



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

OBRAS DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE MORELIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL PRESENTA

FRANCISCO SERVIN BARRIGA



Morelia, Michoacán agosto del 2007.

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES:

ISIDRO SERVIN BARRIGA.
Ma. GUADALUPE BARRIGA MILIAN.

POR SU ORIENTACIÓN Y APOYO.

A MI ESPOSA:

ROSA LETICIA VALENCIA ORTIZ.

Y A MIS HIJOS

HECTOR FRANCISCO SERVIN VALENCIA
ISRAEL SERVIN VALENCIA

POR SU PACIENCIA Y COMPRENSIÓN.

A MIS MAESTROS:

POR SUS ENSEÑANZAS

MI RECONOCIMIENTO Y AGRADECIMIENTO.

A LOS INGENIEROS:

M.C. GUILLERMO BENJAMIN PEREZ MORALES
M.I. JULIO ALEJANDRO CHAVEZ CARDENAS.

POR SU INSISTENCIA Y CONSTANCIA PARA LA ELABORACION DEL
PRESENTE TRABAJO.



OBRAS DE PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE MORELIA, MICH.

Evaluación Socioeconómica

CONTENIDO

Resumen Ejecutivo	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
CAPITULO I ANTECEDENTES, ORIGEN Y OBJETIVO DEL ESTUDIO	18
CAPITULO II. SITUACIÓN SIN PROYECTO	23
2.1. SITUACIÓN SIN PROYECTO.....	23
CAPITULO III. SITUACIÓN ACTUAL Y PROBLEMÁTICA	25
3.1. SITUACIÓN ACTUAL	25
3.2. PROBLEMÁTICA. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON RIESGO DE INUNDACIÓN.	25
CAPITULO IV. SITUACIÓN CON PROYECTO	33
4.1. Estudios Preliminares.....	33
4.1.1 Estudio Topográfico.....	33
4.1.2 Estudio hidrológico.	34
4.1.3. Estudio de hidráulica – fluvial.	38
4.1.4. Estudio de Geotecnia.....	39
4.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	39
4.3 ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	48
4.3.1.- Descripción del proyecto	51
4.4. CONCLUSIÓN DE LA VIDA DEL PROYECTO.....	63
4.5. CALENDARIO DE INVERSIONES	63
4.5. MANIFESTACION DEL EJECUTOR.....	67
4.5.1 Aspectos Técnicos.....	67
4.5.2 Aspectos ambientales.	72
DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE SIN PROYECTO	76
DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE CON PROYECTO	77
CONCLUSIONES	81
CAPITULO V. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA	84
5.1. IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS	92
5.2. CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS	93
5.2.1 CUANTIFICACIÓN ANUAL DE LOS BENEFICIOS.....	93

5.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS COSTOS.....	95
5.4 CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS	96
5.5 CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD	99
5.6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	103
<i>CAPITULO VI. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES.....</i>	<i>105</i>
6.1. CONCLUSIONES	105
6.2. RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES.....	107
<i>BIBLIOGRAFIA.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>

ANTECEDENTES

Morelia, capital del estado de Michoacán se sitúa a 1,923 m de altitud en una colina de pendiente suave, es atravesada por el Río Grande y varios afluentes, entre los que se encuentran el Río Chiquito y cuenta con una población estimada de 690,000 habitantes, para el año 2006.

El área de estudio se ubica en la cuenca cerrada del Lago de Cuitzeo, la cual posee una superficie de 4,000 km², y en esta se ubica el Lago de Cuitzeo, el cual capta los escurrimientos de la cuenca y tiene como principal aportador los caudales del Río Grande de Morelia; dentro de esta cuenca se localiza la “Cuenca de la Ciudad de Morelia” (1,268.5 km²) localizada dentro de la Región Hidrológica 12.

En la zona de menor elevación de la ciudad de Morelia, en época de lluvias de todos los años se presentan inundaciones de importancia, sobre todo hacia el suroeste del área urbana, que es donde confluyen el Río Grande y cuatro de sus ramales principales, que son el Río Chiquito, el dren los Itzícuaros, Arroyo de Tierras y el dren la Ciénega (Arroyo Blanco)

Para resolver el problema, el Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS) solicitó al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) la elaboración de un estudio para el manejo de aguas pluviales, en el que se propusieron las soluciones estructurales que permitirán rehabilitar el sistema de drenaje pluvial e impida las inundaciones.

La red de drenaje pluvial de la zona metropolitana de la ciudad de Morelia (ZMM), está constituida por la red hidrográfica “natural” de los ríos que la cruzan. El cauce principal del río Grande drena aproximadamente una cuenca de 1,270 km² cuya longitud en el tramo urbano es de 12 km², en el que confluyen dos cauces principales. El primero, es el dren Itzícuario que drena una cuenca de 275 km² aproximadamente; el segundo el denominado río Chiquito cuyos aportes escurren en una superficie aproximada de 88 km². El río Grande posee además varios afluentes que confluyen en la zona peri urbana y urbana, drenando 240 Km² aproximadamente, entre los cuales se distinguen: los drenes “El Calabozo”, “La Alberca”, “La Ciénega Grande”, “Mora Tovar”, “Carlos Salazar”, “Los Olivos” y el arroyo de “Tierras”.

Doce obras especiales principales permiten controlar los escurrimientos del sistema. La obra más importante es la presa Coíntzio. Esta se localiza sobre el río Grande a aproximadamente 12 Km. aguas arriba de la confluencia con el río Chiquito (centro de Morelia), regulando los escurrimientos drenados en aproximadamente 665 km². A lo largo del río Grande; se propusieron también, 4 cárcamos de bombeo, dos sistemas de regulación por compuertas y tres vasos de regulación. Concerniente al río Chiquito existen solamente dos presas rompe picos y se propone construir adicionalmente tres

presas de regulación aguas arriba del casco de la hacienda de ocolusen (campestre) en aprox. un Kilómetro. Finalmente, la red urbana de cauces, es atravesada por cerca de 37 pasos vehiculares. La diversidad de estas subcuencas induce un funcionamiento hidráulico particularmente complejo, implicando tiempos de concentración diferentes. Por lo tanto, para una lluvia uniforme, el río Chiquito descarga sus escurrimientos al río Grande más rápido que los escurrimientos provenientes del Dren Itzicuaró, por ejemplo. Tomando en cuenta que la confluencia del río Chiquito está situada aguas abajo de la del dren Itzicuaró, en ese punto se genera un “tapón” hidráulico, provocando remansos en los tres cauces. Así, en el instante en que los escurrimientos del Dren Itzicuaró se vierten al río Grande el sistema está ya saturado. Aunado a eso, el funcionamiento del sistema se ve afectado, entre otros, por la política de operación de las obras especiales, por las características morfológicas de los cauces, por la presencia de vegetación y de árboles (tanto en los taludes como en los lechos) y sobre todo, por el estrangulamiento de las secciones en donde existen pasos vehiculares y ferroviarios. Estas dos situaciones son las que generan los encharcamientos y las inundaciones en la Zona Metropolitana de Morelia.

SITUACIÓN SIN PROYECTO

La situación sin proyecto es la situación actual optimizada y proyectada en el tiempo, sin olvidar otros proyectos con presupuesto asignado que influyan en las obras y/o acciones propuestas; se entiende por optimizaciones a las medidas que generan beneficios significativos sin implicar un desembolso considerable de recursos. De esta forma se evita atribuir a las obras objeto del estudio beneficios que pudieran alcanzarse por otros medios a un menor costo

El concepto situación sin proyecto, se define como la suma de *daños económicos máximos probables o registrados en la(s) área(s) vulnerable(s) a las inundaciones, en ausencia de obras de control de avenidas*. En esa suma deben considerarse los valores monetarios debido a un crecimiento razonable, a través del tiempo, de los bienes identificados; el límite de las adiciones concluye con el periodo de vida útil de las obras de control.

Los daños máximos probables esperados, se comparan con los resultados que se tendrían cuando las obras de control estén construidas. La diferencia entre caudales sin obras y con obras permite identificar las áreas que quedarán a salvo. Las diferencias de las áreas permiten estimar los daños a evitar, su valoración monetaria corresponden a los *beneficios de las obras de control*.

Las obras de control del Río Grande y del Río Chiquito, permitirán que sus tirantes permanezcan en niveles lo suficientemente bajos para dar libre acceso a las aguas de los drenes que desembocan en ellos; por consecuencia, las áreas estimadas como susceptibles de inundación, al quedar protegidas, corresponderán a los beneficios del proyecto de control de avenidas para la Ciudad de Morelia.

Con los diferentes gastos asociados a los diferentes períodos de retorno se llevó a cabo una simulación de propagación hidráulica a través de cada una de las subcuencas en estudio, tomando las características actuales de sus cauces: Para ello se utilizó el programa HEC-RAS. Los resultados arrojados por el programa permiten afirmar, en general, que los puentes construidos actualmente a lo largo del Río Grande y del Río Chiquito son suficientes para conducir un caudal asociado a un periodo de retorno de 50 y 20 años respectivamente. Por ejemplo, la mayoría de los puentes en el Río Chiquito fueron diseñados para una capacidad de 70 m³/s, y el gasto asociado a un periodo de retorno para este río es de 71.8 m³/s. Sin embargo, se debe llevar a cabo una simulación hidráulica para revisar todas las estructuras a detalle. En el Río Grande el puente que se consideraba de menor capacidad era el puente de la avenida Michoacán el cual ya se sobre-elevó; así mismo es necesario mantener un plan de mantenimiento preventivo. Respecto a la capacidad de conducción de las subcuencas, será necesario rectificar los cauces sobre todo en las zonas en donde el cauce ha sido reducido en su sección debido a los árboles o basura o en donde la capacidad de conducción se ha visto reducida por la creciente urbanización.

Del análisis se concluye que debe instrumentarse la cuenca con equipo climatológico e hidrométrico, esto permitirá afinar los valores de lluvia y escurrimiento; así como tener un mejor conocimiento del régimen de lluvias y escurrimientos en la cuenca de la ciudad de Morelia.

Se observa que la tendencia del cambio climático global ha afectado el régimen de lluvias de la cuenca de la ciudad de Morelia. Los fenómenos lluviosos extremos han ocasionado fuertes inundaciones en la zona urbana de la ciudad de Morelia. La simulación hidráulica permitirá conocer el funcionamiento global del sistema de drenaje pluvial. Asimismo, se pueden anticipar dos tipos de acciones a efectuar:

- (1) Acciones de mejoramiento que incluyen el desazolve periódico de los cauces y en algunos casos remover la vegetación arbustiva y evitar el cambio del uso del suelo.
- (2) Acciones precisas para definir proyectos ejecutivos de obras hidráulicas complementarias de acuerdo al estudio.

SITUACIÓN ACTUAL

Por motivo de las intensas precipitaciones ocurridas en la temporada de lluvias y en los últimos años, la capacidad hidráulica del río Grande y Chiquito en esa temporada se ha visto rebasada, ocasionando que la corriente sufriera desbordamientos de su cauce. En el mes de septiembre de 2003, en el río Grande se generó una avenida extraordinaria que ocasionó desbordamientos en la zona urbana de la ciudad de Morelia, afectando varias colonias de la ciudad entre las cuales esta Tres Puente, Carlos Salazar, Prados Verdes, etc.

Ante esta situación, para evitar contingencias por las inundaciones, como medida emergente el OOAPAS Morelia, ha llevado a cabo una serie de acciones como son la limpieza y desazolve de los ríos Grande y Chiquito, así como el desazolve de los diferentes drenes que se localizan en la zona urbana con el afán de mitigar la problemática; sin embargo, las condiciones climatológicas prevalecientes en el momento de efectuar las obras, impidieron que estos cumplieran totalmente con los requisitos de seguridad que la Comisión Nacional del Agua establece en la realización de este tipo de trabajos, poniendo en eminente peligro vidas humanas en la zona urbana ante la posibilidad de desbordamientos de los ríos cuando se encuentren a su máxima capacidad.

La experiencia del 2003, permite afirmar que las inundaciones en Morelia, fueron causadas por el remanso de las aguas de los drenes que fueron rechazadas al intentar su ingreso al Río Grande (que es su salida natural), a consecuencia de la elevación del tirante de ese río por efecto de la presencia de volúmenes pluviales extraordinarios observados en las cuencas Cointzio y del dren Itzicuaró.

El rebosamiento de las aguas del dren Itzicuaró en su entrada a la Ciudad de Morelia, y los remansos y rechazos de las aguas de los drenes urbanos, inundaron diversas áreas de la ciudad ya que no existe drenaje pluvial en la zona de proyecto y el drenaje sanitario no tiene la capacidad ni el diseño para manejar los caudales de los eventos hidrometeorológicos extremos.

Dado que fue la elevación del tirante del Río Grande, el que no permitió la salida de las aguas de los drenes internos de la ciudad de Morelia y de que algunos drenes no contaron con compuertas o válvulas de no retorno y que la acumulación de las aguas que llegaban a las márgenes del río rebasaron la capacidad de bombeo instalada, puede asumirse como causa general de las inundaciones es la elevación del tirante del Río Grande, como consecuencia de lluvias extraordinarias a su capacidad de drenaje (2003).

Con esas evidencias, la solución hidrológica del sistema Morelia, debería tener como objetivo central la disminución del volumen y de la fuerza de las aguas provenientes de las cuencas Cointzio e Itzicuaró, como origen principal del conflicto del drenaje, y de los volúmenes de agua pluvial del Río Chiquito, que al unirse al Río Grande a la altura de la Avenida Michoacán, constituyen la segunda causa de las obstrucciones por el choque de las aguas extraordinarias.

Con este enfoque, tanto la solución hidrológica, como la evaluación socioeconómica, logran un sentido de unidad del sistema Morelia, y consecuentemente los beneficios y los costos de las obras justifican su inclusión en una sola evaluación socioeconómica que es la que se plantea en este estudio.

Con la finalidad de atender la problemática de la zona y disminuir el riesgo de desbordamiento del cuerpo de agua, con la consecuente inundación de las zonas urbanas, se han efectuado diversas acciones en los últimos años dentro de las más importantes se pueden destacar: desazolve y limpieza del cauce, formación y reforzamiento de los bordos de margen derecha e izquierda, construcción de plantas de

bombeo siendo hasta ahora estos trabajos insuficientes para la contención de las avenidas que se han presentado. Se han ejecutado conjuntamente entre la Comisión Nacional del Agua, Gobierno del Estado de Michoacán, Gobierno Municipal y el Organismo Operador de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia.

El apoyo clave para determinar el nivel máximo de protección se estableció gracias a estudios hidrológicos que realizó el IMTA, que permitieron comprender que el comportamiento de la precipitación extrema de septiembre de 2003, que inundó diversas colonias de la Ciudad de Morelia, había alcanzado un periodo de retorno de 50 años; luego entonces, este periodo de retorno resultó ser el parámetro máximo sobre el que se cuantificarían los daños a evitar con las obras que se propusieron para el proyecto de Protección a Centros de Población (PCP) para Morelia.

El estudio socioeconómico identificó las áreas vulnerables con base en los planos topográficos levantados ex profeso y mediante visitas de campo (cuya relatoría breve se expuso ya anteriormente), y con base en el periodo de retorno de 50 años establecido, se levantaron sendos planos para identificar con esos elementos, las zonas urbanas susceptibles de protección.

Lo anterior significa que de presentarse lluvias con un mayor periodo de retorno al de 50 años, las obras pudieran no tener el control de las precipitaciones como se tiene previsto

Las lluvias inesperadas y sorprendentes de la noche del 16 de septiembre de 2003, golpearon con la mayor severidad a las colonias ubicadas en la margen izquierda del Río Grande, a partir de la colonia Tres Puentes hasta la colonia Granjas del Maestro, siendo la colonia Carlos Salazar, la más afectada debido a que el dren del mismo nombre inundó con aguas negras su área de influencia, provocando la movilización de brigadas médicas para evitar brotes epidémicos.

De hecho, los daños estimados a ambas márgenes del Río Grande desde su entrada a la Ciudad de Morelia y antes y después de su confluencia con el Río Chiquito, pero significativamente con mayor influencia sobre la margen izquierda, son los daños de mayor importancia en la evaluación socioeconómica de este estudio y convocan a la realización de las obras de protección porque a diferencia de los derrames de Itzicuaró estas colonias tienen una mayor densidad de población que fue dañada en el 2003.

DESCRIPCION DEL PROYECTO.

El proyecto ha ejecutarse en el año 2006, consiste en la construcción de la obra de control en el canal Mintzita al Río Grande, así como la construcción de las presas de control y regulación de avenidas sobre el río Chiquito en la ciudad de Morelia; Conexión del Colector Pluvial de Ave. Poliducto al dren Carlos Salazar: Construcción del bordo izquierdo del río Grande tramo Madero Poniente - Morelos Norte y el Hincado de

tubería bajo vía de tren en Arroyo de Tierras; cuyo objeto es disminuir las inundaciones durante las épocas de lluvias.

Dichas obras son las que ha continuación se enlistan:

Tipo de Obras			
No.	Resumen	Valor de las Obras	Costo Sin Iva
1	Construcción de obra de control en el Canal Mintzita a río Grande	1,000,000.00	869,565.22
2	Desazolve de ríos y drenes en la ciudad	5,070,000.00	4,408,695.65
3	Construcción de Presas para el control y regulación de avenidas sobre el río Chiquito en la ciudad de Morelia	12,000,000.00	10,434,782.61
4	Conexión del Colector Pluvial de Ave. Poliducto al dren Carlos Salazar	1,000,000.00	869,565.22
5	Construcción del bordo izquierdo del río Grande tramo Madero Poniente - Morelos Norte	9,170,000.00	7,973,913.04
6	Hincado de tubería bajo vía de tren en Arroyo de Tierras	4,750,000.00	4,130,434.78
6	Total	32,990,000.00	28,686,956.52

Para el ejercicio 2007 se consideró lo siguiente:

Para el control y regulación de avenidas mediante lagunas, sobre el sistema de drenaje pluvial

El proyecto consiste en la construcción de 2 lagunas artificiales de regulación delimitadas por un terraplén perimetral, cuyo objeto es impedir las inundaciones durante las épocas de lluvias. Se construirán en los predios conocidos como: los Itzícuaros, Aurrerá (predio entre el Río Grande y la bodega). El embalse de cada laguna de regulación estará contenido por un terraplén que servirá como represa por períodos cortos, ya que operará exclusivamente en la época de lluvias, teniendo un tiempo de almacenamiento máximo de un día.

De la misma manera, se tiene considerado la construcción de Colector Pluvial Libramiento Oriente de la salida a Charo al río Grande; Construcción de la ampliación del puente de Av. Camelinas en el cruce con el río Chiquito, Reconstrucción del Puente de Av. Periodismo sobre Arroyo de Tierras, Colector Pluvial Ocampo, Colector Pluvial Camelinas – Ventura Puente, OBRAS ADICIONALES: Reestructuración del paso FFCC sobre el Río Chiquito, Rectificación del Río Chiquito confluencia con el río Grande.

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia

Tipo de Obras			
No.	Resumen	Valor de las Obras	Costo Sin Iva
1	Colector Pluvial Libramiento Oriente de la salida a Charo al río Grande	9,000,000.00	7,826,086.96
2	Construcción de la ampliación del puente de Av. Camelinas en el cruce con el río Chiquito	9,250,000.00	8,043,478.26
3	Reconstrucción del Puente de Av. Periodismo sobre Arroyo de Tierras	4,000,000.00	3,478,260.87
4	Laguna de regulación del dren los Itzicuaros	6,113,937.00	5,316,466.95
5	Laguna de regulación Bodega Aurrerá	20,100,000.00	17,478,260.87
6	Colector Pluvial Ocampo	9,000,000.00	7,826,086.96
7	Colector Pluvial Camelinas – Ventura Puente	7,000,000.00	6,086,956.52
Tipo de Obras			

No.	Resumen	Valor de las Obras	Costo Sin Iva
8	OBRAS ADICIONALES: Reestructuración del paso FFCC sobre el Río Chiquito, Rectificación del Río Chiquito confluencia con el río Grande.	5,500,000.00	4,782,608.70
8	Total	69,963,937.00	60,838,206.69

Para el ejercicio 2008 se consideró lo siguiente:

Para el control y regulación de avenidas mediante lagunas, sobre el sistema de drenaje pluvial

El proyecto consiste en la construcción de 1 laguna artificial de regulación delimitada por un terraplén perimetral, cuyo objeto es impedir las inundaciones durante las épocas de lluvias. Se construirán en el predio conocido como: El Alfalfar, que junto con las lagunas los Itzícuaros, y Aurrerá, ayudarán a regular las avenidas que se presentan en la época de lluvias y que son las causantes de las inundaciones de la ciudad.

Tipo de Obras			
No.	Resumen	Valor de las Obras	Costo Sin Iva
1	Laguna de regulación Alfalfar	8,800,000.00	7,652,173.91
1	Total	8,800,000.00	7,652,173.91

BENEFICIOS DEL PROYECTO

Los beneficios que se obtengan con la construcción de la obra dependen directamente de los caudales que se presenten año con año en el río, y que a través de la propia infraestructura de protección precisamente se evitarán.

Para todos los beneficios enunciados en el apartado anterior, se calcularon los montos económicos destinados a la mitigación de cada uno de ellos y así en la condición con proyecto poder considerarlos como beneficios atribuibles al mismo.

Los importes referidos corresponden a lo ocurrido en el reciente desbordamiento del río Grande y Chiquito en septiembre de 2003. En la siguiente tabla se presentan cada uno de los daños descritos así como su monto valorado.

Beneficio	Tr 2.33	Tr 10	Tr 20	Tr 30	Tr 40	Tr 50
-----------	---------	-------	-------	-------	-------	-------

Contenidos	4,110,729	6,838,930	8,897,653	10,101,929	10,956,376	11,619,137
Estructuras	2,117,431	3,522,724	4,583,169	5,203,490	5,643,615	5,985,002
Salud	58,686	97,634	127,025	144,217	156,416	165,877
Pérdidas de mercancías	263,344	438,120	570,007	647,156	701,895	744,353
Asistencia pública	855,908	1,423,955	1,852,609	2,103,355	2,281,262	2,419,258
Horas hombre perdidas	206,628	343,762	447,245	507,778	550,727	584,041
Problemas de tráfico	267,548	445,113	579,106	657,486	713,098	756,234
Gran Total	7,880,274	13,110,239	17,056,814	19,365,412	21,003,389	22,273,902

COSTOS DEL PROYECTO

- a) Costo privado de inversión del proyecto de obras de protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia, Mich.

El presupuesto del proyecto programado para las obras de protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia es de **32.99** millones de pesos incluyendo el IVA, para ejercerse en el año 2006; **69.96** millones de pesos para el año 2007 y de **8.8** millones de pesos para el año 2008.

- b) Costos privado de operación y mantenimiento

Para el cálculo de los costos de operación y mantenimiento y dadas las características del proyecto, se tiene estimado un costo de 1.125 millones de pesos anuales durante el horizonte del mismo.

RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Resultado de los indicadores de rentabilidad de la evaluación costo–beneficio:

Valor Presente Neto Social (VPNS) de \$ 11,372, 540

Tasa Interna de Rendimiento (TIRS) de 14.44 %.

A continuación se presenta tabla con el resumen de los resultados obtenidos:

Concepto	Evaluación Social
Horizonte de Planeación (Años)	20
Tasa de Descuento Anual (%)	12
Valor Actual de los Beneficios (VABS) (\$):	97,598,833
Inversión social en obra civil por la construcción de la obra 2006	25,788,747
Inversión social en obra civil por la construcción de la obra 2007	54,696,256

Inversión social en obra civil por la construcción de la obra 2008	6,875,252
Mantenimiento	930,679
Valor Actual de los Costos (VACS) (\$):	86,226,293
Valor Actual Neto (VAN) (\$)	11,372,540
Tasa Interna de Retorno (TIR) (%)	14.44

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el flujo de caja del proyecto calculado a valor presente es positivo en 11.372 millones de pesos. Esta situación demuestra que la construcción de las Obras de Protección Contra Inundaciones de la Ciudad de Morelia es rentable para la sociedad.

Criterio de la Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI).

El momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto cuyos beneficios son crecientes en el tiempo se determina cuando la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento (12% de acuerdo a los lineamientos emitidos por la SHCP).

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Concepto	0	1	2	3	4	5
<i>Tasa social de descuento</i>		1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
<i>Factor social de descuento</i>		0.892857143	0.7972	0.7118	0.6355	0.5674
BENEFICIOS						
Beneficio total		10,101,685	13,468,913	13,468,913	13,468,913	13,468,913
Valor Actual de los Beneficios		9,019,361	10,737,335	9,586,906	8,559,738	7,642,623
COSTOS		30%	63%	8%		
Inversión	25,788,747	54,696,256	6,875,252			
Costo de Mantenimiento			930,679	930,679	930,679	930,679
Costos totales	25,788,747	54,696,256	7,805,932	930,679	930,679	930,679

Valor Actual de los Costos	25,788,747	48,835,943	6,222,841	662,439	591,464	528,093
Flujo de Efectivo =	-25,788,747	-44,594,571	5,662,981	12,538,234	12,538,234	12,538,234
Flujo de efectivo descontado=	-25,788,747	-39,816,581	4,514,494	8,924,467	7,968,274	7,114,530
Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI)	-51.05%	6.48%	14.35%	14.35%	14.35%	14.35%

SENSIBILIDAD

Debido a que la variable más sensible en el presente análisis es por concepto de los beneficios atribuibles al proyecto, se analizó el cambio porcentual que tiene el valor actual neto social del proyecto (VANS) y la variación de la tasa interna de retorno social (TIRS) correspondiente, al variar en forma negativa y porcentual dichos beneficios.

De acuerdo a los análisis de sensibilidad, se concluye que el proyecto es sensible en cuanto a variaciones porcentuales de 11.5% de decremento de los beneficios y/o 14% de incremento de los costos. Por otro lado no se prevé otro riesgo significativo para la rentabilidad del proyecto.

Con respecto al incremento de la tasa del proyecto, se observa que hasta un incremento del 3%, el proyecto encuentra su límite con respecto al valor actual neto social del proyecto (VANS) positivo.

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES

La Evaluación socioeconómico se hizo con el afán de determinar la viabilidad de las obras propuestas por las autoridades Morelianas competentes, para evitar los daños causados por los fenómenos hidrometeorológicos como el presentado en septiembre de 2003, que trajo como consecuencia que el tránsito del escurrimiento de la lluvia fuera insuficiente para ser conducido por el sistema fluvial de la ciudad de Morelia.

Debido a que se trata de obras destinadas a proteger la integridad física de las personas y sus propiedades, los parámetros seleccionados son los establecidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Después de revisar la gravedad de los daños posibles de evitarse con la construcción de algunas obras para control de inundaciones, se puede decir que estas se justifican, primero desde un punto de vista socioeconómico, en el que se contabilizan los daños sufridos no sólo por la población directamente afectada por un evento de esta naturaleza, sino por la población en general debido a los contratiempos relacionados con aspectos como la salud y el tráfico vehicular, los cuales entorpecen la actividad económica y social.

Los indicadores sociales señalan que, para este caso, el proyecto es rentable desde el punto de vista socioeconómico, con una TIR SOCIAL mayor del 14.4%, por lo que se

recomienda realizar las obras de protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia, Mich.

La evaluación realizada sobre la base de la información disponible y presentada en el proyecto de las obras de protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia y tomando en cuenta los datos de cuantificación de daños a la zona urbana proporcionados por las dependencias correspondientes, indica que el momento socialmente óptimo de invertir en el proyecto es de forma inmediata.

Los resultados del proyecto, considerando un horizonte de evaluación de 20 años, demuestran que la construcción del proyecto de obras de protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia, Michoacán, aportará a la sociedad un beneficio neto de más de 11.372 millones de pesos a precios de 2006, por lo que dicho proyecto es rentable y se recomienda su ejecución, lo cual además de incrementar la protección de la comunidad, también evitará daños al medio ambiente.

Es importante que se lleve a cabo la construcción de la infraestructura del proyecto de obras de protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia, Michoacán, de acuerdo a la planeación de protección de la zona urbana, lo cual representa eliminar el riesgo por inundación a la población y la conservación de la infraestructura del municipio.

