta de información y elementos para obtener un costo por la degradación ecológica de la zona; en específico de los cuerpos de agua afectados.

En segundo término, la falta de información referente a los costos de extracción de la industria papelera, fue una limitante, para hacer más preciso el análisis del ahorro por cambiar el agua de pozo por agua residual tratada. En tercer lugar, la dificultad presentada para aislar, de manera más precisa, los efectos negativos, que causan las descargas de agua residual en la salud de los habitantes asentados en las márgenes de los cauces afectados.

VIII. ANEXOS

i. PRINCIPALES ENFERMEDADES TRASMITIDAS POR AGUAS CONTAMINADAS

A continuación se enlistan algunas enfermedades y casos relacionados provocados por el contacto directo con aguas residuales.

- Fiebre paratifoidea y disentería bacilar

Existen escasos registros de fiebre paratifoidea (es decir similar a la tifoidea) de origen hídrico (salmonelosis); son más frecuentes las disenterías bacilares (shigelosis)¹³. Las especies causantes de las enfermedades varían ampliamente en cuanto a virulencia y respuesta del individuo a la infección. Los brotes leves rara vez se reportan y por ello pasan inadvertidos. Además, el número y agresividad de los organismos evacuados al ambiente son generalmente menores que para la fiebre tifoidea. Sin embargo, el hombre comparte algunas especies paratíficas con los animales domésticos – cerdos, aves y perros – y puede haber contaminación del agua originada por ellos o por el hombre mismo. La salmonelosis en particular, pero también la shigelosis, son infecciones comunes que provienen de alimentos.

- Tularemia y enfermedad de Weil

Actualmente, los brotes de la tularemia de origen hídrico son tan raros, que presentan un escaso interés. Básicamente, ésta es una enfermedad de los mamíferos salvajes. El hombre la contrae por contacto directo, y no a través del agua. En cambio, la ictericia hemorrágica o enfermedad de Weil se atribuye a la natación o vadeo en canales corrientes y lagos contaminados. Las ratas y perros se encuentran entre los portadores de las espiroquetas que causan el amplio grupo de enfermedades afines.

- Infecciones por protozoarios. (amibas)¹⁴

En general los brotes de origen hídrico se asocian con la invasión de contaminantes, en forma relativamente masiva a los sistemas de distribución, por flujo o contra corriente de los sistemas domésticos de drenaje y por conexiones cruzadas con suministros inseguros de agua. En estas condiciones, una voluminosa masa de excremento, imposible de desinfectar por los medios

13. En Madera, California, tanto las shigelas como las salmonelas, fueron causantes de un brote de 2500 casos de infección debido a la contaminación de un pozo, se encontró que ésta se originó por la irrigación de un pastizal adyacente con efluentes de aguas residuales no clorados. Este pozo tenía una profundidad de 112 m

14. Amiba o ameba, del griego amoihe, cambio, debido a que la célula cambia de forma al moverse. En forma más precisa, la célula se mueve mediante el cambio de su forma.

ordinarios, llega hasta los consumidores cercanos y los infecta. Las concentraciones de cloro residual que se encuentran normalmente dentro de los sistemas de distribución, pocas veces resultan lo suficientemente altas para destruir contaminantes de tal magnitud. Es muy raro que ocurran otras infecciones protozoarias de origen hídrico.

- Infecciones por helmintos

Los huevos y larvas de las lombrices intestinales pueden llegar a las corrientes acuáticas desde portadores humanos o animales, ya sea en forma directa o por deslaves del suelo. Estos huevos y larvas, son relativamente pocos y son organismos bastante grandes. Debido a esto las infecciones causadas por lombrices son esporádicas; ocurren en condiciones muy insalubres o por deficiencias en los sistemas de remoción de aguas negras.¹⁵ La irrigación de las cosechas que se consumen crudas puede transmitir cualquiera de las lombrices intestinales comunes, la irrigación de los pastizales puede infectar al ganado, y a través de éste, al hombre. Es un caso diferente la infección por la forma larvaria (carcarias¹⁶) de las dueloas sanguíneas (equistosomas¹⁷) y por el gusano de Guinea (Dracunculus¹⁸).

En la proliferación de la equistosomiasis, la infección del hombre no ocurre en el agua misma, sino que las larvas desprendidas de los moluscos que las hospedan son forzadas a penetrar en la piel por la contracción de las gotas de agua, cuando los bañistas o los vadeantes salen de las aguas infectadas. En algunas partes existen especies de moluscos que hospedan a los equistosomas y a sus larvas, los cuales causan la dermatitis de los bañistas, los transportan de una masa de agua a otra y por las aves acuáticas infectadas.

