



# **UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No. 8727-15

a la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

## **ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA EL PROYECTO DE CONTROL DE INUNDACIONES QUE PROVOCA EL RÍO ACALPICAN, EN EL MUNICIPIO DE LÁZARO CÁRDENAS, MICHOACÁN.**

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

presenta:

**Jennie Karina Barragán García**

Asesor:

**Ing. Jacob Rocha Gámez**

Uruapan, Michoacán, 29 de Octubre del 2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ponerme en el lugar preciso y con la familia indicada, por cada día que me ha dejado disfrutar de lo mejor de vivir y sobre todo por cada una de las bendiciones que le ha dado a mi vida.

A mi papá Jorge, por creer en mí más que en nadie y por enseñarme a salir a salvo de lo profundo del océano. Eres mi Superman, mi Batman, mi Mr. Increíble y todos mis superhéroes juntos. Te amo pa...

A mi mamá Carina, porque en los momentos con menos sol en mi vida, lo único que sentí cerca fue tu mano. Te amo tanto tanto tanto mami...

A mi esposo Omar, por tu paciencia y tu apoyo, pero sobre todo por tu amor y por luchar conmigo por nosotros. Eres mi mano izquierda y la derecha también.  
Te amo...

Al amor de mi vida, a mí motor, a la dueña de cada una de mis metas y deseos: mi hija María José. Te amo mi angelito...!!!

A mis hermanos: Itzel y Jorge, porque los momentos más divertidos de mi vida los he pasado con ustedes, los amo con el alma y el corazón...

A toda mi familia, por estar siempre conmigo, por ayudarme y sobre todo por apoyarme no solo cuando lo pido, sino cuando más lo necesito...

A mi asesor Ing. Jacob Rocha Gámez, por su apoyo, su tiempo y sus ideas, gracias por todo esto y por ser un amigo para mí.

A todos ustedes, gracias...!!!

# ÍNDICE

## INTRODUCCION

Antecedentes. ....	1
Planteamiento del problema. ....	3
Objetivos. ....	4
Pregunta de investigación. ....	5
Justificación. ....	5
Marco de referencia. ....	7

## CAPÍTULO 1. Evaluación social en proyectos para control de inundaciones

1.1 Evaluación social de proyectos. ....	10
1.1.1 Objetivo. ....	10
1.1.2 Componentes de la fórmula de evaluación socioeconómica. ....	10
1.1.3 Precios socioeconómicos. ....	12
1.1.3.1 Referencias utilizadas para convertir los precios de mercado a precios socioeconómicos. ....	13
1.1.3.2 Estimadores a analizar para obtener los precios socioeconómicos. ....	15
1.2 Evaluación socioeconómica de proyectos para control de inundaciones. ....	16
1.2.1 Componentes de la fórmula de evaluación socioeconómica de los proyectos para control de inundaciones. ....	17
1.2.1.1 Beneficios socioeconómicos directos. ....	17
1.2.1.2 Estimación socioeconómica de beneficios directos. ....	19
1.2.1.3 Esperanza matemática de los beneficios socioeconómicos. ....	22
1.2.2 Determinación de la situación sin proyecto en proyectos para control de inundaciones. ....	23
1.2.2.1 Procedimiento. ....	23
1.2.3 Determinación de la situación con proyecto en proyectos para control de inundaciones. ....	24
1.2.3.1 Costos socioeconómicos directos. ....	24
1.2.3.2 Factores de ajuste de la mano de obra para México. ....	25

1.2.3.3 Costo social de la divisa. ....	26
1.2.3.4 Tipos de proyectos. ....	27
1.2.3.5 Estimación de costos directos. ....	28
1.2.3.6 Programa de construcción de las obras. ....	28
1.2.3.7 Valor presente neto de los costos. ....	29
1.2.3.8 Valor presente neto socioeconómico de los costos sistemáticos. ....	29
1.2.3.9 Situación con proyecto. ....	30
1.2.3.9.1 Beneficios netos indirectos (BNI). ....	30
1.2.3.9.2 Externalidades en los proyectos de control de inundaciones (E). ....	32
1.2.3.9.3 Tasa social o socioeconómica de descuento en México (1+i*). ....	32
1.2.3.9.4 Horizonte o periodo de vida del proyecto (t). ....	33
1.2.3.10 Relación Beneficio Costo ....	33
1.2.3.11 Tasa Interna de Rendimiento. ....	34
1.2.3.12 Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable. ....	35

## **CAPÍTULO 2. Situación sin proyecto y posibles soluciones**

2.1 Diagnostico de la situación actual. ....	38
2.2 Descripción de la situación actual optimizada. ....	57
2.2.1 Formulación de un plan regulador. ....	58
2.2.2 Seguro contra inundaciones. ....	58
2.2.3 Acciones no estructurales ejecutadas. ....	59
2.2.3.1 Estudios básicos. ....	59
2.3 Análisis de la oferta y la demanda de la situación sin proyecto. ....	63
2.3.1 Análisis de la oferta. ....	63
2.3.2 Análisis de la demanda. ....	65
2.3.2.1 Fenómenos hidrometeorológicos. ....	65
2.3.2.2 Vulnerabilidad de fenómenos hidrometeorológicos. ....	69
2.3.2.3. Síntesis del diagnostico de riesgos naturales. ....	71
2.3.2.3.1 Peligro. ....	72
2.4 Alternativas de solución. ....	73
2.4.1 Alternativas no estructurales. ....	74
2.4.1.1 Medidas permanentes. ....	75

2.4.1.2 Medidas de operación. ....	77
2.4.2 Medidas estructurales. ....	79
2.4.2.1 Clasificación de tipo de obra. ....	79

### **CAPÍTULO 3. Descripción del proyecto**

3.1 Objetivo. ....	86
3.2 Propósito. ....	89
3.3 Componentes. ....	89
3.4 Calendario de actividades. ....	93
3.5 Tipo de proyecto o programa. ....	94
3.6 Localización geográfica. ....	94
3.7 Vida útil del programa o proyecto y su horizonte de planeación. ....	96
3.8 Capacidad instalada que se tendría. ....	98
3.9 Metas anuales y totales. ....	99
3.10 Beneficios totales y anuales. ....	100
3.11 Descripción de los aspectos más relevantes de las evaluaciones técnica, legal y ambiental del proyecto. ....	104
3.11.1 Evaluación técnica. ....	104
3.11.2 Evaluación legal. ....	106
3.11.3 Evaluación ambiental del proyecto. ....	107
3.12 Avance en la obtención de los derechos de vía, manifestación de impacto ambiental, cambio de uso de suelo y cualquier otro trámite previo. ....	108
3.13 Costo total de proyecto. ....	114
3.13.1 Etapa de ejecución. ....	114
3.13.2 Etapa de operación. ....	115
3.14 Fuentes de recursos. ....	116
3.15 Supuestos técnicos y socioeconómicos. ....	117
3.15.1 Costo del proyecto. ....	117
3.15.2 Beneficios del proyecto. ....	118
3.15.3 Evaluación del proyecto. ....	118
3.16 Infraestructura existente. ....	119

## **CAPÍTULO 4. Situación con proyecto**

## **CAPÍTULO 5. Evaluación del proyecto**

5.1 Beneficios sociales del proyecto. ....	124
5.1.1 Identificación de beneficios sociales. ....	124
5.1.2 Cuantificación y valoración de beneficios sociales. ....	128
5.2 Costos sociales de proyecto. ....	141
5.2.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos sociales. ....	142
5.2.1.1 Costos sociales de inversión inicial. Antecedentes ....	142
5.2.1.2 Costos sociales de operación y mantenimiento. ....	144
5.3 Calculo de la rentabilidad. ....	146
5.3.1 Índices de rentabilidad. ....	148

## **CAPÍTULO 6. Análisis de sensibilidad y riesgo**

6.1 Sensibilidad del proyecto ante cambios en la tasa social de descuento. ....	151
6.2 Sensibilidad del proyecto ante cambios en los costos y/o beneficios. ....	153

## **CAPÍTULO 7. Metodología, análisis e interpretación de resultados**

7.1 Método empleado. ....	157
7.2 Enfoque de la investigación. ....	157
7.2.1 Alcance. ....	158
7.3 Diseño de la investigación. ....	159
7.4 Instrumentos de recopilación de datos. ....	159
7.5 Descripción del proceso de investigación. ....	162
7.6 Análisis e interpretación de resultados. ....	163

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>169</b>
---------------------	------------

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>173</b>
---------------------	------------

## RESUMEN

Con la elaboración de esta investigación se logró analizar las diversas opciones de obras de protección contra inundaciones y determinar gracias al análisis costo-beneficio, aquella que proporcionará mayores beneficios a las poblaciones aledañas al Río Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán. Esto es, una vez definida la situación actual y la problemática que aqueja a las poblaciones de Acalpican, Playa Azul, El Habillal y La Mira, establecer las alternativas de solución y cuantificar los beneficios y costos de la obra de protección seleccionada como ideal para la población.

Para la realización de esta investigación se utilizó el enfoque cuantitativo, ya que, para llegar a determinar la obra de protección idónea, fue necesario realizar una serie de cálculos matemáticos, esto con la finalidad de cuantificar beneficios económicos y sociales que la obra arrojará a las poblaciones cercanas al Río Acalpican.

Con la realización de este proyecto, se logrará proteger a una de las zonas del país con un alto grado de vulnerabilidad ante fenómenos meteorológicos e inundaciones en centros de población y áreas productivas. Por ello, se llegó a la conclusión de que la obra de protección seleccionada, cumple con los requerimientos técnicos, sociales, legales y ambientales que la hacen factible para su construcción y económicamente rentable.



# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

El Río Acalpican o Carrizal de Arteaga se localiza en la costa del estado de Michoacán, específicamente en la Región Hidrológica no.17 Pacifico-Centro, este río nace en las partes altas de la Sierra Madre Occidental, y recorre el municipio de Lázaro Cárdenas de norte a sur hasta su desembocadura al Océano Pacífico.

Entre el curso del río se encuentran las localidades de Playa Azul, El Habillal, La Mira y Acalpican de Morelos, que debido al aumento en los eventos hidrometeorológicos, lluvias o tormentas intensas, generan escurrimientos de gran magnitud, provocando que el río se desborde ocasionando daños a los 16,903 habitantes de las cuatro poblaciones aledañas, dedicados principalmente a actividades como la agricultura, ganadería, silvicultura y comercio.

Según la UNESCO (1974) se puede considerar como inundación a un aumento del nivel normal del cauce, es decir, se considera que las inundaciones son acontecimientos eventuales. Sin embargo, no es así ya que lo normal es que un río se desborde y continúe con el proceso natural de erosión de sus cuencas.

El análisis de costo beneficio “es una evaluación socioeconómica de proyectos, que consiste en comparar los beneficios contra los costos que implican para la sociedad, es decir, determinar el impacto del proyecto en el bienestar de la

sociedad, el incremento en la economía del país o en mayor disponibilidad de bienes y servicios generados”. (Fontaine; 1998: 9)

Debido a la magnitud e importancia de este tipo de estructuras, es necesario analizar varias opciones para así, elegir aquella en que los costos y beneficios directos e indirectos sean tangibles tanto para la población, como para las industrias y la economía misma de la comunidad.

En la biblioteca de la Universidad Don Vasco A.C. no existe ninguna tesis relacionada con este tipo de investigación; sin embargo, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo cuenta con algunas como la elaborada por Francisco Servín Barriga (2007) sobre Obras de protección contra inundaciones en la ciudad de Morelia, también la elaborada por Santiago Andrade Lázaro (1996) dedicada a un Proyecto de protección contra inundaciones de la llanura inundable, por el Río San Pedro en el estado de Nayarit.

## **Planteamiento del problema.**

A través del tiempo, a partir del momento en que la erosión comienza a hacer estragos a la cobertura vegetal, el Río Acalpican han sufrido el fenómeno de la acumulación de azolve en los tramos donde la pendiente es más ligera, menor de 0.5%, específicamente en la zona aledaña a las comunidades de Playa Azul, El Habillal, La Mira y Acalpican de Morelos.

Esta situación representa graves riesgos para el municipio, ya que una avenida máxima extraordinaria ocasionaría daños no solo a las viviendas y construcciones del lugar, sino también, pone en riesgo vidas humanas. Además, este tipo de eventos altera el curso de las principales actividades económicas de la población como son la agricultura, ganadería, silvicultura y el comercio.

Un factor que incrementa el riesgo de las inundaciones es la localización de las zonas urbanas, esto debido al acelerado crecimiento demográfico, provocando que cada vez más familias se sitúen a lo largo de las orillas de los ríos; que a su vez y debido a los cambios considerables en las condiciones climatológicas, dan lugar a regímenes hidráulicos muy irregulares, es decir, alteran estiajes duraderos con periodos de avenidas muy grandes.

Para poder analizar la problemática del Río Acalpican, es necesario incluir los últimos 8 kilómetros antes de su desembocadura al Océano Pacífico, que es la zona donde frecuentemente se presentan problemas de inundación.

Este análisis debe hacerse considerando la situación actual del río y su posible comportamiento a futuro, determinando la problemática de las afectaciones producidas, tanto sociales como económicas, en caso de desbordamiento.

### **Objetivos.**

Objetivo general:

Analizar las alternativas de solución y determinar por medio del análisis costo beneficio, la obra de protección más conveniente para el control de inundaciones que provoca el desbordamiento del Río Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas Michoacán.

Objetivos particulares:

- A) Definir la situación actual y la problemática.
- B) Describir la situación del ambiente sin proyecto y con proyecto.
- C) Establecer las alternativas de solución para la obra de protección.
- D) Identificar los beneficios y los costos de la obra de protección seleccionada.
- E) Determinar los beneficios sociales y económicos que la obra de protección seleccionada proporcionará a la población.

### **Pregunta de investigación.**

¿Derivado del análisis de costo beneficio para el proyecto de control de inundaciones que provoca el desbordamiento del Río Acalpican, el proyecto es factible social y económicamente para la población del municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán?

### **Justificación.**

La importancia de la realización de esta investigación radica en conocer la diferencia entre los daños probables ocasionados a las comunidades de Playa Azul, El Habillal, La Mira y Acalpican de Morelos, con y sin la construcción de la obra de control de inundaciones. Los beneficios principales son conocer el tipo de obra de protección que debido a las características topográficas, hidráulicas y geológicas del lugar, sea la más factible para ser construida; tomando en cuenta las necesidades de la población y que se cumpla con la característica más importante: ser económicamente factible.

Los beneficios intangibles (externalidades positivas) del control de inundaciones, incluyen la prevención de pérdidas humanas y la reducción de las enfermedades producidas por las condiciones que crean las inundaciones.