Las obras de control tienen como propósito disminuir los caudales de agua que serán conducidos por los ríos Grande y Chiquito de Morelia. Igualmente, las obras tienen un límite de conducción de corrientes equivalentes a un periodo de retorno de 50 años.

Sin embargo, lo más importante es trabajar en una Cultura del Agua, estableciendo que el agua es fuente de vida, creando la conciencia social, sobre todo, en las colonias en donde se han observado mayores daños, que en el caso de presentarse lluvias con un mayor periodo de retorno, nuevamente se producirán daños causados por las aguas que no puedan ser desalojadas aún cuando las obras hidráulicas ayuden a incrementar la capacidad de mitigación de las corrientes.

Por lo anterior, se recomienda a las autoridades de los tres niveles de gobierno, proceder a realizar un nuevo estudio que considere las obras construidas para que con base en las nuevas condiciones hidrológicas se emita la delimitación de la zona federal.

De la misma manera, se recomienda que las autoridades Municipales, continúen haciendo del conocimiento a la población asentada en la zona federal, sobre los riesgos que esto implica.

Proponer los medios de solución consensada a largo plazo para lograr la desocupación de la zona federal y sugerir los nuevos usos de las áreas.

En tanto la zona federal no sea desocupada, será pertinente mantener vigilancia estrecha de veinticuatro horas en épocas de lluvias de tal modo, que la población aún residente de la zona federal pueda desocupar las viviendas que puedan ser dañadas por las inundaciones.

Transformar en el largo plazo, el uso del suelo de áreas vulnerables a las inundaciones, después de construidas las obras de control, será un objetivo permanente en los siguientes años.

Es importante que se lleve a cabo la construcción de la infraestructura del proyecto de obras de protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia, Michoacán, de acuerdo a la planeación de protección de la zona urbana, lo cual representa eliminar el riesgo por inundación a la población y la conservación de la infraestructura del municipio.

De acuerdo a los análisis de sensibilidad, se concluye que el proyecto no es sensible en cuanto a variaciones porcentuales de 11.5% de decremento de los beneficios y/o 14% de incremento de los costos. Por otro lado no se prevé otro riesgo significativo para la rentabilidad del proyecto.

CAPITULO I ANTECEDENTES, ORIGEN Y OBJETIVO DEL ESTUDIO

I.1. ANTECEDENTES

Morelia, capital del estado de Michoacán se sitúa a 1,923 m de altitud en una colina de pendiente suave, es atravesada por el Río Grande y varios afluentes, entre los que se encuentran el Río Chiquito y cuenta con una población estimada de 690,000 habitantes, para el año 2006.

El área de estudio se ubica en la cuenca cerrada del Lago de Cuitzeo, la cual posee una superficie de 4,000 km², y en esta se ubica el Lago de Cuitzeo, el cual capta los escurrimientos de la cuenca y tiene como principal aportador los caudales del Río Grande de Morelia; dentro de esta cuenca se localiza la “Cuenca de la Ciudad de Morelia” (1,268.5 km²) localizada dentro de la Región Hidrológica 12.

En la zona de menor elevación de la ciudad de Morelia, en época de lluvias de todos los años se presentan inundaciones de importancia, sobre todo hacia el suroeste del área urbana, que es donde confluyen el Río Grande y cuatro de sus ramales principales, que son el Río Chiquito, el Dren Los Itzícuaros, Arroyo de tierras y el dren la Ciénega (Arroyo Blanco).

Para resolver el problema, el Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS) llevó a cabo a través del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) la elaboración de un estudio para el manejo de aguas pluviales, en el que se propusieron las soluciones estructurales que permitirán rehabilitar el sistema de drenaje pluvial e impida las inundaciones.

La red de drenaje pluvial de la zona metropolitana de la ciudad de Morelia (ZMM), está constituida por la red hidrográfica “natural” de los ríos que la cruzan. El cauce principal del río Grande drena aproximadamente una cuenca de 1,270 km² cuya longitud en el tramo urbano es de 12 km², en el que confluyen dos cauces principales. El primero, es el dren Itzícuario que drena una cuenca de 275 km² aproximadamente; el segundo el denominado río Chiquito cuyos aportes escurren en una superficie aproximada de 88 km². El río Grande posee además varios afluentes que confluyen en la zona peri urbana y urbana, drenando 240 km² aproximadamente, entre los cuales se distinguen: los drenes “El Calabozo”, “La Alberca”, “La Ciénega Grande”, “Mora Tovar”, “Carlos Salazar”, “Los Olivos” y el arroyo de “Tierras”.

Doce obras especiales principales permiten controlar los escurrimientos del sistema. La obra más importante es la presa Coíntzio. Esta se localiza sobre el río Grande a aproximadamente 12 km aguas arriba de la confluencia con el río Chiquito (centro de Morelia), regulando los escurrimientos drenados en aproximadamente 665 km². a lo

complejo, compuesto por cuatro subcuencas, dos ríos y varios drenes; el conflicto se puede presentar cuando ocurre algún evento extraordinario en cualquiera de sus partes. Con la finalidad de simplificar el modelo de análisis se consideró que los eventos se distribuyen uniformemente en toda la cuenca y a partir de la información recabada en campo, recopilación hemerográfica propia, información que proporcionaron diversas instituciones de Morelia, la elaboración de un plano topográfico en las márgenes de los ríos y varias corridas de la dinámica hidráulica de los ríos con sistemas diseñados por el IMTA, se elaboró un plano de vulnerabilidad a las inundaciones, que sirvió de base para estimar las zonas afectadas. Esta información, combinada con los escenarios hidrológicos realizados por el IMTA, permitió hacer una aproximación razonable de los daños a los que puede estar sujeta la ciudad en ambas márgenes del Río Grande, ante la probabilidad de que se presenten lluvias con diversos periodos de retorno.

Esto no invalida, ni minimiza los daños observados en otras colonias de la ciudad de Morelia, que tuvieron otras causas distintas al remanso de los drenes, como por ejemplo: la salida del agua de las alcantarillas, pero que se omiten en la evaluación por estar indirectamente conectadas con el sistema hidrológico formado por los ríos Grande y Chiquito de Morelia.

Morelia, múltiples fuentes de inundaciones

La experiencia del 2003, permite afirmar que las inundaciones en Morelia, fueron causadas por el remanso de las aguas de los drenes que fueron rechazadas al intentar su ingreso al Río Grande (que es su salida natural), a consecuencia de la elevación del tirante de ese río por efecto de la presencia de volúmenes pluviales extraordinarios observados en las cuencas Cointzio y del dren Itzécuaro.

El rebosamiento de las aguas del Itzécuaro en su entrada a la Ciudad de Morelia, y los remansos y rechazos de las aguas de los drenes urbanos, inundaron diversas áreas de la ciudad ya que no existe drenaje pluvial en la zona de proyecto y el drenaje sanitario no tiene la capacidad ni el diseño para manejar los caudales de los eventos hidrometeorológicos extremos.

Sin embargo, dado que fue la elevación del tirante del Río Grande, el que no permitió la salida de las aguas de los drenes internos de la ciudad de Morelia y de que algunos drenes no contaron con válvulas de no retorno o que la acumulación de las aguas que llegaban a las márgenes del río rebasaron la capacidad de bombeo instalada, puede asumirse como causa general de las inundaciones, la elevación del tirante del Río Grande, como consecuencia de lluvias extraordinarias a su capacidad de drenaje (2003).

Con esas evidencias, la solución hidrológica del sistema Morelia, debería tener como objetivo central la disminución del volumen y de la fuerza de las aguas provenientes de las cuencas Cointzio e Itzécuaro, como origen principal del conflicto del drenaje, y de los volúmenes de agua pluvial del Río Chiquito, que al unirse al Río Grande a la altura de la

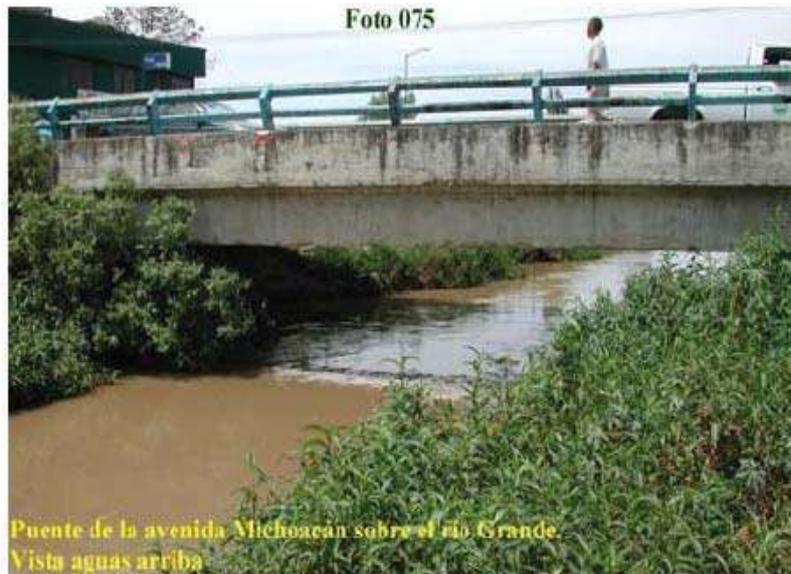
Avenida Michoacán, constituyen la segunda causa de las obstrucciones por el choque de las aguas extraordinarias.

Con este enfoque, tanto la solución hidrológica, como la evaluación socioeconómica, logran un sentido de unidad del sistema Morelia, y consecuentemente los beneficios y los costos de las obras justifican su inclusión en una sola evaluación socioeconómica que es la que se plantea en este estudio.

Río Grande de Morelia

Tirante elevado: →
Impide la salida de las aguas de los drenes urbanos y provoca inundaciones

Tirante bajo: →
Asegura la salida de las aguas pluviales de drenes urbanos y de los dos ríos de Morelia.



Fotografía IMTA. Puente de la Avenida Michoacán, antes de su remodelación. 2004

I.2.- Objetivos del proyecto:

1. Mantener un tirante bajo del nivel de aguas del Río Grande e igualmente el del Río Chiquito, mediante la regulación de sus avenidas, con la ejecución de diversas estructuras y lagunas de inundación temporal, que controlarían y reducirían el volumen e impacto de las avenidas a un periodo de retorno de 50 años, equivalente al registrado en las inundaciones observadas en el 2003.

2. Con el efecto producido, permitir el libre acceso de las aguas de los drenes que se encuentran en ambas márgenes del Río Grande, con relativa independencia del volumen y de la calidad de sus aportaciones.

CAPITULO II. SITUACIÓN SIN PROYECTO

2.1. SITUACIÓN SIN PROYECTO

La situación sin proyecto es la situación actual optimizada y proyectada en el tiempo, sin olvidar otros proyectos con presupuesto asignado que influyan en las obras y/o acciones propuestas; se entiende por optimizaciones a las medidas que generan beneficios significativos sin implicar un desembolso considerable de recursos. De esta forma se evita atribuir a las obras objeto del estudio beneficios que pudieran alcanzarse por otros medios a un menor costo

El concepto situación sin proyecto, se define como la suma de *daños económicos máximos probables o registrados en la(s) área(s) vulnerable(s) a las inundaciones, en ausencia de obras de control de avenidas*. En esa suma deben considerarse los valores monetarios debido a un crecimiento razonable, a través del tiempo, de los bienes identificados; el límite de las adiciones concluye con el periodo de vida útil de las obras de control.

Debido a que no se conoce por anticipado la intensidad de los eventos, para estimar el daño anual esperado por las inundaciones se utiliza la fórmula de valor presente neto, que más adelante se expresa con la definición de sus términos.

Para los fines de este estudio, se ha convenido como cálculo del valor presente neto de la situación sin proyecto, a la suma de los daños de los tirantes que se alcanzarían en una avenida de aguas del Río Grande de Morelia, con un periodo de retorno de hasta 50 años.

Esas elevaciones corresponden a los *tirantes máximos probables que se registrarían como consecuencia del rechazo de las aguas provenientes de los drenes que desembocan en el Río Grande o de su desborde*.

Los daños máximos probables esperados, se comparan con los resultados que se tendrían cuando las obras de control estén construidas. La diferencia entre caudales sin obras y con obras permite identificar las áreas que quedarán a salvo. Las diferencias de las áreas permiten estimar los daños a evitar, su valoración monetaria corresponden a los *beneficios de las obras de control*.

Las obras de control del Río Grande y del Río Chiquito, permitirán que sus tirantes permanezcan en niveles lo suficientemente bajos para dar libre acceso a las aguas de los drenes que desembocan en ellos; por consecuencia, las áreas estimadas como susceptibles de inundación, al quedar protegidas, corresponderán a los beneficios del proyecto de control de avenidas para la Ciudad de Morelia.

Con los diferentes gastos asociados a los diferentes períodos de retorno se llevó a cabo una simulación de propagación hidráulica a través de cada una de las subcuencas en estudio, tomando las características actuales de sus cauces: Para ello se utilizó el programa HEC-RAS. Los resultados arrojados por el programa permiten afirmar, en general, que los puentes construidos actualmente a lo largo del Río Grande y del Río Chiquito son suficientes para conducir un caudal asociado a un periodo de retorno de 50 y 20 años respectivamente. Por ejemplo, la mayoría de los puentes en el Río Chiquito fueron diseñados para una capacidad de 70 m³/s, y el gasto asociado a un periodo de retorno para este río es de 71.8 m³/s. Sin embargo, se debe llevar a cabo una simulación hidráulica para revisar todas las estructuras a detalle. En el Río Grande el puente que se considera de menor capacidad es el puente de la avenida Michoacán el cual actualmente ya está siendo sobre-elevado, es necesario mantener un plan de mantenimiento preventivo. Respecto a la capacidad de conducción de las subcuencas, será necesario rectificar los cauces sobre todo en las zonas en donde el cauce ha sido reducido en su sección debido a los árboles o basura o en donde la capacidad de conducción se ha visto reducida por la creciente urbanización.

Del análisis se concluye que debe instrumentarse la cuenca con equipo climatológico e hidrométrico, esto permitirá afinar los valores de lluvia y escurrimiento; así como tener un mejor conocimiento del régimen de lluvias y escurrimientos en la cuenca de la ciudad de Morelia.

Se observa que la tendencia del cambio climático global ha afectado el régimen de lluvias de la cuenca de la ciudad de Morelia. Los fenómenos lluviosos extremos han ocasionado fuertes inundaciones en la zona urbana de la ciudad de Morelia. La simulación hidráulica permitirá conocer el funcionamiento global del sistema de drenaje pluvial. Asimismo, se pueden anticipar dos tipos de acciones a efectuar:

- (1) Acciones de mejoramiento que incluyen el desazolve periódico de los cauces y en algunos casos remover la vegetación arbustiva y evitar el cambio del uso del suelo.
- (2) Acciones precisas para definir proyectos ejecutivos de obras hidráulicas.

CAPITULO III. SITUACIÓN ACTUAL Y PROBLEMÁTICA

3.1. SITUACIÓN ACTUAL

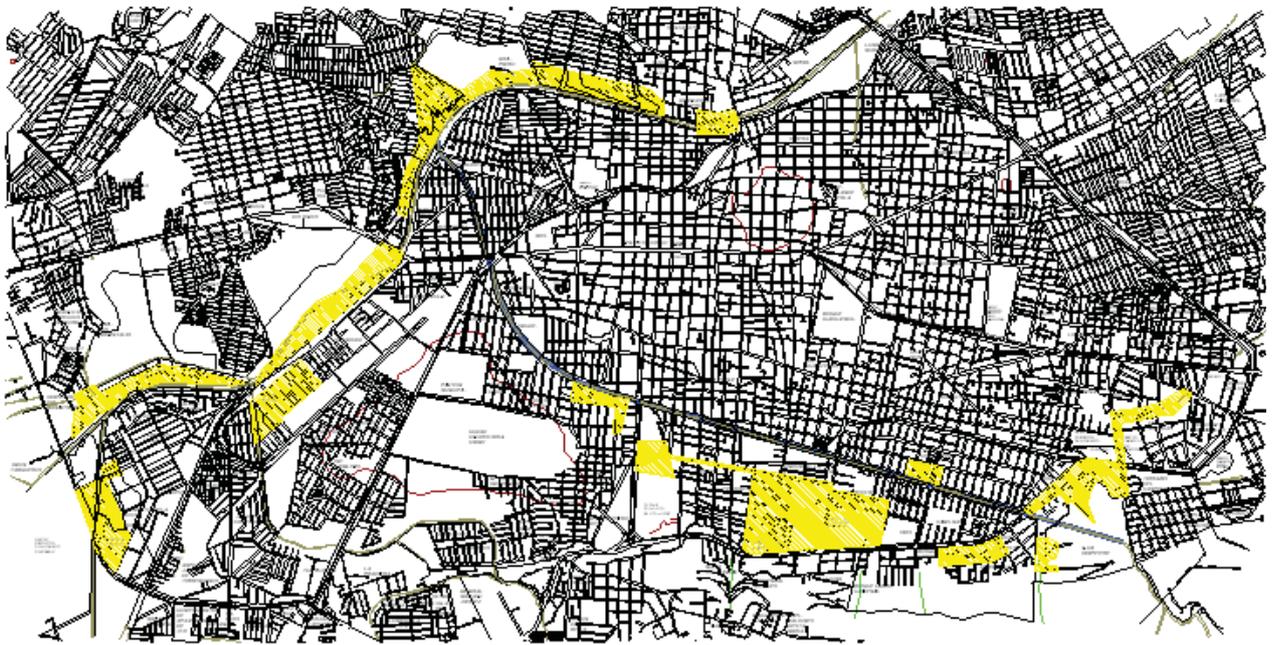
Por motivo de las intensas precipitaciones ocurridas en la temporada de lluvias y en diferentes años, la capacidad hidráulica del río Grande y Chiquito en esa temporada se vio rebasada, ocasionando que la corriente sufriera desbordamientos de su cauce. En el mes de septiembre de 2003, en el río Grande se generó una avenida extraordinaria que ocasionó desbordamientos en la zona urbana de la ciudad de Morelia, afectando varias colonias marginales a los ríos y drenes de la ciudad.

Ante esta situación, para evitar contingencias por las inundaciones, como medida emergente se han llevado a cabo una serie de acciones como son la limpieza y desazolve de los ríos Grande y Chiquito, así como el desazolve de los diferentes drenes que se localizan en la zona urbana con el afán de mitigar la problemática; sin embargo, las condiciones climatológicas prevalecientes en el momento de efectuar las obras, impidieron que estos cumplieran totalmente con los requisitos de seguridad que la Comisión Nacional del Agua establece en la realización de este tipo de trabajos, poniendo en eminente peligro vidas humanas en la zona urbana ante la posibilidad de desbordamientos de los ríos cuando se encuentren a su máxima capacidad.

3.2. PROBLEMÁTICA. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS CON RIESGO DE INUNDACIÓN

Con la finalidad de realizar el trabajo de evaluación de daños potenciales debido a inundaciones o encharcamiento se hizo un reconocimiento en campo con el cual se realizó el plano No. 1 de la Ciudad de Morelia, en el que se dibujaron en color amarillo, las áreas identificadas como susceptibles de inundación. Este plano fue comparado con el mapa sobre Peligrosidades Hidrometeorológicas elaborado por la “Dirección de Protección Civil y Bomberos de la Ciudad de Morelia”, para registrar las áreas vulnerables a inundaciones; con el plano elaborado por la Comisión Nacional del Agua para identificar las zonas afectadas con las inundaciones de 2003; y con otros planos topográficos, para construir uno que permitiese realizar una mejor aproximación de las mediciones de daños, propósito de este estudio.

Posteriormente, se hicieron comparaciones con otras fuentes de información y finalmente se seleccionaron los sitios vulnerables que sirvieron de base para realizar la evaluación socioeconómica.



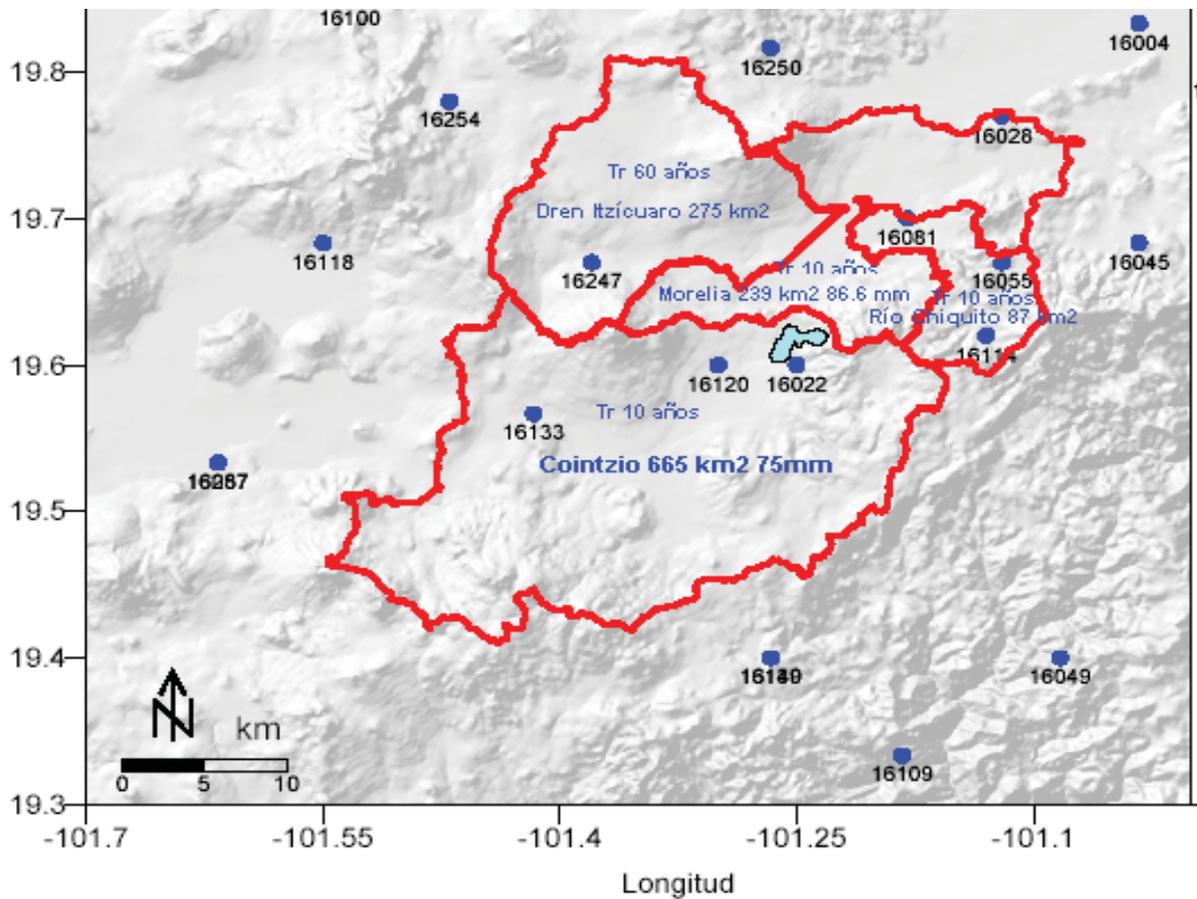
Plano 1.

1. El Río Grande entra a la Ciudad de Morelia, en dirección suroeste, sigue su trayectoria con dirección franca hacia el norte y sale de la ciudad por la parte norte de ciudad industrial; el camino del Ferrocarril fue trazado y construido en paralelo al Río Grande por su margen derecha.
2. El Río Chiquito entra a la Ciudad de Morelia, en dirección sureste por el Club de Golf del campestre, atraviesa Camelinas, su camino es el de la Avenida Solidaridad y se encuentra con el Río Grande de Morelia en donde vierte sus aportaciones a la altura de la colonia Primo Tapia, (lado derecho de este plano).

Inundaciones del 2003, en Morelia, Michoacán

El sistema hidrológico de Morelia, está constituido por cuatro cuencas cuyas aguas pluviales se interconectan y descargan sus aguas por su drenaje natural con la cuenca de la Ciudad de Morelia, Michoacán, conduciendo la salida de todas las corrientes por el Río Grande de Morelia, con destino final al Lago de Cuitzeo que es en realidad la cuenca a la que pertenece Morelia.

Cuencas del sistema hidrológico de Morelia

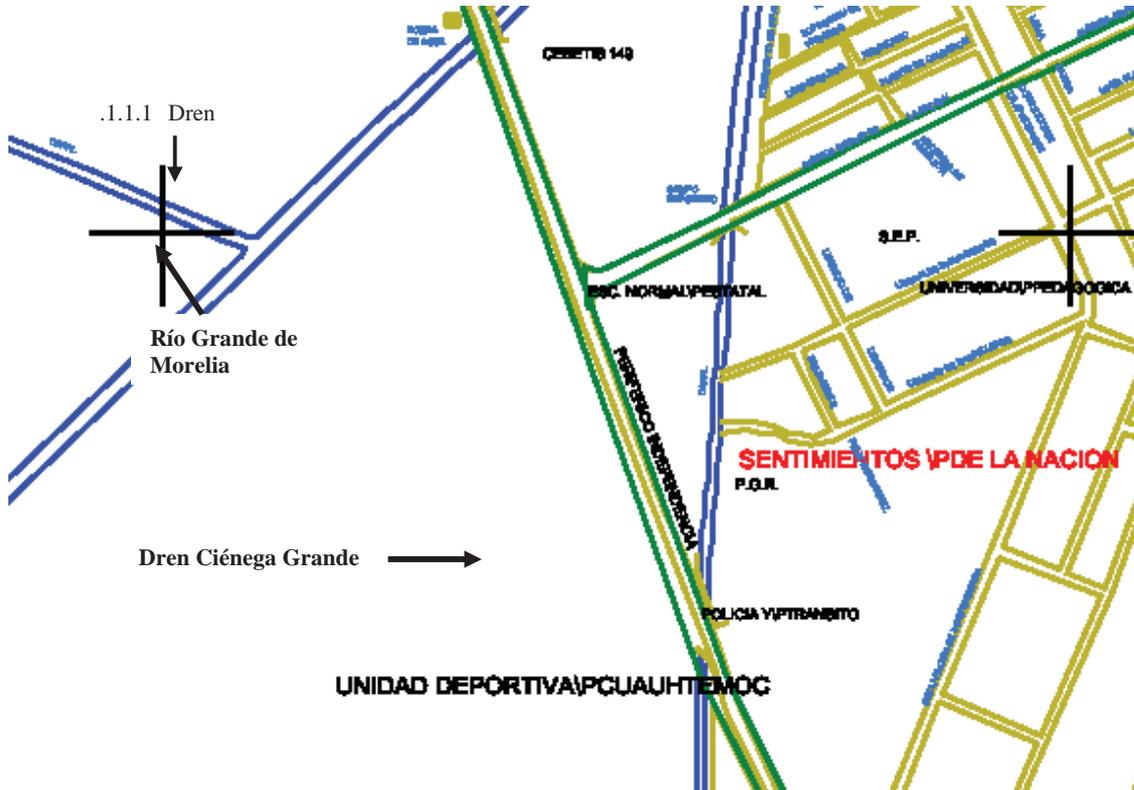


Mapa 1. Cuencas de Morelia, Michoacán. Elaborado por el IMTA, 2004.

La lluvia extrema alcanzada la noche del 16 de septiembre del 2003, evidencia su relevancia al observarse en la Cuenca Cointzio con 665 km² un histórico de 75 mm, en tanto que en la Cuenca de Morelia con 239 km² se registraron 86.6 mm.

Aún cuando los periodos de retorno de las lluvias de las cuencas de Cointzio, del Río Chiquito y de Morelia fueron de 10 años, las lluvias de días anteriores saturaron la cuenca de Cointzio y con la precipitación de la noche del 16 de septiembre, prácticamente se llenó la presa y derivado de una mayor descarga de la presa se elevó el tirante del Río Grande de Morelia. A este efecto, se adicionó el hecho de que en la cuenca Itz'icuaro, se registraron lluvias con un periodo de retorno de 60.9 años, ocasionando una avenida extraordinaria cuyo escurrimiento a su área natural baja, que aunado con la elevación del tirante del Río Grande impidió el ingreso de las corrientes del Dren Itz'icuaro, inundando las regiones vulnerables de la ciudad (cuenca propia del dren).

Entrada del Río Grande de Morelia, a esta Ciudad



Plano 2. Área parcial. Fuente: Dirección de Protección Civil y Bomberos de Morelia, 2004. Canchas deportivas, Policía y Tránsito, INFONAVIT y Centros de Educación.