En algunas partes del mundo, el diminuto crustáceo Cyclops¹⁹ ingiere las larvas del gusano de Guinea, un nemátodo o gusano redondo que infecta al hombre a través del agua que bebe y él lo regresa al agua cuando se abren las úlceras llenas de larvas, al nadar o vadear en agua dulce.

-
15. Como ejemplos pueden mencionarse la infección masiva de la población de Darmstadt, Alemania, en 1947, por las lombrices *Ascaris lumbricoides* por efecto de la irrigación por aspersion de los cultivos de hortalizas, y la infección con solitarias de personas y del ganado bovino.
 16. Del griego *cerkos*, cola.
 17. Del griego *schistosome*, cuerpo dividido.
 18. Del griego *draco*, dragón; de donde *dracunculus*, dragón pequeño.
 19. Denominado así por la similitud con el gigante de un ojo de la Odisea a causa de su apariencia.

- Infecciones por virus

Además del virus de la hepatitis infecciosa,²⁰ se conocen miembros de media docena de grupos de virus, los cuales forman más de 100 diferentes que son excretados en las heces de personas infectadas. El aislamiento de estos organismos entéricos es común durante los meses del verano cuando las corrientes tienen un nivel bajo normal. Sin embargo, se ha reducido el número de brotes de origen hídrico de enfermedades producidas por virus. Además, sólo dos de los seis grupos –los grupos Echo y Reo –, producen síntomas entéricos en el hombre; en cambio, no los producen los grupos de la polio, Cocksackie A y B, y adeno, ni el virus de la hepatitis. Las manifestaciones más comunes son: irritaciones en la piel, molestias respiratorias e inflamación de los órganos del cuerpo (ojos, cerebro, médula espinal, pulmones, corazón e hígado por ejemplo). Aún falta explicar por qué el agua no ha tenido un papel más importante en la propagación de estas infecciones. Su tamaño pequeño – el virus de la poliomielitis es aproximadamente 1/40 del tamaño de la mayoría de las bacterias – facilita transportarse por el agua. Sin embargo, su parasitarismo intracelular obligado, su complicado método de reproducción, su uso de la boca como puerta de entrada al cuerpo, y posiblemente a causa de esto, el bajo número en que, con toda probabilidad, se los excreta (aparentemente es del orden de 10^6 por día por persona infectada, en vez de 10^{11} para los organismos de la tifoidea) deben competir contra el ciclo que se lleva a cabo de hombre a hombre a través del agua.

Se ha encontrado que el agua es la causa de un número considerable de brotes de hepatitis, en abastecimientos altamente contaminados por fuentes cercanas de aguas negras o excrementos, que surten a poblaciones relativamente pequeñas. Existen algunas pruebas de que las infecciones por adenovirus (conjuntivitis) de los ojos han sido diseminados a través de las piscinas.

En los Estados Unidos y en otros países se encuentran registrados otros trastornos gastrointestinales, aparentemente híbridos, de posible origen viral, y asociados con abastecimientos muy contaminados, más específicamente durante períodos de sequía severa y prolongada.

- Infecciones por contacto indirecto con el agua

Si se toma en consideración las enfermedades transmitidas por excrementos, aguas negras y lodos de aguas negras, aumenta el número de distintas formas de diseminación de las enfermedades entéricas y con ello aumenta la lista de infecciones posibles.

20. Del griego hepar, hígado.

Las formas comunes de transmisión, aparte de la efectuada a través del agua potable, son:

1. Mediante los berros o bien los moluscos que se han cosechado o almacenado en agua contaminada con aguas negras (tifoidea, paratifoidea, disentería bacilar y hepatitis infecciosa).
2. A través de vegetales y frutas contaminadas por heces, aguas negras, o lodos de aguas negras (tifoidea, paratifoidea, las disenterías, lombrices parásitas y hepatitis infecciosa).
3. Por exposición al suelo contaminado por excremento humano (lombriz intestinal)
4. Mediante toda clase de alimentos contaminados por las moscas y otros bichos que también se alimentan de materia fecal humana (tifoidea, paratifoidea, disenterías y hepatitis infecciosa).
5. A través de la leche y productos lácteos contaminados por utensilios que se han lavado con agua contaminada (tifoidea, paratifoidea, disentería bacilar).
6. Por los pescados, mariscos y cangrejos procedentes de aguas contaminadas que se comen crudos, poco después que se salan (lombrices y tenias).
7. Mediante baños y otra exposición a aguas contaminadas (enfermedad de Weil y esquistosomiasis).

ii. RESULTADO DEL ESTUDIO DE VALORES DE INMUEBLES DEL RÍO CHIQUITO



ESTUDIO DE VALORES CON Y SIN EFECTOS NEGATIVOS POR OLORES
OCASIONADOS POR EL RÍO CHIQUITO DEBIDO A QUE ES UTILIZADO COMO CANAL A CIELO ABIERTO, EN LA CIUDAD DE MORELIA, MICHOACÁN