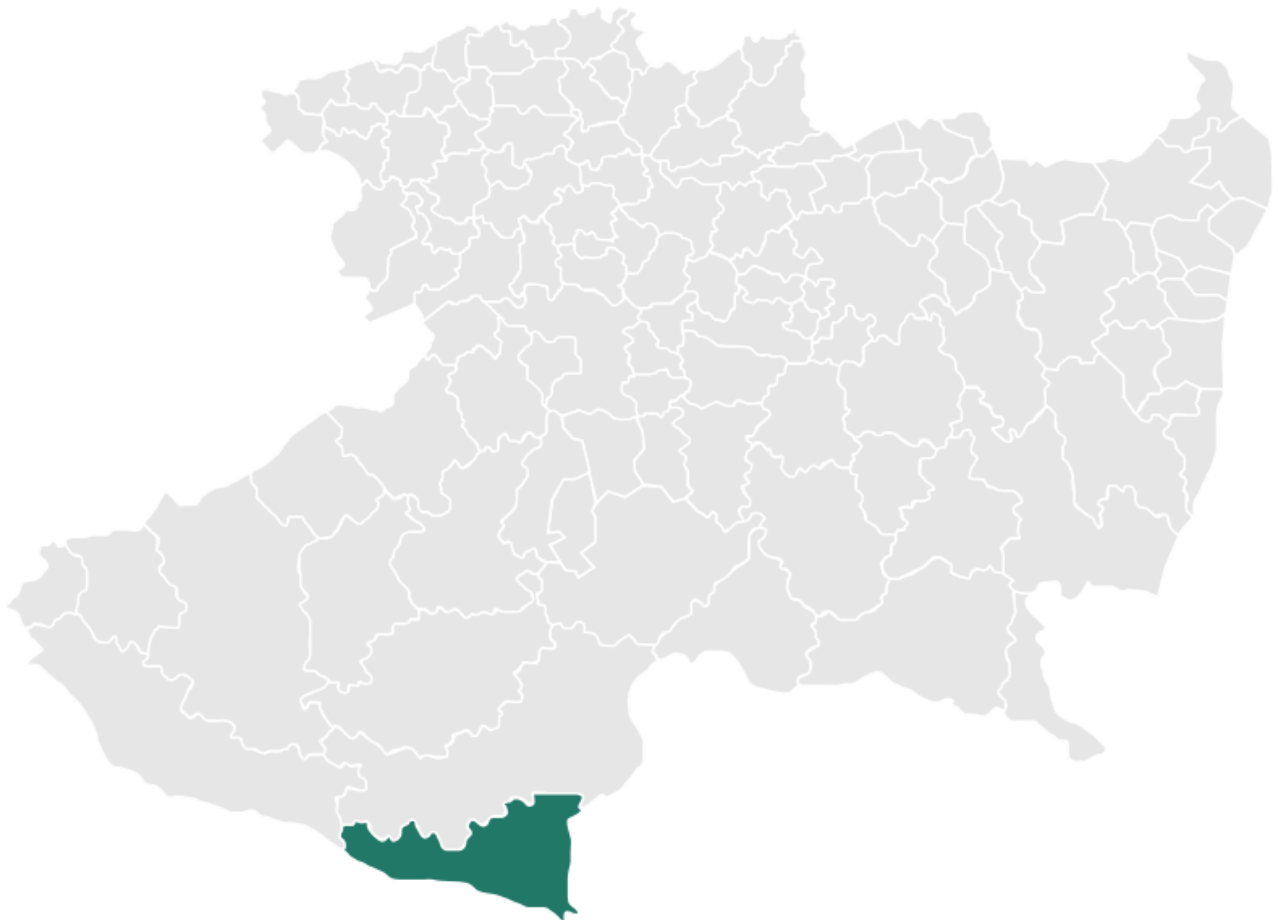
Los beneficios generales de este tipo de obras se calculan comparando el daño esperado sin proyecto y los daños evitados con la construcción de las obras.

Los beneficiarios de esta investigación principalmente son a la población de las comunidades de Playa Azul, El Habillal, La Mira y Acalpican de Morelos, ya que se propondrá una solución al control de las posibles inundaciones que pueda ocasionar el Rio Acalpican; también se beneficiara a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, ya que esta investigación servirá como apoyo para la elaboración de análisis de costo beneficio para cualquier tipo de proyectos a ejecutar.

Además, se beneficiará a la Ingeniería Civil en general, ya que se propondrán una serie de alternativas para obras de protección contra inundaciones, indicando los beneficios y costos de cada una de ellas, para una zona en particular, y se dará una solución óptima y rentable.

**Marco de referencia.**

El proyecto se ubica en la costa michoacana, Región Hidrológica no. 17 Pacífico-Centro, en la parte de planicie de la cuenca del Río Acalpican o Carrizal de Arteaga que tiene su origen en las partes altas de la Sierra Madre Occidental. Geográficamente se localiza a los 18° 00' Latitud Norte y 102° 21' Longitud Oeste de Greenwich entre las localidades de Playa Azul, El Habillal y Acalpican de Morelos, dentro del municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán.



*Ubicación geográfica del municipio de Lázaro Cárdenas en el estado de Michoacán.*

**FUENTE:** Proyecto Ejecutivo “Encauzamiento del Río Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán”

El clima de la región es tropical con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1,276.8 milímetros y una temperatura media anual de 27.8°C.

En el municipio domina el bosque tropical deciduo, con papaya, zapote, mango, tepeguaje, congolote, parota y ceiba, palma, coco, anona, coyol, enandi y cuéramo.

Su fauna la conforman el armadillo, cacomixtle, zorro, tlacuache, venado, coyote, nutria, ocelote, jabalí, pato, cerceta, faisán y especies marinas.

En el municipio se cuenta con grandes yacimientos minerales, principalmente de fierro. Los suelos, en su mayoría, son de uso ganadero y forestal, en menor proporción agrícola.

El cauce del río Acalpican se desborda cada vez que se presentan escurrimientos mayores de 100 m<sup>3</sup>/s, inundando alrededor de 1,500 ha., principalmente de uso agrícola de riego y el área urbana de tres centros de población, provocando la pérdida de la producción agrícola, infraestructura existente y viviendas, además, genera gastos extraordinarios por la atención de la emergencia. Según las estadísticas hidrometeorológicas, en la región se presentan precipitaciones que generan escurrimientos de más de 100 m<sup>3</sup>/s varias veces el mismo año, por lo que la población vive en constante riesgo cada vez que inicia la temporada de lluvias.



## **CAPÍTULO 1**

# **EVALUACIÓN SOCIECONÓMICA EN PROYECTOS PARA CONTROL DE INUNDACIONES**

La evaluación social de proyectos consiste en comparar los beneficios con los costos que dichos proyectos implicarán para la sociedad; es decir, consiste en determinar el efecto que el proyecto tendrá sobre el bienestar de la sociedad (bienestar de la comunidad).

“Es claro que el bienestar social de una comunidad dependerá de la cantidad de bienes y servicios disponibles (producto o ingreso nacional), de la cantidad relativa de bienes y servicios recibidos por cada uno de sus miembros que la componen (distribución personal de ese ingreso nacional)...”. (Fontaine; 1973: 272)

De acuerdo con la metodología propuesta por el Licenciado en Economía Benito López Covarrubias en su tesis para obtener el grado de maestría, es importante determinar, en todos los casos, los siguientes elementos, para realizar una evaluación social que cumpla con los requerimientos mínimos de protección social.

## 1.1 Evaluación socioeconómica de proyectos.

### 1.1.1 Objetivo.

La evaluación socioeconómica de proyectos tiene como objetivo principal ubicar recursos y servicios públicos escasos o nulos, en proyectos cuya finalidad consiste en que la comunidad disponga de una mayor cantidad de bienes y servicios.

### 1.1.2 Componentes de la fórmula de evaluación socioeconómica.

La fórmula utilizada para la evaluación socioeconómica, es la siguiente:

$$VPN^* = \sum_{t=0}^n \frac{(\sum XiP^* i - \sum YjP^* j) + BNI + E}{(1+i^*)^t}$$

Donde:

$VPN^*$  = Es el valor presente o valor actual neto de un proyecto.

$\sum XiP^* i$  = Es la suma de los beneficios directos  $X_i$ , identificados en un proyecto multiplicados por su precio socioeconómico  $P^*$ .

$\sum YjP^* j$  = Es la suma de los costos directos  $Y_j$ , identificados en un proyecto multiplicados por su precio socioeconómico  $P^*$ .

**$BNI$  = Beneficios (positivos y negativos) netos indirectos.** Se identifican los efectos indirectos tanto positivos como negativos que puede generar el proyecto con su implementación, al ocasionarse cambios en la producción y consumo de los bienes relacionados con los que se elaboraría el proyecto (Sapag; 1983).

**E Externalidades** = Se identifican las externalidades positivas y negativas producidas de un proyecto. En la evaluación socioeconómica lo que se pretende es internalizar los beneficios o costos de las externalidades en la evaluación del proyecto.

**I Intangibles** = Aún cuando en la fórmula no se declaran expresamente los efectos intangibles, éstos deben incluirse en el flujo de caja socioeconómica, siempre y cuando sea posible medirlos. El CEPEP de Banobras considera incluir en este componente los efectos de redistribución del ingreso que es muy difícil de estimar.

$(1+i^*)$  = Es la tasa de descuento socioeconómica. Sapag afirma que *“la tasa social de descuento resulta difícil de medir por lo que frecuentemente es calculada por la entidad estatal, que la pone a disposición de quien deba evaluar socialmente proyectos”*, además, considera que existen dos posibilidades para estimar la tasa socioeconómica de descuento: la primer situación se refiere a la no apertura de mercados de capital libre de distorsiones, en este caso la tasa socioeconómica de descuento debería producirse de la interacción de la oferta y demanda de fondos para ser invertidos; la segunda posibilidad considera un mercado de capitales abierto, en este caso la tasa se estima considerando el costo de obtener fondos en el extranjero (suponiendo que el país importa capitales), el riesgo del país y la presencia de distorsiones en el mercado interno si fuera pertinente.

Para Fontaine (1973), la tasa socioeconómica de descuento puede ser estimada de la siguiente forma: los impuestos a las utilidades del capital hacen que la rentabilidad total (social) del capital, sea mayor que la rentabilidad que reciben los

inversionistas. Puede considerarse que de las rentas totales que produce el capital, una parte va al inversionista y otra va al Estado a través del cobro de impuestos. De modo que si el capital rinde 15% en total y existe un impuesto del 33% sobre utilidades, la rentabilidad privada del capital es del 10%, en tanto que su rentabilidad social es del 15%.

$t$  = Periodo de vida u horizonte del proyecto.

$P^*$  = Precios socioeconómicos a los que se valoran los beneficios y costos de los proyectos, y como únicamente son idénticos cuando existen mercados de libre y perfecta competencia, a continuación se aborda el tema de la conversión de los precios socioeconómicos.

### **1.1.3 Precios socioeconómicos.**

El sistema de “*Precios de Cuenta*” denominado **LMST**, se basa en el empleo de precios internacionales y no en el de precios internos así, después de aplicar un complejo procedimiento de cálculo, se obtiene un factor de conversión que se multiplica por el precio de mercado del bien sujeto a evaluación, dando por resultado el precio de cuenta.

En 1988 en México se hizo un estudio para determinar los precios sombra y los factores de ajuste, los resultados de ese estudio arrojaron factores alrededor del 0.70, para la mayoría de los precios analizados, con excepción del precio de cuenta del petróleo cuyo factor fue de 1.034. Actualmente, no se sugiere tomar estos

factores para ajustar los precios de mercado de los proyectos de evaluación socioeconómica, ya que la metodología LMST ha quedado fuera de uso en virtud de que a partir de abril de 1999, los proyectos que requieran financiamiento parcial o total de fondos federales o el apoyo del gobierno federal mexicano para obtener préstamos internacionales, deben sujetarse a la evaluación socioeconómica de proyectos que se basa en la apreciación de los *valores del mercado interno* dentro de un marco de teoría económica.

De este modo, en 1999 Banobras, que interviene en el proceso de gestión del financiamiento de proyectos federales, preparó y sugirió una metodología socioeconómica para ajustar los precios de mercado en precios socioeconómicos, mediante la edición del libro: *Apuntes sobre evaluación social de proyecto*.

Sin embargo, actualmente, no se cuenta con un catálogo de precios socioeconómicos que facilite el ajuste de los precios de mercado y existe la práctica aún vigente de realizar los estudios de factibilidad con la metodología LMST.

#### **1.1.3.1 Referencias utilizadas para convertir los precios de mercado a precios socioeconómicos.**

Para la evaluación de beneficios y costos socioeconómicos es necesario transformar los precios de mercado a precios socioeconómicos. Para esto la metodología establecida por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos **CEPEP**, del Banco Nacional de Obras y Servicios

Públicos, **SNC**, en 1999. Banobras, proporciona las siguientes referencias sobre los precios socioeconómicos:

*“Así, para estimar el valor social de la producción es necesario conocer el precio social del bien en cuestión. Como ya dijimos, lo ideal es que los precios sociales sean estimados por la autoridad central del país, de tal forma que no sea necesario hacer todas las estimaciones al evaluar cada proyecto, con lo que se ahorrarían esfuerzos y no se correría el riesgo de que cada evaluador llegue a distintas estimaciones de precio de un mismo bien.*

*En esta sección (la del texto de referencia), nos referiremos a la metodología para determinar el valor social de la producción y los precios sociales de los bienes, a partir de sus respectivos precios de mercado. El ajuste que tendrá que hacerse para llegar al precio social dependerá del tipo de mercado de que se trate, de las distorsiones existentes y de otras variables que oportunamente señalaremos.*

*Si fuera cierto que en todos los mercados se observara que el beneficio marginal social de consumir un bien fuera igual a su costo marginal social de producirlo, entonces no habrían distorsiones y, por lo tanto, el precio privado coincidiría con el social.” (CEPEP; 1999)*

### **1.1.3.2 Estimadores a analizar para obtener los precios socioeconómicos.**

Fontaine (1973), proporciona una lista de las principales distorsiones a que están sujetos los precios de mercado, que se deben analizar para transformar los precios de mercado a precios socioeconómicos:

- a) Las imperfecciones del mercado de bienes y servicios, provenientes de situaciones de monopolio y monopsonio, especialmente en los países latinoamericanos, constituyen otra razón para que la evaluación social de un proyecto pueda arrojar resultados diferentes y aún contradictorios a los que se obtienen de su evaluación privada o financiera...
- b) Existen una serie de disposiciones legales (impuestos y subsidios, cuotas, prohibiciones, etc.) que también conducen a que los precios de productos e insumos en el mercado difieran de sus verdaderos valores, tal es el caso, por ejemplo, de las tarifas aduaneras o exenciones tributarias que resultan rentables para el empresario, actividades que pueden no ser rentables desde el punto de vista del país en su conjunto.
- c) Las restricciones e incentivos al comercio exterior, además de introducir distorsiones en los precios de los bienes afectados, normalmente conducen a que el precio de mercado de las divisas difiera de su verdadero valor o costo para el país.
- d) Existen regiones donde, temporal o permanentemente, prevalecen condiciones de amplio desempleo de trabajadores, sugiriendo que el costo privado de la mano de obra para el empleador es distinto del verdadero costo que éste impone sobre la comunidad.

Los estudios de cada uno de los mercados a considerar se reflejarán necesariamente en la determinación de los factores de ajuste, mismos que al multiplicarse por su valor de mercado darán como resultado el valor social o valor socioeconómico de los beneficios y costos del proyecto en cuestión.

Un aspecto importante a considerar es la vigencia de los factores de conversión de precios de mercado a precios sociales, es decir, su aplicación corresponderá al tiempo en que se realiza la evaluación socioeconómica; de tal modo, que, no es recomendable aplicar los factores encontrados hace diez o más años a un proyecto que se puede realizar ahora, por ello, será necesario actualizar los valores de beneficios y costos cuando se tenga la posibilidad de construir la obra seleccionada a costo mínimo y máximo beneficio.

## **1.2 Evaluación socioeconómica de proyectos para control de inundaciones.**

El objetivo de los proyectos para control de inundaciones es el de preservar la vida humana y conservar los bienes existentes en una zona que tiene diversos grados de vulnerabilidad a los desastres, provocados por avenidas de agua que se producen a consecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos.

En consecuencia, el objetivo de los proyectos de protección contra inundaciones, no es el de ampliar la oferta de bienes o de servicios, como la producción de satisfactores de consumo. Su objetivo es el de evitar que los medios de producción y distribución se pierdan a causa de las inundaciones.