En estas imágenes pertenecen a áreas cercanas a la entrada del Río Grande de Morelia, a la ciudad en donde se observan las mayores alturas de inundaciones.



Foto IMTA 2004. Canchas deportivas que se inundan hasta 1.80 metros de altura a consecuencia



Foto IMTA 2004. Edificios de Policía y Tránsito, y PGR que se inundan a una altura de 1.60 metros por

del reboseamiento del Dren Itzícuaru. Carretera más de 24 horas. Carretera Morelia – Pátzcuaro. Morelia – Pátzcuaro.

En la fotografía del lado izquierdo se observa con claridad la posibilidad de obstrucción de los drenes urbanos cuyas aguas al chocar con las del Río Grande, regresan hacia las colonias colindantes inundando las áreas urbanas. Ese es el caso del dren Carlos Salazar.

Es importante notar que aún cuando el Río Grande de Morelia, eleve el nivel de su cauce, como resultado de una mayor exigencia de drenaje de corrientes de agua extraordinarias, hasta el 2003, no se rompieron sus bordos, sino que obstruyó la salida de las aguas de los drenes urbanos.



Foto IMTA 2004. La toma se realizó desde la margen derecha del Río Grande y muestra claramente que las aguas del río y de los drenes se encuentran al mismo nivel. Colonia Carlos Salazar.

Foto IMTA 2004. Muestra el trayecto del Río Grande con orientación hacia la salida de la Ciudad de Morelia.

Inundaciones en las colonias Tres Puentes, Prados Verdes y otras colindantes

Las colonias en las que la población registró mayores daños fueron las ubicadas en la margen izquierda del Río Grande de Morelia, desde la “Tres Puentes”, hasta la “Prados Verdes”, siendo las más afectadas la “Carlos Salazar” y la “Ampliación Primo Tapia pte.

Inundaciones en las colonias Primo Tapia poniente y Carlos Salazar en la confluencia de los ríos Grande y Chiquito de Morelia, en la margen izquierda del Río Grande.



Plano 3. Área parcial. Fuente: Dirección de Protección Civil y Bomberos de Morelia. 2004.

El Río Chiquito de Morelia



Plano 3. Peligrosidades Antropogénicas Sector Nueva España, propiedad de Dirección de Protección Civil y Bomberos de Morelia. 2004.

Como ya se mencionó, el Río Chiquito de Morelia, entra a la ciudad con orientación suroeste, atraviesa la Avenida Camelinas y en sus hombros en ambas laterales se construyó la Avenida Solidaridad, el Río Chiquito sigue su curso hasta entregar sus aportaciones al Río Grande, ya en pleno interior de la Ciudad de Morelia.

El cauce del Río Chiquito está invadido por árboles que obstruyen la circulación de las corrientes pluviales. En su primer acercamiento a la ciudad recibe las aguas de la colonia Las Américas y de la cuenca urbana de ocolusen, cuyo dren remansa hacia el interior de la colonia formando encharcamientos en las zonas residencial, comercial y en la Avenida Camelinas, como consecuencia de la insuficiencia del sistema de alcantarillado en esa zona y a la saturación de las corrientes del Río Chiquito.

La insuficiencia de alcantarillados pluviales es una de las principales causas de inundaciones y encharcamientos que se registran a ambos márgenes del Río Chiquito. Esto se observa con mayor impacto en la obstrucción de la Avenida Ventura Puente, en las inundaciones que se registran en la Biblioteca Francisco J. Mújica; en la colonia Félix Ireta, cuya calle principal Ireti Ticateme conduce las corrientes pluviales invadiendo por los traspatios, la zona escolar de calzada Juárez (centro psicopedagógico).

Inundaciones en la Biblioteca Francisco J. Mújica

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia



Foto IMTA 2004. Entrada a la Biblioteca Francisco J. Mújica. Se observa el recurrente deterioro de las aguas pluviales encharcadas que alcanzan hasta 50 centímetros de altura.



Foto obsequio de la Biblioteca Francisco J. Mújica. Muestra pérdidas totales de libros de consulta ya que en el interior del edificio el agua alcanza una altura de 50 centímetros.

Encharcamientos en centros educativos colindantes a la Calzada Juárez



Foto IMTA 2003. Muestra encharcamientos de una escuela primaria, cuya barda al final del predio corresponde al final de la calle Ireti Ticateme, por donde ingresan las aguas pluviales que proceden desde la Avenida Ventura Puente. Las actividades de esta escuela se suspenden hasta que baja el agua encharcada.



Foto IMTA 2003. Centro Psicopedagógico, que se encharca causando suspensión de labores docentes. Al igual que en el caso anterior las aguas anegadas proceden desde la Avenida Ventura Puente. Este centro de estudios se encuentra en la esquina de la Calzada Juárez y la Avenida Solidaridad y es el área final de encharcamientos que transcurren desde la Biblioteca hasta esa calzada.

Con estas imágenes concluye la descripción de las inundaciones y encharcamientos producidos en el área formada por las avenidas Ventura Puente, Calzada Juárez y Avenida Solidaridad.

CAPITULO IV. SITUACIÓN CON PROYECTO

Con la finalidad de atender la problemática de la zona y disminuir el riesgo de desbordamiento del cuerpo de agua, con la consecuente inundación de las zonas urbanas, se han efectuado diversas acciones en los últimos años dentro de las más importantes se pueden destacar: desazolve y limpieza del cauce, formación y reforzamiento de los bordos de margen derecha e izquierda. Siendo hasta ahora estos trabajos insuficientes para la contención de las avenidas que se han presentado. Se han ejecutado conjuntamente entre la Comisión Nacional del Agua, Gobierno del Estado de Michoacán, Gobierno Municipal y el Organismo Operador de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia.

4.1. Estudios Preliminares.

El proyecto de obras de Protección contra inundaciones a la ciudad de Morelia, se inició a partir de un recorrido y reconocimiento de campo, para lo cual se realizaron visitas al sitio de las obras.

Los trabajos preliminares que se realizaron fueron los siguientes:

- Topografía.
- Estudio hidrológico.
- Geotecnia, para localización de bancos de materiales, así como el estudio geotécnico de los bordos existentes.
- Hidráulica – fluvial.
- Alternativas de solución.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los trabajos realizados:

4.1.1 Estudio Topográfico.

La metodología que se estableció para identificar, cuantificar y valorar los daños observados en la Ciudad de Morelia, Michoacán, a consecuencia de las inundaciones, se basó en la ejecución de una serie de estudios.

Así, con apoyo de estudios topográficos que se levantaron sobre el Río Grande de Morelia, se levantó la topografía del río con una escala a un metro. Ese estudio

permitió determinar distintos niveles de elevación de las aguas ya en territorios urbanos de la ciudad.

Dentro de este estudio se hicieron los siguientes trabajos:

- Configuración en planta del río.
- Levantamiento de secciones transversales del río.
- Determinación del perfil longitudinal del mismo.
- Levantamiento de secciones transversales de las estructuras existentes.
- Configuración en planta de dichas estructuras.
- Monumentación de la poligonal de apoyo.

4.1.2 Estudio hidrológico.

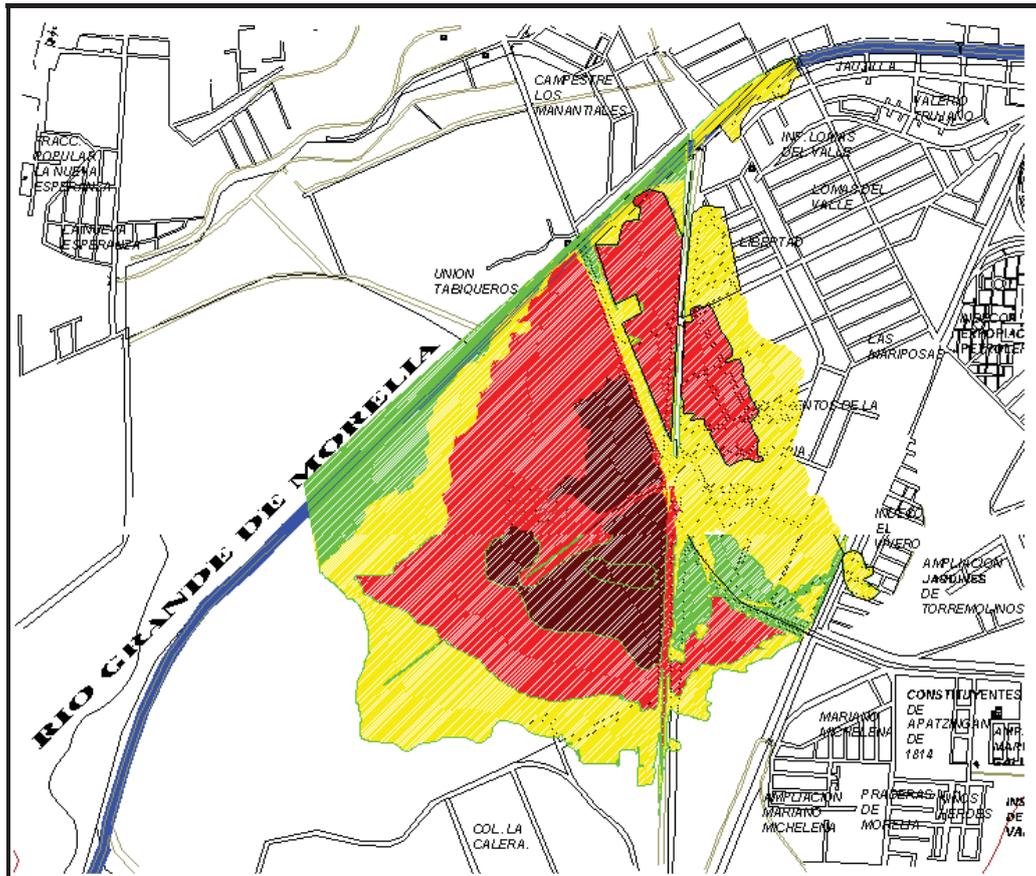
El apoyo clave para determinar el nivel máximo de protección se estableció gracias a estudios hidrológicos que realizó el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, que permitieron comprender que el comportamiento de la precipitación extrema de septiembre de 2003, que inundó diversas colonias de la Ciudad de Morelia, había alcanzado un periodo de retorno de 50 años; luego entonces, este periodo de retorno resultó ser el parámetro máximo sobre el que se cuantificarían los daños a evitar con las obras que se propusieron para el proyecto de Protección a Centros de Población (PCP) para Morelia.

El estudio socioeconómico identificó las áreas vulnerables con base en los planos topográficos levantados ex profeso y mediante visitas de campo (cuya relatoría breve se expuso ya anteriormente), y con base en el periodo de retorno de 50 años establecido, se levantaron sendos planos para identificar con esos elementos, las zonas urbanas susceptibles de protección.

Lo anterior significa que de presentarse lluvias con un mayor periodo de retorno al de 50 años, las obras pudieran no tener el control de las precipitaciones como se tiene previsto.

A continuación se presentan los planos en los que expresan los niveles de inundación en tres periodos de retorno.

Niveles de inundación en el área de Policía y Tránsito, y PGR



Plano 4. Inundaciones- Periodos de Retorno en áreas a la entrada del Río Grande de Morelia. IMTA elaboración propia 2004.

Periodos de retorno en años			
2.33	5	20	50

Las canchas de fútbol y el área de Policía y Tránsito son una de las áreas en las que se observan los mayores tirantes de inundación en Morelia.

En el 2003, las canchas de fútbol fueron anegadas observándose una altura de 1.80 metros, de modo que se podían ver los ángulos superiores de las porterías. Los daños causados en esta área fueron básicamente impedimentos para jugar al fútbol y otros deportes que se practican en estos predios.

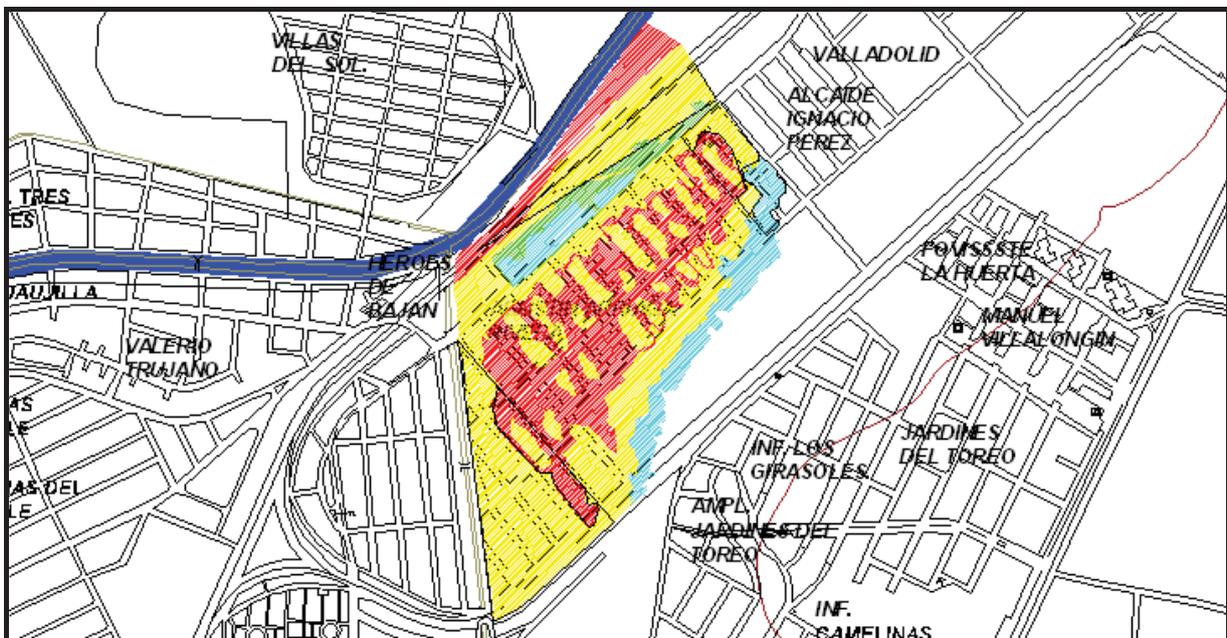
Las aguas fueron contenidas por la avenida periférico, sin embargo, el agua rebasó hacia el área en la que están los edificios de Policía y Tránsito, PGR, centros de estudios y edificios cercanos. En el área de Policía y Tránsito el agua llegó a más de 1.50 y subiendo a poco menos del techo de automóviles compactos.

Cuando el agua se elevó en su primer derrame, cubrió temporalmente el acceso a la carretera que conduce a Pátzcuaro lo que ocasionó la necesidad de dar vuelta a la obstrucción para llegar al entronque o a otros sitios de la ciudad.

Los daños a evitar para esta zona se calcularon con base en datos del INEGI y con estimaciones propias, sobre los costos adicionales provocados por la obstrucción de la carretera.

Debido a la falta de información topográfica no se levantó el plano que permitiera estimar los periodos de retorno y sus alcances, por lo que para encontrar el valor monetario de los daños a evitar de las inundaciones observadas en las colonias Campestre Manantiales, Infonavit Manantiales y Ejidal Tres Puentes, se tomó la decisión de considerar tirantes de aproximadamente 60 centímetros.

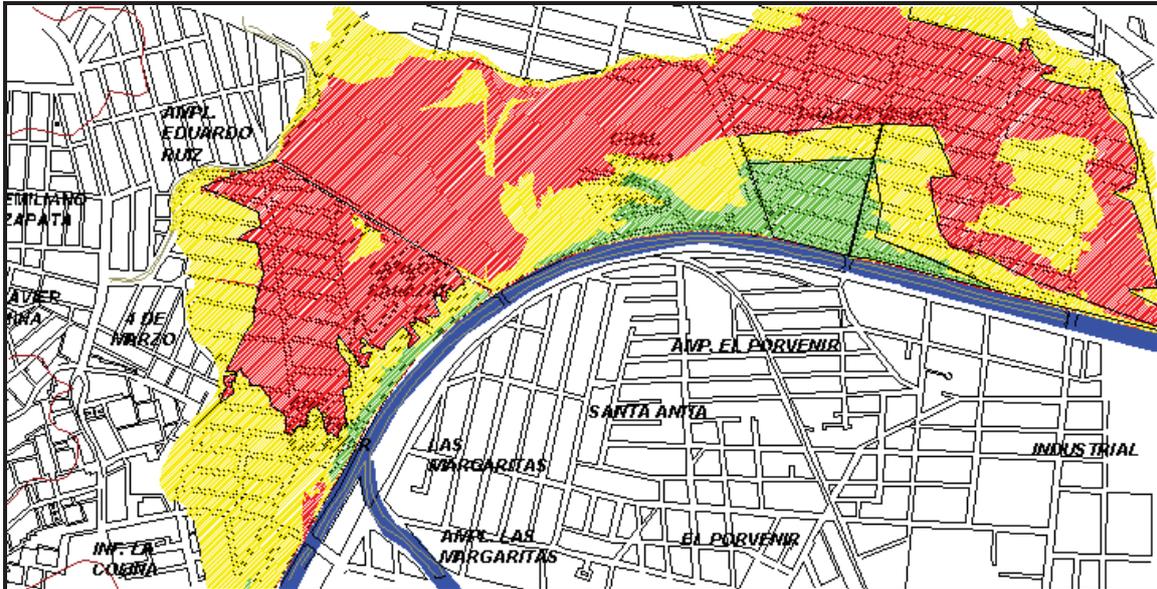
Estación del Ferrocarril. Colonia Arriaga Rivera



Plano 5. Inundaciones- Periodos de Retorno en estación del Ferrocarril, colonia Arriaga. IMTA 2004.

En la colonia Arriaga Rivera, se observan inundaciones que registran los cuatro periodos de retorno, considerados en la elaboración de estos planos, los valores monetarios de daños a evitar se registraron pertinentemente. En este caso, debido a la falta de información topográfica, únicamente se estimaron los valores monetarios para inundaciones de las colonias Ejidal Tres Puentes y López Mateos, esta área se extiende en un lote baldío que colinda con la Bodega Aurrerá con la Avenida Francisco I. Madero Poniente.

Tres Puentes, Primo Tapia, Carlos Salazar y otras colonias



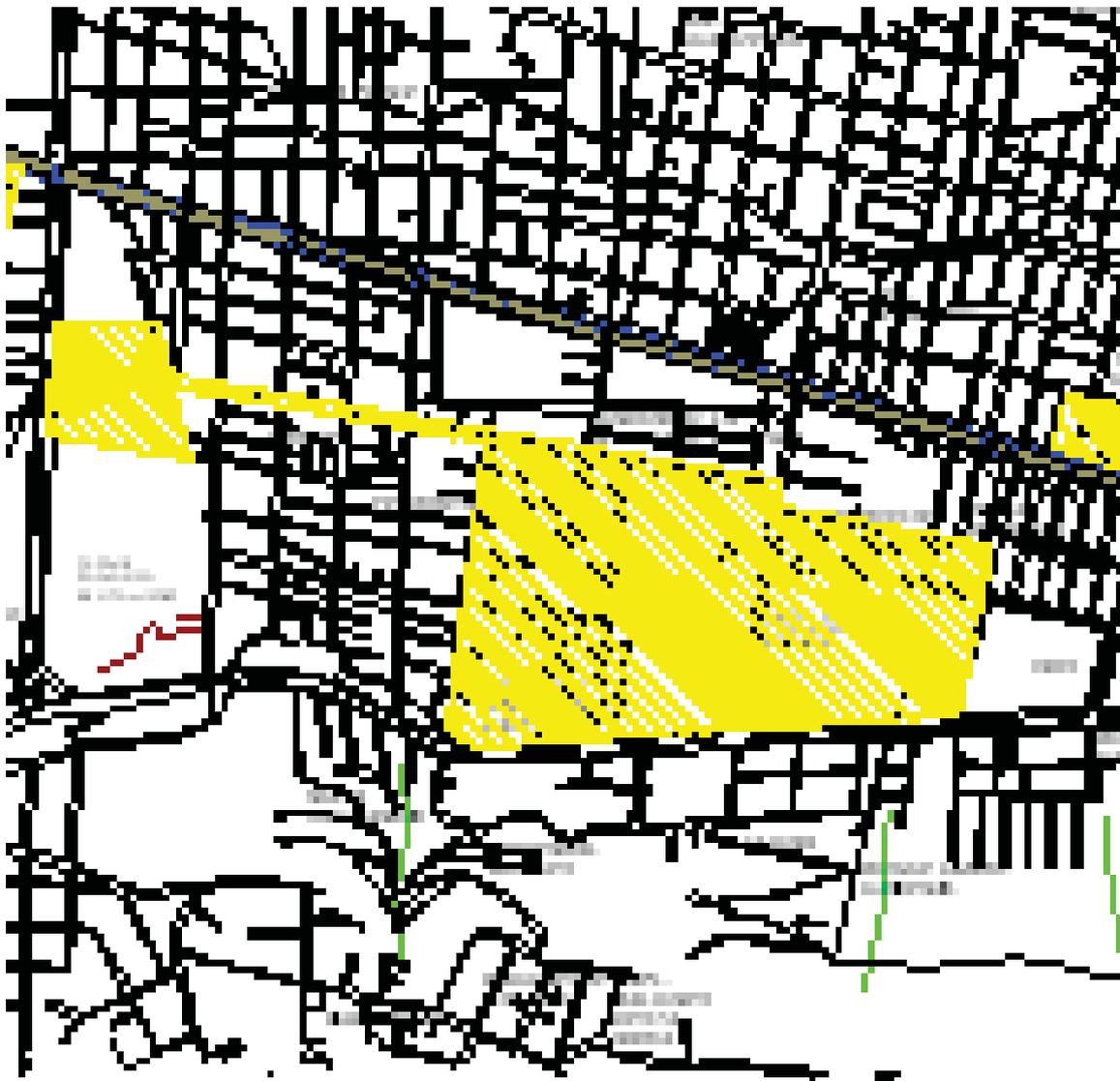
Plano 6. Áreas de inundación esperadas en la margen izquierda del Río Grande y en su confluencia con el Río Chiquito. IMTA. 2004

Periodos de retorno en años			
2.33	5	20	50

Las lluvias inesperadas y sorprendentes de la noche del 16 de septiembre de 2003, golpearon con la mayor severidad a las colonias ubicadas en la margen izquierda del Río Grande, a partir de la colonia Tres Puentes hasta la colonia Granjas del Maestro, siendo la colonia Carlos Salazar, la más afectada debido a que el dren del mismo nombre inundó con aguas negras su área de influencia, provocando la movilización de brigadas médicas para evitar brotes epidémicos.

De hecho, los daños estimados a ambas márgenes del Río Grande desde su entrada a la Ciudad de Morelia y antes y después de su confluencia con el Río Chiquito, pero significativamente con mayor influencia sobre la margen izquierda, son los daños de mayor importancia en la evaluación socioeconómica de este estudio y convocan a la realización de las obras de protección porque a diferencia de los derrames de Itzúcaro estas colonias tienen una mayor densidad de población que fue dañada en el 2003.

Encharcamientos e inundaciones desde la Av. Ventura Puente hasta la Calzada Juárez



Plano 7. Áreas de inundación observadas desde la Biblioteca hasta la Calzada Juárez. Elaboración IMTA 2004

4.1.3. Estudio de hidráulica – fluvial.

Dentro de este capítulo se realizaron los funcionamientos hidráulicos del cauce del Río Grande, primeramente en condiciones naturales o actuales, esto con el propósito de conocer el gasto máximo para el cual no sufre desbordamientos, cuya denominación es gasto formativo, resultando que para el tramo en estudio el gasto es de $120 \text{ m}^3/\text{s}$.

Posteriormente se realizaron funcionamientos hidráulicos del río, para diferentes gastos y combinaciones de rasantes y anchos de plantilla. Los gastos para los cuales se hizo

éste análisis fueron de 140, 160, y 200m³/s, haciendo la propuesta de una rasante; estas variables ligadas a 10, 15 y 20 metros de ancho de plantilla en el cauce, los cuales fueron utilizados posteriormente para plantear las alternativas de solución.

Asimismo, se realizó el estudio de hidráulica – fluvial propiamente dicho, cuyo objetivo es determinar las características del cauce a partir del cual se inicia el arrastre de sedimentos, sus características estables, calcular las velocidades permisibles, así como la socavación general que produce el escurrimiento en el cauce, para finalmente definir con los resultados de este estudio las protecciones que pudieran necesitarse para prevenir o proteger contra las erosiones marginales.

4.1.4. Estudio de Geotecnia.

Para este estudio se realizaron las localizaciones preliminar y definitiva de los bancos de materiales, así como la geotecnia del cauce y del terreno donde se desplantarán los bordos, con el fin de realizar el análisis de estabilidad de los taludes de los mismos.

4.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Soluciones estructurales (proposición de obras)

Con el fin de establecer un programa de diseño y ejecución de obras, se definieron tres niveles de prioridad. Nivel I o nivel de urgencia; Nivel II o nivel de reestructuración. Nivel III o nivel de autonomía. Es importante recalcar que tales niveles, no toman en cuenta el crecimiento de la mancha urbana, por lo que las soluciones propuestas resuelven el problema actual, proyectando una cierta capacidad (de regulación) del sistema (autonomía) para absorber los efectos de una parte del dinamismo urbano durante un lapso de tiempo relativamente corto.

Para ello se analizaron y se definieron las alternativas más viables para llevarlas a cabo, las cuales son de la siguiente manera.