ÁREA DE VALOR	ZONA/COLONIA	TIPO	Tamaño Promedio del Terreno M2	*Valor Unitario Promedio del Terreno \$/M2	*Valor Promedio del Terreno \$	Cantidad Promedio de Construcción del Inmueble M2	*Valor Promedio de las Construcciones \$	*Valor Comercial Promedio del Inmueble \$	*Valor Comercial Unitario Promedio del Inmueble sobre M2 de construcción \$/M2	*Valor Comercial Unitario Promedio del Inmueble sobre M2 de terreno \$/M2
1	PRADOS DEL CAMPESTRE	URBANA	500	3,000	1,500,000	280	1,503,840	3,003,840	10,728	6,008
2	5 DE DICIEMBRE	URBANA	160	3,500	560,000	174	646,864	1,206,864	6,936	7,543
3	NUEVA CHAPULTEPEC**	URBANA	200	3,500	700,000	174	646,760	1,346,760	7,740	6,734
4	INFONAVIT LAS CAMELINAS	URBANA	90	2,300	207,000	78	175,512	382,512	4,904	4,250
5	VENTURA PUENTE**	URBANA	250	2,700	675,000	150	243,750	918,750	6,125	3,675
6	ELECTRICISTAS	URBANA	180	2,500	450,000	144	438,336	888,336	6,169	4,935
7	JUÁREZ	URBANA	250	2,000	500,000	150	243,700	743,700	4,958	2,975
8	MOLINO DE PARRAS	URBANA	180	1,800	324,000	132	257,856	581,856	4,408	3,233
9	LAS CAMELINAS	URBANA	200	3,500	700,000	174	646,760	1,346,760	7,740	6,734
10	FÉLIX IRETA**	URBANA	160	2,300	368,000	144	380,512	748,512	5,198	4,678
11	FELICITAS DEL RÍO	URBANA	150	2,000	300,000	123	276,747	576,747	4,689	3,845
12	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	URBANA	140	1,800	252,000	114	256,440	508,440	4,460	3,632
13	MORELOS	URBANA	150	1,800	270,000	123	276,735	546,735	4,445	3,645

* Valores calculados con efectos negativos por olores

** La colonia Nueva Chapultepec incluye la colonia Burócratas; la colonia Ventura Puente incluye la colonia Cuauhtemoc; y la colonia Félix Ireta incluye la colonia Estrella.



ESTUDIO DE VALORES CON Y SIN EFECTOS NEGATIVOS POR OLORES
 OCASIONADOS POR EL RÍO CHIQUITO DEBIDO A QUE ES UTILIZADO COMO CANAL A CIELO ABIERTO, EN LA CIUDAD DE MORELIA, MICHOACÁN

ÁREA DE VALOR	ZONA/COLONIA	% de incremento al desaparecer los olores	Superficie aproximada de afectación sin vialidad, sin espacios públicos M2	% Consolidación de la Zona	Valor Unitario Promedio del Inmueble sobre M2 de terreno		Proyecto Río Chiquito	
					sin hacer ninguna obra \$/M2	si se hace proyecto Río Chiquito \$/M2	Plusvalía Unitaria Promedio del Inmueble sobre M2 de terreno \$/M2	Plusvalía por área afectada \$
1	PRADOS DEL CAMPESTRE	7.5%	22,712	100%	6,008	6,459	451	10,243,112
2	5 DE DICIEMBRE	5.0%	17,672	100%	7,543	7,920	377	6,662,344
3	NUEVA CHAPULTEPEC**	5.0%	194,814	100%	6,734	7,071	337	65,652,318
4	INFONAVIT LAS CAMELINAS	4.5%	27,765	100%	4,250	4,441	191	5,303,115
5	VENTURA PUENTE**	6.5%	216,536	100%	3,675	3,914	239	51,752,104
6	ELECTRICISTAS	6.5%	70,571	100%	4,935	5,256	321	22,653,291
7	JUÁREZ	8.0%	71,460	100%	2,975	3,213	238	17,007,480
8	MOLINO DE PARRAS	5.0%	122,537	100%	3,233	3,395	162	19,850,994
9	LAS CAMELINAS	5.0%	70,905	100%	6,734	7,071	337	23,894,985
10	FÉLIX IRETA**	4.5%	200,104	100%	4,678	4,889	211	42,221,944
11	FELICITAS DEL RÍO	7.5%	119,023	100%	3,845	4,133	288	34,278,624
12	GUSTAVO DÍAZ ORDAZ	5.0%	3,490	100%	3,632	3,814	182	635,180
13	MORELOS	5.0%	66,253	100%	3,645	3,827	182	12,058,046
							TOTAL	312,213,537