Es importante tomar en cuenta que si bien la construcción, mantenimiento y operación de las obras garantizan seguridad a la población, será necesario realizar estudios hidrológicos periódicos, que permitan conocer las condiciones de funcionamiento de la obra para mantener las acciones de protección civil.

## **1.2.1 Componentes de la fórmula de evaluación socioeconómica de los proyectos para control de inundaciones.**

### **1.2.1.1 Beneficios socioeconómicos directos.**

Los *beneficios socioeconómicos directos* se integran por la suma de los daños a evitar por su precio socioeconómico:  $\sum_{i=1}^n XiP * i$

Donde  $Xi$  es la suma de todos los bienes existentes en una población susceptibles a las inundaciones y su cuantificación está en función de las diversas envolventes de profundidad que alcanzarían las avenidas en las áreas de inundación.

Una clasificación que se propone para la valoración de los beneficios directos es la siguiente:

1. Urbanos. Casas y edificios para vivienda, menaje de casa (todo tipo de muebles para uso doméstico), vehículos particulares. En cuanto a infraestructura urbana se deben considerar: la de transporte (autopistas, avenidas, calles, vías férreas, aeropuertos, aeródromos), medios de comunicación: líneas telefónicas, líneas

telegráficas, fibra óptica; fuentes de energía: plantas, tendidos y líneas de conducción. En cuanto a infraestructura hidráulica: acueductos, redes de agua potable, redes de alcantarillado, plantas de tratamiento, estaciones meteorológicas, etc..

2. Industriales. Activos existentes en la planta industrial de la zona (edificios, maquinaria, equipo, incluye materias primas e inventarios).
3. Comerciales. Infraestructura de locales comerciales y bodegas, maquinaria, equipos y vehículos.
4. Servicios. Escuelas, centros de enseñanza y capacitación, centros de salud, oficinas de gobierno, instalaciones deportivas y de recreación.
5. Agropecuarios. Zonas de cultivos, infraestructura de riego, redes, canales, sistemas de bombeo, sistemas de drenaje superficial y subsuperficial, casas habitación, etc..

**P\*** es el precio social o socioeconómico, por el que se deben cuantificar cada uno de los bienes considerados como *beneficios*, es el resultado de aplicar un factor de ajuste a los precios de mercado.

### 1.2.1.2 Estimación socioeconómica de beneficios directos.

El valor presente de los beneficios, una vez transformados los precios de mercado en precios socioeconómicos, se calcula con base en la fórmula del *factor valor presente pago único* y de su variante para la serie de valores uniformes en el horizonte del proyecto, con el *factor valor presente serie uniforme* y de acuerdo con los siguientes aspectos:

1. En el cálculo del *Valor Presente* se debe incorporar el valor socioeconómico de los beneficios identificados en el año base, en el momento de la evaluación. Esto se basa en el hecho de que los bienes ya existen y se debe incluir su monto monetario como valor presente en el año cero o año base.

A continuación, se presenta la fórmula para calcular el Valor Presente (Blank; 1992):

$$VPb = B_1 \left[ \frac{1}{(1+i^*)^1} \right] + B_2 \left[ \frac{1}{(1+i^*)^2} \right] + \dots + B_{n-1} \left[ \frac{1}{(1+i^*)^{n-1}} \right] + B_n \left[ \frac{1}{(1+i^*)^n} \right]$$

El uso de esta fórmula, permite incorporar flujos y tasas de descuento variables a través del horizonte del proyecto.

Ahora, se presenta la fórmula abreviada para estimar el valor presente de una serie uniforme que comienza al final del año uno y se extiende durante  $n$  años, para flujos y tasas de descuento uniformes en el horizonte de planeación (Blank; 1992):

$$VPb = B_0 \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \longrightarrow \text{para } i \neq 0$$

Las dos fórmulas anteriores únicamente ajustan los flujos de efectivo al final del año uno, pero en el caso de la evaluación socioeconómica de proyectos de control de inundaciones, debe considerarse el beneficio determinado en el año base o año cero, es decir, es necesario incorporar el valor de dicho beneficio. Con esta consideración la fórmula para calcular el valor presente de los flujos de efectivo queda como se expresa a continuación (Sainz; 2000):

$$VPb = B_0 + B_1 \left[ \frac{1}{(1+i^*)^1} \right] + B_2 \left[ \frac{1}{(1+i^*)^2} \right] + \dots + B_{n-1} \left[ \frac{1}{(1+i^*)^{n-1}} \right] + B_n \left[ \frac{1}{(1+i^*)^n} \right]$$

Donde el valor de  $B_0$ , corresponde al valor de los beneficios identificados en el momento de la evaluación o periodo base. Los valores  $B_1, B_2, \dots, B_{n-1}$  y  $B_n$ , corresponden a la serie uniforme de los beneficios identificados en el momento de su estimación, así, los valores  $B_i$ , se ajustan hasta el último periodo de la vida del proyecto. Una de las ventajas de la aplicación de esta fórmula es que se puede emplear cuando las tasas de interés se modifican durante el horizonte del proyecto.

2. Dada la actividad económica y el proceso de desarrollo y crecimiento de los sectores que integran la infraestructura consolidada a proteger en los proyectos para control de inundaciones, es importante considerar una tasa de crecimiento para cada uno de los bienes, esta tasa a la que se conoce como *gradiente G*, que debe incorporarse al valor presente de los beneficios.

Fórmula para obtener el VAN de los beneficios socioeconómicos directos, incorporando la tasa de su crecimiento durante el periodo de vida del proyecto:

$$VPNb = \sum_{i=1}^n B_0 + \frac{\sum_{i=1}^n B_0(1+G)}{(1+i^*)} + \frac{\sum_{i=1}^n B_0(1+G)^2}{(1+i^*)^2} + \dots + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} B_0(1+G)^{n-1}}{(1+i^*)^{t-1}} + \frac{\sum_{i=1}^n B_0(1+G)^n}{(1+i^*)^t}$$

La ventaja de emplear esta fórmula es que permite actualizar el valor presente neto de los beneficios, *cuando la tasa de descuento no es uniforme* durante la vida del proyecto. La desventaja consiste en la actualización de flujos de caja para periodos de cincuenta o más años correspondiente a la vida útil del proyecto, de ahí la necesidad de obtener una fórmula simplificada en la que es necesario incorporar una tasa uniforme para evitar errores de cálculo.

Fórmula abreviada de la expresión anterior, para tasa social de descuento uniforme.

$$VPNb = Bo \left[ \frac{\left( \frac{1+G}{1+i^*} \right)^{n+1} - 1}{\left( \frac{1+G}{1+i^*} \right) - 1} \right]$$

En ambos casos,  $G$  es la tasa de crecimiento anual del sector en el área de inundación e  $i^*$  es la tasa social de descuento. Es importante observar que el primer gradiente se aplica al final del primer periodo.

### 1.2.1.3 Esperanza matemática de los beneficios económicos.

La estimación de los beneficios de un proyecto para control de inundaciones, obliga a calcular los beneficios esperados para cada nivel de profundidad que alcanzaría el agua en las diversas envolventes determinadas en el estudio hidrológico. Por lo tanto, para cada periodo de retorno al que corresponde un riesgo de falla, se obtienen los beneficios económicos esperados en cada nivel de inundación y la acumulación de estos beneficios da como resultado final los beneficios económicos esperados totales.

Las fórmulas para calcular la *Esperanza Matemática* de los beneficios económicos, son las siguientes (Sainz, R.; 1999):

$$BA^*_1 = Si(R_1 = R_2) \therefore R_1(B^*_2 - B^*_1)$$

$$BA^*_1 = Si(R_1 \neq R_2) \therefore (R_1 - R_2) \left( \frac{B^*_2 - B^*_1}{2} \right) + R^*_2 (B_2 - B_1)$$

Donde:

$R_1$  y  $R_2$  corresponden a los valores del riesgo de falla para los periodos de retorno  $Tr_1$  y  $Tr_2$ .

$B_1$  y  $B_2$  corresponden a los beneficios identificados para la envolvente de inundación  $Tr_1$  y  $Tr_2$ .

Las fórmulas anteriores se aplican sucesivamente, hasta incluir los beneficios identificados de la última envolvente de inundación. Los valores obtenidos se ordenan para determinar la situación sin proyecto.

## **1.2.2. Determinación de la situación sin proyecto en proyectos para control de inundaciones.**

### **1.2.2.1 Procedimiento.**

1. Periodos de retorno. Corresponde a los periodos de retorno (en años), determinados para esta cuenca hidrológica. Con el objeto de cumplir con la segunda propiedad de la esperanza matemática de una variable discreta:  $\sum_x p(x) = 1$

2. Riesgo de falla. Corresponde a los valores del riesgo de falla para cada uno de los periodos de retorno determinados. El riesgo de falla se calcula con la fórmula

$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{Tr}\right)^n$ , en donde la  $n$  de esta fórmula debe tomar el valor numérico del

horizonte de planeación o sea al número de años de la vida útil del proyecto.

3. Valor Presente de los beneficios identificados. Corresponde al valor presente de los beneficios identificados ajustados a su precio socioeconómico, para cada una de las inundaciones determinadas en la cuenca.

4. Beneficios Económicos Esperados. Corresponde a los valores de los beneficios económicos esperados.

5. Beneficios Económicos Esperados Totales. Corresponde a los valores de los beneficios económicos esperados totales.

### **1.2.3 Determinación de la situación con proyecto en proyectos para control de inundaciones.**

#### **1.2.3.1 Costos socioeconómicos directos.**

Los costos socioeconómicos directos  $\sum Y_j P^* j$  se refieren a la construcción de la obra correspondiente a la alternativa seleccionada por su costo mínimo. La estimación debe comprender el análisis de los precios socioeconómicos unitarios necesarios para construir obras tales como: una presa de materiales graduados, canales con revestimiento, rectificación de cauces, caminos, plantas de bombeo, edificación de obra civil, desmontes y nivelación de tierras; además, debe incluir maquinaria, equipo eléctrico y de bombeo, y residencia de construcción, e indemnizaciones por afectaciones de las obras.



Además, deberán incluirse los costos por mantenimiento, operación y reposición o refacciones.

### 1.2.3.2 Factores de ajuste de la mano de obra para México

Para el cálculo del costo social de la mano de obra, el CEPEP de Banobras y el CEPEP del ITAM, consideran que los factores de conversión vigentes, son los siguientes:

<b>MANO DE OBRA</b>	<b>FACTOR DE CONVERSION</b>
Calificada	1.00
Semi-calificada	0.80
No calificada	0.70

**FUENTE:** Benito López Covarrubias. (2001)

*Tabla 1.1 Factores de ajuste de la mano de obra*

Cuando no exista información oficial para determinar los factores de conversión de la mano de obra se puede recurrir, a la aplicación de las siguiente fórmula:

Factor de conversión de la mano de obra calificada:

$$\text{MOC} = \left( \frac{\text{HERMOC}}{\text{HMMOC}} \right)$$

Donde:

**MOC** = Es el factor de conversión de la mano de obra calificada, de su valor de mercado a su valor socioeconómico.

**HERMOC** = Corresponde al valor socioeconómico de la mano de obra calificada.

**HMMOC** = Corresponde al valor de mercado de la mano de obra calificada.

Los factores de conversión para la mano de obra semi-calificada y no calificada, se realizarán con un procedimiento similar al anterior.

En todos los casos, el evaluador deberá contar con la aprobación previa de los factores de conversión, por parte de la entidad gubernamental que pueda financiar el proyecto de obra de control de inundaciones.

### **1.2.3.3 Costo social de la divisa.**

Actualmente, aún es difícil conocer cuál es el valor social de la divisa, por lo tanto, se sugiere a los evaluadores consultar a la autoridad competente, para conocer el factor al que se deben ajustar los bienes de procedencia extranjera que se incorporarán a la estimación del costo de las obras.

Sin embargo, cuando existe la necesidad de estimar el costo socioeconómico de la divisa, se puede proceder a aplicar la siguiente fórmula:

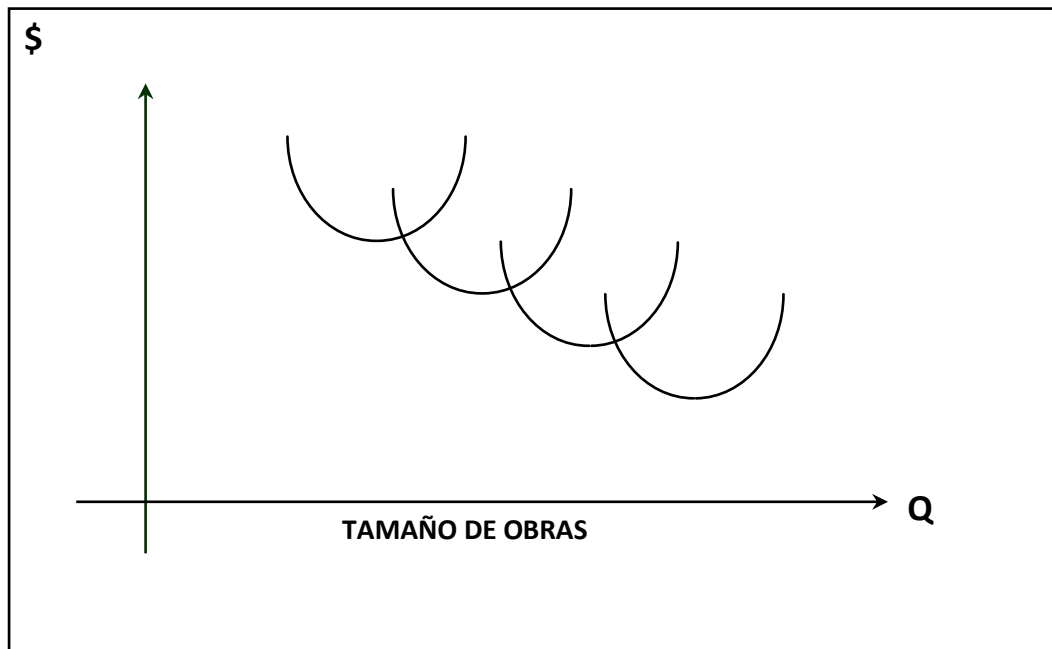
$$CE = \frac{DR}{DO}$$

Donde **CE** es el factor de conversión de la divisa, **DR** corresponde al valor socioeconómico de la divisa y **DO** corresponde al valor de la divisa al cambio oficial.

#### 1.2.3.4 Tipos de proyectos.

Una vez seleccionada la obra que representa el máximo beneficio económico al menor costo, dicha alternativa se considerará *mutuamente excluyente*, de este modo, la obra seleccionada desecha la realización de otra u otras alternativas y resulta en la única alternativa para controlar la envolvente de inundación en cada periodo de retorno determinado.

Lo anterior, puede observarse en la siguiente gráfica:



FUENTE: Benito López Covarrubias. (2001)

Gráfica 1.1 Envolvente de curvas de costo medio

Cuando en el estudio hidrológico se haya seleccionado una única alternativa de construcción para el control de las probables avenidas, en ese caso, el costo de dicha alternativa será la que se compare contra los beneficios determinados para cada envolvente de inundación. Con esto, se podrá observar si la alternativa de construcción cumple con los niveles mínimos de protección requeridos y si el valor actual neto socioeconómico da positivo, se procede a la gestión para obtener el financiamiento a fin de ejecutar la obra, en caso contrario se analizará si existen otras alternativas de construcción o el establecimiento de medidas no estructurales de corto y largo plazos para desalojar el área de vulnerabilidad.

#### **1.2.3.5 Estimación de costos directos.**

La construcción de una obra, por su magnitud, no siempre se lleva a cabo en el mismo año de inicio. Esta situación se conoce como programa de construcción de la obra, en este se incluye la presupuestación, es decir, se incluye la información de los gastos que se realizarán durante el periodo de construcción en función de la ruta crítica de construcción.