Obras 2006

Obra	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Descripción	Monto \$	Descripción	Monto \$

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia

Construcción de Obra de Control en El Canal Mintzita a Río Grande	Compuerta metálica deslizable con estructura de soporte y cárcamo de concreto armado	1,000,000	Compuerta metálica con equipo de bombeo y canal de salida esviada al río Grande con una longitud de 7 m. revestido con una sección de 2.50 m. x 3 m. altura.	1'970,000
Desazolve de Ríos y Drenes en la ciudad	Limpieza con medios mecánicos y dragado del río Grande de Morelia y sus afluentes el Dren Itzicuaro, con una cuenca de 380 km ² aproximadamente; el río Chiquito con una superficie aproximada de 90 km ² ; además de los Drenes Barajas, Arroyo de Tierras, Mora Tovar, Carlos Salazar, Quinceo, La Soledad, Eréndira y Erandeni, los cuales se encuentran invadidos por la presencia de vegetación y de árboles, tanto en los taludes como en los lechos.	5,070,000	Limpieza en forma manual y dragado del río Grande de Morelia y sus afluentes el Dren Itzicuaro, con una cuenca de 380 km ² aproximadamente; el río Chiquito con una superficie aproximada de 90 km ² ; además de los Drenes Barajas, Arroyo de Tierras, Mora Tovar, Carlos Salazar, Quinceo, La Soledad, Eréndira y Erandeni, los cuales se encuentran invadidos por la presencia de vegetación y de árboles, tanto en los taludes como en los lechos.	6'337,500

Obra	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Descripción	Monto \$	Descripción	Monto \$

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia

<p>Conexión del Colector Pluvial de Ave. Poliducto al Dren Carlos Salazar</p>	<p>Tuberías de concreto reforzado de 45 cm. (18") y 76 cm. (30)" de diámetro, respectivamente y una longitud de 384 y 266 m. respectivamente</p>	<p>1,000,000</p>	<p>Sección rectangular de concreto con losa armada de 0.70m.de ancho y 0.65m. de altura con un espesor de 0.20m. armada,la losa servirá como superficie de rodamiento, incluyendo cajas de captación (bocas de tormenta) en cada desnivel pronunciado del pavimento para evitar encharcamientos en la vialidad..</p>	<p>2,000,000</p>
<p>Construcción del Bordo Izquierdo del Río Grande tramo Madero Poniente-Morelos Norte</p>	<p>Consiste en ampliar el área hidráulica sobreelevando el bordo de la margen izquierda mediante la construcción de un muro de concreto a todo lo largo del río en el tramo de interés, para incrementar el área hidráulica hasta en un 90%, en los puntos más bajos de la margen izquierda del río, con esta sobreelevación, se tendrá un área hidráulica que aceptará gastos de 115 m³/s antes de la confluencia con el río Chiquito y del orden de 180 m³/s aguas debajo de dicha confluencia.</p>	<p>9,170,000</p>	<p>Construcción de muro de concreto armado de 1.80 m. de altura y 0.60 m. de espesor armado con doble parrilla y cimentado a 1.50 m. de profundidad con perforaciones controladas por compuertas para el acceso de los escurrimientos de la vialidad una vez que baje el nivel del río.</p>	<p>16'200,000</p>

Obra	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Descripción	Monto \$	Descripción	Monto \$

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia

<p>Hincado de tubería bajo Vía de Tren en Arroyo de Tierras</p>	<p>El cruce esta formado por la vía férrea Morelia - Pátzcuaro, en el km. N – 374 + 610, y la línea de desvío (o canal de llamada) del Canal Arroyo de Tierras.</p> <p>Consiste en colocar dos tubos de acero de 60" de diámetro y 3/4" de espesor; tubo 1 con longitud de 29.15 y tubo 2 con longitud de 34.94m, los cuales formaran el canal de llamadas, mismo que permitirá desviar los gastos máximos de agua; al cárcamo y canalizarlos al Río Grande de Morelia, durante la temporada de lluvia, permitiendo desalojar el agua rápidamente, evitando la inundación de la zona.</p> <p>Asimismo se colocará un 3er tubo de acero de 12" de diámetro y 5/8" de espesor; que servirá para proteger y conducir líneas eléctricas de alimentación a las bombas del Cárcamo de Rebombeo.</p>	<p>4,750,000</p>	<p>El cruce esta formado por la vía férrea Morelia - Pátzcuaro, en el km. N – 374 + 610, y la línea de desvío (o canal de llamada) del Canal Arroyo de Tierras.</p> <p>Sección rectangular de 1.30 m x 1.20 m, de concreto armado con plantilla de 0.20 m. de espesor, muros de 30 cm., y losa de concreto armado en toda la sección transversal del derecho de vía, reforzada con patines de acero para el paso del tren durante el proceso de construcción.</p>	<p>7'100,000</p>
---	---	------------------	---	------------------

Obras 2007

Obra	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Descripción	Monto \$	Descripción	Monto \$
Colector Pluvial Libramiento Oriente de la Salida a Charo al Río Grande	Tubería de concreto reforzado de 1.22 m de diámetro y una longitud de 3,796.00 m incluyendo pozos de visita	9,000,000	Sección rectangular de concreto armado con muros de 25 cm de espesor y losa de concreto armado como superficie de rodamiento de 25 cm de espesor y una longitud de 3,300 m.	13'500,000
Construcción de la Ampliación del Puente de Av. Camelinas en el cruce con el río Chiquito	La actual estructura es una alcantarilla de tubo galvanizado, será demolida y se construirá un puente de 20 m de claro, con un ancho de 40 m, de 8 carriles, contemplando el cuerpo central, las vialidades laterales así como los camellones, permitiendo cuadruplicar el área hidráulica de la estructura, el diseño del puente se realiza con el tránsito de vehículos modernos, compactos capaces de transportar cargas considerables, el vehículo de diseño elegido fue el TR3-S3. de 47.25 ton., para la cimentación se realizaron estudios de mecánica de suelos, para proponer el tipo de cimentación más adecuado, en este caso a base de pilas de concreto.	9,250,000	Hincado de dos tuberías paralelas de acero de 1.83 metros de diámetro con obra de llegada a cada una a base de canal de concreto armado de 0.30 metros de espesor.	13'875,000

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia

Obra	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Descripción	Monto \$	descripción	Monto \$
Reconstrucción del Puente de Av. Periodismo sobre Arroyo de Tierras	La actual estructura que consiste en una alcantarilla rectangular de mampostería de concreto, será se demolida y en su lugar se construirá un puente de 12 m de claro con un ancho de 30 m, alojando 4 carriles, contemplando el cuerpo central y los camellones, lo que duplicará el área hidráulica de la estructura; el diseño del puente se realizará con el tránsito de vehículos modernos, compactos capaces de transportar cargas considerables, el vehiculo de diseño elegido fue el TR3-S3 de 47.25 ton., para la cimentación se realizaron estudios de mecánica de suelos, para proponer el tipo de cimentación más adecuado, en este caso a base de pilas de concreto. A fin de lograr incrementar el área hidráulica, la rasante de la vialidad de la avenida Periodismo se eleva en 80 centímetros.	4,000,000	Hincado de una tubería de acero de 1.52 metros de diámetro paralela a la sección existente con obra de llegada a base de canal de concreto armado de 0.30 metros de espesor.	5'000,000

Obra	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Descripción	Monto \$	Descripción	Monto \$

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia

<p>Laguna de regulación del dren los Itzicuaros</p>	<p>Superficie de 135,000 m², para un volumen de regulación de 200,000 m³ para la cuenca propia que drena 276 km² con un gasto máximo de 26 m³/seg. en un periodo de retorno de 5 años. Mediante un lago de retención, con vertedor lateral, alcantarillas laterales con compuertas antiretorno, cárcamo de bombeo, lo que traería como ventaja el tener un volumen de regulación considerable.</p>	<p>6'113,937</p>	<p>La superficie de 135,000 m², para un volumen de regulación de 200,000 m³ para la cuenca propia que drena 276 km² con un gasto máximo de 26 m³/seg. en un periodo de retorno de 5 años. Mediante <i>Parque con un estanque (humedal)</i>, con vertedor lateral, alcantarillas laterales con o sin compuertas antiretorno, bifurcación, con el inconveniente de que puede provocar más contaminación probable del suelo y de los mantos freáticos, riesgo de accidentes (ahogamientos).</p>	<p>7'642,421.3</p>
<p>Laguna de regulación Bodega Aurrerá</p>	<p>La superficie es de 80,000 m² para regular un volumen de 120,000 m³ de la cuenca drenada que es de 390 km², con una superficie urbanizada de 36 km² y un gasto máximo para un periodo de retorno de 5 años, de 55 m³/seg. Mediante un lago de retención con vertedor lateral, alcantarillas laterales con compuertas anti-retorno, cárcamo de bombeo</p>	<p>20,100,000</p>	<p>La superficie es de 80,000 m² para regular un volumen de 120,000 m³ de la cuenca drenada que es de 390 km², con una superficie urbanizada de 36 km² y un gasto máximo para un periodo de retorno de 5 años, de 55 m³/seg. Mediante dos estanques con vertedor lateral, alcantarillas laterales con compuertas anti-retorno, cárcamo de bombeo, contaminación probable de los mantos freáticos, riesgo por accidentes (ahogamientos).</p>	<p>23'718,000</p>

Obra	Alternativa 1	Alternativa 2
------	---------------	---------------

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia

	Descripción	Monto \$	Descripción	Monto \$
Colector Pluvial Ocampo	Se pretende diseñar una red pluvial que cumpla con determinadas condiciones de operación; entre las cuales destaca, la de tener el colchón mínimo de 30 centímetros sobre lomo de tubo como mínimo para diámetro de tubería de 61 cm, Corrugada de Polietileno de Alta Densidad, con objeto de poder soportar las cargas vivas que se presenten.	9,000,000	Se construirá en sección rectangular de 1.60 m. x 1.10 m. de concreto armado con muros de 30 cm. de espesor y losa de concreto armado como superficie de rodamiento de 25 cm. de espesor incluyendo bocas de tormenta en desniveles pronunciados del pavimento para evitar encharcamientos.	12,500,000
Colector Pluvial Camelinas – Ventura Puente	Construcción de un colector pluvial con una longitud de 1,400 m y un diámetro de 91 cm., con tubería de asbesto – cemento.	7,000,000	Construcción de un colector pluvial con una longitud de 1,400 m y un diámetro de 91 cm., con tubería de fibrocemento.	8,750,000

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia

Obra	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Descripción	Monto \$	Descripción	Monto \$
<p>OBRAS ADICIONALES:</p> <p>Reestructuración del paso FFCC sobre el Río Chiquito,</p>	<p><u>Reestructuración del Paso de la Vía del Ferrocarril sobre el Río Chiquito.</u></p> <p>Ampliar la alcantarilla existente sobre el río Chiquito en un área hidráulica equivalente a la del río Chiquito con el objeto de evitar el remanso que ocasiona el incremento del tirante y por consiguiente su desbordamiento aguas arriba.</p> <p>El área de la cuenca drenada es de 84 km² y una superficie urbanizada de dicha cuenca de 18 km², con un gasto máximo, para un periodo de retorno de 5 años de 44 m³/seg.</p>	5,500,000	<p><u>Reestructuración del Paso de la Vía del Ferrocarril sobre el Río Chiquito.</u></p> <p>Sobreelevación del puente y desplazamiento (construcción) de pilas de apoyo sobre el río Chiquito en un área hidráulica equivalente a la del río Chiquito.</p> <p>El área de la cuenca drenada es de 84 km² y una superficie urbanizada de dicha cuenca de 18 km², con un gasto máximo, para un periodo de retorno de 5 años de 44 m³/seg.</p>	6'875,000

Obra	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Descripción	Monto \$	Descripción	Monto \$
OBRAS ADICIONALES: Rectificación del Río Chiquito confluencia con el río Grande.	<u>Rectificación de la Confluencia con el Río Grande.</u> Se le dará un ángulo de inclinación mayor a la descarga del río Chiquito en el río Grande, con el objeto de evitar “el choque” de aguas que por tener una velocidad mayor en el río Chiquito ocasiona un remanso hacia el río Grande. El área de la cuenca drenada es de 84 km ² , una superficie urbanizada de 18 km ² y un gasto máximo de 44 m ³ /seg. para un periodo de retorno de 5 años.		<u>Rectificación de la Confluencia con el Río Grande.</u> Expansión gradual con sección compuesta, con revestimiento de concreto, lo que ocasiona velocidades relativamente bajas en la descarga del río Chiquito con el río Grande, El área de la cuenca drenada es de 84 km ² , una superficie urbanizada de 18 km ² y un gasto máximo de 44 m ³ /seg. para un periodo de retorno de 5 años.	

Obras 2008

Obra	Alternativa 1		Alternativa 2	
	Descripción	Monto \$	Descripción	Monto \$
Laguna de regulación Alfalfar	Se construirá en una superficie de 38,900 m ² para regular un volumen de 46,680 m ³ , drenando una cuenca de 45 km ² , el gasto máximo para el periodo de retorno (5 años) es de 17.5 m ³ /seg.	8,800,000	La superficie del predio es de 42,300 m ² para regular un volumen de 46,680 m ³ , drenando una cuenca de 45 km ² , el gasto máximo para el periodo de retorno (5 años) es de 17.5 m ³ /seg.	10,500,000

4.3 ALTERNATIVA SELECCIONADA

Debido a las condiciones que prevalecen en la zona en estudio y los factores técnicos, sociales y económicos considerados, las obras que se desglosan a continuación son las más convenientes para llevarlas a cabo.

Año de Inversión 2006

Tipo de Obras			
No.	Resumen	Valor de las Obras	Costo Sin Iva
1	Construcción de obra de control en el Canal Mintzita a río Grande	1,000,000.00	869,565.22
2	Desazolve de ríos y drenes en la ciudad	5,070,000.00	4,408,695.65
3	Construcción de Presas para el control y regulación de avenidas sobre el río Chiquito en la ciudad de Morelia	12,000,000.00	10,434,782.61
4	Conexión del Colector Pluvial de Ave. Poliducto al dren Carlos Salazar	1,000,000.00	869,565.22
5	Construcción del bordo izquierdo del río Grande tramo Madero Poniente - Morelos Norte	9,170,000.00	7,973,913.04
6	Hincado de tubería bajo vía de tren en Arroyo de Tierras	4,750,000.00	4,130,434.78
6	Total	32,990,000.00	28,686,956.52

Cuadro 1. Obras del proyecto de control de avenidas, por nivel de importancia.
Elaboración propia

Año de Inversión 2007

Tipo de Obras			
No.	Resumen	Valor de las Obras	Costo Sin Iva

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia

1	Colector Pluvial Libramiento Oriente de la salida a Charo al río Grande	9,000,000.00	7,826,086.96
2	Construcción de la ampliación del puente de Av. Camelinas en el cruce con el río Chiquito	9,250,000.00	8,043,478.26
3	Reconstrucción del Puente de Av. Periodismo sobre Arroyo de Tierras	4,000,000.00	3,478,260.87
4	Laguna de regulación del dren Los Itzícuaros	6,113,937.00	5,316,466.95
5	Laguna de regulación Bodega Aurrerá	20,100,000.00	17,478,260.87
6	Colector Pluvial Ocampo	9,000,000.00	7,826,086.96
7	Colector Pluvial Camelinas – Ventura Puente (La Paloma)	7,000,000.00	6,086,956.52
8	OBRAS ADICIONALES: Reestructuración del paso FFCC sobre el Río Chiquito, Rectificación del Río Chiquito confluencia con el río Grande.	5,500,000.00	4,782,608.70
8	Total	69,963,937.00	60,838,206.69

Cuadro 2. Obras del proyecto de control de avenidas, por nivel de importancia.
Elaboración propia

Año de Inversión 2008

	Tipo de Obras		
No.	Resumen	Valor de las Obras	Costo Sin Iva
1	Laguna de regulación Alfalfar	8,800,000.00	7,652,173.91

1	Total	8,800,000.00	7,652,173.91
---	--------------	---------------------	---------------------

Cuadro 3. Obras del proyecto de control de avenidas, por nivel de importancia.
Elaboración propia

4.3.1.- Descripción del proyecto

El proyecto ha ejecutarse , consiste en la construcción de la obra de control en el canal Mintzita al Río Grande, así como la construcción de 4 Colectores pluviales sobre el Río Grande de Morelia; cuyo objeto es impedir las inundaciones durante las épocas de lluvias (cuadro No. 1).

1. Construcción de Obra de Control en el Canal Mintzita a Río Grande

El manantial de la Mintzita es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Morelia. Este manantial consta de varios afloramientos que se presentan en las inmediaciones de la población de igual nombre al suroeste de la capital del estado de Michoacán, encauzándose sus efluentes excedentes por medio de un canal que las conduce hasta el río Grande de Morelia.

El aprovechamiento de esta fuente se hace derivando directamente el agua del canal por medio de una tubería de concreto presforzado de 1.52 m (60") de diámetro, teniéndose una represa en este mismo sitio que garantiza el funcionamiento a tubo lleno de la línea de conducción. Esta derivación se hace a una distancia aproximada de 1 km aguas arriba de la descarga de este canal en un dren mediante el cual se conduce el agua excedente al río Grande de Morelia.

En el entorno de la problemática de la operación de esta obra de aprovechamiento se tiene que durante las temporadas de avenidas, año con año, los niveles en el río grande suben notablemente por arriba de los niveles que normalmente se presentan en el canal de la Mintzita y el dren en el que éste descarga y que desemboca en el río Grande, lo que genera un flujo en sentido contrario al habitual, de modo que la calidad del agua que se aprovecha para el suministro de la ciudad de Morelia se vea afectada por este comportamiento.

Basados en la problemática anteriormente descrita, se plantea la construcción de una obra de control que permita operar la obra de toma para el suministro de agua potable a la ciudad de Morelia en condiciones óptimas y libre de toda posible influencia de las variaciones en el río Grande.

2. Desazolve de Ríos y Drenes en la Ciudad.

Los fenómenos hidrometeorológicos que se presentaron en los últimos años, provocaron precipitaciones de tal magnitud que dieron origen a los escurrimientos extraordinarios hacia la Presa de Cointzio, en la cual se presentaron niveles de almacenamiento que no se habían presentado en los últimos 25 años, obligando con ello a que la Comisión Nacional del Agua iniciara la descarga de dichas aguas hacia el río Grande de Morelia, esto como medida de seguridad para la mencionada estructura y evitar un peligro mayor a la ciudad que representa la ruptura de la cortina.

El cauce del río Grande de Morelia casi en la totalidad de su trayectoria presenta una variación importante en su sección hidráulica, debido a que en los últimos años no se han realizado trabajos de dragado, limpieza y desazolve, lo cual ha originado una importante disminución de la capacidad de conducción de las aguas, tanto por el azolvamiento, como por la cantidad exagerada de maleza, matorrales y basura que se encuentran en su interior, esto debido a que no se habían presentado este tipo de eventos que provocaran problemas de funcionamiento hidráulico.

Con la finalidad de poder dar respuesta a la problemática, se definió la necesidad de desazolvar, rectificar y limpiar el río Grande de Morelia.

Al río Grande de Morelia confluyen dos cauces principales; el primero es el Dren Itzicuaro, que drena una cuenca de 380 km² aproximadamente; el segundo es el río Chiquito cuyos aportes escurren en una superficie aproximada de 90 km²; además de poseer de varios afluentes que confluyen en la zona peri urbana y urbana, los cuales son: Dren Barajas, Dren Arroyo de Tierras, Dren Mora Tovar, Dren Carlos Salazar, Dren Quinceo, Dren La Soledad, Dren Eréndira y Dren Erandeni, los cuales se encuentran invadidos por la presencia de vegetación y de árboles, tanto en los taludes como en las lechos.

Por tal razón para mitigar la problemática de inundaciones, se limpiarán y dragarán también dichos drenes así como el río Chiquito y río grande disminuyendo coeficiente de fricción y aumentando su velocidad ocasionando que de esta manera se recupere e incremente la capacidad del río Grande de Morelia y así dar solución integral a los escurrimientos del agua pluvial.

3. Presas de Regulación sobre el Río Chiquito.

Con la construcción de las presas rompepicos sobre el cauce del río Chiquito se pretende controlar el gasto y la velocidad en el mismo, con el objeto de que al entrar a la zona urbana llegue regulado y con los tirantes máximos determinados para evitar su desbordamiento hacia las colonias habitadas aledañas como son ,Prados del Campestre ,INFONAVIT Camelinas, Nueva Chapultepec, Del Empleado ,etc.

Se pretende construir las presas para regular un volumen de 80,000 m³ para un área drenada de la cuenca de 59.5 km² y un gasto máximo para un periodo de retorno de 5 años, de 23 m³/seg. contar con orificio de fondo para evitar la acumulación de azolve para arrastre de materiales, así como con pozos de absorción para tener la opción de recarga de los acuíferos de la zona, ya que esta cuenca es una de las recargas principales del acuífero del valle de Morelia.

4. Conexión del Colector Pluvial de Ave. Poliducto al Dren Carlos Salazar.

Actualmente existen una serie de inundaciones que año con año perjudican a la población que se encuentra en la zona baja en la parte que componen las colonias Carlos Salazar, Primo Tapia Poniente, Ampliación Carlos Salazar, principalmente.

El presente proyecto tiene como finalidad la eliminación de las aguas pluviales y su eliminación será tanto por gravedad como por bombeo y con vertido final al río Grande de Morelia, que pasa al lado oriente de la col. Carlos Salazar en el cruce de las calles Combate del Nuzco esq. Con av. Río Grande.

Debido a las características topográficas del terreno natural, la zona de las colonias mencionadas presenta un nivel de terreno muy bajo, ocasionando que en tiempos de lluvias cuando los niveles del río se elevan, entonces las aguas pluviales de esta zona no pueden verterse al río Grande de Morelia.

Para solucionar la problemática de las inundaciones se proponen realizar la construcción de un interceptor que permita captar las aguas de lluvia de las colonias localizadas aguas arriba de la avenida pedregal, tomando como punto crítico la av. Poliducto de la col. Primo Tapia Poniente, en este punto realizar una estructura de captación por medio de rejillas y desarenadores y conducir las utilizando tubería de concreto reforzado de 1.2 m de diámetro e instalándola por el cauce natural y continuar por la calle Tepozán hasta descargar al canal abierto denominado Dren Salazar, que va al cárcamo de bombeo ubicado en el bordo del río Grande.

5. Construcción del Bordo Izquierdo del Río Grande tramo Madero Poniente-Morelos Norte

El río Grande de Morelia, después de la presa Cointzio toma una dirección hacia la Ciudad de Morelia y cruza por la zona Poniente, Norponiente, Norte y sale de la Ciudad por la zona Noreste. En el desarrollo del recorrido del río al pasar por la Ciudad, recibe varias aportaciones que entre las más importantes están la del Dren Itzicuaró, dren Barajas, Arroyo de tierras y la del río Chiquito, localizados al Poniente de la Ciudad respectivamente.

Continuamente y debido a las altas precipitaciones que han ocurrido en la zona urbana y aledaña de la Ciudad de Morelia y en la cuenca del río Chiquito, se han generado escurrimientos en el río Grande al cruzar la Ciudad, en los últimos años, además se han

tenido descargas por la obra de toma y por el vertedor de excedencias de la presa Cointzio, que han incrementado los gastos de escurrimiento en el río Grande, provocando inundaciones en las zonas bajas de la Ciudad, principalmente hacia el Noroeste de la zona urbana que es donde confluyen los ríos Grande y Chiquito, específicamente, en los últimos seis años se han tenido desbordamientos del río Grande sobre la margen izquierda, en los tramos del río localizados en los cruces de la Av. Madero Poniente, Av. Michoacán (col. Tres Puentes principalmente) y calle Paseo de la Galeanas de la Col. Prados Verdes; de este último cruce y hasta el cruce con la Av. Morelos Norte, el nivel del agua a llegado hasta el hombro izquierdo del río. Estos desbordamientos del agua en el río se deben a que la sección del río Grande no tiene el área hidráulica suficiente para que pasen los gastos máximos sin provocar inundaciones.

Con el objeto de que en un futuro no sigan ocurriendo inundaciones provocadas por el desbordamiento del río Grande en los tramos de río y colonias mencionados, se propone ampliar el área hidráulica sobre elevando el bordo de la margen izquierda mediante la construcción de un muro de concreto a todo lo largo del río en el tramo de interés, que permitirá incrementar el área hidráulica hasta en un noventa por ciento, en los puntos más bajos de la margen izquierda del río, donde ocurrieron desbordamientos, provocando inundaciones de hasta un metro de altura en las calles aledañas al río grande, con esta sobre elevación de la margen izquierda, se tendrá un área hidráulica que aceptará gastos de hasta 115 m³/s antes de la confluencia con el río Chiquito y del orden de 180 m³/s aguas abajo de dicha confluencia.

6. Hincado de Tubería bajo vía de tren en Arroyo de Tierras

El cruce esta formado por la vía férrea Morelia - Pátzcuaro, en el km. N – 374 + 610, y la línea de desvío (o canal de llamada) del Canal Arroyo de Tierras. Asimismo en la zona converge el Río Grande de Morelia.

Línea de desvío (o canal de llamadas):

Los trabajos consisten en colocar dos tubos de acero de 60" de diámetro y 3/4" de espesor; tubo 1 con longitud de 29.15 y tubo 2 con longitud de 34.94 m, los cuales formaran el canal de llamadas, mismo que permitirá desviar los gastos máximos de agua; al cárcamo de bombeo y canalizarlos al Río Grande de Morelia, durante la temporada de lluvia, permitiendo desalojar el agua rápidamente, evitando la inundación de la zona.

Asimismo se colocara un 3^{er}. tubo de acero de 12" de diámetro y 5/8" de espesor; que servirá para proteger y conducir líneas eléctricas de alimentación a las bombas del cárcamo de rebombeo.

Los trabajos del cruzamiento se realizaran por medio del procedimiento de hincado, de la siguiente manera:

- a).- Corte y trazo para la excavación.- Ubicando bancos de nivel y se realizar el trazo de acuerdo a proyecto autorizado por FFCC.
- b).- Excavación de la zanja de lanzamiento (canal de llamada) excavando 6" más del nivel deseado.- Se realiza por medios mecánicos, llevando una constante verificación de los niveles por medios topográficos.
- c).- Nivelación de la base.- Al concluir con la nivelación de la subrasante se construye un firme de concreto con el cual se da el Angulo y nivel deseado.
- d).- Colocación de riel de alineación.- Se colocan las vigas de acero uniéndose con soldadura dándoles la dirección del Angulo deseado
- e).- Maniobra y colocación de tubo sobre riel de alineación.- Se baja el tubo por medio de la grúa, alineando y colocándolo sobre el riel verificando constantemente los niveles.
- f).- Colocación de anillo de refuerzo en el tubo de inicio para evitar deflexiones.- Con el anillo de refuerzo se evita cualquier desviación por la intelección de materiales duros.
- g).- Colocación del cono de empuje y adaptador.- Se baja el cono y adaptador por medio de la grúa.
- h).- Colocación de la plataforma de nivelación del equipo.- Se baja la plataforma por medio de la grúa.
- i).- Colocación y nivelación del ariete neumático.- Se baja el ariete neumático por medio de la grúa, colocando todos los tensores necesarios para sujetarlos al cono adaptador y a la plataforma de nivelación con la base niveladora en el ariete neumático se tendrá la fuerza de impacto de 1,500 ton; la cual será longitudinal al eje deseado evitando desviaciones por este.
- j).- Proceso de hincado.- Se realizará el proceso de hincado mediante el ariete neumático alimentado con compresor de 1200 pcm. para lograr el empuje deseado teniendo un empuje de 1 ml por cada 1.3 hrs. en condiciones normales (no teniendo en consideración encontrar bancos de piedra).
- k).- Retiro del equipo.- Se retira todo el equipo (cono adaptador, plataforma de nivelación y ariete neumático) por medio de grúa.
- l).- Limpieza y extracción de tierra del interior del tubo.- Se retira el material de interior del tubo por medio manual para evitar el sobre peso del mismo que provocaría una desviación a la pendiente de proyecto.
- m).- Maniobra y colocación de tubo sobre riel de alineación.- Se baja el tubo subsecuente por medio de la grúa, alineando y colocándolo sobre el riel verificando constantemente los niveles.

n).- Unión de tramo a tramo y alineación.- La unión se deberá realizar por medio de soldadura teniendo en cuenta que se tiene que realizar los cordones continuos (unión, relleno y fondeo) para soportar el empuje del equipo, verificando la alineación de los tubos.

o).- Repetición de proceso de hincado.- La repetición del proceso será a partir del punto N° 7 al N°14 (indicados en el proyecto ejecutivo) consecutivamente dependiendo del numero de tramos que el proyecto requiera.

p).- Refuerzo en uniones.- Debido a que la tubería se utilizará como conductor de aguas pluviales, se deberá realizar un refuerzo de soldadura en las uniones interiores del tubo debido a que el empuje del procedimiento de hincado puede provocar fracturas en las uniones de los tubos.

El total del importe de la construcción de las obras en el año 2006 es de **\$32'990,000.00** (*Treinta y dos millones novecientos noventa mil pesos 00/100 M.N.*)

Para el ejercicio 2007 se consideró lo siguiente:

7. Colector Pluvial Libramiento Oriente de la Salida a Charo al Río Grande.

Actualmente las aguas que escurren de la zona oriente ubicadas en las faldas del cerro del Punhuato traen como resultado inundaciones a lo largo de una gran cantidad de colonias que se encuentran aguas abajo del libramiento oriente para finalmente verter sus aguas al río Grande de Morelia como son: Erendira, Vasco de Quiroga 5 de Mayo, Independencia y Plan de los Olivos.

El presente proyecto tiene como finalidad la desviación de las aguas pluviales de las colonias arriba mencionadas con una conducción más directa al Río Grande y su eliminación será a gravedad siguiendo el trazo del libramiento oriente y con vertido final al río Grande Morelia.

8. Reconstrucción del Puente de Av. Periodismo sobre Arroyo de Tierras

Para ello se realizaron los estudios topográficos de la zona en cuestión, así como los del cauce del Arroyo de Tierras, a fin de proyectar un puente que permita el paso libre del agua sin obstaculizar la avenida máxima de diseño. La avenida máxima se determinó con las características físicas de la cuenca, estimándose un gasto de 26.6 m³/seg, para una avenida de retorno de 50 años.

La actual estructura que consiste en una alcantarilla rectangular de mampostería de concreto, deberá ser demolida y en su lugar se construirá un puente de 12 m de claro con un ancho de 15 m, alojando 4 carriles, contemplando el cuerpo central y los camellones, lo que permite duplicar el área hidráulica actual de la estructura. El diseño del puente, se realizará con el tránsito de vehículos modernos, vehículos compactos capaces de transportar cargas considerables, el vehículo de diseño elegido fue el TR3-S3 de 47.25 toneladas, mientras que para la cimentación se realizaron estudios de mecánica de suelos, con el propósito de proponer el tipo de cimentación más adecuado, en este caso a base de pilas de concreto.

A fin de lograr la igualdad del área hidráulica del arroyo, se incrementará la rasante de la vialidad de la avenida Periodismo sobreelevándola en 80 centímetros.

9. Construcción de la Ampliación del Puente de la Avenida Camelinas en el Cruce con el Río Chiquito.

La sección transversal del Río Chiquito, de la ciudad de Morelia en su cruce por la Avenida Camelinas, sufre una reducción de bastante consideración, dicha reducción es equivalente a casi una cuarta parte del área de la sección transversal, aguas arriba y aguas abajo del sitio. Por lo que en épocas de lluvias regularmente el agua rebasa los niveles del pavimento, debido a la contracción del cauce en esa zona.

Los desbordamientos se presentan por lo regular año tras año, y debido a que el crecimiento de la población originó que la mancha urbana invadiera la zona, así como el incremento vehicular que en los últimos años ha tenido la Avenida Camelinas, los desbordamientos del río, originan un sin número de daños y molestias a las personas que por motivos particulares o de trabajo, acuden a esa zona. Convirtiéndose actualmente ese problema en un problema social, mismo que la ciudadanía desde hace años reclama una solución.

Para ello se realizaron los estudios topográficos de la zona en cuestión, así como los del cauce del río, a fin de proyectar un puente que permita el paso libre del agua sin obstaculizar la avenida máxima de diseño. La avenida máxima se determinó con las características físicas de la cuenca, estimándose un gasto de 130.7 m³/seg, para una avenida de retorno de 50 años.

La actual estructura que consiste en una alcantarilla de tubo galvanizado, deberá ser demolida y en su lugar se construirá un puente de 20 m de claro, con un ancho de 40 m, alojando 8 carriles, contemplando el cuerpo central, las vialidades laterales así como los camellones, lo que permite cuadruplicar el área hidráulica actual de la estructura, el

diseño del puente se realiza con el tránsito de vehículos modernos, vehículos compactos capaces de transportar cargas considerables, el vehículo de diseño elegido fue el TR3-S3, de 47.25 toneladas, mientras que para la cimentación se realizaron estudios de mecánica de suelos, con el propósito de proponer el tipo de cimentación más adecuado, en este caso a base de pilas de concreto. La avenida Camelinas actualmente tiene un flujo vehicular de más de 25,000 vehículos diarios

A fin de lograr incrementar el área hidráulica, la rasante de la vialidad de la Avenida Camelinas se eleva en 50 centímetros.

Para dar solución al problema por las inundaciones se propone realizar la construcción de un interceptor, el cual se pretende instalarlo por la vialidad del libramiento oriente, con la finalidad de que no sea modificado su escurrimiento por alguna obra de remodelación del libramiento.

Por otro lado y de igual manera, en este año se consideró para el control y regulación de avenidas mediante lagunas, sobre el sistema de drenaje pluvial lo siguiente:

El proyecto consiste en la construcción de 3 lagunas artificiales de regulación delimitadas por un terraplén perimetral, cuyo objeto es impedir las inundaciones durante las épocas de lluvias. Se construirán en los predios conocidos como: el Alfalfar, los Itzícuaros, y Aurrerá. El embalse de cada laguna de regulación estará contenido por un terraplén que servirá como represa por períodos cortos, ya que operará exclusivamente en la época de lluvias, teniendo un tiempo de almacenamiento máximo de un día.

Laguna	Gasto Tr2.33 (m ³ /s)	Volumen de regulación (m ³)	Gasto máximo regulable (m ³ /s)
Alfalfar	5.13	1,894	4.66
Itzícuaros	22.69	29,056	4.18
Aurrerá	30.54	159,645	15.54

En estos tres sitios se tienen características similares en cuanto a su topografía y estratigrafía, destacando la presencia al nivel -1 m (aproximadamente) de un estrato compresible de turba de 1.50 m a 2.0 m de espesor. Se revisaron las construcciones cercanas a los sitios del proyecto. No se detectaron daños en ellas debidos a asentamientos totales o diferenciales, por la presencia de la turba. Se consideraron como premisas de diseño que los embalses estarán sometidos a llenado y vaciado rápido, que permanecerán llenos menos de 24 horas y que la altura promedio de los bordos sería de 2 m, por lo que se diseñaron con una altura máxima de 2.5 m y mínima de 1.5 m. Si los embalses se dejan durante tiempos prolongados se provocarían asentamientos excesivos en el terraplén del bordo. Las condiciones más críticas de diseño fueron las siguientes. Talud aguas abajo: laguna llena y sismo y también laguna

vacía y equipo de 45 ton transitando sobre la corona del bordo. Talud aguas arriba: vaciado rápido de la laguna.

10. Laguna de Regulación “Dren Los Itzícuaros”.

Tiene como objetivo regular el gasto de aportación tanto de la cuenca propia como evitar el desbordamiento del río Grande ocasionando un remanso hacia las partes bajas de la Ciénega de los Itzícuaros.

La superficie propuesta para su construcción es de 135,000 m², para un volumen de regulación de 200,000 m³ para la cuenca propia que drena 276 km² con un gasto máximo de 26 m³/seg. en un periodo de retorno de 5 años, así mismo podrá cumplir con el control de salida una vez que sean controlados los niveles del río Grande.

11. Laguna de Regulación “Bodega Aurrerá”.

De acuerdo al estudio integral también tiene como objetivo regular el gasto del río Grande en la zona de la margen izquierda del río Grande aguas arriba de la Av. Madero Poniente, evitando con esta el incremento del tirante del río aguas abajo.

La superficie considerada para este objetivo es de 80,000 m² para regular un volumen de 120,000 m³ de la cuenca drenada que es de 390 km², con una superficie urbanizada de 36 km² y un gasto máximo para un periodo de retorno de 5 años, de 55 m³/seg., así mismo el vaciado iniciara una vez que el río Grande tenga el tirante para permitir su descarga en condiciones normales de su operación.

12. Colector Pluvial Ocampo.

El colector se plantea en el trayecto de la Avenida Ocampo, calle Margarita Maza de Juárez, Avenida Universidad, cruce con Calzada Juárez y una derivación que la denominamos Norte y Sur por la Avenida Camelinas y se ubicarán en los carriles laterales, en el cambio de dirección con Margarita Maza de Juárez y Avenida Universidad se prolonga una parte más en Margarita Maza de Juárez hasta la calle Finlandia, el colector pluvial descarga por medio de estructura de vertido en niveles apropiados del Río Chiquito.

Los niveles de las calles, se proyectaron con la idea de manejar los escurrimientos pluviales de una forma superficial, para poderlas captar en un solo punto y así poder realizar su conducción fuera del área en estudio, y que es necesario desalojar por

medio de una conducción y captar las aportaciones de las bocas de tormenta y rejillas pluviales ubicadas en el desarrollo del colector.

El colector iniciará captado el gasto que escurre de las aportaciones de la Loma de Santa María llegando a través Av. Rey Tanganxuan y escurrimientos superficiales de la misma loma, llegando a la Lateral del Avenida Camelinas; estos gastos serán captados a través de rejillas pluviales ubicadas en las esquinas de las calles Tabachin, Bugambilia y Laurel, en estos tramos se utilizará tubería de polietileno corrugado de alta densidad de 15" (38 cm), la siguiente rejilla se ubica en el cruce de la calle Jacarandas y cambia a un diámetro de 18" (45 cm), con la misma clase de Tubería, se colocarán dos rejillas entre el cruce anterior y la avenida Rey Tanganxuan, con tubería de polietileno corrugado de alta densidad de 24" (61 cm) de diámetro, el primer tramo del colector concluye y conecta, en la lateral de Calzada Juárez, y será con tubería polietileno corrugado de alta densidad de 36" (91 cm), a este tramo de colector se le denomina "Camelinas Sur", el colector Norte inicia en cruce de Vicente Santa María y Lateral de Avenida Camelinas y captará escurrimientos de avenida central, y comienza con tubería polietileno corrugado de alta densidad de 15" (38 cm), y se desarrolla por los cruces de la calles Tecuen, Virrey de Mendoza, Avenida Morelos Norte para conectar con el colector "Camelinas Sur", el cruce con Calzada Juárez y entronque con Avenida Universidad y Margarita Maza de Juárez, con tubería de polietileno corrugado de alta Densidad de 48" (122 cm) de diámetro, en este punto existe una conexión de canal rectangular que viene desde la calle Finlandia, en el cual se realizará la rehabilitación del mismo, las aportaciones de esta zona serán a través de rejilla pluviales ubicadas en las calle Polonia y Margarita Maza de Juárez; la parte que más importante inicia en este último cruce y se construirá con tubería de polietileno corrugado de alta densidad de 48" (122 cm) de diámetro, continuará por la calle Margarita Maza de Juárez, con un cambio de dirección para tomar la calle Ocampo, recibiendo las aportaciones por medio de rejillas de piso y pluviales a través de las calles Cerrada de Margarita Maza de Juárez, Portugal, Francia y Tlalpujahuá, sitio donde se hará una conexión con el colector de la calle Ocampo (existente) y su vertido será en una estructura de mampostería sobre la margen izquierda del Río Chiquito.

Para el proyecto geométrico de la planeación del colector pluvial, se propusieron pendientes en los tramos, aproximadamente iguales a las pendientes del terreno, con el objeto de tener bajos montos en los movimientos de tierra al tener las profundidades de tuberías, mínimos; pero en algunos casos se trabajó en contra de la pendiente natural del terreno, proponiéndose para estos casos pendientes muy suaves, para evitar que la tubería se profundizara.

Se pretende diseñar una red pluvial que cumpla con determinadas condiciones de operación; entre las cuales destaca, la de tener el colchón mínimo de 30 centímetros sobre lomo de tubo como mínimo para diámetro de tubería de 61cm, Corrugada de Polietileno de Alta Densidad, con objeto de poder soportar las cargas vivas que se presenten.

13. Colector Pluvial Camelinas – Ventura Puente (La Paloma). (Obra contra encharcamiento de la Zona de La Paloma).

Se tiene como objetivo la construcción de un colector pluvial partiendo de Av. Camelinas y Rubén C. Navarro hasta su desembocadura al río Chiquito para su drenado a tiempo durante las precipitaciones en la temporada de lluvia, teniendo una longitud de 1,400 m y un diámetro de 91 cm.

14. Obras Adicionales.

Reestructuración del Paso de la Vía del Ferrocarril sobre el Río Chiquito.

Se propone ampliar la alcantarilla existente sobre el río Chiquito en un área hidráulica equivalente a la del río Chiquito con el objeto de evitar el remanso que se ocasiona por el incremento del tirante y por consiguiente su desbordamiento aguas arriba.

El área de la cuenca drenada es de 84 km² y una superficie urbanizada de dicha cuenca de 18 km², con un gasto máximo, para un periodo de retorno de 5 años de 44 m³/seg.

Rectificación de la Confluencia con el Río Grande.

Se le dará un ángulo de inclinación mayor a la descarga del río Chiquito en el río Grande, con el objeto de evitar “el choque” de aguas que por tener una velocidad mayor en el río Chiquito ocasiona un remanso hacia el río Grande, el cual se ve reflejado hasta el dren de los Itzicuaros.

El área de la cuenca drenada es de 84 km², una superficie urbanizada de 18 km² y un gasto máximo de 44 m³/seg. para un periodo de retorno de 5 años.

El total del importe de la construcción de las obras en el año 2007 es de **\$69'963,937.00 (Sesenta y nueve Millones novecientos sesenta y tres mil novecientos treinta y siete pesos 00/100 M.N.)**

Para el ejercicio 2008 se consideró lo siguiente:

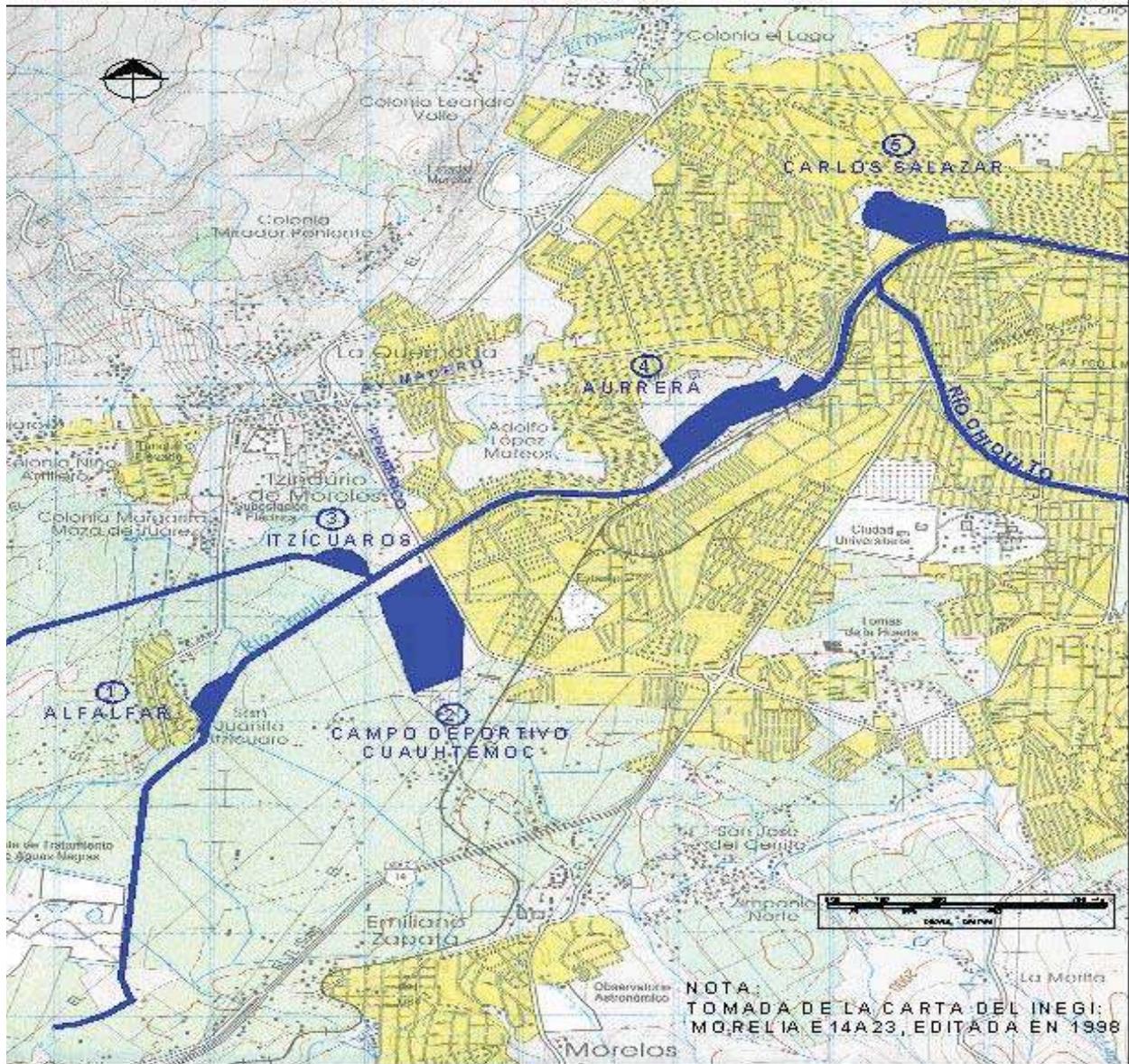
15. Laguna “Alfalfar”.

Consiste en la construcción de una laguna delimitada por un terraplén perimetral con el objeto de impedir (en lo más posible) inundaciones durante la temporada de lluvia, aguas abajo del río Grande.

Se construirá en una superficie de 38,900 m² para regular un volumen de 46,680 m³, drenando una cuenca de 45 km², el gasto máximo para el periodo de retorno (5 años) es de 17.5 m³/seg.

El total del importe de la construcción de las obras en el año 2008 es de **\$8'800,000.00** (*Ocho Millones ochocientos mil pesos 00/100 M.N.*)

LOCALIZACIÓN DE LAS 3 LAGUNAS DE REGULACIÓN EN LA CIUDAD DE MORELIA



4.4. CONCLUSIÓN DE LA VIDA DEL PROYECTO

Se considera que el proyecto tendrá una vida útil de 30 años. Al término de este plazo deberá hacerse un diagnóstico para revisar las condiciones del cauce y determinar las nuevas necesidades.

4.5. CALENDARIO DE INVERSIONES

El programa de trabajo contempla un periodo de 3 años para las obras, por lo que el calendario de inversiones se considera conveniente a tres ejercicios fiscales, con inicio de obras en el año 2006 y conclusión a finales del año 2008.

Tipo de Obras					
No.	Resumen	Costo Sin Iva	2006	2007	2008
1	Construcción de obra de control en el Canal Mintzita a río Grande	869,565.22	X		
2	Desazolve de ríos y drenes en la ciudad	4,408,695.65	X		
3	Construcción de Presas para el control y regulación de avenidas sobre el río Chiquito en la ciudad de Morelia	10,434,782.61	X		
4	Conexión del Colector Pluvial de Ave. Poliducto al dren Carlos Salazar	869,565.22	X		
5	Construcción del bordo izquierdo del río Grande tramo Madero Poniente - Morelos Norte	7,973,913.04	X		
6	Hincado de tubería bajo vía de tren en Arroyo de Tierras	4,130,434.78	X		
7	Colector Pluvial Libramiento Oriente de la salida a Charo al río Grande	7,826,086.96		X	
8	Construcción de la ampliación del puente de Av. Camelinas en el cruce con el río Chiquito	8,043,478.26		X	
9	Reconstrucción del Puente de Av. Periodismo sobre Arroyo de Tierras	3,478,260.87		X	
10	Laguna de regulación del Dren Los Itzícuaros	5,316,466.95		X	

Tipo de Obras					
No.	Resumen	Costo Sin Iva	2006	2007	2008

11	Laguna de regulación Bodega Aurrerá	17,478,260.87		X	
12	Colector Pluvial Ocampo	7,826,086.96		X	
13	Colector Pluvial Camelinas – Ventura Puente	6,086,956.52		X	
14	OBRAS ADICIONALES: Reestructuración del paso FFCC sobre el Río Chiquito, Rectificación del Río Chiquito confluencia con el río Grande.	4,782,608.70		X	
15	Laguna de regulación Alfalfar	7,652,173.91			X

Estructura Financiera:

Para la realización de las obras objeto de la presente evaluación se tiene prevista la siguiente estructura financiera.

	Inversión Privada			Inversión Social
	2006	2007	2008	
Federal	16'495,000	34'981,968.50	4'400,000.00	43,680,127.52
Estado	0	0	0	0
Municipio	16,495,000	34'981,968.50	4'400,000.00	43,680,127.52
Total	32'990,000	69'963,937.00	8'800,000.00	87,360,255

CALENDARIO DE EJECUCION.

Para la ejecución de las obras en el ejercicio 2006, se tiene contemplado un periodo de 120 días naturales para la realización de los trabajos, para tal fin se establece en cada obra los siguientes frentes de trabajo.

No.	Tipo de Obras	Costo (Sin Iva)	Frentes de Trabajo
1	Construcción de obra de control en el Canal Mintzita a río Grande	869,565.22	2
2	Desazolve de ríos y drenes en la ciudad	4,408,695.65	8
3	Construcción de Presas para el control y regulación de avenidas sobre el río Chiquito en la ciudad de Morelia	10,434,782.61	6
4	Conexión del Colector Pluvial de Ave. Poliducto al dren Carlos Salazar	869,565.22	3
5	Construcción del bordo izquierdo del río Grande tramo Madero Poniente - Morelos Norte	7,973,913.04	5
6	Hincado de tubería bajo vía de tren en Arroyo de Tierras	4,130,434.78	1

Para la ejecución de las obras en el ejercicio 2007, se tiene contemplado un periodo de 120 días naturales para la realización de los trabajos, para tal fin se establece en cada obra los siguientes frentes de trabajo.

No.	Tipo de Obras	Costo (Sin Iva)	Frentes de Trabajo
1	Colector Pluvial Libramiento Oriente de la salida a Charo al río Grande	7,826,086.96	4

2	Construcción de la ampliación del puente de Av. Camelinas en el cruce con el río Chiquito	8,043,478.26	2
3	Reconstrucción del Puente de Av. Periodismo sobre Arroyo de Tierras	3,478,260.87	2
4	Laguna de regulación del dren los Itzúcaros	5,316,466.95	3
5	Laguna de regulación Bodega Aurrerá	17,478,260.87	3
6	Colector Pluvial Ocampo	7,826,086.96	4
7	Colector Pluvial Camelinas – Ventura Puente	6,086,956.52	4
8	OBRAS ADICIONALES: Reestructuración del paso FFCC sobre el Río Chiquito, Rectificación del Río Chiquito confluencia con el río Grande.	4,782,608.70	4

Para la ejecución de las obras en el ejercicio 2008, se tiene contemplado un periodo de 120 días naturales para la realización de los trabajos, para tal fin se establece en cada obra los siguientes frentes de trabajo.

No.	Tipo de Obras	Costo (Sin Iva)	Frentes de Trabajo
1	Laguna de regulación Alfalfar	7,652,173.91	8

4.5. MANIFESTACION DEL EJECUTOR.

4.5.1 Aspectos Técnicos.

El área de estudio se ubica en la cuenca cerrada del Lago de Cuitzeo, la cual tiene una superficie de 4,000 km², y en esta se ubica el Lago de Cuitzeo, el cual capta los escurrimientos de la cuenca y tiene como principal aportador los caudales del Río Grande de Morelia; dentro de esta cuenca se localiza la “Cuenca de la ciudad de Morelia” (1,268.5 km²) localizada dentro de la Región Hidrológica No.12.

En la zona de menor elevación de la ciudad de Morelia, en época de lluvias de todos los años se presentan inundaciones de importancia, sobre todo hacia el suroeste del área

urbana, que es donde confluyen al Río Grande y dos de sus ramales principales, que son el Río Chiquito y los drenes Arroyo de Tierras, Ciénega grande o Barajas y los Itzícuaros.

Las cinco Lagunas de regulación están ubicadas al Poniente de la ciudad de las cuales cuatro están dentro de la ciudad y otra a dos kilómetros de distancia en el poblado de San Juanito Itzicuaros.

- 1) El Alfalfar: El predio es prácticamente plano y se encuentra delimitado por el Río Grande y un canal de riego.
- 2) Los Itzícuaros: El sitio se encuentra delimitado hacia el suroeste por el canal Los Itzícuaros, al sureste por el Río Grande y por un área invadida por casas, mientras que al noroeste y noreste se localiza un afloramiento de rocas y un área invadida por casas con sus delimitaciones correspondientes.
- 3) Aurrerá: El predio es plano y se encuentra delimitado por el Río Grande al este y sur, al norte colinda con la colonia Unión Popular Solidaria con un desnivel considerable, evitándose cualquier riesgo hacia la ciudadanía.

El concepto “control de inundaciones”, puede definirse como las acciones emprendidas para dominar los eventos pluviales extraordinarios que desbordan o derraman los drenes naturales por los que transitan los ríos. Con estas acciones se pretende incrementar el límite o mejorar la capacidad natural del río para transportar sus corrientes con la finalidad de impedir o mitigar sus desbordamientos.

El límite dentro del cual las obras de infraestructura ayudan a los drenes naturales existentes, a desalojar volúmenes de agua (previamente determinados) a través de los ríos, se establece en función de la “avenida de diseño”, cuya magnitud de control está sujeta a las decisiones de las autoridades competentes y a la disponibilidad de fondos públicos para la construcción de las obras seleccionadas, lo cual se traduce en un “control mínimo” estimado por los expertos en hidrología y acordado por las autoridades.

En consecuencia, siempre habrá algún evento pluvial que aporte tal volumen de agua al cauce de los ríos que pueda rebasar su capacidad natural y la de sus instalaciones u obras hidráulicas de control, por lo que queda latente la posibilidad de que ocurra un evento extraordinario que produciría derrames o desbordamientos, eliminando parcial o totalmente los beneficios de las acciones implantadas para el control de las inundaciones.

La permanente probabilidad de que ocurra un evento capaz de rebasar las obras construidas para controlar las inundaciones, sugiere mantener la alerta tanto de las autoridades competentes, como de la población que se encuentra en sitios vulnerables

a inundaciones, para responder rápidamente a las contingencias y asegurar el menor daño posible tanto a las vidas de las personas, como a su salud y a sus bienes.

La red de drenaje pluvial de la ciudad de Morelia está constituida por la red hidrográfica “natural” de los ríos que la cruzan. El cauce principal del río Grande drena aproximadamente una cuenca de 1,270 km². cuya longitud en el tramo urbano es de 12 km, en el que confluyen dos cauces principales. El primero, es el dren Itzícuaru que drena una cuenca de 275 km² aproximadamente; el segundo el denominado río Chiquito cuyos aportes escurren en una superficie aproximada de 88 km². El río Grande posee además varios afluentes que confluyen en la zona peri urbana y urbana, drenando 240 km² aproximadamente, entre los cuales se distinguen: los drenes “El Calabozo”, “ La Alberca”, La Ciénega Grande”, “Mora Tovar”, “Carlos Salazar”, “Los Olivos” y el arroyo de Tierras”.

Doce obras especiales principales permiten controlar los escurrimientos del sistema. La obra más importante es la presa Coíntzio; ésta se localiza sobre el río Grande a aproximadamente 12 km aguas arriba de la confluencia con el río Chiquito (centro de, Morelia) regulando los escurrimientos drenados en aproximadamente 665 km². A lo largo del río Grande existen también, 8 cárcamos de bombeo, dos sistemas de regulación por compuertas. Concerniente al río chiquito existen solamente dos presas rompe picos. Finalmente, la red urbana de cauces, es atravesada por cerca de 37 pasos vehiculares. La diversidad de estas subcuencas induce un funcionamiento hidráulico particularmente complejo, implicando tiempos de concentración diferentes, por lo tanto, para una lluvia, el río Chiquito descarga sus escurrimientos al río Grande más rápido que los escurrimientos provenientes del dren Itzícuaru, por ejemplo: tomando en cuenta que la confluencia del río Chiquito está situada aguas debajo de la del dren Itzícuaru, en ese punto se genera un “tapón” hidráulico, provocando remansos en los tres cauces. Así, en el instante en que los escurrimientos del dren Itzícuaru se vierten al río Grande el sistema esta ya saturado. Aunado a eso, el funcionamiento del sistema se ve afectado, entre otros, por la política de operación de las obras especiales, por las características morfológicas de los cauces, por la presencia de vegetación y de árboles (tanto en los taludes como en los lechos) y sobre todo, por el estrangulamiento de las secciones en donde existen pasos vehiculares y ferroviarios.

Las obras propuestas desde el punto de vista técnico son factibles. Se han realizado bajo lineamientos y normatividad vigente, además de que las obras propuestas están en base a estudios realizados ex profeso para su construcción. Al ubicarse el proyecto dentro de la mancha urbana, no existe problemática detectada en cuanto a abastecimiento de insumos, mano de obra o equipo y maquinaria de construcción, que pudiera incrementar el costo de los trabajos pretendidos.

Con el fin de establecer un programa de diseño y ejecución de obras, se definieron tres niveles de prioridad. Nivel I o nivel de urgencia; Nivel II o nivel de reestructuración. Nivel III o nivel de autonomía. Es importante recalcar que tales niveles, no toman en cuenta el crecimiento de la mancha urbana, por lo que las soluciones propuestas resuelven el problema actual, proyectando una cierta capacidad de regulación del sistema para absorber los efectos de una parte del dinamismo urbano creciente durante un lapso de tiempo relativamente corto.

Los proyectos para control de inundaciones, tienen objetivos especiales dentro de un rango de probabilidad de ocurrencia de lluvias, como la protección de las vidas y la salud de los habitantes situados en zonas vulnerables a las inundaciones, así como proteger sus medios de producción existentes y sus bienes (muebles, casas habitación, comercios, fábricas, servicios municipales y servicios privados).

Se cuenta con un conjunto de soluciones estructurales que permitirán rehabilitar el sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Morelia. Tales soluciones, permitirán primeramente generar las reservas de regulación hidráulica necesarias para disminuir los problemas asociados a las inundaciones y a los encharcamientos que aquejan año con año la ciudad antes mencionada.