#### **1.2.3.6 Programa de construcción de las obras.**

El valor social o socioeconómico total de el programa de construcción, corresponderá a la suma de los costos de mano de obra, maquinaria y equipo, materiales y otros, una vez que cada costo a su precio de mercado se haya multiplicado por su factor de ajuste socioeconómico.

### 1.2.3.7 Valor presente neto de los costos socioeconómicos directos.

Para encontrar el  $VP_c$ , se suma el Factor Valor Presente Pago Único (Blank; 1992), de cada una de las inversiones del programa de construcción:

$$VP_c = A_1 \left[ \frac{1}{(1+i^*)^1} \right] + A_2 \left[ \frac{1}{(1+i^*)^2} \right] + \dots + A_{n-1} \left[ \frac{1}{(1+i^*)^{n-1}} \right] + A_n \left[ \frac{1}{(1+i^*)^n} \right]$$

En donde  $A_i$  es el valor en unidades monetarias de los montos considerados en el programa de inversiones.

### 1.2.3.8 Valor presente neto socioeconómico de los costos sistemáticos.

Estos costos se definen como: operación, mantenimiento y refacciones indispensables para mantener en funcionamiento la obra durante el periodo de vida del proyecto.

La fórmula para calcular el valor presente de la suma de los costos anuales de mantenimiento, operación y refacciones, cuando la tasa de descuento es uniforme, es (Sainz; 1999):

$$VP_{cs} = \left[ \frac{Ctcsi}{(1+i^*)^a} \right] \left[ \frac{(1+i^*)^{t-1} - 1}{i^* (1+i^*)^{t-a}} \right]$$

Donde:

$Ctcsi$  = Es la suma de los costos sistemáticos.

**t** = Es el número de años del periodo de vida del proyecto horizonte.

**a** = Corresponde al número de años del programa de inversiones.

### **1.2.3.9 Situación con proyecto.**

La suma de los costos totales de construcción de la obra seleccionada, más los costos de operación y mantenimiento de las obras, permiten determinar la situación con proyecto, para cada envolvente de inundación:

La comparación de los beneficios socioeconómicos contra los costos correspondientes de cada alternativa de obra, permitirá determinar el valor presente neto (VPN), siempre y cuando a esta comparación se adicionen los valores socioeconómicos de los beneficios y costos indirectos, y los de las externalidades, identificadas para el proyecto.

#### **1.2.3.9.1 Beneficios netos indirectos (BNI).**

Para los proyectos de control de inundaciones evaluados financieramente, James, L. (1971), propone considerar como *daños indirectos* (beneficios que se conservarían de no producirse una inundación) las siguientes actividades:

- a) El costo del transporte por tener que rodear el área inundada.
- b) Pérdidas por la interrupción de los servicios públicos a consecuencia de la inundación.

- c) Pérdidas netas de las ganancias normales del capital, de actividades gerenciales y sueldos de los trabajadores y empleados, fácilmente identificables en la zona de influencia de la inundación.
- d) Costos netos incrementales para la prevención y alertamiento de la inundación, evacuación y recuperación de las áreas dañadas, desalojo del agua y alojamiento temporal en refugios.

Una opción adicional, consiste en considerar un porcentaje fijo de los daños directos debido al tiempo que se requiere emplear para determinar los indirectos listados. Así, Kates, después de analizar un buen número de estudios realizados por el Cuerpo de Ingenieros encontró los siguientes valores:

<b>DAÑOS DIRECTOS</b>	<b>PORCENTAJE DE EXTERNALIDADES</b>
Daño a casas habitación	15
Comercios	37
Industrias	45
Servicios	10
Propiedades publicas	34
Agricultura	10
Carreteras	25
Vías ferroviarias	23

**FUENTE:** James, L. Douglas (1971)

*Tabla 1.2 Factores para estimar externalidades*

En cualquier caso, la estimación de los beneficios indirectos requiere del conocimiento del valor socioeconómico de los activos susceptibles de tener daños ante la probable presencia de avenidas que les afecten parcial o totalmente.

Por otra parte, para la valoración financiera de los indirectos, se propone su estimación de acuerdo a los efectos económicos que se produzcan durante el proyecto.

#### **1.2.3.9.2 Externalidades en los proyectos de control de inundaciones (E).**

Las externalidades consideradas para los proyectos de control de inundaciones, como posibles daños al medio ambiente, son las siguientes:

- a) Recuperación de suelos.
- b) Rectificación de cauces.
- c) Reforestación.

#### **1.2.3.9.3 Tasa social o socioeconómica de descuento en México ( $1 + i^*$ ).**

Como bien lo expresa Sapag, N. (1985), corresponde a la autoridad central de cada país establecer la tasa social de descuento para realizar la evaluación de los proyectos.

En México, la tasa social de descuento considerada por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, que se estima en función de las tendencias de fortaleza de la economía mexicana, presenta las siguientes proyecciones.



<b>Del año 2001 al 2005</b>	<b>Del año 2006 al 2010</b>	<b>Del año 2011 en adelante</b>
16%	14%	12%

FUENTE: Banobras

*Tabla 1.3 Vigencia de la tasa social de descuento en México*

Por lo que se sugiere, cuando se tenga contemplado presentar proyectos para apoyo financiero a la consideración de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, se tomen en cuenta estas recomendaciones y asimismo, verificar la vigencia de las tasas de descuento antes de llevar a cabo los trabajos de evaluación socioeconómica.

#### **1.2.3.9.4 Horizonte o periodo de vida del proyecto (t).**

Debido a que las obras para control de inundaciones, tienen la característica de grandes obras en correspondencia con la probabilidad de ocurrencia de grandes avenidas, se estima que el horizonte de los proyectos fluctúa entre los 50 y los 75 años.

#### **1.2.3.10 Relación Beneficio Costo.**

La *Relación Beneficio Costo* (B/C) implica los beneficios actualizados a una fecha establecida y los costos actualizados en esa misma fecha, con la misma tasa de descuento.

Si  $B/C > 1$ , El proyecto es rentable

$B/C < 1$ , El proyecto no es rentable

$B/C = 1$ , El proyecto no proporciona ganancias ni pérdidas

#### **1.2.3.11 Tasa Interna de Rendimiento.**

La *Tasa Interna de Rendimiento* (TIR) es la tasa de descuento que hace que los beneficios y costos actualizados a una misma fecha sean equivalentes. Existen dos criterios para definir la TIR:

- Optimista. Supone que los beneficios que genere el proyecto, podrían ser reinvertidos en el mismo proyecto o en otro que proporcione la misma rentabilidad.
- Pesimista. Los beneficios que produce el proyecto, solamente pueden ser reinvertidos en un proyecto que reditúe la Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA).

Si  $TIR > TREMA$ , El rendimiento de la empresa es mayor que el mínimo fijado como aceptable, por lo tanto, el proyecto es rentable.

$TIR < TREMA$ , El proyecto no es rentable

Se llama tasa interna de rendimiento porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad.

### **1.2.3.12 Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable.**

La *Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable* (TREMA) es la tasa mínima de rendimiento que puede lograrse en otro proyecto e inversión, o la tasa que se debe pagar para obtener los recursos necesarios para materializar el proyecto, mas los riesgos que implica su realización.

Con base en la información anterior, se procederá a realizar la evaluación socioeconómica para control de inundaciones que provoca el Río Alcapican en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán.

## **CAPÍTULO 2**

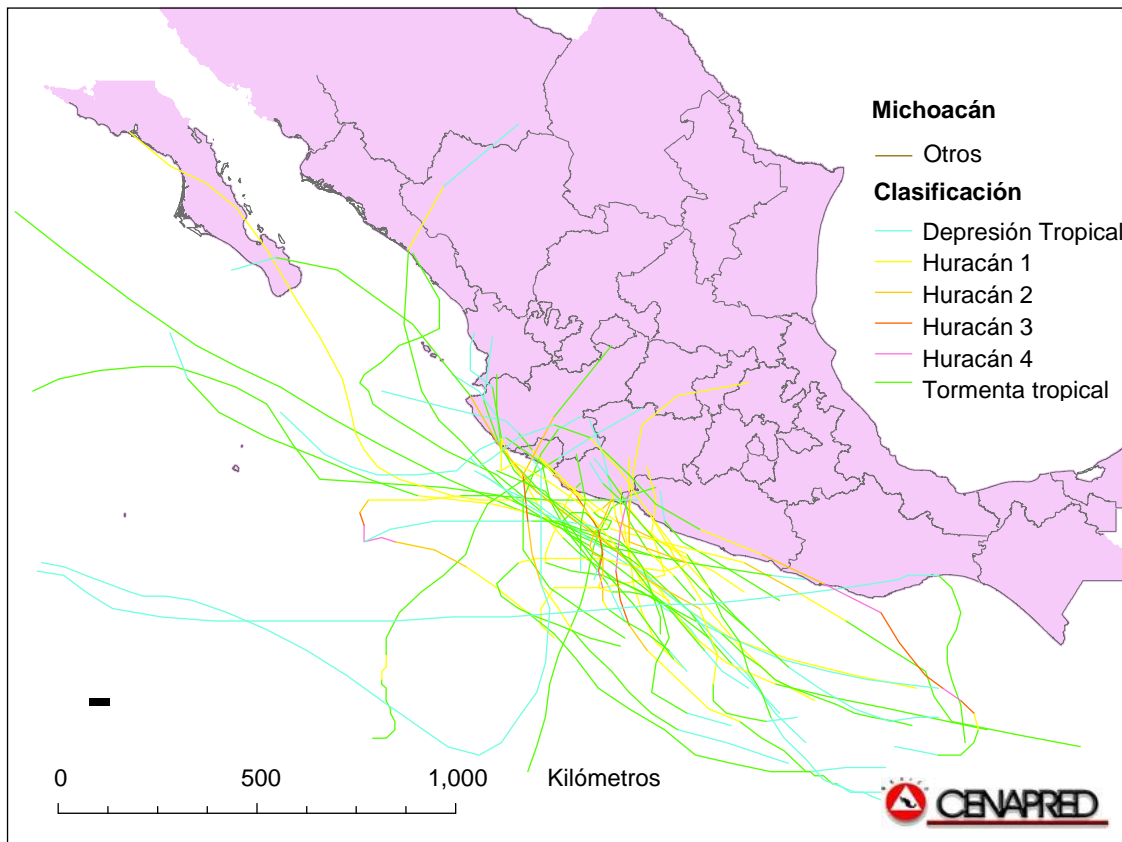
### **SITUACIÓN SIN PROYECTO Y POSIBLES SOLUCIONES**

Los terremotos y las erupciones volcánicas se encuentran entre los peligros naturales más espectaculares; sin embargo, los desastres relacionados con el agua afectan a más personas y provocan mayores daños. De ahí la necesidad de mayor atención a los problemas relacionados con las inundaciones.

Para la UNESCO (1974), las sequías se colocan en primer lugar en cuanto a muertes humanas se refiere (cerca de 74,000 fallecimientos reportados en el mundo), mientras que las inundaciones son el peligro más frecuente y ocasionan mayores pérdidas económicas.

Las inundaciones causadas por lluvias, huracanes y ciclones se presentan principalmente, al generarse avenidas de tal magnitud, que sus caudales al superar la capacidad de los cauces (ríos y arroyos) se desbordan en zonas urbanas, agrícolas e industriales y, como consecuencia la población que habita estas zonas sufre impactos ambientales, caracterizados principalmente en deterioro de viviendas e infraestructura del equipamiento urbano, problemas de salud, suspensión temporal de empleo y falta de alimentos.

El estado de Michoacán es afectado por ciclones tropicales de tal forma que al menos, casi uno de estos fenómenos toca o pasa cerca de sus costas o límites al año (*Imagen 2.1*).



*Imagen 2.1. Trayectorias históricas que han entrado o pasado cerca de los límites de Michoacán, de 1949-2000 (Buscador de ciclones, CENAPRED)*

Los daños o pérdidas debido a las inundaciones que se presentan en la región o área de este proyecto se pueden agrupar de la manera siguiente:

- Pérdida de vidas humanas

- Deterioro de infraestructura, tales como sistemas de abastecimiento de agua entubada, alcantarillado y saneamiento, centrales y líneas eléctricas, vías de comunicación, sistemas hidráulicos, etc.
- Destrucción de infraestructura agrícola, producción agrícola y pecuaria.
- Destrucción parcial o total de viviendas incluyendo menaje, por lo que sus habitantes tienen que refugiarse en albergues provisionales.
- Contaminación del recurso agua por desechos orgánicos, que provocan proliferación de bacterias y epidemias en las comunidades damnificadas.
- Degradación general de la salud de la población.

## **2.1 Diagnóstico de la situación actual.**

La zona en estudio se ubica en la zona costera del Estado de Michoacán, Región Hidrológica no. 17 Pacífico-Centro, particularmente, el Río Acalpican, también conocido como Carrizal de Arteaga, tiene su origen en las partes altas de la Sierra Madre Occidental en las coordenadas latitud 18°00' y longitud 102°21' en la región que ocupan las poblaciones de Playa Azul y el puerto de Lázaro Cárdenas. En su recorrido, cruza las comunidades de: Acalpican y Playa Azul en su margen izquierda y El Habillal en su margen derecha. Así mismo, en su parte alta, fuera del área del proyecto, existen zonas de minas que están en explotación y los residuos son acarreados por la corriente hacia el cauce del Río Acalpican, motivo por el cual se encuentra azolvado, en mayor parte del tramo ubicado en la zona de planicie, área del proyecto.

LOCALIDADES		LOCALIZACION GEOGRAFICA		
CLAVE	NOMBRE	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
0002	Acalpican de Morelos	102°20'27"	18°00'58"	20.00
0082	El Habillal	102°22'14"	18°00'26"	20.00
0158	Playa Azul	102°21'08"	17°58'57"	10.00
0127	La Mira	102°19'49"	18°02'10"	40.00

**FUENTE:** Proyecto Ejecutivo "Encauzamiento del Río Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán"

*Tabla 2.1 Localización geográfica de las localidades afectadas*

A través de los últimos años, el río Acalpican se ha venido azolvando en su parte más baja (que corresponde a la Planicie Costera), donde la pendiente es menor de 0.5%, considerándose prácticamente plano.

Cada vez que en la cuenca se presentan precipitaciones mayores a 60 mm, que generan gastos de más de 100 m<sup>3</sup>/s, el río se desborda sobre una llanura de inundación de aproximadamente 2,000 hectáreas. Aunado a ello, la región se ve afectada seriamente por la presencia de los fenómenos meteorológicos extremos que se generan en el Océano Pacífico en cada temporada de huracanes, dichos desbordamientos se originan al menos una vez cada año con diferentes magnitudes, pudiéndose repetir anualmente en varias ocasiones.

Esto ha ocasionado inundaciones en las partes bajas de los poblados de Acalpican de Morelos, El Habillal y Playa Azul, que cuentan con una población total de 6,013 habitantes, según conteo de 2005, así como la zona agrícola que se

encuentra aledaña al río en un área de aproximadamente 1,500 ha, dañando también la infraestructura hidroagrícola, infraestructura de comunicación y tres fuentes de abastecimiento de agua potable que suministran el vital líquido a las poblaciones de Acalpican, El Habillal Playa Azul y La Mira, afectando en total a 16,903 habitantes de estas cuatro localidades; lo cual se ha verificado con personal de la Comisión Nacional del Agua, de la Presidencia Municipal de Lázaro Cárdenas y de Protección Civil.