Son tres cauces principales los que conforman la red de drenaje pluvial de la Zona Metropolitana de Morelia (ZMM). Sus cuencas tributarias respondiendo de diferente manera, inducen un funcionamiento hidráulico particularmente complejo. Primeramente, los afluentes poseen cuencas tributarias con superficies sensiblemente diferentes implicando tiempos de concentración, también, diferentes. Por lo tanto, para una lluvia uniforme, el río Chiquito descarga sus escurrimientos al río Grande más rápido que los escurrimientos provenientes del dren Los Itzicuaros.

En función de las informaciones recabadas en campo así como los informes proporcionados por las autoridades, se concluye que el sistema de drenaje pluvial de la Ciudad de Morelia y de su zona Metropolitana, presenta un estado de disfunción. Esto se debe principalmente a tres factores.

El primero, se asocia al crecimiento urbano de la ZMM que ha influido fuertemente en la saturación del sistema provocando pérdida de capacidad de autorregulación. El segundo, se asocia a los niveles de mantenimiento preventivo aplicados a las diferentes infraestructuras del sistema, entre los que destacan, acumulación de sólidos (basura), limpieza de cauces y márgenes. Finalmente, el tercero se asocia a las políticas de operación de las obras especiales del sistema que probablemente impiden la circulación óptima de los escurrimientos.

Por tales motivos, en este proyecto se proponen una serie de medidas estructurales para resolver y que permitirán aumentar la capacidad de autorregulación del sistema. Es decir, se pretende atacar la problemática de saturación a partir de soluciones que permitan almacenar y/o retrasar los escurrimientos que llegan al sistema. Estas soluciones se asocian por lo tanto con el primer factor arriba mencionado (saturación del sistema) sin observar la dinámica del crecimiento urbano, ello debido a la urgencia por la que atraviesa la ciudad de Morelia. Los otros dos factores (mantenimiento preventivo y políticas de operación) quedan fuera de los alcances de este proyecto.

Será de la mayor importancia, contar con planos topográficos con curvas de nivel a un metro para retomar los estudios sobre probables inundaciones ante contingencias que superen el límite de las obras de control y de la conducción de los cauces naturales de los ríos.

Es recomendable realizar un nuevo levantamiento topográfico (altimétrico y planimétrico) de los tres cauces, para contar con información de mayor precisión topográfica y actualizado en cuanto a las construcciones e invasiones que afectan directamente a las áreas donde se proyecta la construcción de las lagunas.

El proyecto de las lagunas de regulación cuenta con el análisis de estabilidad de los bordos, para las condiciones de embalse a su máxima capacidad, vaciado rápido y con el peso de un equipo de dragado de 45 ton circulando en la corona. Se analizó además el comportamiento sísmico del terraplén para las condiciones de embalse a su máxima capacidad y vaciado rápido considerando la existencia de un sismo de 7.4 grados de intensidad.

Se obtuvieron resultados satisfactorios para lograr la estabilidad de la cimentación y del terraplén.

También se realizó el cálculo de los asentamientos esperados, de manera inmediata se determinó que éste será del orden de 3 cm, valor que es aceptable, y se presentará en su mayor parte durante la construcción del bordo. En cuanto a los asentamientos del bordo por su propio peso, los cuales se presentarán a largo plazo (10 años), se determinó que serán del orden de 12.5 cm, valor que está dentro de un rango aceptable.

No se calcularon los asentamientos a largo plazo que provocará el embalse, ya que el agua permanecerá embalsada como máximo un día, lo cual es muy importante para evitar asentamientos a largo plazo, que pudieran agrietar el terraplén del bordo.

El material del banco es un limo arcilloso que no sufrirá una contracción significativa en las etapas de llenado y vaciado del embalse ni en las épocas de estiaje (embalse vacío), por lo que no presentará grietas por desecación o hidratación del material.

Se realizó una prueba de permeabilidad y conocer el flujo que se establecerá en el terraplén del bordo, con el embalse al máximo nivel del proyecto, el cual resultó muy satisfactorio para los fines requeridos. El material del banco con el que se construirá la cimentación y el terraplén del bordo cumple con las características de impermeabilidad requeridas.

Se considera en el proyecto la existencia de enrocamientos para evitar erosión de los taludes, así como la utilización de un geotextil en la base de los bordos que impedirá fugas de los embalses. Con el mismo fin se considera en el diseño la construcción de pavimentos suelo-cemento en la corona para 4 m y para las corona de 2 m de ancho, de acuerdo a las cargas y tránsito en cada caso.

En cuanto a la construcción de la red pluvial, esta se hará bajo la normatividad y consideraciones establecidas por la Comisión Nacional del Agua.

En cuanto a los datos obtenidos para realizar el análisis de costos, se aprecia que debido a la experiencia existente con inundaciones en años pasados, se cuenta con el valor de los daños y erogaciones requeridas para solventar la problemática social, los

cuales fueron tomados en cuenta, y cuya fuente de información son principalmente: Protección civil y Bomberos de la ciudad, información de diversos medios de comunicación, Informe “Percepción social e inundaciones en la ciudad de Morelia”, tabla de “Valores unitarios para la clasificación de la construcción” de la Tesorería General del Estado, valores históricos de los daños ocasionados en 2003 por las inundaciones y la encuesta de la Coordinación de Comunicación Social.

En cuanto al costo de construcción, operación y mantenimiento de las obras, se basó en el catalogo de conceptos y precios autorizados, elaborado por el OOAPAS de acuerdo a la experiencia del propio Organismo Operador.

Se deberá tener cuidado en esperar los tiempos precisos para que los materiales adquieran su resistencia nominal como es el caso de los concretos.

Debido a la gama de obras planteadas se pueden atacar en varios frentes de trabajo sin que se entorpezcan labores por empalme de actividades, sin embargo se debe llevar a cabo la programación de obra particular a cada uno de los proyectos con el fin de garantizar la ruta crítica más favorable para la realización de las mismas.

Se deberá llevar una planeación eficaz, así como la administración y supervisión de las obras, garantizando la calidad de material utilizado, mano de obra y que éstas se realicen dentro del ejercicio fiscal correspondiente.

El proyecto se considera técnicamente factible

4.5.2 Aspectos ambientales.

Usos del suelo

El drenaje pluvial así como los cárcamos de bombeo se encuentran dispersos dentro de la mancha urbana y las lagunas que se encuentran consideradas en los predios de la Unidad Deportiva Cuauhtémoc, Itzicuaros, Aurrerá y Carlos Salazar, están dentro del área urbana de la ciudad de Morelia en donde el uso actual del suelo es generalmente mixto, con zonas habitadas, comerciales, de servicios y en ocasiones hasta industriales.

El predio el alfalar se encuentra a dos kilómetros aproximadamente de la periferia de la ciudad de Morelia en el poblado de San Juanito Itzicuaros.

El uso actual del suelo donde se localizan los predios para las lagunas se muestra a continuación.

USOS DEL SUELO DE LOS PREDIOS

LUGAR	USO DE SUELO DE ACUERDO A PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO	USO DE SUELO ACTUAL
--------------	--	----------------------------

Itzicuaros	Comercial, servicios y equipamiento	Se destina principalmente para pastoreo de ganado bovino y equino, el predio es sujeto de invasión por asentamientos irregulares como ha ocurrido en sus vecindades.
Aurrerá (I)	Reserva Ecológica, Comercial, servicios y equipamiento	Terreno baldío donde pastorean animales y pista para motocicletas
Aurrera (II)	Reserva Ecológica, Parques urbanos y recreativos, Comercial, servicios y equipamiento	Terreno baldío donde pastorean animales
El Alfalfar	Mixto habitacional, comercial, servicios y equipamiento	Una parte del predio está ocupada por un establo.

Usos del cuerpo de agua

Los cuerpos de agua que cruzan la ciudad, principalmente el Río Grande y el Río Chiquito, se utilizan para captar tanto aguas de tipo superficial, como descargas de aguas residuales generadas por la población, por lo que se encuentran gravemente contaminados, utilizándose, aguas abajo de la Ciudad de Morelia, para riego, siendo su cuerpo receptor final el Lago de Cuitzeo. Una vez que se termine de construir la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Morelia, Mich. y entre en operación dichas corrientes o cuerpos de agua superficial comenzarán a sanearse.

La captación del agua hacia las lagunas reguladoras será pluvial y producto de la creciente del Río Grande de Morelia, en la temporada de lluvias. El agua que sea almacenada en las lagunas no tendrá ningún uso, se mezclarán aguas pluviales con aguas de la misma corriente, para posteriormente reincorporarse a los drenes que fueron desbordados para darles cauce.

Solamente el manantial de la Mintzita es utilizado como fuente principal de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Morelia el cual queda involucrado con la construcción de la obra de control propuesta en la intersección con el propio Río Grande.

Atributos relevantes del proyecto por sus efectos potenciales al ambiente

En cuanto a los cárcamos de bombeo, no se espera afecten al ambiente ya que en algunos casos se pretende rehabilitar o ampliar la capacidad de bombeo de instalaciones existentes, y en el caso de estructuras nuevas, éstas se construyen en sitios sin ningún valor ambiental, al ser la mayoría lotes baldíos dentro de las mismas colonias afectadas o utilizando los derechos federales de los ríos o drenes.

Para el caso de los sistemas de alcantarillado pluvial propuestos, la afectación será principalmente sobre calles y avenidas dentro de la mancha urbana actual.

En cuanto a las lagunas propuestas a continuación se mencionan la descripción de cada uno de los sitios en estudio, aunque cabe mencionar que se trata de sitios que históricamente se inundan, por lo que la afectación ambiental en estos no es significativa.

a) Alfalfar

- 1) El predio es prácticamente plano y se encuentra delimitado por el Río Grande y un canal de riego.
- 2) El predio es ejidal y los propietarios no se ponen de acuerdo acerca de su destino final.
- 3) En la margen sur del Río Grande antes de llegar a la mancha urbana, existen varias ladrilleras, lo cual indica una importante presencia de arcillas.
- 4) Al suroeste del predio está el antiguo pueblo de San Juanito Itzícuaros, que actualmente es prácticamente una colonia más de la ciudad de Morelia.
- 5) Una parte del predio está ocupada por un establo, cuyos propietarios comentaron que no lo retirarán para la construcción de la laguna de regulación ya que sería afectado únicamente durante 4 meses del año.

b) Los Itzícuaros

- 1) El predio es prácticamente plano. Hacia la parte norte se eleva suavemente hasta encontrar de manera abrupta un afloramiento de roca.
- 2) El sitio se encuentra delimitado hacia el suroeste por el canal Los Itzícuaros, al sureste por el Río Grande y por un área invadida por casas, mientras que al noroeste y noreste se localiza el afloramiento de roca y un área invadida por casas.
- 3) El predio está siendo invadido con asentamientos irregulares, que tienen una distribución aleatoria.
- 4) El uso del lugar es principalmente pastoreo de ganado bovino y equino.
- 5) Durante el desarrollo de los trabajos se pudo determinar que el propietario pertenece al ejido de San Juanito Itzicuaros.
- 6) El canal Los Itzícuaros aporta el agua al Río Grande controlada por medio de una compuerta con el objeto de regular los niveles aguas arriba de dicho canal.
- 7) En la época de lluvias el predio se inunda de manera natural sin posibilidad de drenarse en forma natural

c) Aurrerá

- 1) El predio es plano y se encuentra delimitado por el Río Grande al este y sur, al norte colinda con la colonia Unión Popular Solidaria.
- 2) El predio cuenta con un pequeño bordo que lo divide del río grande inundándolo en época de lluvia con la única salida del agua a través de la evaporación.
- 3) Durante la época de lluvias se inunda la zona central, donde se encuentra el bordo. Cuando las lluvias son muy intensas, el agua cubre todo el predio.

- 4) En una buena parte de la colindancia norte y oeste existe un afloramiento de roca color rosa, a la cual subyacen tepetates con boleos grandes y medios.
- 5) La tienda comercial Aurrerá fue construida sobre un relleno, de tal forma que el nivel de piso terminado se encuentra aproximadamente 2.0 m por arriba del nivel general del predio, con lo cual evitan que la tienda se inunde.
- 6) Existe una pequeña pista para motocicletas, que es utilizada por niños los fines de semana y únicamente en época de estiaje.
- 7) En el predio generalmente se encuentran pastando vacas y caballos.
- 8) Existen dos propietarios del predio. Uno de ellos no accedió a que en su terreno se realizaran los trabajos de exploración geotécnica.

En todos los predios se encontró un estrato de turba con un espesor variable de entre 1.50 m y 2.0 m de espesor. Sus características índices y propiedades mecánicas variaron de un predio a otro.

En los dos sondeos realizados en Los Itzícuaros se encontró un manto de roca a 4.0 m de profundidad, la que se muestreó con el Barril Denison.

En los suelos cohesivos saturados se presenta el siguiente mecanismo de formación de grietas para la condición estática.

Cuando se reduce el nivel del agua superficial se genera la desecación en el suelo, lo cual provoca una fuerza horizontal de tensión por su contracción y por la evaporación del agua del suelo, que origina una tensión capilar del agua de poro; al presentarse las primeras lluvias el suelo aumenta su grado de saturación y se reblandece, reduciendo así su resistencia cohesiva, apareciendo una grieta incipiente, la cual, con el paso del tiempo, se profundiza y aumenta su abertura por el efecto de la contracción y la tensión capilar al evaporarse el agua de las paredes expuestas a la intemperie, profundizándose así cada vez más en un proceso cíclico de contracción por desecación, aumento de tensión capilar por evaporación y reblandecimiento por las primeras lluvias del año.

Como una ratificación del mecanismo de formación de grietas anteriormente descrito, se ha observado que generalmente éstas se presentan después de las primeras lluvias, lo que indica que el suelo se encuentra en un estado de esfuerzo de tracción horizontal, el cual vence la resistencia del suelo cuando ésta disminuye al reblandecerse.

Las grietas en suelos cohesivos frenan su profundización cuando llegan hasta un estrato de arena que rompe el ciclo de desecación y contracción o bien cuando el esfuerzo capilar y el de contracción se neutralizan con el esfuerzo horizontal de confinamiento.

En nuestro caso, el proceso de fisuramiento prismático se manifestó en las muestras cúbicas obtenidas en los PCA, por lo que es recomendable revisar cada año que en el lecho de las lagunas, en la cercanía a los bordos, no se presenten agrietamientos superficiales importantes en la época de estiaje, es decir, superiores a 50 cm. de profundidad. En caso de haberlos, deberá procederse a su tratamiento adecuado.

DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE SIN PROYECTO

Los ríos Grande, Chiquito y los drenes que atraviesan la ciudad de Morelia, mismos que reciben todas las aguas negras, principalmente de uso doméstico, y de servicios que son vertidos a estos cauces, esto obviamente, ha generado que la contaminación de sus aguas sea elevada y por tanto no se desarrolle algún tipo de vida acuática dentro de los mismos, ya que incluso, puede observarse la eliminación de gases por el proceso anaeróbico por el constante burbujeo que origina este proceso.

Esta carga elevada de contaminantes que reciben estos cauces, han provocado que con el tiempo, los sedimentos se vayan depositando en los lechos de estos ríos, restándole profundidad y por lo tanto mermando la capacidad hidráulica de estos. Con ello, la ubicación de los ríos, hacia la parte baja de las microcuencas de la Mintzita y del Río Chiquito, provoca que durante las épocas donde se presentan lluvias extraordinarias, la capacidad de estos ríos para sustentar los elevados volúmenes de agua provenientes de las zonas altas y montañosas, además de la propia precipitación en la ciudad y con la aportación de las aguas residuales, se vea mermado y afectado la velocidad del cauce, así como la capacidad para absorber las grandes cantidades de agua, de eventos extraordinarios, trayendo como consecuencia el desbordamiento de los ríos y por lo tanto, ocasionando daños materiales y humanos en los pobladores de la ciudad de Morelia, específicamente en todas las colonias ubicadas a lo largo de los mismos, en zonas bajas.

Además de ello, la existencia de un deteriorado bosque de galería, el cual se encuentra en pequeños manchones, que disminuye la velocidad del cauce, provocando que, en lugar de correr a mayor velocidad el agua y descargue las mismas hacia los afluentes que llegan al lago de Cuitzeo, se eleven los niveles y rebasen los cauces, con las consecuencias ya descritas. Muchos de estos árboles principalmente de los géneros *Salix* y *Fraxinus*, se encuentran arraigados en las partes bajas de los cauces, ocasionando serias obstrucciones, reteniendo además basura y otros elementos que van afectando el volumen y la velocidad hidráulica. Por otro lado, por la calidad de las aguas que llevan estos ríos, puede observarse que los árboles se encuentran en condiciones desfavorables, afectados por la contaminación de esta agua, lo cual se ha podido observar, por la calidad de follaje, sus raíces y tallos demasiados delgados y dañados, entre otros aspectos, lo cual implica que aún en materia de sanidad, es necesario su derribo, para ser sustituidos por individuos sanos y plantados en la zona del hombro del talud, con ello, se mejorará la imagen paisajística de estos ríos, los árboles se ubicarían en los lugares precisos, sin ser un elemento que afecte y sea uno de las causas de las inundaciones.

La experiencia obtenida con las inundaciones acontecidas, permite afirmar que las inundaciones en Morelia, fueron causadas por el remanso de las aguas de los drenes que fueron rechazadas al intentar su ingreso al Río Grande (que es su salida natural), a consecuencia de la elevación del tirante de ese río por efecto de la presencia de volúmenes pluviales extraordinarios observados en las cuencas Cointzio y del dren Itzicuaró.

El rebosamiento de las aguas del río Grande en su entrada a la Ciudad de Morelia, y los remansos y rechazos de las aguas de los drenes urbanos, inundan periódicamente en cada época de lluvias, diversas áreas de la ciudad.

Sin embargo, dado que fue la elevación del tirante del Río Grande, el que no permitió la salida de las aguas de los drenes internos de la ciudad de Morelia y de que algunos drenes no contaron con válvulas de no retorno o que la acumulación de las aguas que llegaban a las márgenes del río rebasaron la capacidad de bombeo instalada, puede asumirse como causa general de las inundaciones es la elevación del tirante del Río Grande, como consecuencia de lluvias extraordinarias revasando su capacidad de drenaje.

Con esas evidencias, la solución hidrológica del sistema Morelia, debería tener como objetivo central la disminución del volumen y de la fuerza de las aguas provenientes de las cuencas Cointzio e Itzúcaro, como origen principal del conflicto del drenaje, y de los volúmenes de agua pluvial del Río Chiquito, que al unirse al Río Grande a la altura de la Avenida Michoacán, constituyen la segunda causa de las obstrucciones por el choque de las aguas extraordinarias.

DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE CON PROYECTO

Por medio de las obras de protección de inundaciones y dragado de los ríos y drenes de Morelia, se aumentará la capacidad hidráulica de estos, aumentando el gasto de escurrimiento que pueden conducir. Adicionalmente con la construcción de los cárcamos de bombeo e incorporación de los drenajes pluviales asociados a éstos se lograrán los siguientes objetivos:

- ◆ Evitar que las colonias que hasta ahora se han visto afectadas por inundaciones se sigan inundando.
- ◆ Preservar la salud, calidad de vida y resguardar los bienes de la población de la ciudad de Morelia.
- ◆ Resguardar la infraestructura urbana y lo más importante y es precisamente lo que se busca evitar, la pérdida de vidas humanas.

Es preciso mencionar que la mayor parte de la ciudad de Morelia se encuentra edificada en suelos de tipo Vertisol los cuales tienen un drenaje deficiente y se saturan rápidamente, si aunado a esto se carece de drenaje pluvial y son zonas bajas pudiera seguir existiendo el problema de inundación sin que sea éste relacionado al desbordamiento de los ríos, por lo que se deberán realizar las acciones necesarias bajo un proyecto integral que resuelva el problema de inundaciones dotando de sistemas de drenaje pluvial a las zonas históricamente afectadas, como es el caso de los sistemas asociados a las zonas de protección contra inundaciones y los cárcamos de bombeo.

Una de las afectaciones que la población más percibirá, será el derribo de los árboles que se encuentran dentro del área hidráulica de las corrientes, cuya propuesta no

contempla exclusivamente eliminar el obstáculo físico como obstrucción que pudiera considerarse puntual al flujo del agua, sino que la presencia de árboles, en adición a la disminución del área hidráulica como objeto físico, provoca un incremento en la rugosidad, no solo en el contorno del árbol, sino que genera ondas de flujo en las partes superiores en sentidos diferentes al general del agua que frenan en toda el área de influencia del árbol, la velocidad del agua.

Se tratan de árboles que aunque en algunos casos han alcanzado una altura adecuada, sus troncos son de pequeñas dimensiones, y se encuentran en malas condiciones en cuanto a sanidad forestal se refiere, probablemente a causa de la contaminación elevada del agua de los cauces. Sin embargo una vez que se planten los árboles, el paisaje se recuperará al seguir teniendo áreas verdes, con árboles nativos, cuyo crecimiento deberá ser garantizado.

Los beneficios identificados en el proyecto de obras de protección para la ciudad de Morelia Michoacán, son los relacionados directamente con las afectaciones que se tienen en la zona urbana por los desbordamientos de los ríos.

En forma sucinta, los beneficios identificados fueron los siguientes: evitar obras de reconstrucción en zonas urbanas, evitar la asignación de recursos emergentes para renta y compra de maquinaria y equipo para mitigar las inundaciones, evitar la asignación de recursos para acciones posteriores a la ocurrencia de la inundación y evitar los gastos en la reparación de la infraestructura de comunicación (bacheos, renivelaciones, sellos y reconstrucción de caminos vecinales). Es decir que de no realizarse el proyecto de Obras de Protección contra inundaciones, en la ciudad de Morelia, Michoacán, y en caso de presentarse su desbordamiento, como históricamente se tienen registradas las ocurrencias, los beneficios recién mencionados se convertirían en costos que la sociedad tendría que solventar o soportar, como recién sucedió en septiembre de 2003.

De la misma manera existen otros beneficios atribuibles a este tipo de proyectos como son: restitución del menaje doméstico, indemnizaciones por pérdidas de vidas humanas o evitar las pérdidas comerciales y laborales por la suspensión de actividades durante el siniestro, atención médica a heridos y damnificados, y la valoración del costo de los recursos en la aplicación por parte del Ejército Mexicano de los planes de desastres (DN1, DN2 o bien el DN3 entre otros).

Finalmente, la mayor importancia de este proyecto, es brindarle a la ciudadanía de Morelia, mayor seguridad en materia civil, ya que con estas obras, se bajarán las posibilidades de inundaciones tan severas como se han venido presentando en años anteriores. Desde luego, es fundamental, que se continúe con procesos de mantenimiento periódicos en las corrientes superficiales

El proyecto es ambientalmente factible.

4.5.3 Aspectos legales.

Respecto de la evaluación legal se fundamenta que en material normativa se cuenta con los elementos legales tanto federales como estatales para que la Comisión Estatal del Agua y Gestión de Cuencas, autoridad administrativa estatal en materia hidráulica, de conformidad a la Ley Estatal del Agua para el Estado de Michoacán y sus Municipios, una vez que cuente con las respectivas autorizaciones de la Comisión Nacional del Agua ejecute a través del Organismo Operador de los servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la ciudad de Morelia, la obra denominada Obras de Protección contra Inundaciones de la Ciudad de Morelia, dentro del Programa de Protección a Centros de Población.

Para ello, se cuenta con los mandatos y ordenamientos que establecen, entre otros:

a) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

La Constitución, en sus artículos 25, 26 y 27, establece los principios de planeación y ordenamiento de los recursos naturales en función de impulsar y fomentar el desarrollo productivo con la consigna de proteger y conservar el medio ambiente. Se establece la participación de los diversos sectores de la sociedad y la incorporación de sus demandas en el plan y los programas de desarrollo.

Se menciona que la nación debe lograr un desarrollo equilibrado y sustentable del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.

Los artículos 73, 115 y 124 definen las facultades tanto de la federación, como de los municipios y de los estados en diferentes rubros, así como en el ámbito ambiental.

b) Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) es reglamentaria de las disposiciones constitucionales en lo relativo a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección del ambiente en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción; sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable.

El ordenamiento ecológico (OE) se define jurídicamente como: "El instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos". (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Título Primero, Artículo 3 fracción XXIII).

El ordenamiento, es un instrumento normativo básico o de primer piso, que permite orientar el emplazamiento geográfico de las actividades productivas, así como las

modalidades de uso de los recursos y servicios ambientales, lo cual le convierte en un cimiento de la política ecológica.

c) Reglamento de Ordenamiento Ecológico.

Del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 2003; se desprende entre otras cosas:

I. Identificar las actividades sectoriales que inciden en el área de estudio, así como su relación con posibles conflictos ambientales que generen, sobre todo con respecto a la oferta y demanda de recursos naturales; el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, así como de la protección y conservación de los ecosistemas y de la biodiversidad;

d) Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Michoacán

Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Michoacán publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 14 de Marzo del año 2000; menciona los principios que deberán considerarse en materia de preservación y conservación del equilibrio ecológico y protección al ambiente y los recursos naturales.

e) Ley de Desarrollo Urbano del estado de Michoacán de Ocampo

La Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Michoacán de Ocampo, publicada en la Sección Quinta del Periódico Oficial, el jueves 15 de junio de 1995, menciona que los trabajos relativos a los Asentamientos Humanos deberán de hacerse en forma coordinada con los Municipios; así como, que deberá contarse con un sistema estatal, que contemple el Programa de Desarrollo:

f) Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Morelia.

El Plan de Desarrollo Urbano de Morelia, atiende principalmente al cumplimiento de las funciones que otorga al municipio la Constitución Política de nuestro país, y en algunas materias que están fuera de sus atribuciones, plantea la contribución con los órdenes de gobierno estatal y federal.

Sus alcances dependen de la disponibilidad de recursos públicos, que tiene que ver con la distribución de las participaciones federales y estatales, así como con la recaudación municipal; y a las políticas que se establezcan los Gobiernos del estado y federal.

El Gobierno del Estado de Michoacán, por conducto de la Comisión Estatal del Agua y Gestión de Cuencas (CEAC), quien esta legalmente facultado para la ejecución de dicho Programa de Protección a Centros de Población, en virtud de la suscripción con el Ayuntamiento de Morelia, a través de su Organismo Operador de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OOAPAS), a solicitud de este último, del

Convenio de Colaboración para realizar las obras para evitar las inundaciones de la ciudad de Morelia.

Se tiene contemplado dentro del costo del proyecto los recursos necesarios para las afectaciones que pudiesen tenerse por la construcción de las obras.

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.

El proyecto se considera legalmente factible.

CONCLUSIONES

En la ciudad de Morelia, se presentan desniveles topográficos considerables, encontrándose en diferentes partes de la ciudad, zonas bajas por debajo del nivel de los ríos y drenes que cruzan la ciudad, por lo que el proyecto de Obras de Protección contra inundaciones, los Dragados y Bombeos de la Ciudad de Morelia tiene como objetivo principal el evitar inundaciones en la ciudad debido a la falta de un adecuado sistema de desagüe, que al no permitir el rápido desalojo de los excedentes de lluvia, propician focos de infección por las aguas estancadas que mezcladas con las aguas residuales las cuales son un gran riesgo de salud para la población.

Con la finalidad de evitar inundaciones y así preservar la salud, la calidad de vida y resguardar los bienes de la población de la ciudad de Morelia, el H. Ayuntamiento conciente del grave problema que padecen estas colonias, instruyó al Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS) para que elaborara un Proyecto que definitivamente resuelva los problemas de inundación, por lo que ha comenzado un programa emergente para disminuir las inundaciones y que el agua pluvial sea desalojada en menor tiempo, sobre todo de aquellas zonas “problemáticas” en las cuales históricamente han sufrido inundaciones.

Para ello realiza las obras de mantenimiento, que desde el año de 1937 no se realizan, consistentes en el dragado que incluye la limpieza, deshierbe, retiro de maleza acuática y desazolve, de los siguientes ríos y drenes; de los cuales los Ríos Grande y Chiquito de Morelia, son de especial atención por considerarse como los principales conductos hidráulicos de la ciudad donde confluyen otros canales y drenes del resto del municipio.

Adicionalmente se construyeron los cárcamos de bombeo Arroyo de Tierras, Riva Palacio, Carlos Salazar, Tres Puentes y Mora Tovar, así como la rehabilitación de los cárcamos de los drenes Barajas, Itzicuaros, y Prados Verdes. Asimismo, antes de este periodo de lluvias se han desazolvado los drenes Barajas, La Soledad, Quinceo y Arroyo de Tierras, todo ello como medida de prevención por parte del organismo operador de agua potable, alcantarillado y saneamiento de Morelia.

La experiencia de años anteriores por inundaciones acontecidas en la ciudad de Morelia, así como las recientes en esta época de lluvias, y las ocurridas en el territorio nacional, indudablemente obligan a realizar acciones oportunas, reales y funcionales para resguardar el patrimonio de la población, evitando que ésta pierda sus bienes, sus viviendas y en ocasiones hasta su vida. Se debe garantizar su calidad de vida y preservar la salud de la población, ya que con las inundaciones se pierde todo esto, ocasionando la pobreza de la población afectada, se atenta contra la salud por el contacto de la población con aguas contaminadas y posteriormente con aguas estancadas. Adicionalmente se afecta la infraestructura urbana por el azolvamiento de los sistemas de alcantarillado, daño en la red de agua potable, líneas de energía eléctrica y líneas telefónicas. Por lo que con las Obras de Protección contra inundaciones, los dragados y los cárcamos de bombeo para desalojar agua de zonas bajas se ofrecerá una solución al problema de inundaciones que acontece cada época de lluvias en la ciudad de Morelia.

Se deberá incorporar un mantenimiento periódico adecuado de las corrientes superficiales, que incluya la eliminación de la vegetación incipiente en el área hidráulica de las corrientes, el retiro de residuos, azolves y materiales ajenos que pudieran albergar, que garantice el crecimiento de las especies propuestas en los bordos exteriores de éstos y que obligue a la estabilidad de taludes, siendo necesaria la inspección frecuente de la carpeta asfáltica de las vialidades aledañas, ya que las grietas y otras roturas superficiales se atienden inmediatamente para que no se conviertan en obras onerosas por falta de prevención.

La propuesta de la eliminación de los árboles del cauce de los ríos y drenes no contempla exclusivamente eliminar el obstáculo físico como obstrucción que pudiera considerarse puntual al flujo del agua, sino que la presencia de árboles, en adición a la disminución del área hidráulica como objeto físico, provoca un incremento en la rugosidad, no solo en el contorno del árbol, sino que genera ondas de flujo en las partes superiores en sentidos diferentes al general del agua que frenan en toda el área de influencia del árbol la velocidad del agua. Cabe aclarar que la velocidad en una sección del río es uniforme, sino que es mayor entre más alejada esté la partícula de agua del fondo o de las márgenes, esto es, entre más alejada esté de los elementos que generan la rugosidad.

Con el fin de compensar el impacto negativo provocado por la eliminación del arbolado en las zonas del cauce de las corrientes superficiales, a excepción del primer kilómetro del Río Grande medido desde la cortina de la presa Cointzio hacia aguas abajo, se recomienda llevar a cabo la plantación de un árbol a cada 8 metros de distancia en una línea en cada uno de los bordos externos de la corriente, pero desfasados a “tres bolillo” de tal manera que considerando los dos bordos de la corriente se tendrá un árbol a cada 4 metros, lo anterior con la finalidad de dejar espacio soleado para que en los bordos puedan crecer herbáceas y gramináceas, así como dejar espacio suficiente para el acceso de maquinaria y equipo para futuras maniobras y acciones de mantenimiento sin que se tenga que dañar la vegetación existente.

La reforestación debe darse prioridad a especies que crecen en bosques de galería como son Sauce (*Salix sp*) y Fresno (*Fraxinus sp*), las cuales garantizan más la

estabilización de los taludes, además de representar una mayor cobertura de sombra, así como de refugio para las aves. Podrán incorporarse algunas especies ornamentales sin que estas sean en cantidad mayor a las especies antes mencionadas. Por ningún motivo se introducirán especies exóticas.

Es importante crear la conciencia social, sobre todo, en las colonias en donde se han observado mayores daños, que en el caso de presentarse lluvias con un mayor periodo de retorno, nuevamente se producirán daños causados por las aguas que no puedan ser desalojadas aún cuando las obras hidráulicas ayuden a incrementar la capacidad de mitigación de las corrientes.

Con base en este principio, se recomienda a las autoridades competentes, proceder a realizar un nuevo estudio que considere las obras construidas para que con base en las nuevas condiciones hidrológicas se emita la delimitación de la zona federal.

En tanto la zona federal no sea desocupada, será pertinente mantener vigilancia estrecha de veinticuatro horas en épocas de lluvias de tal modo, que la población aún residente de la zona federal pueda desocupar las viviendas que puedan ser dañadas por las inundaciones.

Transformar en el largo plazo, el uso del suelo de áreas vulnerables a las inundaciones, después de construidas las obras de control, será un objetivo permanente en los siguientes años.

La calidad de vida, junto con la salud poblacional serán los impactos más importantes que las obras propuestas traerá a la población, sobre todo aquella que se ve afectada en cada periodo de lluvias, ya que al evitar inundaciones que atenten contra su salud, contra sus bienes y patrimonio, por lo que sin duda alguna con la ejecución de las obras propuestas la calidad de vida de este sector de la población mejorará considerablemente.

CAPITULO V. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

En este capítulo se presentan los resultados de la identificación, cuantificación y valoración de los beneficios y costos socioeconómicos del proyecto de Obras de Protección contra Inundaciones de la Ciudad de Morelia, Mich. El objetivo es ofrecer al tomador de decisiones parámetros que permitan determinar la magnitud del impacto en el bienestar de la sociedad por el hecho de que se realice o lleve a cabo el proyecto citado y consecuentemente mayor información para la toma de decisiones.

Análisis metodológico

El concepto “control de inundaciones”, puede definirse como las acciones emprendidas para dominar los eventos pluviales extraordinarios que desbordan o derraman los drenes naturales por los que transita el agua de lluvia. Con estas acciones se pretende incrementar el límite o mejorar la capacidad natural del río para transportar sus corrientes con la finalidad de impedir o mitigar sus desbordamientos.

El límite dentro del cual las obras de infraestructura ayudan a los drenajes naturales existentes, por donde transcurren los ríos a desalojar volúmenes de agua (previamente determinados), se establece en función de la “avenida de diseño”, cuya magnitud de control está sujeta a las decisiones de las autoridades competentes y a la disponibilidad de fondos públicos para la construcción de las obras seleccionadas, lo cual se traduce en un “control mínimo” estimado por los expertos en hidrología y acordado por las autoridades.

En consecuencia, siempre habrá algún evento pluvial que aporte tal volumen de agua al cauce del río que pueda rebasar su capacidad natural y la de sus instalaciones u obras hidráulicas de control, por lo que queda latente la posibilidad de que ocurra un evento extraordinario que produciría derrames o desbordamientos, eliminando parcial o totalmente los beneficios de las acciones implantadas para el control de las inundaciones.

La permanente probabilidad de que ocurra un evento capaz de rebasar las obras construidas para controlar las inundaciones, sugiere mantener la alerta tanto de las autoridades competentes, como de la población que se encuentra en sitios vulnerables a inundaciones, para responder rápidamente a las contingencias y asegurar el menor daño posible tanto a las vidas de las personas, como a su salud y a sus bienes.

La preparación de vías de acceso hacia lugares de refugio y el resguardo de la propiedad privada, ante lluvias extremas, es una tarea de organización social que debe establecerse en un plan permanente y que sea bien conocido por la población situada en lugares vulnerables a inundaciones.

Este plan debe incorporar medidas no estructurales que permitan a la población conocer cuáles son las áreas naturales de regulación o llanuras de inundación ocupadas por los ríos cuando se desbordan, e impulsar acciones para que en el transcurso del tiempo, se modifique el uso del suelo de esos sitios, de tal forma que futuras inundaciones no produzcan daños.

Los proyectos para control de inundaciones, tienen objetivos especiales dentro de un rango de probabilidad de ocurrencia de lluvias, como la protección de las vidas y la salud de los habitantes situados en zonas vulnerables a las inundaciones, así como proteger sus medios de producción existentes y sus bienes (muebles, casas habitación, comercios, fábricas, servicios municipales y servicios privados)

De este modo, los daños a evitar con las obras de control, valorados en términos monetarios y financieros a través del tiempo, se convierten en beneficios del proyecto, - con signo positivo- y los costos del proyecto -con signo negativo- están representados por las inversiones para realizar la construcción de las obras de control y sus costos de operación y mantenimiento, cuantificados a través del periodo de la vida útil de las obras.

Probabilidad y valoración monetaria de daños

El proceso tiene tres pasos, primero se estima el valor total de daños que pudiesen ocurrir de presentarse un evento de cierta magnitud, equivalente a un periodo de retorno de 2.33, 10, 20, 30, 40 y 50 años. Este valor multiplicado por la probabilidad de ocurrencia del evento (en este caso el inverso del periodo de retorno) permite establecer el valor anual esperado de daños y finalmente sumando los valores anuales determinados para cada periodo de ocurrencia se obtiene el resultado anual de daños.

Para este estudio se asume que la magnitud de los tirantes que alcanzarían las corrientes del Río Grande están en función de su periodo de retorno y que el comportamiento de este fenómeno probabilístico tiene el comportamiento de una variable discreta, entonces la esperanza matemática para encontrar los valores monetarios de los daños a evitar en las zonas de inundación pueden estimarse mediante la siguiente fórmula:

$$E(X) = \sum_{x=1}^n p_{tr} x_i = B_o \quad (1)$$

En donde:

Se debe cumplir la condición $\sum_{x=1}^n p_{tr} = 1$

$E(X)$ es el valor monetario que produce la multiplicación de los daños identificados X_i por su probabilidad P_{tr} de ocurrencia del evento tr y B_o la totalidad de daños esperados.

Para determinar el valor monetario de los daños conforme a la selección de las colonias vulnerables a las inundaciones del evento Tr, y dados los elementos de estimación de daños en los diversos cadenamamientos del Río Grande, sus probables tirantes conforme a las corridas en el sistema HEC-RAS del IMTA y la verificación en campo de los tirantes alcanzados en las inundaciones de Morelia, observadas en septiembre de 2003, se tomó la decisión de considerar para este estudio, la inclusión de daños observados en los periodos de retorno (Tr) a 2.33, 10, 20, 30, 40 y 50 años, calculando la probabilidad de ocurrencia mediante la relación 1/tr encontrándose los factores que se muestran en la siguiente tabla:

Periodo de Retorno Tr (años)	2.33	10	20	30	40	50
1/Tr	0.429	0.1	0.05	0.033	0.025	0.02

Los daños identificados en sus periodos de retorno se multiplicaron por su probabilidad de ocurrencia y la suma de todos ellos dio como resultado BO cuyo valor monetario se evalúa financieramente con la fórmula (2) para obtener el valor presente neto de los daños máximos probables a evitar, método que llevó a cuantificar el valor monetario de los bienes a proteger de la Situación Sin Proyecto y que dado el objeto de las obras de control o mitigación de riesgos de inundación se convierte por sí misma, en los beneficios esperados por lo que su comparación con los costos de inversión de las obras de control, conduce a obtener el valor presente neto de la evaluación socioeconómica de este estudio.

Fórmula de evaluación socioeconómica Valor Actual Neto Social (VANS) de los beneficios (daños a evitar)

$$VANS = \sum_{i=1}^n B_0 \left[\frac{\left(\frac{1+G}{1+i^*} \right) \left(\frac{1+G}{1+i^*} \right)^n - 1}{\left(\frac{1+G}{1+i^*} \right) - 1} \right] - \sum_{i=0}^n \frac{Ii + Ci}{(1+i^*)^n} \quad (2)$$

VANS es el Valor Presente Neto Social de los daños a evitar “ B_0 ” en las zonas de inundación (en este caso las que se producirían en ambos márgenes del Río Grande de Morelia), equivalentes a los beneficios del proyecto para un horizonte de planeación de n años, ya que se considera que los flujos de capitalización se producen al término del año en que se concluyan las obras de control de inundaciones. Ii son las inversiones realizadas en el año i y Ci son los costos de operación y mantenimiento de las obras de control en el año i.

Los valores de los beneficios se afectan con dos factores, uno de crecimiento esperado de los bienes a proteger denominado “G” y otro de descuento, equivalente a la tasa de

interés socioeconómica i^* (que es diferente a las tasas bancarias comerciales privadas). La ecuación actualiza, es decir, trae a valor presente cada uno de los términos estimados, desde el año "0" hasta el año "n", que es el periodo en el que se considera se pagarán las obras de control.

El factor:

$$\left(\frac{1 + G}{1 + i^*} \right) \quad (2.a)$$

descuenta el valor monetario de un año a partir del cual se produce la capitalización de los beneficios resultado de la construcción de las obras del proyecto de control de inundaciones.

Fórmula de evaluación socioeconómica Beneficio – Costo (VPBC)

$$BC = \frac{\sum VPNB}{VPNIC} \quad (3)$$

En donde:

BC es la relación beneficio costo resultado de dividir el Valor Presente Neto de los beneficios del proyecto de control de inundaciones, entre el Valor Presente Neto de las Inversiones y de los Costos de Operación y Mantenimiento de las obras.

Cuando la relación Beneficio Costo BC, es igual o mayor a la unidad, se obtiene una relación positiva y se propone como razonable la construcción de las obras de control.

Precios:

En los estudios de evaluación socioeconómica los valores monetarios de los beneficios del proyecto y de las inversiones se estiman a precios de cuenta o precios socioeconómicos. En los precios de cuenta se llega a una comparación de los valores de los bienes como si se dispusieran los bienes sujetos a evaluación en los mercados internos, pero con los precios del país de origen como si se importaran –generalmente de Estados Unidos- nación que dada su capacidad tecnológica y financiera, por lo regular tienen un menor precio que los precios de la economía interna mexicana, lo que por lo regular hace que los precios de los bienes estadounidenses, sean menores que los de los mercados internos mexicanos, y consecuentemente los precios de cuenta son menores que los precios de mercado.

Entonces los precios de cuenta permiten, casi siempre, obtener un monto menor al de los precios de mercado internos.

El sistema ortodoxo de evaluación de precios socioeconómicos, consiste en comparar los precios de mercado, tal y como se registran en el momento de la evaluación, contra los precios de los mismos bienes nacionales, pero valorándolos sin las llamadas distorsiones del mercado. Esas distorsiones o alteraciones de los precios se evitan cuando se excluyen los impuestos, los subsidios o si se identifican presiones en los precios debido a que solo exista un productor en el mercado, entonces se pretende llegar a un precio socioeconómico exento de esas distorsiones.

Esos son los precios que generalmente se emplean en las evaluaciones socioeconómicas.

Fuentes de información

La información requerida para hacer las estimaciones de daños potenciales o bienes sujetos a riesgo de sufrir daño, así como los perjuicios y lesiones a la que queda sujeta la población debido a un evento de inundación, se recabó en fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la Dirección de Protección Civil y Bomberos, la Secretaría de Salud del Estado de Michoacán, la Dirección de Catastro de la Tesorería General del Estado de Michoacán, los resultados de la encuesta para conocer las “Percepciones Sociales e Inundaciones en la Ciudad de Morelia” realizada para este trabajo por el IMTA y un reconocimiento físico a las zonas de la ciudad en las que han habido inundaciones o encharcamientos.

Identificación y clasificación de daños

Esta información permitió estimar daños potenciales directos relacionados con: daños a contenidos, daños a estructuras, daños a la salud y las erogaciones realizadas para dar asistencia al público.

Como daños indirectos se estimaron: pérdidas de horas hombre por problemas de salud, pérdidas por parálisis de la actividad económica (daños a mercancías y pérdidas por ventas) y los problemas de tráfico.

Cálculo de daños directos

Las estimaciones se hicieron con base en los sucesos de septiembre de 2003 acaecidos en la ciudad de Morelia, para lo cual se estableció que los daños ocasionados por dicho evento cubrieron un área semejante a la que ocurriría con un periodo de retorno de treinta años. A partir de esta información se analizaron las áreas

afectadas para periodos de retorno mayores de 40 y 50 años y menores 2.33 años infiriendo la información para los periodos de diez y veinte años. De estas áreas afectadas se contabilizaron la población y las viviendas directamente involucradas.

Daños a contenidos

Para este caso, se consideraron daños promedio a los contenidos de las casas habitación en promedio de \$1,562.00 pesos, (en función de los datos recabados por las instituciones de asistencia a emergencias, básicamente protección civil municipal) puede ser mayor o menor dependiendo del tirante que la inundación tenga. En este mismo capítulo se estimó el daño a automóviles con un resultado promedio de \$670 pesos por automóvil.

Estos valores se refieren a promedios debido a que en la zona de inundación el tirante puede variar de unos cuantos centímetros (encharcamiento) hasta más de un metro, en este caso las pérdidas materiales serán prácticamente totales.

Daños a estructuras

Se consideraron tanto los daños que puede haber en casas habitación así como a edificios públicos. En el primer caso el costo promedio de daños se estimó del orden de los \$2,550.00 pesos por casa ubicada en la zona de desastre. Para el segundo caso se calculó un factor de \$102.00 por metro cuadrado en planta de construcción. En este mismo capítulo se valoraron los daños a la infraestructura en general y contenidos de los edificios públicos, en \$398.00 por metro cuadrado como factor de la construcción, lo cual suma \$500.00 /m² de área construida.

Daños a la salud

En este caso se contabilizaron las erogaciones extraordinarias que la Secretaría de Salud tubo que realizar para atender los eventos de 2003. Además se hizo la apreciación de aquellas personas que prefieren obtener atención privada es equivalente al 30% del total, por lo cual se estimó que 827 personas requirieron atención médica debido a los sucesos, lo cual costo en promedio \$281.25 pesos por persona atendida.

Resumen de atención médica	
Atención médica privada	11,944

Medicinas y materiales de curación	103,430
Otros gastos (25%)	28,843
Total	144,217

No se incluyen los gastos realizados por Protección Civil para atender a las víctimas ni el tiempo perdido por estos hechos, estos se incluyeron en el siguiente inciso.

Asistencia Pública

Para estimar los gastos en asistencia pública se consideraron tanto las aportaciones realizadas por el gobierno en sus diferentes niveles, como las donaciones del sector privado. Los rubros son:

Gastos efectuados por Protección Civil	143,248.85
Alimentación a damnificados	232,500.00
Otra ayuda	336,750.00
Aportaciones en efectivo	1,150,000.00
Distribución de agua potable	240,856.00
Gran total	2,103,354.85

La distribución de agua potable está relacionada con el servicio extraordinario dado con pipas a aquellas colonias que quedaron sin el servicio. (fuente Protección Civil)

Cálculo de daños indirectos

Pérdidas de horas hombre por problemas de salud

Uno de los efectos difícil de estimar por carecer de información suficiente, es que muchas persona no acuden a trabajar por estar impedidos materialmente o por salud, en ocasiones debido a que realizan labores para salvar sus pertenencias. Otra causa por la que las personas se ven impedidas para desarrollar sus labores es por la indisponibilidad de sus lugares de trabajo por las inundaciones de los mismos. El considerar ambas posibilidades se obtuvieron los siguientes resultados.

Horas perdidas por enfermedad	252,358.29
Horas perdidas por no poder laborar	255,420.00
Total	507,778.29

Para estimar el costo por enfermedad se partió del tipo de enfermedad contraída por las personas reportadas como enfermas para fijar el periodo de incapacidad, multiplicado por el ingreso medio diario de las personas, según la encuesta del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). En el segundo caso se estimó a partir del ingreso medio (cuatro salarios mínimos) de la población que debe laborar en dichas oficinas.

Pérdidas por suspensión de la actividad económica

Las tiendas y almacenes que se encuentran en las zonas inundadas resienten pérdidas por ventas además de posibles daños a sus mercancías. Los dueños de las tiendas tendrán pérdidas debido a la imposibilidad de vender, los compradores debido al tiempo adicional que deberán tomar para recurrir a proveedores mas lejanos. Los resultados se calcularon a partir del potencial que representa la población afectada, los resultados fueron de poco más de \$650,000.00 pesos, para el periodo de retorno de referencia

Pérdidas por problemas de tránsito

Estimación propia de daños económicos causados a los particulares debido a la imposibilidad de transitar por las vialidades afectadas a causa del desbordamiento del Río Grande de Morelia en diferentes zonas. Lo cual implica un costo adicional debido al uso de vías alternas mas largas y debido al aumento del flujo vehicular en dichas vías alternas, la pérdida de tiempo de los vehículos que normalmente transitan dichas vías por su saturación. En este caso se desarrolló un modelo para estimar el desgaste de los vehículos, la pérdida de tiempo de los ocupantes de los vehículos y el consumo adicional de combustible, para calcular un costo de poco más de \$657 mil pesos.

Aplicación de fórmulas para determinar el valor presente de daños a evitar (beneficios del proyecto)

Horizonte de planeación

El promedio de vida útil de las obras para protección de los centros de población de Morelia, de este estudio es de 50 años, sin embargo para fines de esta evaluación se ha considerado el ajuste hasta el año 20, por lo que queda una holgura general de 30 años.

De este modo el valor de “n” de la fórmula (2) es de 20 años con un año descontado, que es el tiempo en que se espera estén construidas las obras del proyecto.

Tasa de descuento adoptada

La tasa de descuento adoptada para el cálculo de evaluación socioeconómica es del 12%, capitalizable.

5.1. IDENTIFICACIÓN DE BENEFICIOS

Los beneficios identificados en el proyecto de obras de protección para la ciudad de Morelia, Michoacán, son los relacionados directamente con las afectaciones que se tienen en la zona urbana por los desbordamientos de los ríos.

En forma sucinta, los beneficios identificados fueron los siguientes: evitar obras de reconstrucción en zonas urbanas, evitar la asignación de recursos emergentes para renta y compra de maquinaria y equipo para mitigar las inundaciones, evitar la asignación de recursos para acciones posteriores a la ocurrencia de la inundación y evitar los gastos en la reparación de la infraestructura de comunicación (bacheos, renivelaciones, sellos y reconstrucción de caminos vecinales). Es decir que de no realizarse el proyecto de Obras de Protección contra Inundaciones, en la ciudad de Morelia, Michoacán, y en caso de presentarse su desbordamiento, como históricamente se tienen registradas las ocurrencias, los beneficios recién listados se convertirían en costos que la sociedad tendría que solventar o soportar, como recién sucedió en septiembre de 2003.

De la misma manera, existen otros beneficios atribuibles a este tipo de proyectos, como son: restitución del menaje doméstico, indemnizaciones por pérdidas de vidas humanas o evitar las pérdidas comerciales y laborales por la suspensión de actividades durante el siniestro, atención médica a heridos y damnificados, y la valoración del costo de los recursos en la aplicación por parte del Ejército Mexicano de los planes de desastres (DN1, DN2 o bien el DN3 entre otros).

5.2. CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS

A continuación se hace una descripción de cada uno de los beneficios identificados, así como el monto que representó en el evento de septiembre- del 2003, el cual es la base para la determinación de los daños que se evitarán para diferentes tamaño de avenidas, ya que para obtener el beneficio se requiere asociar el monto de los daños a un tamaño de avenida y a una probabilidad de ocurrencia:

- a) Ahorro de recursos al evitar daños causados por inundación en zonas urbanas.

Con la ocurrencia de una inundación en la zona urbana de la Ciudad de Morelia por el desbordamiento de los ríos Chiquito y Grande, se perderían los contenidos de casas, se afectarían casa, comercios, escuelas; se tendrían problemas de tránsito, se perderían horas hombre, pero lo más importante y es precisamente lo que se busca evitar, la pérdida de vidas humanas.

- b) Ahorro de recursos en obras de reconstrucciones, reparaciones menores y parciales en viviendas de las zonas urbanas.
- c) Ahorro de recursos por renta de maquinaria, equipo y suministro de materiales para atender inundaciones.
- d) Ahorro de recursos al realizar acciones posteriores a inundaciones, reforzamientos, rehabilitaciones, maquinaria, etc., en comunidades y colonias.
- e) Ahorro de recursos por bacheos, renivelaciones y sellos en carpeta asfáltica.
- f) Ahorro de recursos por reconstrucción de caminos vecinales.
- g) Ahorro de recursos por daños en el menaje y propiedades personales de las personas afectadas

5.2.1 CUANTIFICACIÓN ANUAL DE LOS BENEFICIOS.

Los beneficios que se obtengan con la construcción de la obra dependen directamente de los caudales que se presenten año con año en el río, y que a través de la propia infraestructura de protección precisamente se evitarán.

Para todos los beneficios enunciados en el apartado anterior, se calcularon los montos económicos destinados a la mitigación de cada uno de ellos y así en la condición con proyecto poder considerarlos como beneficios atribuibles al mismo.

Los importes referidos corresponden a lo ocurrido en el reciente desbordamiento del río Grande y Chiquito en septiembre de 2003. En la siguiente tabla se presentan cada uno de los daños descritos así como su monto valorado.

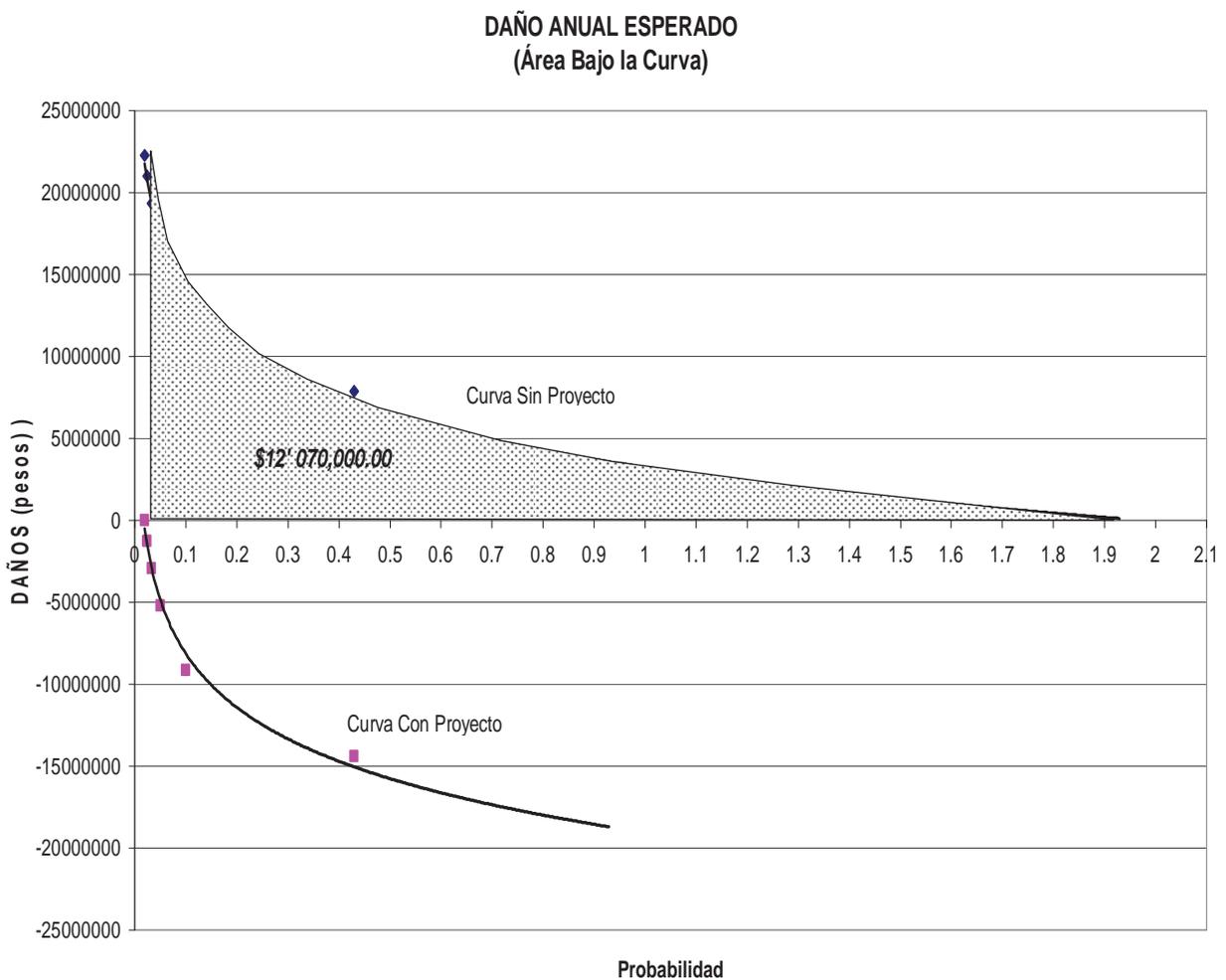
Beneficio	Tr 2.33	Tr 10	Tr 20	Tr 30	Tr 40	Tr 50
Contenidos	4,110,729	6,838,930	8,897,653	10,101,929	10,956,376	11,619,137
Estructuras	2,117,431	3,522,724	4,583,169	5,203,490	5,643,615	5,985,002
Salud	58,686	97,634	127,025	144,217	156,416	165,877
Pérdidas de mercancías	263,344	438,120	570,007	647,156	701,895	744,353
Asistencia pública	855,908	1,423,955	1,852,609	2,103,355	2,281,262	2,419,258
Horas hombre perdidas	206,628	343,762	447,245	507,778	550,727	584,041
Problemas de tráfico	267,548	445,113	579,106	657,486	713,098	756,234
Gran Total	7,880,274	13,110,239	17,056,814	19,365,412	21,003,389	22,273,902

Una vez que se cuenta con la información de la cuantificación de los daños por diversos eventos adicionales al ocurrido en el 2003, es necesario relacionarlo con el caudal que transite por el cauce y su probabilidad de ocurrencia (periodo de retorno) para que una vez que se consideren todos los eventos probables, se pueda determinar el valor anual de los beneficios que se incluirá en el flujo de evaluación. En este caso particular de la

presente evaluación, se consideraron los reflejados en el área bajo la curva de la gráfica “Daños Esperados”, el cual resultó de \$ 12.07 millones, mismos que fueron actualizados a precios de octubre de 2005, por lo cual se afectó por un factor 1.1159 (obtenido de la SHCP, “*Indice Nacional de Precios al Consumidor*”), con lo cual se obtuvo un beneficio de \$ 13’468,913.00.