De acuerdo al estudio hidrológico y topográfico realizado en el año 2000, para la elaboración del proyecto ejecutivo de encauzamiento del Río Acalpican, se llevó a cabo la simulación del comportamiento del cauce del Río para un determinado caudal, mediante el uso de un modelo matemático elaborado para flujo permanente y gradualmente variado en secciones no prismáticas, de esta forma, se obtuvo el perfil de la elevación del agua para cualquier tipo de régimen.

Para estimar el gasto dominante u ordinario o bien aquel que el cauce del río puede conducir sin desbordar y conocer la variación de los niveles del agua a lo largo del cauce se procedió a lo siguiente:

- En el tramo natural del río, con la finalidad de determinar los puntos en los cuales el nivel del agua no rebase los límites de las márgenes, se simuló magnitudes de gastos de 100, 200, 300, 400 y 500 m<sup>3</sup>/s. Considerando un valor de 0.032 para el coeficiente de rugosidad de Manning.



- Se obtuvieron, para cada uno de los gastos simulados, valores de las características hidráulicas y se presentó un resumen gráfico en el perfil longitudinal del cauce del río con los niveles de agua de dichos gastos.

Utilizando como base los resultados obtenidos y su representación gráfica se dedujo lo siguiente:

- El cauce del Río Acalpican cuenta con un área hidráulica para contener gastos hasta de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  sin desbordar.
- Gran cantidad de azolve acumulado en el fondo del cauce derivado de la pendiente tan suave que presenta actualmente el cauce del río, en donde el terreno es casi plano.
- Se originan grandes remansos que contribuyen a los desbordamientos.

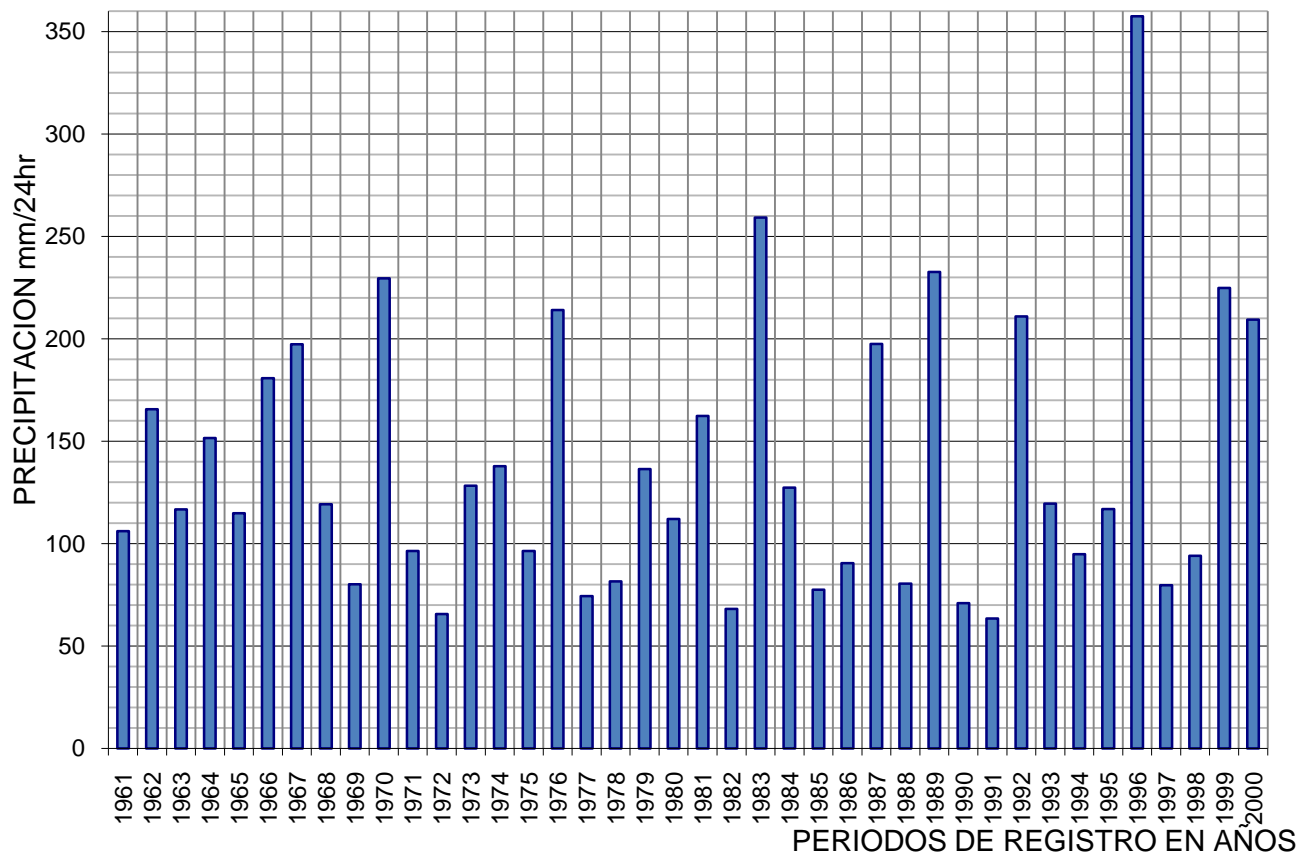
Por todo esto, en el Río Acalpican se corre el riesgo de que año con año ocurran desbordamientos una o varias veces según las precipitaciones y fenómenos meteorológicos que se presenten en la cuenca, lo cual afecta a la población y a la zona agrícola que representa una de las actividades económicas principales de la región.

En la *Tabla 2.2* se presentan la estadística de los caudales y precipitaciones máximas anuales, donde se observa que año con año se presentan caudales mayores al determinado como la capacidad del cauce actual, que es de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

AÑO	CAUDAL m <sup>3</sup> /s	AÑO	CAUDAL m <sup>3</sup> /s	AÑO	CAUDAL m <sup>3</sup> /s	AÑO	CAUDAL m <sup>3</sup> /s
1961	480.2	1971	396.8	1981	1,017.6	1991	154.8
1962	1,051.0	1972	169.0	1982	184.9	1992	1534.1
1963	574.2	1973	682.4	1983	2,071.2	1993	600.3
1964	908.7	1974	773.5	1984	672.4	1994	384.8
1965	557.0	1975	396.8	1985	250.1	1995	575.3
1966	1,209.9	1976	1,567.4	1986	348.7	1996	3,208.0
1967	1,385.6	1977	227.2	1987	1,387.2	1997	265.9
1968	597.5	1978	279.3	1988	271.0	1998	377.9
1969	269.2	1979	759.4	1989	1,711.0	1999	1,627.1
1970	1,738.8	1980	531.8	1990	192.3	2000	1,461.2

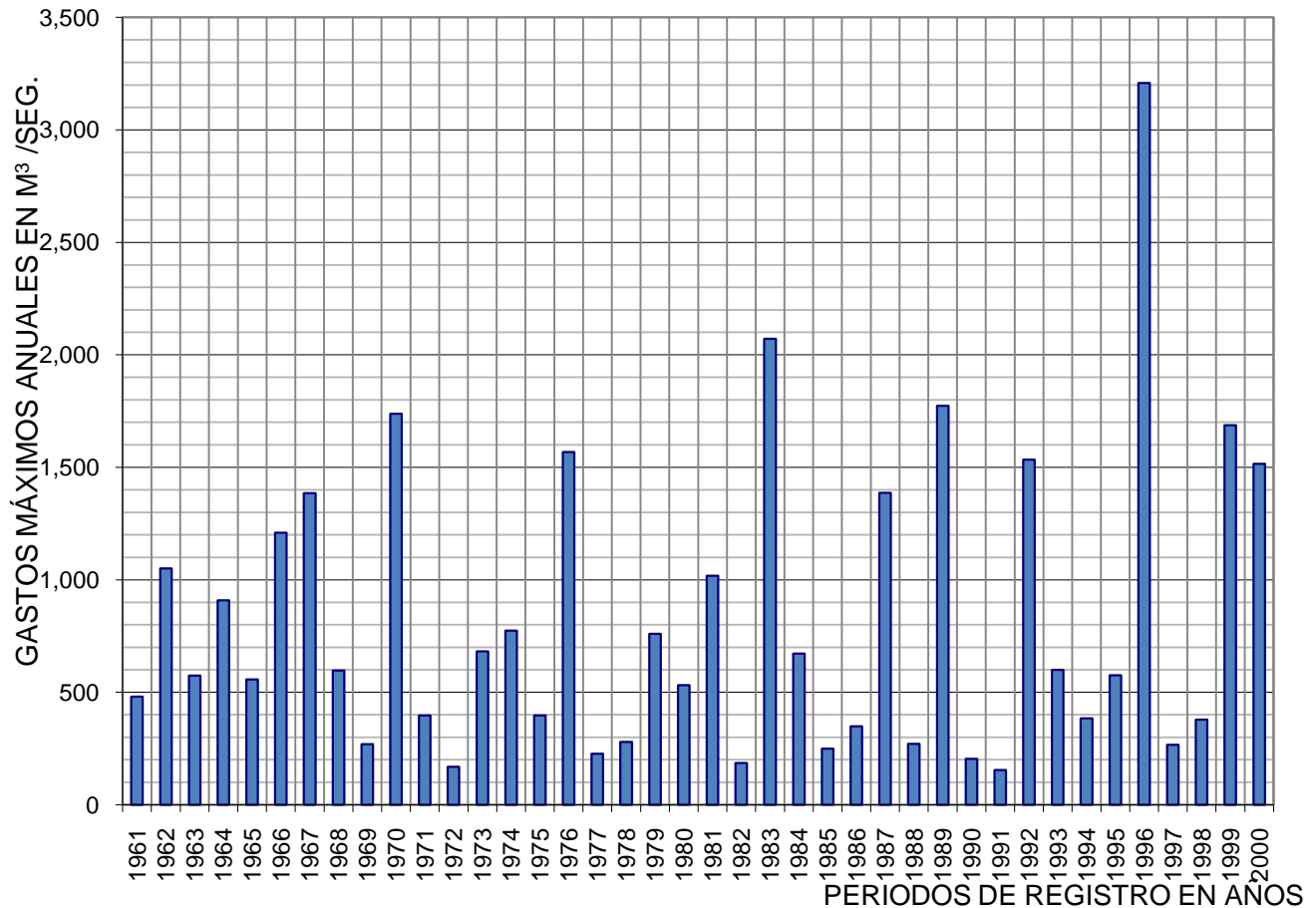
FUENTE: Proyecto Ejecutivo "Encauzamiento del Río Acapulcan, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán"

Tabla 2.2 Caudales máximos anuales en la cuenca del Río Acapulcan



FUENTE: Proyecto Ejecutivo "Encauzamiento del Río Acapulcan, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán"

Gráfica 2.1 Comportamiento anual de la precipitación máxima en 24 hrs.



FUENTE: Proyecto Ejecutivo "Encauzamiento del Río Acapulcan, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán"

Gráfica 2.2 Comportamiento de las avenidas máximas anuales

En la *Tabla 2.2* y *Gráficas 2.1* y *2.2* se observa que a través del tiempo se han presentado gastos mayores de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , los cuales han originado en su momento desbordamientos por ambas márgenes del cauce.

A raíz del azolvamiento en el lecho del cauce, que se ha originado a través del tiempo por las inundaciones recurrentes en la planicie costera de la zona del proyecto, se ha ocasionado que la sección hidráulica del cauce se vea seriamente superada por el caudal, generándose desbordamientos con gastos mayores al

determinado en el estudio hidráulico de 100 m<sup>3</sup>/s, lo que ocasiona afectaciones que van de menores a mayores en función del caudal que se presente.

Esta situación ocasiona que en cada avenida las márgenes del cauce se vean seriamente afectadas generándose nuevos cauces, permitiendo que en avenidas siguientes el caudal reconozca las huellas marcadas fuera del cauce en zonas urbanas o de cultivo dejadas anteriormente y aunado a ello, el cauce del río continua sufriendo problemas de azolvamiento que van originando reducción en la sección hidráulica del cauce, lo cual disminuye su capacidad actual de 100 m<sup>3</sup>/s.

En la inundación ocurrida el mes de Septiembre de 1999, en los días 4, 5 y 6, provocada por el paso de la tormenta tropical “Greg”, las precipitaciones en la cuenca del río provocaron una avenida con un gasto de aproximadamente 1,627 m<sup>3</sup>/s., que dañaron seriamente la infraestructura de la zona agrícola y viviendas aledañas al río, además, se vieron afectadas las fuentes de abastecimiento de agua potable.

En las localidades de Acalpican, El Habillal y Playa Azul sufrieron daños 10, 60 y 15 familias, respectivamente, así mismo a partir de las 17:00 hrs. del día 5 de Septiembre, todas las poblaciones quedaron sin servicio de energía eléctrica, telefónico y agua potable por un periodo de seis días. La población de la Mira del mismo municipio de Lázaro Cárdenas con una población actual de 10,890 habitantes, se vio seriamente afectada por la falta del vital servicio de agua potable, ya que sus fuentes de abastecimiento se encuentran ubicadas en la llanura de

inundación del cauce, lo que provocó que se vieran seriamente dañadas ante la presencia de la avenida.

Años más tarde, en Septiembre del 2007, el municipio se vio afectado por otra tormenta tropical “*Henriette*”, dejando daños a la población y a las zonas de riego, según refiere el periódico El Universal (2007):

**Deja al menos 150 damnificados desbordamiento de río en Michoacán**

La Secretaría de Marina desplegó luego de las 14:00 horas el dispositivo DN-III para el rescate y atención de moradores de al menos 50 viviendas anegadas por el desbordamiento del río Acalpican

Marco Antonio Duarte/corresponsal  
El Universal  
Michoacán  
Domingo 02 de septiembre de 2007

**17:23** Al menos 150 damnificados dejó el desbordamiento de un río en el municipio costero de Lázaro Cárdenas, ante las severas precipitaciones pluviales que ha provocado hoy la tormenta tropical Henriette en el litoral del pacífico.

La Secretaría de Marina, a través de la Armada de México, desplegó luego de las 14:00 horas el dispositivo DN-III para el rescate y atención de moradores de al menos 50 viviendas anegadas por el desbordamiento del río Acalpican, en la comunidad de El Habillal.

Reportes de la Unidad Estatal de Protección Civil (UEPC) precisan que las lluvias del fenómeno climatológico provocaron el desbordamiento del afluente, uno de los tres principales ríos del municipio.

Hasta las 15:00 horas, la Dirección de Seguridad Pública Municipal envió a la zona una docena de agentes a bordo de tres patrullas, mientras que la Dirección de Protección Civil Municipal comisionó a una treintena de rescatistas en seis unidades.

La UEPC envió seis vehículos con 20 tripulantes que se sumaron a 50 efectivos de la Armada de México en vehículos especiales, entre los que destacan tres todo terreno e igual número de los tipos "comando de rescate" –anfibiaos.

*Imagen 2.2 Noticia publicada por “El Universal”, referente a la inundación del 2007.*

Los daños a las fuentes de abastecimiento de agua potable consistieron en daño a los equipos electromecánicos instalados y azolve en las captaciones, que aunado a la suspensión del servicio de energía eléctrica, por daños en su infraestructura, originó la suspensión del servicio.

En lo que respecta a la zona agrícola del Distrito de Riego 098 “*José Ma. Morelos*,” la inundación provocó el arrastre de árboles frutales en ambas márgenes del cauce y el azolvamiento, además, el colapso total o parcial de la infraestructura hidroagrícola.