Por otra parte, dentro del flujo de caja de la evaluación, se consideró que los beneficios obtenidos después del primer año de inversión, ascienden a un 75% del beneficio total.

En la siguiente gráfica se ilustra lo anteriormente descrito.



5.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS COSTOS

Los costos del proyecto identificados comprenden las inversiones destinadas a la construcción de los bordos, así como las destinadas al mantenimiento de la infraestructura.

La evaluación privada de un proyecto consiste en comparar los costos y los beneficios que éste genera con el propósito de decidir si conviene o no realizarlo, desde el punto de vista de un inversionista privado. En consecuencia, los costos y beneficios asociados a cada uno de los componentes del proyecto se determinan de acuerdo a los precios relevantes para el inversionista, es decir, los precios de mercado.

En cambio, la evaluación socioeconómica consiste en comparar los beneficios y los costos para decidir si le conviene a la sociedad realizar el proyecto. En este caso, los precios que deben asignarse a los elementos que intervienen en la determinación de los costos y beneficios son una medida del valor que, en términos de producto nacional, incrementan o disminuyen el bienestar de la sociedad, por unidad utilizada o producida. A estos precios se les conoce como precios sombra, sociales o económicos.

5.4 CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS

a) Costos de inversión

Los costos de inversión identificados corresponden a la realización de las obras a lo largo de los ríos Grande y Chiquito con lo cual se mitigarían los efectos de las inundaciones que se presentan en la zona urbana de la ciudad de Morelia, para ello, se consideran los siguientes:

Concepto	Importe c/IVA	Importe S/IVA	Importe Social
Construcción de obra de control en el Canal Mintzita a río Grande	1,000,000	869,565.22	819,565
Desazolve de ríos y drenes en la ciudad	5,070,000	4,408,695.65	3,747,391
Construcción de Presas para el control y regulación de avenidas sobre el río Chiquito en la ciudad de Morelia	12,000,000	10,434,782.61	9,391,304
Conexión del Colector Pluvial de Ave. Poliducto al dren Carlos Salazar	1,000,000	869,565.22	782,609
Construcción del bordo izquierdo del río Grande tramo Madero Poniente - Morelos Norte	9,170,000	7,973,913.04	7,176,522

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia

Hincado de tubería bajo vía de tren en Arroyo de Tierras	4,750,000	4,130,434.78	3,717,391
Total	32,990,000	28,686,956.52	25,634,783

Fuente: Estimación Propia, OOAPAS.

Concepto	Importe c/IVA	Importe S/IVA	Importe Social
Colector Pluvial Libramiento Oriente de la salida a Charo al río Grande	9,000,000	7,826,086.96	7,127,609
Construcción de la ampliación del puente de Av. Camelinas en el cruce con el río Chiquito	9,250,000	8,043,478.26	7,239,130
Reconstrucción del Puente de Av. Periodismo sobre Arroyo de Tierras	4,000,000	3,478,260.87	3,130,435
Laguna de regulación del dren los Itzicuaros	6,113,937	5,316,466.95	4,784,820
Laguna de regulación Bodega Aurrerá	20,100,000	17,478,260.87	15,730,435
Colector Pluvial Ocampo	9,000,000	7,826,086.96	7,043,478
Colector Pluvial Camelinas – Ventura Puente	7,000,000	6,086,956.52	5,478,261
OBRAS ADICIONALES: Reestructuración del paso FFCC sobre el Río Chiquito, Rectificación del Río Chiquito confluencia con el río Grande.	5,500,000	4,782,608.70	4,304,348
Total	69,963,937	60,838,206.69	54,838,516

Fuente: Estimación Propia, OOAPAS

Concepto	Importe c/IVA	Importe S/IVA	Importe Social
Laguna de regulación Alfalfar	8,800,000	7,652,173.91	6,886,957

Total	8,800,000	7,652,173.91	6,886,957
--------------	------------------	---------------------	------------------

Fuente: Estimación Propia, OOAPAS

b) Costos de operación y mantenimiento

Se efectuó el análisis de los costos de mantenimiento, considerando que durante el temporal de lluvias se depositará limo y arcilla en los drenes construidos, así mismo se considera que varios de los equipos instalados requieren energía eléctrica para su operación, por lo que se hace necesario su mantenimiento preventivo para su mejor operación, para ello, los costos de mantenimiento se calcularon de la siguiente manera:

Costos de Mantenimiento (precios de marzo de 2005)

<i>Concepto</i>	<i>Importe C/IVA</i>	<i>Importe S/IVA</i>	<i>Importe Social</i>
Personal	157,895	137,300	109,840.00
Mantenimiento y Equipo	335,530	281,765	271,621.46
Energía Eléctrica	631,600	549,218	549,218.00
Total	\$1,125,025	\$968,283	930,679.46

Fuente: Estimación Propia.

El flujo de los costos queda de la siguiente manera:

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
COSTOS							
<i>Inversión</i>	25,788,747	54,696,256	6,875,252				
<i>Costo de Mantenimiento</i>			930,679	930,679	930,679	930,679	930,679
<i>Costos totales</i>	25,788,747	54,696,256	7,805,932	930,679	930,679	930,679	930,679

Fuente: Estimación Propia.

5.5 CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD

El objetivo principal de este análisis es identificar la rentabilidad del proyecto en el entendido de que con indicadores de rentabilidad favorables se estará beneficiando a la sociedad. Los proyectos se califican de acuerdo a los criterios del Valor Actual Neto Social (VANS) y la tasa Interna de Retorno Social (TIRS).

Criterio del Valor Actual Neto Social (VANS). Este criterio establece que el valor del proyecto será el valor presente de los flujos netos de efectivo que se espera sean generados por las inversiones realizadas. La regla general establece que un proyecto con VAN negativo debe rechazarse.

$$VAN = \sum \frac{FNE_j}{(1 + R_j)^j}$$

Donde:

VAN	=	Valor actual neto del proyecto
FNE	=	Flujos netos de efectivo esperados
R _j	=	Tasa social de descuento
J	=	Períodos de tiempo

El valor actual neto social (VANS) representa la ganancia que tendría la sociedad en caso de realizarse el proyecto.

Criterio de la Tasa Interna de Retorno Social (TIRS). La TIRS representa la tasa de interés “R” más alta que el proyecto podría pagar (sin perder dinero) durante el horizonte de evaluación, considerando que todos los fondos para el financiamiento se tomaran prestados y este préstamo (capital e interés acumulado) se pagase con las entradas en efectivo (o beneficios) que el proyecto generase a medida que éstas se produzcan. Este criterio es equivalente a hacer el VAN igual a cero, determinándose la tasa que permite que el flujo actualizado sea cero. El criterio de aceptación es cuando la TIR es igual o mayor que la tasa de descuento utilizada.

La evaluación socioeconómica del proyecto da un resultado favorable; con los indicadores que se muestran en el siguiente cuadro.

2006	2007	2008	2009	2010	2012
------	------	------	------	------	------

BENEFICIOS						
Beneficio total		10,101,685	13,468,913	13,468,913	13,468,913	13,468,913
Valor Actual de los Beneficios		9,019,361	10,737,335	9,586,906	8,559,738	6,823,770
COSTOS	30%	63%	8%			
Inversión	25,788,747	54,696,256	6,875,252			
Costo de Mantenimiento			930,679	930,679	930,679	930,679
Costos totales	25,788,747	54,696,256	7,805,932	930,679	930,679	930,679
Valor Actual de los Costos	25,788,747	48,835,943	6,222,841	662,439	591,464	471,511
Flujo de Efectivo = Flujo de efectivo descontado=	25,788,747	44,594,571	5,662,981	12,538,234	12,538,234	12,538,234
	25,788,747	39,816,581	4,514,494	8,924,467	7,968,274	6,352,259

VABS =	97,598,833
VACS =	86,226,293
VANS =	11,372,540
TIRS =	14.44%

Fuente: Estimación Propia.

Como se puede observar, el flujo de caja del proyecto calculado a valor presente es positivo en 11.372 millones de pesos. Esta situación demuestra que la construcción de las Obras de Protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia es rentable para la sociedad.

Criterio de la Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI).

El momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto cuyos beneficios son crecientes en el tiempo se determina cuando la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento (12% de acuerdo a los lineamientos emitidos por la SHCP).

$$\text{TRI} = \frac{(\mathbf{B}_{t+1} - \mathbf{C}_{t+1})}{\mathbf{I}_t}$$

Donde:

\mathbf{B}_{t+1}	=	Beneficio total en el año t+1
\mathbf{C}_{t+1}	=	Costo total en el año t+1
\mathbf{I}_t	=	Monto total de inversión valuado al año t
t	=	Año en que termina la construcción del proyecto
t+1	=	Primer año de operación

Para el caso de la presente evaluación, la Tasa de Rendimiento Inmediato nos indica que el año óptimo para la entrada en operación de las obras es el 2008 (t), es cuando la tasa social es igual o mayor que la tasa de descuento, en virtud que la construcción se considera en tres años (z), se calculará el momento óptimo de la siguiente manera.

$$\text{Momento óptimo} = t - z$$

Donde:

t	=	año óptimo de entrada en operación del proyecto
z	=	período de construcción del proyecto

$$\text{Momento óptimo} = \text{año 2008} - 2 = \text{año 2006}$$

Evaluación Socioeconómica de Obras de Protección contra Inundaciones en la Ciudad de Morelia

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Concepto	0	1	2	3	4	5
<i>Tasa social de descuento</i>		1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
<i>Factor social de descuento</i>		0.892857143	0.7972	0.7118	0.6355	0.5674
BENEFICIOS						
Beneficio total		10,101,685	13,468,913	13,468,913	13,468,913	13,468,913
Valor Actual de los Beneficios		9,019,361	10,737,335	9,586,906	8,559,738	7,642,623
COSTOS						
	30%	63%	8%			
Inversión	25,788,747	54,696,256	6,875,252			
Costo de Mantenimiento			930,679	930,679	930,679	930,679
Costos totales	25,788,747	54,696,256	7,805,932	930,679	930,679	930,679
Valor Actual de los Costos	25,788,747	48,835,943	6,222,841	662,439	591,464	528,093
Flujo de Efectivo =	-25,788,747	-44,594,571	5,662,981	12,538,234	12,538,234	12,538,234
Flujo de efectivo descontado=	-25,788,747	-39,816,581	4,514,494	8,924,467	7,968,274	7,114,530
Tasa de Rendimiento Inmediato (TRI)	-51.05%	6.48%	14.35%	14.35%	14.35%	14.35%

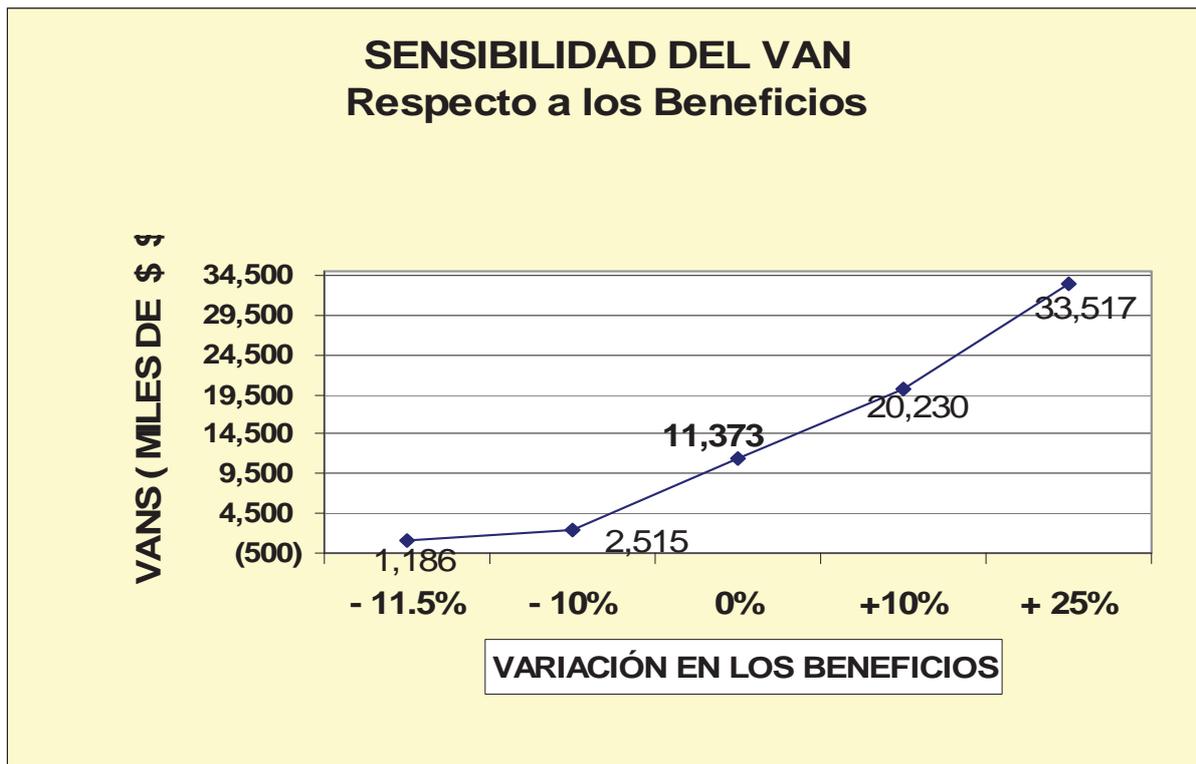
5.6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Variación de los beneficios identificados:

La variación se hizo entre el -25% y el 25%, observándose que el VANS varía a favor de la rentabilidad del proyecto, como se muestra en el siguiente cuadro y la figura correspondiente.

**VARIACIONES EN BENEFICIOS
VANS (MILES DE PESOS)**

FACTOR	- 11.5%	- 10%	0%	+10%	+ 25%
VAN	1,186	2,515	11,373	20,230	33,517
TIRS	12.03%	12.35%	14.44%	16.50%	19.54%



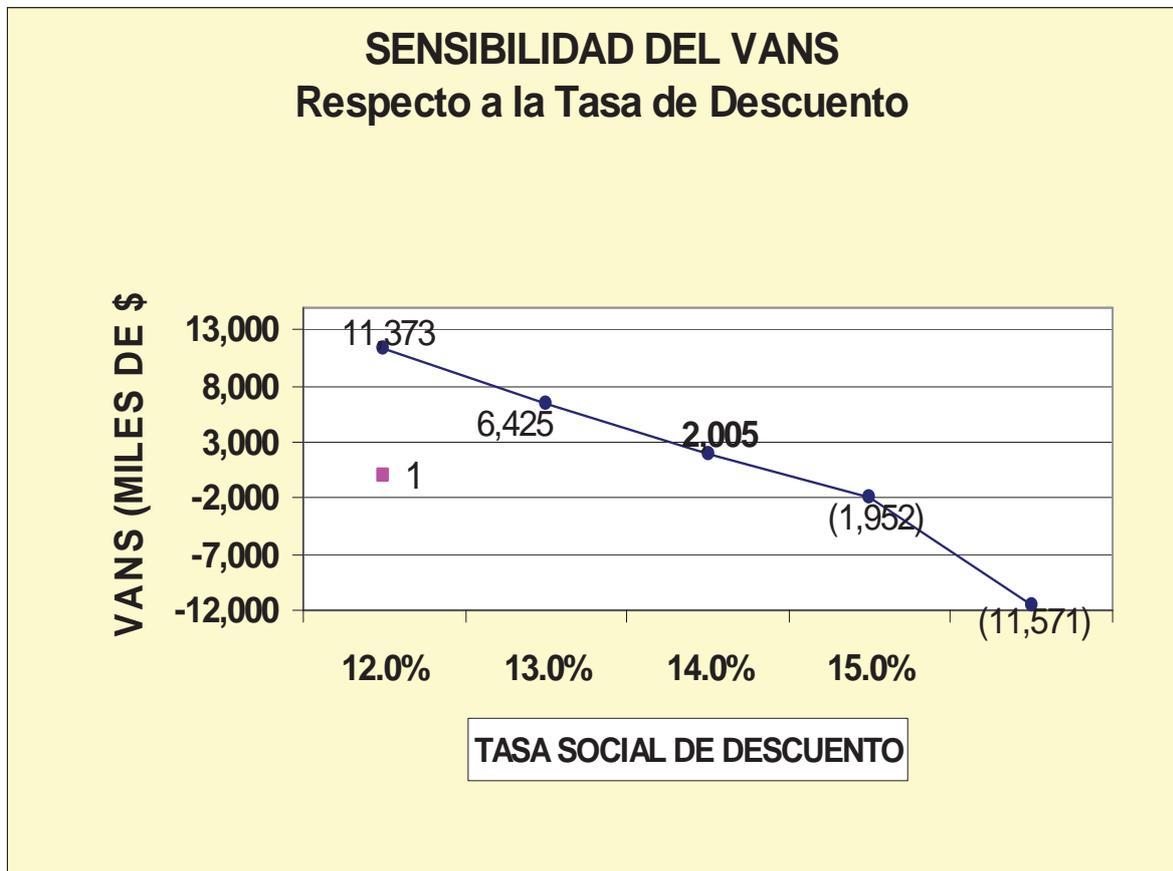
De acuerdo a los análisis de sensibilidad, se concluye que el proyecto no es sensible en cuanto a variaciones porcentuales de hasta 11.5% de decremento de los beneficios.

Modificación de la tasa de descuento:

El objetivo de este punto es mostrar la sensibilidad del VANS ante diferentes tasas sociales de descuento. Para tal fin varía la tasa de descuento y los demás valores permanecen constantes. Con respecto al incremento de la tasa del proyecto, se observa que hasta un incremento del 14% el proyecto encuentra su límite con respecto al valor actual neto social del proyecto (VANS) positivo.

**VARIACIONES EN LA TASA
VANS (MILES DE PESOS)**

TASA	12%	13%	14.0%	15%	18%
VAN	11,373	6,425	2,005	(1,952)	(11,571)

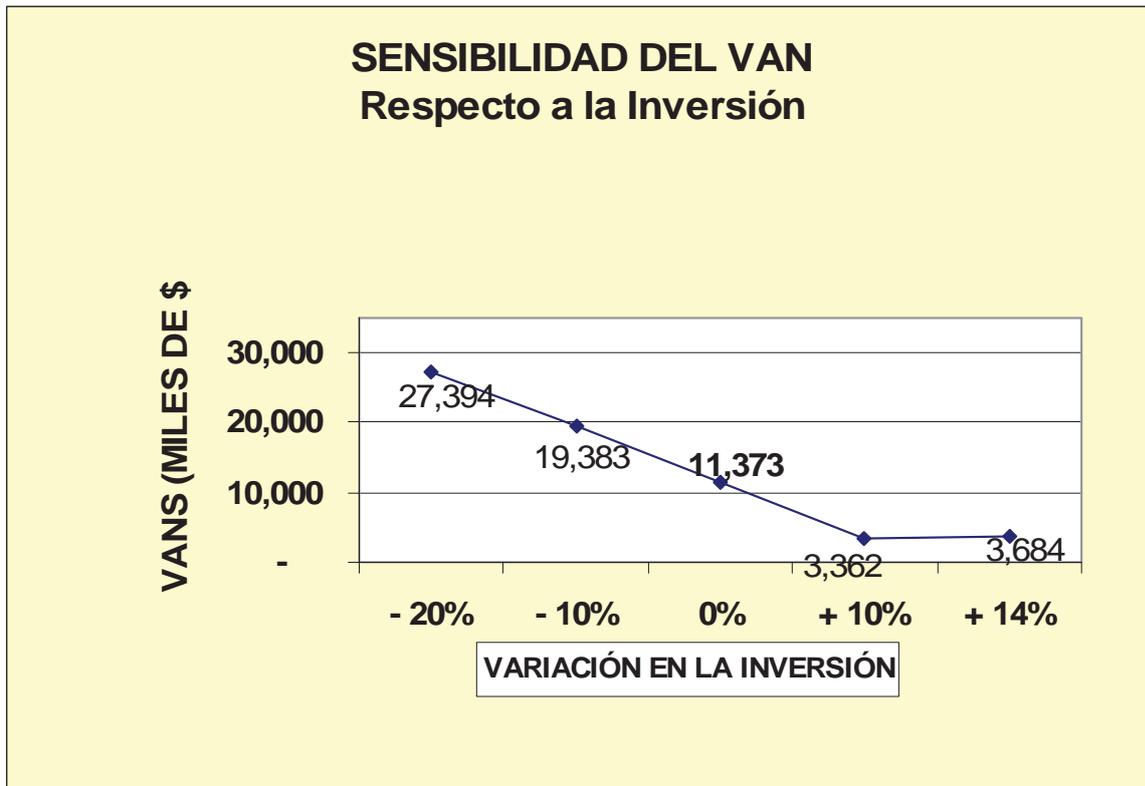


Modificación de la inversión:

Al igual que en los análisis anteriores, se realizaron variaciones de -20% al 14% en el costo de la inversión, dejando los otros valores fijos.

**VARIACIONES EN INVERSIÓN
VAN (MILES DE PESOS)**

FACTOR	-20%	- 10%	0%	+ 10%	+ 14%
VAN	27,394	19,383	11,373	3,362	3,684
TIRS	19.24%	16.59%	14.44%	12.66%	12.03%



De acuerdo a los análisis de sensibilidad, se concluye que el proyecto es sensible en cuanto a variaciones porcentuales de hasta el 14% de incremento de los costos.

Por otro lado no se prevé otro riesgo significativo para la rentabilidad del proyecto.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES

6.1. CONCLUSIONES

La Evaluación socioeconómico se hizo con el afán de determinar la viabilidad de las obras propuestas por las autoridades Morelianas competentes, para evitar los daños causados por los fenómenos hidrometeorológicos como el presentado en septiembre de 2003, que trajo como consecuencia que el tránsito del escurrimiento de la lluvia fuera insuficiente para ser conducido por el sistema fluvial de la ciudad de Morelia.

Debido a que se trata de obras destinadas a proteger la integridad física de las personas y sus propiedades, los parámetros seleccionados son los establecidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Después de revisar la gravedad de los daños posibles de evitarse con la construcción de algunas obras para control de inundaciones, se puede decir que estas se justifican, primero desde un punto de vista socioeconómico, en el que se contabilizan los daños sufridos no sólo por la población directamente afectada por un evento de esta naturaleza, sino por la población en general debido a los contratiempos relacionados con aspectos como la salud y el tráfico vehicular, los cuales entorpecen la actividad económica y social.

Los indicadores sociales señalan que, para este caso, el proyecto es rentable desde el punto de vista socioeconómico, con una TIR SOCIAL mayor del 14.4%, por lo que se recomienda realizar las obras de protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia, Mich.

La evaluación realizada sobre la base de la información disponible y presentada en el proyecto de las obras de protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia y tomando en cuenta los datos de cuantificación de daños a la zona urbana proporcionados por las dependencias correspondientes, indica que el momento socialmente óptimo de invertir en el proyecto es de forma inmediata.

Los resultados del proyecto, considerando un horizonte de evaluación de 20 años, demuestran que la construcción del proyecto de obras de protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia, Michoacán, aportará a la sociedad un beneficio neto de más de 11.372 millones de pesos a precios de 2006, por lo que dicho proyecto es rentable y se recomienda su ejecución, lo cual además de incrementar la protección de la comunidad, también evitará daños al medio ambiente.

El momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto cuyos beneficios son crecientes en el tiempo se determina cuando la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento (12% de acuerdo a los lineamientos emitidos por la SHCP).

Para el caso de la presente evaluación, la Tasa de Rendimiento Inmediato nos indica que el año óptimo para la entrada en operación de las obras es el 2008, que es cuando la tasa social es igual o mayor que la tasa de descuento, en virtud que la construcción se considera en tres años.

6.2. RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES

Las obras de control tienen como propósito uniformizar los caudales de agua que serán conducidos por los ríos Grande y Chiquito de Morelia. Igualmente, las obras tienen un límite de conducción de corrientes equivalentes a un periodo de retorno de 50 años.

Sin embargo, lo más importante es trabajar en una Cultura del Agua, estableciendo que el agua es fuente de vida, creando la conciencia social, sobre todo, en las colonias en donde se han observado mayores daños, que en el caso de presentarse lluvias con un mayor periodo de retorno, nuevamente se producirán daños causados por las aguas que no puedan ser desalojadas aún cuando las obras hidráulicas ayuden a incrementar la capacidad de mitigación de las corrientes.

Por lo anterior, se recomienda a las autoridades de los tres niveles de gobierno, proceder a realizar un nuevo estudio que considere las obras construidas para que con base en las nuevas condiciones hidrológicas se emita la delimitación de la zona federal, esto es tomar en consideración el crecimiento de la mancha urbana.

De la misma manera, se recomienda que las autoridades Municipales, continúen haciendo del conocimiento de la población asentada en la zona federal o susceptible de inundación, sobre los riesgos que esto implica.

Proponer los medios de solución consensada, a largo plazo, para lograr la desocupación de la zona federal y susceptible de riesgo de inundación y sugerir los nuevos usos de las áreas.

En tanto la zona federal y zonas de riesgo de inundaciones, no sea desocupada, será pertinente mantener vigilancia estrecha de veinticuatro horas en épocas de lluvias de tal modo, que la población aún residente de las zonas que posiblemente se dañaran desocupen las viviendas que se afectaran por las inundaciones.

Transformar en el largo plazo, el uso del suelo de áreas vulnerables a las inundaciones, después de construidas las obras de control, será un objetivo permanente en los siguientes años.

Es importante que se lleve a cabo la construcción de la infraestructura del proyecto de obras de protección contra inundaciones de la ciudad de Morelia, Michoacán, de acuerdo a la planeación de protección de la zona urbana, lo cual representa eliminar el riesgo por inundación a la población y la conservación de la infraestructura del municipio.

De acuerdo a los análisis de sensibilidad, se concluye que el proyecto no es sensible en cuanto a variaciones porcentuales de 11.5% de decremento de los beneficios y/o 14% de incremento de los costos. Por otro lado no se prevé otro riesgo significativo para la rentabilidad del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

ESTUDIOS, ANTEPROYECTOS Y PROYECTOS EJECUTIVOS ENCAMINADOS AL MANEJO DE AGUAS PLUVIALES EN LA ZONA METROPOLITANA DE MORELIA, MICHOACAN.

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA 2004

EVALUACION DE PROYECTOS

Rafael Decelis Contreras. Costa-amic editores, s.a., tercera edición, marzo 2002

METODOLOGIAS DE EVALUACION SOCIOECONOMICAS PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

Héctor Eduardo Madrid Luna- R. Rafael Díaz Noria. Comisión Nacional del Agua. 2004