El Departamento de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos de la Comisión Nacional del Agua, realizó recorridos por los cauces para verificar su comportamiento, llegando a las siguientes conclusiones:

- Existen tres aberturas por desbordamiento en los kilómetros 4+360 M.D., 5+870 M.I., 7+000 M.I. Y 7+200 M.D., aguas abajo del puente Acalpican-Caleta de Campos.
- En el cauce del río se han formado islotes como consecuencia de la acumulación de azolve, reduciendo el área hidráulica del cauce, desde una distancia de 200 m. aguas arriba del puente Acalpican-Caleta de Campos, en donde la pendiente del cauce cambia a muy suave y el terreno es casi plano, permitiendo el depósito de material de arrastre en ambas márgenes, y es donde se inicia la zona de riego.

- A una distancia de 4 km., aguas arriba del puente Acalpican-Caleta, la empresa Servicios Minerometalúrgicos de Occidente, S.A. de C.V. (SERMMOSA), ha realizado excavaciones a lo largo de más de 2 km., sobre la margen derecha del Río Acalpican, y sobre los afluentes de éste, conocidos como Arroyo El Rincón y Arroyo Las Truchas.

Los daños ocasionados por la situación actual preponderante, se resumen principalmente como:

**a) Inundación en Zonas Urbanas**

Las poblaciones más afectadas son principalmente El Habillal, Acalpican de Morelos, Playa Azul y La Mira, todas ubicadas en el municipio de Lázaro Cárdenas, Mich.. La población estimada en la zona del proyecto, según el II Censo 2005 del INEGI, es de 16,903 habitantes, distribuidos en las localidades siguientes.

LOCALIDADES		NUMERO DE HABITANTES		
CLAVE	NOMBRE	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
0002	Acalpican de Morelos	1,429	734	695
0082	El Habillal	1,530	788	742
0158	Playa Azul	3,054	1,529	1,525
0127	La Mira	10,890	5,361	5,529
<b>POBLACION TOTAL</b>		<b>16,903</b>	<b>8,412</b>	<b>8,491</b>

FUENTE: INEGI II Censo de población 2005

*Tabla 2.3 Población total en la zona del proyecto*

**Acalpican**. En esta población sufrieron inundaciones en la parte baja 10 familias, mismas que fueron evacuadas a las partes altas de la población.

**El Habilla**. En esta población sufrieron inundaciones 60 familias, las cuales fueron concentradas en la escuela del lugar, la cual fue habilitada como albergue.

**Playa Azul**. En esta población la Colonia "El Cerrito", con 15 familias, sufrió inundaciones, concentrándose dichas familias en la escuela secundaria, la cual fue habilitada como albergue.



FUENTE: Proyecto Ejecutivo "Encauzamiento del Río Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán"

*Foto 2.1. Zona susceptible de inundación*



Asimismo, a partir de las 17:00 hrs del día 5 de Septiembre de 1999, todas las poblaciones quedaron sin el servicio de energía eléctrica, teléfono y agua potable. Las poblaciones afectadas fueron auxiliadas por intervención de Protección Civil, Secretaría de la Marina, Defensa Nacional y Seguridad Pública Municipal.

#### **b) Inundaciones en la Zona Agrícola**

La infraestructura de riego localizada en esta zona, también sufrió daños de consideración, para lo cual el personal del Distrito de Riego 098 "*José María Morelos*", realizó un recorrido, concluyendo lo siguiente:

La zona agrícola localizada aguas abajo del puente carretero Acalpican-Manzanillo, en una extensión aproximada de 1,500 ha. sufrió inundaciones y arrastre de árboles frutales en ambas márgenes del cauce.

1,350 ha. con inundación parcial.

150 ha. con pérdida total

#### **c) Inundación de la Infraestructura de Riego**

Inundación de la infraestructura hidroagrícola de la zona de riego establecida en la región del Distrito de Riego 098 "*José María Morelos*", identificándose tres puntos a lo largo de los canales de riego, que principalmente fueron afectados:

- Ruptura en tres sitios del Canal Lateral no. 13.
- Ruptura en un sitio del Canal Sublateral no. 1 izquierdo del Canal Lateral no. 13.
- Ruptura en un sitio del Canal Sublateral no. 1 izquierdo del Canal Lateral no. 12.

**d) Inundación de las Fuentes de Abastecimiento de Agua Potable**

Al desbordarse el cauce, las fuentes de abastecimiento de agua potable de las poblaciones de La Mira, Acalpican y Playa Azul se inundaron, sufriendo daños los equipos instalados, el suministro de energía eléctrica se interrumpió, ocasionando que el servicio de agua potable quedara suspendido.

Conjuntamente personal técnico de la Comisión Nacional del Agua y CENAPRED, se realizaron recorridos por el cauce para verificar su comportamiento, llegando a las siguientes conclusiones:

- Existen tres aberturas por desbordamiento del Río Carrizal de Arteaga o Acalpican, localizadas en los kilómetros 0+280 M.D., 0+504 M.I. y 2+765 M.D., aguas abajo del puente Acalpican-Caletita de Campos.



*Foto 2.2. Río Acalpican*

- En el cauce del río se han formado islotes como consecuencia de la acumulación de azolve, reduciendo su área hidráulica.



*Foto 2.3. Formación de islotes en el cauce del Río Acalpican*

- La zona de riesgo se inicia en el sitio localizado 200 m aguas arriba del puente Acalpican-Caleta de Campos, en donde la pendiente del cauce cambia a muy suave y el terreno es casi plano, permitiendo el depósito de material de arrastre en ambas márgenes.
- A una distancia de 4 km, aguas arriba del puente Acalpican-Caleta, se localiza el área de extracción de mineral ferroso, que realiza la empresa Servicios Minerometalúrgicos de Occidente, S.A. de C.V. (SERMMOSA), en donde se han realizado excavaciones a lo largo de más de 2 km, sobre la margen derecha del Río Carrizal de Arteaga o Acalpican, y sobre los afluentes de éste, conocidos como Arroyo El Rincón y Arroyo Las Truchas.
- El cauce del Río Acalpican ha venido sufriendo problemas de divagación en su recorrido y azolve en su sección hidráulica. Al paso de cada avenida se origina que el Río reconozca nuevas direcciones en su trayecto y una disminución en su capacidad de conducción, por lo que se ha observado que los daños que actualmente se han ocasionando puedan verse incrementados, afectando sobre todo a una cantidad mayor de población, zona agrícola y los servicios básicos de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica y teléfono principalmente. W Radio (2007) expresó lo siguiente en su página de internet, referente al desbordamiento del Río Acalpican y los daños provocados a la población.

**Ocasiona 'Henriette' desbordamiento de río en Michoacán**

Fuente: W Radio

09/02/2007 –

**Morelia, 2 de septiembre, 2007.-** Ríos desbordados, derrumbes en carreteras, viviendas dañadas y por lo menos 200 personas afectadas, dejó a su paso por Michoacán la tormenta tropical "Henriette".

La Unidad Estatal de Protección Civil dio a conocer que el municipio más afectado fue Lázaro Cárdenas, en donde como consecuencia de las fuertes lluvias, el río Acalpican se desbordó.

Al menos 50 humildes viviendas ubicadas en la comunidad de El Habillal, se vieron afectadas con inundaciones de hasta un metro de altura, por lo que sus habitantes tuvieron que ser desalojados y trasladados a un albergue provisional.

En tanto, la carretera costera Lázaro Cárdenas-Manzanillo registra derrumbes y bloqueos en diferentes puntos, también como consecuencia de los torrenciales aguaceros.

"Henriette", cuyo paso por las costas del estado se registró el pasado sábado, ha dejado gran cantidad de lluvias.

Este domingo, la Unidad Estatal de Protección Civil reportó lloviznas y lluvias fuertes en la mayor parte del estado.

*Imagen 2.3. Noticia publicada por "W Radio" (en su página de internet), referente al desbordamiento del Río Acalpican, en Septiembre del 2007.*

- Las inundaciones tienen como consecuencia la necesidad de implementar operativos para atender las demandas en la zona afectada, lo cual se traduce en la necesidad de recursos económicos para proporcionar medicamentos, despensas alimenticias, materiales para reparación de viviendas, cobertores, servicio de agua potable, fumigaciones para evitar epidemias, entre otros.

- El material de desperdicio, producto de los despalmes y excavaciones, está siendo depositado sobre las barrancas a volteo, formando terrazas con taludes inestables de hasta 0.5:1. El pie de los taludes ha llegado hasta el propio cauce del río y arroyos. Se observa que por acción de la lluvia se forman cárcavas en los taludes, provocando el arrastre de material hacia los cauces, de igual forma, el material del pie en taludes dentro de los cauces es arrastrado por las crecientes, depositándose a lo largo del lecho del río.
- Sobre el cauce del río se encuentran estructuras de cruce, como el puente-vado que comunica el área de extracción con las instalaciones de la planta concentradora, construido con material semi-compactado producto de las excavaciones, el cual en época de avenidas es arrastrado totalmente por la corriente.
- Existen depósitos de material sobrante del proceso de concentración, en sitios aguas debajo de la presa de Jales, cuyo material es arrastrado por la lluvia hacia el cauce del río.
- En toda el área de extracción de minerales no se observa la aplicación de técnicas para el control de azolves.

Las afectaciones y daños económicos que se han presentado históricamente se citan en la *Tabla 2.4*, donde además, puede observarse la fuente de información

de los mismos, que además están sustentados en los Libros Blancos del FONDEN y en el “Plan Director del Distrito de Riego 098 José María Morelos”.

CONCEPTO	ESTADISTICAS DE DAÑOS EN PESOS CONSTANTES DE ENERO DE 2010						INPC: 140.04700
	1989	1992	1996	1998	1999	2000	FUENTE
<b>DAÑOS POR INUNDACION EN AREAS AGRICOLAS</b>							
Áreas productivas agrícolas	88,644,666	72,580,095	57,212,922	10,954,887	41,811,873	42,230,827	SAGARPA Y DTO. DIEGO 098
Afectación regional en el desarrollo agroindustrial	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	SAGARPA Y DTO. DE RIEGO 098
Infraestructura Hidroagrícola	3,332,011	3,762,992	2,907,239	958,110	2,251,157	1,224,896	DTO. DE RIEGO 098
<b>Daño total:</b>	<b>91,976,677</b>	<b>76,343,087</b>	<b>60,120,161</b>	<b>11,912,997</b>	<b>44,063,030</b>	<b>43,455,723</b>	
<b>DAÑOS POR AFECTACION A LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL</b>							
Vías de comunicación	1,025,234	868,383	660,736	-	500,257	306,224	SCT
Servicio de energía eléctrica	820,187	868,383	660,736	-	500,257	306,224	CFE
Servicio telefónico	307,570	289,461	224,650	-	166,752	153,112	TELMEX
Fuentes de abastecimiento de agua	1,845,422	1,736,766	1,691,485	344,920	1,000,514	987,573	ORGANISMO OPERADOR DE AGUA
Costo social por interrupción de las vías de comunicación	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	
<b>Daño total:</b>	<b>3,998,414</b>	<b>3,762,992</b>	<b>3,237,607</b>	<b>344,920</b>	<b>2,167,781</b>	<b>1,753,133</b>	
<b>DAÑOS POR INUNDACION EN VIVIENDAS</b>							
Aportación por el Gobierno Estatal y Municipal	2,255,515	2,460,418	2,220,074	244,318	1,417,395	1,347,386	DIRECCION DE PROTECCION CIVIL

Aportación por las familias afectadas	902,206	984,167	888,029	97,727	566,958	538,954	DIREC. DE PROTECCION CIVIL
<b>Daño total:</b>	<b>3,157,722</b>	<b>3,444,585</b>	<b>3,108,103</b>	<b>342,045</b>	<b>1,984,354</b>	<b>1,886,340</b>	
<b>DAÑOS TOTALES:</b>	<b>99,132,812</b>	<b>83,550,665</b>	<b>66,465,872</b>	<b>12,599,963</b>	<b>48,215,165</b>	<b>47,095,197</b>	
<b>COSTOS SOCIALES DERIVADOS POR LA INUNDACION</b>							
Obras de emergencia	3,075,703	2,894,610	2,114,356	383,244	1,667,524	1,913,901	PRES. MPAL. Y CNA
Medicamentos	104,574	98,417	90,917	27,306	56,696	57,264	SSA
Fumigaciones	79,968	14,473	65,016	54,037	50,026	48,230	SSA
Personal y vehículos desplazados	96,885	86,838	118,404	41,390	56,279	53,742	PROT. CIVIL. H. AY., SEDENA, CNA
Albergue y alimentos	52,287	97,693	44,401	5,461	28,348	33,042	PRESIDENCIA MUNICIPAL
Cambio de actividad	235,291	439,619	199,805	24,576	127,566	148,687	PRESIDENCIA MUNICIPAL
Molestias ocasionadas	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	PRESIDENTE MUNICIPAL
Evitar el desarrollo de epidemias	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	SSA
Posibles pérdidas humanas	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	SSA
Abastecimiento alternativo de agua	151,325	142,415	138,702	28,283	82,042	80,981	ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE
Costo social por cambio de actividad	2,300,134	2,164,705	2,108,266	429,908	1,254,145	1,230,911	INV. DIRECTA CONAGUA
<b>COSTOS TOTALES:</b>	<b>6,096,166</b>	<b>5,938,769</b>	<b>4,879,870</b>	<b>994,206</b>	<b>3,322,625</b>	<b>3,566,757</b>	
<b>TOTAL (\$):</b>	<b>105,228,978</b>	<b>89,489,434</b>	<b>71,345,741</b>	<b>13,594,169</b>	<b>51,537,790</b>	<b>50,661,954</b>	

Tabla 2.4 Estadísticas de daños por las inundaciones del Río Acalpican



## **2.2 Descripción de la situación actual optimizada.**

Para disminuir los daños que pudiera ocasionar el no realizar el proyecto, se debe recurrir a medidas no estructurales, que aunque son de bajo costo, sus limitaciones son considerables y el monto de la inversión es reducido. Este tipo de acciones solo ayuda a atenuar los problemas existentes, sin garantizar la seguridad de la población y del sector productivo y económico del municipio. Dentro de las medidas no estructurales propuestas destacan las siguientes:

- Respeto en materia normativa de las zonas federales, que eviten los asentamientos urbanos y se reubique los ya existentes.
- Vigilancia y monitoreo en la operación de las presas y en cauces.
- Limpieza y conservación del cauce.
- Control de desechos en descargas.
- Planeación de campañas sanitarias y de servicios médicos como repuesta a los eventos.
- Identificación de rutas de evacuación y albergues temporales.
- Comunicación social.
- Simulacros y educación en materia de prevención de desastres.
- Establecimiento de Sistemas de alarma y alerta.

Es de importancia considerar las siguientes medidas, que serían aplicables a las áreas de crecimiento futuro, combinadas con las acciones estructurales ya realizadas.

### **2.2.1 Formulación de un Plan Regulador.**

- a) Mapa de Riesgo por Inundación. Orientado a determinar áreas inundables, su periodicidad de inundación y nivel alcanzado por las aguas. Esta labor requiere la realización de estudios hidrológicos que permitan determinar caudales máximos para diferentes períodos de retorno, análisis hidráulicos sobre la base de información topográfica de detalle, con la finalidad de determinar los niveles que alcanza el agua para distintos caudales y la extensión del área inundada.
- b) Regulación del Uso del Suelo. Orientada a regular la utilización de zonas afectadas por inundaciones, consiste en diferenciar una zona de prohibición, una zona de restricción y una zona de advertencia. La regulación se debe complementar con una ordenanza de construcción que establezca requisitos constructivos para bajar la vulnerabilidad ante inundaciones y con una aplicación, a los centros de población y áreas productivas, de la normativa sobre evacuación de aguas lluvia.

### **2.2.2 Seguro contra inundaciones.**

Complementando la ordenanza de construcción en la zona de restricción, se podría aplicar un sistema de seguros, con el fin de que el precio del terreno, más el de la prima (precio del seguro) reflejen el verdadero costo de la localización.

En la situación sin proyecto optimizada se ha considerado en las áreas de crecimiento futuro una localización de la gente que supone un eficiente

funcionamiento de estas medidas no estructurales.

En relación con la optimización de la situación sin proyecto para evitar (o disminuir) el daño en las zonas consolidadas, se concluyó que para llevar a cabo acciones para mitigar los daños causados por inundaciones, es indispensable emprender acciones de protección. Éstas pueden ser de dos tipos: medidas estructurales (construcción de obras), o medidas no estructurales (indirectas o institucionales).

### **2.2.3 Acciones no estructurales ejecutadas.**

#### **2.2.3.1 Estudios Básicos.**

En 1999 se iniciaron los Estudios Básicos necesarios para la evaluación de la zona afectada, la cuenca hidrológica y sobre todo las áreas más bajas de la misma. Los estudios básicos están contenidos en el documento *“Proyecto Ejecutivo de Encauzamiento del Río Acalpican, Mpio. de Lázaro Cárdenas, Estado de Michoacán”*, Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional Balsas, Marzo 2000. A continuación se describen brevemente:

**Topografía.** Se trazó una poligonal de apoyo a lo largo de 8,579 metros del cauce y se hizo el trazo de 232 secciones transversales a cada 40 m.. Se realizó el levantamiento en el sitio de la desembocadura del Río Acalpican hacia el mar. Además, se realizó la liga de las mojoneras utilizadas en los levantamientos con el banco establecido en el puente vehicular de la carretera que llega a Manzanillo,

Colima. Con todo ello, se tienen las bases topográficas para los diseños de infraestructura necesaria.

**Hidrología.** Con apoyo en las cartas topográficas de INEGI, se determinaron las características fisiográficas de la cuenca y su cauce principal:

Área de la cuenca: 510 km<sup>2</sup>

Longitud total de la corriente principal (Río Acalpican): 83.6 km

Desnivel del cauce principal (Río Acalpican): 1,529 m

Pendiente del cauce: 0.019220

Número de escurrimiento (N): 71

Los datos de lluvia utilizados fueron obtenidos de las estaciones Arteaga y La Villita, ambas de Michoacán. Los datos de lluvias máximas anuales en 24 horas se ajustaron con varias funciones probabilísticas, siendo la “*Doble Gumbel*” la que mejor se ajustó.

Se identificaron cinco subcuencas que integran la cuenca del río Acalpican. De ellas se determinaron los siguientes elementos de hidrología: lluvia media de diseño, tiempo de concentración, la lluvia en exceso y cálculo del gasto con el método del Hidrograma Unitario Triangular.

También se obtuvieron los datos de las unidades de suelo, uso de suelo, área y el número de escurrimiento, así como la longitud de cauce y pendiente topográfica de cada subcuenca que conforman a la cuenca del Río Acalpican.

**Hidráulica fluvial.** Se hicieron varios análisis hidráulicos en 8 km del cauce del río Acalpican, desde el punto de la desembocadura, hacia aguas arriba. Los análisis se hicieron considerando las condiciones naturales del cauce, para varios gastos, de 100 a 500 m<sup>3</sup>/s, para plantillas de 40 y 60 m y coeficientes de rugosidad de Manning con valores de 0.028 y 0.032. Con los datos resultantes se graficaron los perfiles de la corriente, del fondo y los bordos de ambas márgenes del río.

**Geotecnia.** Con la finalidad de conocer las características fisiográficas y litológicas de la región, se efectuaron recorridos a lo largo del proyecto en estudio, así como en las inmediaciones del sitio. Con lo cual se pudieron ubicar once bancos de materiales, para formación de bordos, caminos de revestimiento, agregados para concreto y bancos de roca y rezaga. Dichos sitios se dejaron indicados para la posterior excavación de pozos para muestreos de materiales, muestras que ya fueron analizadas en laboratorio para determinar las características relativas a su clasificación y calidad para llevar a cabo la formación de bordos, la capa de revestimiento, el agregado de concreto y enrocamiento.

Trabajos de laboratorio realizados en los Bancos de Materiales para las diferentes acciones planteadas:

1. *Formación de bordos*: Contenido de agua, Límites de consistencia (líquido y plástico), Prueba Próctor (SRH), Compacidad relativa (SRH con martinete), Densidad de sólidos, Compresión Triaxial (no consolidada no drenada UU) y Revestimiento de caminos.
  
2. *Revestimiento de caminos*: Análisis granulométrico por mallas, Límites de consistencia (líquido y plástico), Compacidad relativa (SRH con martinete) y Prueba Próctor (SRH).
  
3. *Análisis granulométrico en agregados para concreto*: gravas y arenas.
  - a. Gravas: Densidad (peso específico de la masa), Absorción (%), Peso Volumétrico Suelto y Compactado, Reactividad Álcali-agregado, Abrasión en Máquina Tipo Los Ángeles, Intemperismo Acelerado (sanidad) y Análisis Petrográfico.
  
  - b. Arenas: Granulometría por Mallas, Densidad (peso específico de la masa), Absorción (%), Peso Volumétrico Suelto y Compactado, Pérdida por Lavado en Malla 200, Impurezas en Arenas (colorimetría), Reactividad Álcali-agregado, Intemperismo Acelerado (sanidad).
  
4. *Rocas*: Densidad, Absorción e Intemperismo acelerado.

## **2.3 Análisis de la oferta y demanda de la situación sin proyecto.**

El análisis oferta-demanda tiene como finalidad estimar el comportamiento del mercado ante el bien o servicio que se prestara, motivo de la evaluación. Para el caso particular de este proyecto, se refiere a la infraestructura necesaria para el control de las inundaciones que requieren las poblaciones aledañas al Rio Acalpican; es necesario considerar los volúmenes de obra a realizar y su relación con el precio de los recursos necesarios para su construcción.

### **2.3.1 Análisis de la oferta.**

La oferta es la cantidad de bienes, mercancías o servicios que los productores presentan en el mercado a diferentes precios y en un momento determinado, generados por la infraestructura instalada para su producción. La infraestructura instalada para el control de inundaciones en la zona del proyecto es básicamente la oferta de este servicio, misma que está definida por la capacidad máxima del cauce, con la cual no se producen inundaciones.

El análisis de la oferta consiste en determinar las condiciones actuales en que se generan los bienes o servicios que el proyecto va a producir. Por ello, es necesario determinar las condiciones de las instalaciones y su capacidad de operación. Además, es necesario analizar y determinar las variables que afectan la oferta del bien y su proyección, como los huracanes, inundaciones fluviales, inundaciones pluviales, crecimiento poblacional excepcional, etc..

Del estudio hidrológico, tal como se observa en la situación actual optimizada, se determinó que la oferta actual del servicio de protección de inundaciones en el área del proyecto es de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ , misma que tiene un periodo de retorno de un año o sea una probabilidad de ocurrencia y excedencia del 100%. En lenguaje común, esto significa que al menos una vez al año se presentan gastos iguales o mayores a la capacidad máxima del cauce en su tramo final, 7 kilómetros aguas arriba de su desembocadura al Océano Pacífico, desbordándose y provocando las inundaciones descritas en el análisis de la situación actual.

Con la realización del proyecto del Río Acalpican, se verá incrementada la oferta del servicio de protección contra inundaciones, satisfaciendo la demanda insatisfecha, reflejándose en una mayor estabilidad socioeconómica de la zona de estudio, ya que en los alcances del proyecto se contempla la atención a los daños indicados anteriormente.

Los beneficios económicos y sociales se derivan del aprovechamiento de las actividades agrícolas que se llevan a cabo en las 1, 500 ha. a proteger de la zona de riego establecida en la región, así como la protección de 10,070 habitantes (Acalpican, El Habillal, Playa Azul y población ubicada en la parte baja de La Mira), 3 fuentes de abastecimiento de agua potable, gastos de reparación del cauce hidráulico del Río Acalpican, vías de comunicación, servicios urbanos y minimización de gastos en emergencias.



### **2.3.2 Análisis de la demanda.**

La demanda es la cantidad y calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos a diferentes precios de mercado por un consumidor, en un momento determinado.

Siendo la demanda la cuantía global de las compras de bienes y servicios realizados o previstos por una colectividad, en la zona del proyecto se observa una gran demanda insatisfecha por el servicio de protección contra inundaciones, tanto en áreas hidroagrícolas como en centros de población.

Conforme a la información disponible, la zona del Río Balsas y Costa de Guerrero se ve afectada recurrentemente por los fenómenos naturales que alteran el funcionamiento normal de los asentamientos humanos, destacando los de carácter *hidrometeorológico y geológico*.

#### **2.3.2.1 Fenómenos hidrometeorológicos.**

- *Huracanes*. La zona está expuesta al impacto directo de los huracanes originados en el Océano Pacífico, debido a su ubicación geográfica que la sitúa entre la línea de la costa y el flanco sur de la sierra.

Al choque de los huracanes contra la sierra, tienden a desintegrarse por el encuentro de las masas de aire traduciéndose en precipitaciones y

nubosidades, que se descargan en lluvia estacional, provocando situaciones de emergencia.

Sin embargo, el embate de los huracanes tiende a aminorar sus consecuencias destructivas por la tendencia a desviarse en dirección este-oeste, es decir, a seguir una trayectoria semejante a la línea de desplazamiento de los paralelos terrestres en donde, por la inclinación aproximada a los 45°, se minimiza la posibilidad del embate directo; así también, por el frecuente desarrollo incipiente de estos fenómenos en el Océano Pacífico, en estas latitudes derivan en tormentas tropicales. Los meses de ocurrencia de estas perturbaciones son agosto, septiembre y octubre, con una frecuencia del 19, 30 y 17%, respectivamente.

Los datos estadísticos existentes y la trayectoria de los huracanes en los últimos 37 años, demuestran que el municipio ha sido afectado por 184 fenómenos de este tipo, con una recurrencia de 5 huracanes al año, de los cuales 11 atravesaron el municipio, 73 pasaron a 50 kilómetros de distancia y 100 pasaron entre 50 y 250 kilómetros de distancia.

El huracán de mayor magnitud que ha tenido lugar en el municipio fue el “*Adele*”, registrado en junio de 1966, el cual produjo una de las inundaciones costeras más importantes durante el período estudiado, con olas de considerable altura y mareas de tempestad que invadieron la zona costera.

Con la información anterior, se puede afirmar que el municipio presenta un alto nivel de peligrosidad, de verse afectado por huracanes, constituyendo el área más vulnerable la sureste que representa el 15% de la superficie del territorio municipal.

En conclusión, las localidades de mayor riesgo son: Lázaro Cárdenas, Playa Azul, Caleta de Campos, La Orilla, Nexpan, Acalpican de Morelos, El Habillal y Guacamayas, que corresponden a la porción sur del municipio.

- *Inundaciones fluviales.* Hidrológicamente, el municipio se ubica en la cuenca del Río Balsas y de las pequeñas cuencas de los Ríos Nexpan, Chila, Camizal y el Arroyo Acalpican, que tienen escasa capacidad reguladora y que atraviesan el municipio.

Debido a que uno de los límites del municipio, es una de las corrientes principales del País, el Río Balsas, sobre la cual existen dos obras hidráulicas de gran magnitud como son la presa El Infiernillo y la presa José Ma. Morelos, se presenta un riesgo alto de sufrir inundaciones fluviales. Son las zonas localizadas hacia las márgenes de los ríos, las más propicias a desbordamiento y avenidas. Las máximas crecientes que se han presentado las han provocado precipitaciones extraordinarias.

Según datos estadísticos de los últimos años, el Río Balsas se desbordó en 1976 a la altura de la localidad de El Reino, debido a fuertes precipitaciones pluviales originadas por el huracán “*Madeline*”, que provocaron el desfogue de la presa José María Morelos, afectando a las localidades de Melchor Ocampo, Arroyo de la Tierra, Buenos Aires, Caleta de Campos, Chucutitán, Las Guacamayas, Acalpican , El Habillal, La Mira, Playa Azul, San Juan Bosco y Solera de Agua. En Mayo del 2006, Quadratin en su página de internet, expresó la preocupación de la población de El Habillal, Acalpican y Playa Azul por el latente riesgo de desbordamiento del Río Acalpican.

### **Temen en el puerto que el río Acalpican se desborde**

**Por: Arnulfo Mora / Agencia de Información y Análisis Quadratín**

**Viernes 19 de Mayo del 2006**

Lázaro Cárdenas, Mich., 19 de mayo del 2006.- Habitantes de la comunidad de El Habillal expresaron su temor de que el río Acalpican llegue a desbordarse en la temporada de lluvias pues desde hace por lo menos cinco años las autoridades se han olvidado de darle continuidad a la protección del cauce.

En un recorrido realizado ayer con miembros de esa comunidad, se pudo constatar que huertas y viviendas corren mucho riesgo de ser afectados en caso de que la temporada de lluvias se salga de los pronósticos.

Rogaciano Meza Faburrieta, ex encargado del Orden de esta comunidad, recuerda que el ex alcalde gestionó recursos con el gobierno federal logrando reforzar buena parte de ambos lados del río Acalpican, pero las obras no fueron concluidas por falta de recursos y por la falta de colaboración de algunos de los propietarios de huertas vecinas, pese a que son los primeros que resultarían afectados en caso de un desborde.

Si bien por el cauce del río no corre agua fuera de la temporada de lluvias, al llegar estas se convierte en preocupación de las familias pues han tenido experiencias de inundaciones y daños graves a su patrimonio.

Actualmente el cauce del arroyo está lleno de arboledas que corren el riesgo de ser arrastradas por las corrientes y las mismas se convierten en un problema mayor al convertirse en taponamientos evitando la libre circulación de las bravas corrientes.

Bajo la gestión del ex alcalde David Zamudio, la CNA y el gobierno municipal de entonces lograron importantes avances en la protección de ambos bordos del Acalpican logrando evitar inundaciones y daños a la población de Acalpican y de Playa Azul, más no así por el lado de El Habillal, donde persisten varios puntos críticos susceptibles de causar daños a huertas de mango, platanales y viviendas aledañas.

Las preocupadas familias recuerdan que hace más de cinco años se realizaron trabajos de excavación en el cauce del río, formando bordos con rocas en unos 400 metros de longitud cuyas obras tuvieron una inversión de 4 millones de pesos tan sólo para la CNA, sin contar la del gobierno municipal.

Pero el proyecto aún está muy distante de ser concluido pues faltan por encauzar varios kilómetros, así como excavar el río y levantar un bordo de 7 metros de alto.

*Imagen 2.4. Noticia publicada en “Quadratin” (página de internet) en Mayo del 2006*

- *Inundaciones pluviales.* Para recolectar las aguas de origen pluvial en el municipio se dispone de drenajes y alcantarillado, que sirve a la mayor parte de la población de las localidades de Playa Azul, La Mira, La Orilla, Guacamayas y Lázaro Cárdenas, ubicadas en el sureste.

El resto del municipio carece de drenaje pluvial artificial, por lo que las precipitaciones de cualquier magnitud producen encharcamientos y severas inundaciones.

Este municipio se encuadra dentro de la zona de alta precipitación pluvial. La precipitación máxima se registró en el año de 1945, con una altura de 242.5 milímetros, y una duración de 24 horas, sin registro de consecuencias.

Por lo tanto, puede decirse que el municipio presenta una peligrosidad media de sufrir inundaciones pluviales; en especial destaca el sureste, en donde se asientan las poblaciones de Lázaro Cárdenas, Guacamayas, Playa Azul, La Mira, Acalpican, El Habillal y La Orilla.

#### **2.3.2.2 Vulnerabilidad de fenómenos hidrometeorológicos.**

- *Población.* La aglomeración de población y de actividades económicas se localizan al sur del municipio repartidas en las poblaciones de: Lázaro Cárdenas, Guacamayas, Playa Azul, Caleta de Campos, Nexpan, La Mira y La Orilla.

El área en su totalidad es altamente vulnerable al impacto de huracanes, inundaciones fluviales, marítimas y sismos.

La comunidad no está organizada para participar en casos de emergencia y tampoco se dispone de sistemas de prevención, atención y rehabilitación, pos desastre, lo que incrementa la debilidad de la población, frente a desastres de este tipo.

- *Vivienda.* El 90% de las viviendas se localizan en la zona de mayor riesgo, área en donde el impacto de los huracanes e inundaciones fluviales y marítimas es directo, por lo que el municipio presenta una situación de alta vulnerabilidad. En este renglón el 30% de ellas están construidas con madera, adobe y palma, además de que no consideran normas y reglamentos de seguridad en su construcción.
- *Infraestructura urbana.* Las redes de agua potable, energía eléctrica y alumbrado público se localizan en un 80%, en la zona de alto riesgo. Por sus características se les puede calificar como de alta vulnerabilidad a los huracanes y a las inundaciones fluviales y marítimas.

Existe el antecedente de que el huracán "Madeleine" (octubre de 1976) interrumpió totalmente su funcionamiento, perjudicando de manera especial a

Lázaro Cárdenas, Guacamayas, Playa Azul, Caleta de Campos, Nexpan, La Mira y La Orilla.

- *Servicios.* El huracán Madeleine en 1976, afectó severamente los servicios de teléfono, telégrafo y correo, interrumpiendo parcialmente su operación.

Todo ello debido a que el 69% se localiza en zonas de alto riesgo a huracanes y a inundaciones fluviales, por lo que su operación debe calificarse como altamente vulnerable.

#### **2.3.2.3 Síntesis del diagnóstico de riesgos naturales.**

Una vez analizados individualmente cada uno de los fenómenos naturales destructivos que han afectado al municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán, se considera conveniente reunir e interrelacionar esos efectos para precisar las propuestas de seguridad que deberán integrarse al Programa de Acción de Prevención y Mitigación de Desastres Naturales para los asentamientos humanos que lo componen.

Al relacionar el número de fenómenos naturales destructivos que se han presentado, su tipo, período de recurrencia, daños que han originado y las zonas en que han ocurrido, será posible determinar cuáles son las áreas de baja, mediana y alta peligrosidad.

La vulnerabilidad de los componentes urbanos se establecerá al vincular el comportamiento del suelo, con el de la vivienda, infraestructura, equipamiento y servicios ante el embate de los fenómenos destructivos, en base a la calidad de su composición, su ubicación con respecto a zonas de alto riesgo y al mantenimiento que reciben.

#### **2.3.2.3.1 Peligro.**

Durante el período 1950 a 1989, el municipio de Lázaro Cárdenas se ha visto afectado por huracanes y por sismos (durante el período de 1945 a 1989), con frecuencia de 4.9 por año, y de 0.7 al año, respectivamente. Con respecto a los huracanes, estos han alcanzado magnitudes extremas o máximas, con relación al segundo, cuatro han llegado a proporciones altas.

La zona más afectada del municipio por huracanes es la localizada en el sureste, ya que de su totalidad, el 90% han incidido en esta zona.

Las localidades más dañadas fueron las de Lázaro Cárdenas, Playa Azul, Caleta de Campos, Nexpan y Guacamayas, en donde habitan más de 95,360 personas, sobre todo en los renglones de damnificados, viviendas, infraestructura y equipamiento.

Por todo ello, esta zona puede calificarse como de *“muy alto riesgo a huracanes”* como se observa en la *Imagen 8*, y de alto riesgo con respecto a sismos.



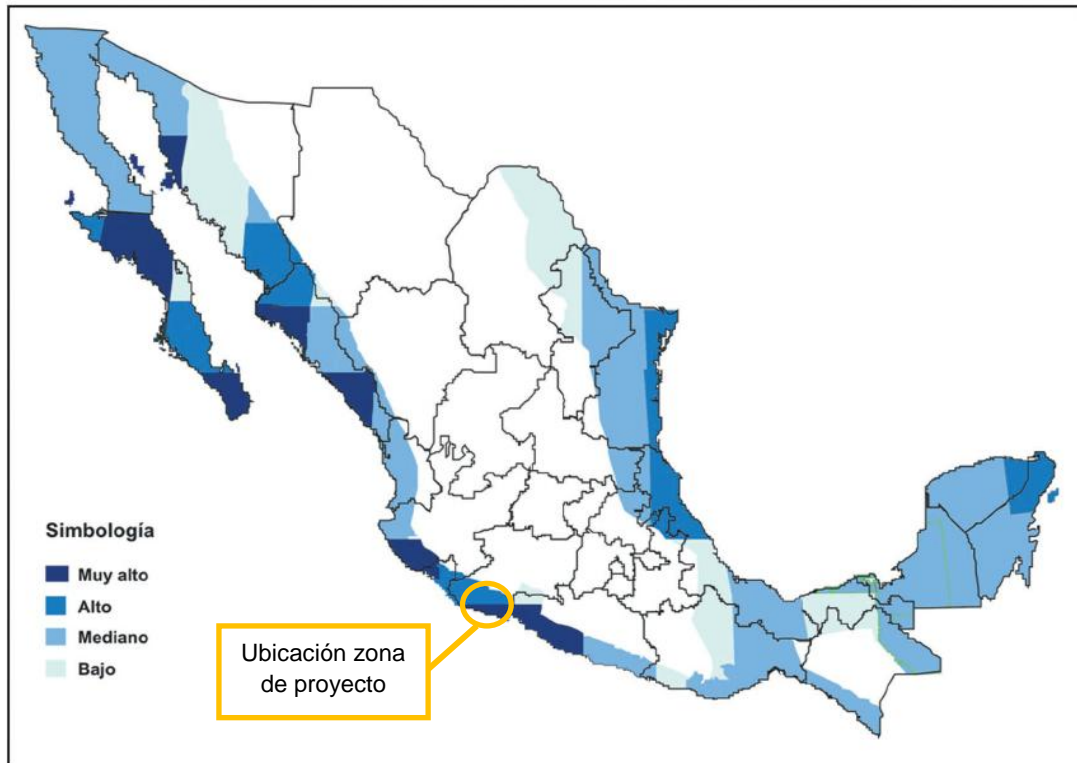


Imagen 2.5. Zonas de riesgo y vulnerabilidad a huracanes (FUENTE: CENAPRED 2001)

## 2.4 Alternativas de solución.

Los diferentes tipos de medidas de protección no solo dependen de los fenómenos físicos en cuestión, sino también de las circunstancias sociales y del grado y naturaleza de la respuesta humana prevista.

Para evitar o disminuir las inundaciones y sus efectos perjudiciales se pueden tomar acciones de dos tipos: las primeras se conocen como *medidas estructurales*

(construcción de obras), y las segundas son las no estructurales (indirectas o institucionales).

El objetivo de las estructurales es evitar o disminuir los daños provocados por una inundación, mediante la construcción de obras que pueden ser planeadas y diseñadas cuidadosamente (usualmente a cargo de dependencias gubernamentales, ya que se requiere de fuertes inversiones para su realización y conservación).

Por su parte, las medidas no estructurales son aquellas cuya finalidad es informar con oportunidad a las poblaciones ribereñas de la ocurrencia de una posible avenida, para que los daños sean mínimos o evitados. Dichas acciones se llevan a cabo en menos tiempo que las de tipo estructural.

Con lo anterior, se puede concluir que las medidas estructurales tienden a resolver el problema de las inundaciones, mientras que la misión de las no estructurales es prevenirlo.

#### **2.4.1 Medidas no estructurales.**

Este tipo de medidas no se basa en la construcción de estructuras físicas sino en la planeación, organización, coordinación y ejecución de una serie de ejercicios de Protección Civil que busca evitar o disminuir los daños causados por las inundaciones y pueden ser de carácter permanente o aplicable solo durante la contingencia.

Las principales acciones por desarrollar dentro de este tipo de medidas se relacionan con la operación de la infraestructura hidráulica existente en la región, los planes de Protección Civil, la difusión de boletines de alerta y la evacuación de personas y bienes afectables.

#### **2.4.1.1 Medidas Permanentes.**

Su propósito es evitar que los bienes con un elevado valor económico y social, se ubiquen dentro de zonas sujetas al riesgo de inundación. Este tipo de medidas pretende ayudar a las personas potencialmente afectables de sufrir inundaciones con base en el alertamiento de cualquier evento de interés. Parte de la idea de contar con una delimitación de las zonas inundables bajo diferentes escenarios (relacionando el área afectada con la magnitud del evento).

Con la información anterior, es posible estimar los daños esperados para cierta área, pero sobre todo establecer una normatividad para el uso del suelo, que evite asentamientos humanos en zonas con alto riesgo de ser inundadas y controlar la aplicación de esa normatividad.

Los pasos a seguir para lograr un adecuado alertamiento a la población son:

- a) Diseñar un plan de acción que tome en cuenta las condiciones y recursos locales, así como la magnitud de los posibles daños asociados a cierta probabilidad de ocurrencia del evento.

- b) Instalar el equipo necesario para realizar un adecuado seguimiento del fenómeno hidrometeorológico en cuestión (ciclones tropicales, lluvias de invierno, etc.) para estar en posibilidades de pronosticar escenarios futuros del mismo.
- c) Observar el comportamiento del evento (radares y equipos para la recepción de imágenes de satélite), obtener registros como pluviogramas y limnigramas (fluviógrafos o pluviómetros y limnigrafos o escalas) y establecer una transmisión periódica y oportuna de la información.
- d) Aplicar modelos hidrológicos e hidráulicos dentro de la zona en estudio para determinar las características de la avenida, y decidir si es necesario evacuar a la población.
- e) Obtener analítica o experimentalmente los niveles alcanzados por el agua para avenidas con diferentes periodos de retorno, tanto a lo largo del rio como en la planicie inundada.
- f) Delimitar las áreas adyacentes al rio (la planicie) que pueden ser cubiertas por el agua. Esto con la finalidad de conocer las áreas afectadas por gastos asociados a diferentes periodos de retorno, para decidir qué zonas evacuar en función de la magnitud de la avenida que se haya pronosticado.
- g) El pronóstico sirve para minimizar los daños causados y, al mismo tiempo y una vez que la avenida haya transcurrido, maximizar el beneficio producto de una adecuada operación de todas las estructuras de control.
- h) Establecimiento de las acciones por ejecutar y formación de grupos que permitan tomar decisiones adecuados y oportunas antes, durante y después de la ocurrencia de la inundación.

Para que sean efectivas las actividades de protección y evacuación de las poblaciones que pueden ser afectadas, es indispensable que la alerta se dé con la máxima antelación posible, pero teniendo la certeza de que efectivamente se presentara el escenario simulado.

Este tipo de medidas (no estructurales permanentes), son diseñadas para prevenir a la gente y a los organismos responsables de la ejecución de las medidas para la prevención de desastres. Debido a que su costo es menor que el de las estructurales, están más al alcance de los países en desarrollo; sin embargo, para lograr una buena efectividad se requiere de un grado de organización con el que muchos de estos países no cuentan.

#### **2.4.1.2 Medidas de Operación.**

Son todas aquellas medidas que se adoptan ante la presencia de un fenómeno de tipo hidrometeorológico capaz de generar una inundación. Con la finalidad de conocer la evolución del fenómeno durante sus diferentes fases (ocurrencia y cantidad de la precipitación, transformación en escurrimiento superficial, regulación a lo largo del cauce, desfasamiento en el tiempo y atenuación del gasto máximo, alternativas para la operación de la infraestructura hidráulica, etc.) están apoyadas, fundamentalmente, en modelos para el pronóstico de avenidas.

Algunas de estas medidas se comentan a continuación:

- a) Establecer y elaborar programas, procedimientos y normas a seguir desde que se detecte un fenómeno que pueda ocasionar un desastre.
- b) Organizar y coordinar todas las acciones, personas y dependencias gubernamentales y privadas relacionadas con el desastre.
- c) Entrenar al personal responsable de las acciones que procedan antes, durante y después de la contingencia.
- d) Capacitar a las personas que pueden ser afectadas, para que sepan que hacer, con quien y donde acudir ante la presencia de un fenómeno extraordinario.
- e) Establecer un sistema de alerta que permita avisar oportunamente a la población de la presencia de algún fenómeno que pueda generar un desastre, si es predecible.
- f) Operar y conservar la infraestructura para mitigar o evitar un desastre.
- g) Evacuar en forma segura a la población que sea o pueda ser afectada.
- h) Ayudar a la población en peligro. Incluye la selección, construcción y operación de albergues y centros de primeros auxilios.
- i) Ayudar a la población afectada, proporcionando techo y alimentos hasta que pueda ser reacomodada o reparadas sus viviendas.
- j) Restaurar, en el menor tiempo posible, todos los servicios interrumpidos durante el desastre; entre ellos los de agua potable, drenaje y energía eléctrica.
- k) Evaluar las medidas adoptadas, así como de sus logros y deficiencias para retroalimentar los programas, procedimientos y normas efectuados.

## **2.4.2 Medidas Estructurales.**

Contrariamente a las acciones no estructurales, las estructurales están constituidas por cualquier obra de infraestructura hidráulica que ayude a controlar inundaciones. Este objetivo se puede lograr de dos maneras: mantener el agua dentro del cauce del río, o bien, evitar que el agua que ha salido de los cauces alcance poblaciones o zonas de gran interés.

### **2.4.2.1 Clasificación del Tipo de Obra.**

En función de la manera en que es manejada la corriente, se pueden definir tres grandes grupos de obras:

- *Obras de regulación.* Estas acciones consisten en la construcción de obras que intercepten directamente el agua de lluvia o la que escurre por los cauces para almacenarla en un área previamente seleccionada. Este grupo de estructuras está integrado fundamentalmente por presas (de almacenamiento, rompe-picos, etc.) y cauces de alivio (permanentes o temporales) que permiten almacenar temporalmente toda, o al menos una parte, de la creciente generada en la parte alta de la cuenca y, posteriormente, descargarlas en forma controlada.
- *Obras de rectificación.* Su función es facilitar la conducción rápida del agua por su cauce, dragando los ríos para conservar o incrementar su capacidad, algunas de las estructuras que forman parte de este grupo de obras son: la rectificación de los cauces (por medio de la canalización o el entubamiento de los ríos), o bien, el incremento de la pendiente (mediante el corte de meandros).

- *Obras de protección.* Confinan el agua dentro del cauce del río (bordos longitudinales a lo largo del río) o bien evitan que la inundación alcance poblaciones o zonas de importancia (bordos perimetrales).

De acuerdo con lo anterior, una clasificación de las obras de protección contra inundaciones, atendiendo al manejo de la avenida, es:

<b>OBRAS DE REGULACIÓN</b>	<b>OBRAS DE RECTIFICACIÓN</b>	<b>OBRAS DE PROTECCIÓN</b>
-Presas de almacenamiento -Presas rompe-picos -Presas para retener azolves -Desvío permanente -Desvío temporal	-Canalización del cauce -Entubamiento del cauce -Corte de meandros Rectificación de la corriente	-Bordos longitudinales -Bordos perimetrales -Muros de encauzamiento

**FUENTE:** Obras de protección contra inundaciones. (1999)

*Tabla 2.5 Clasificación de las obras de protección contra inundaciones más comunes, por tipo.*

Las obras más utilizadas en México, son las pertenecientes a los grupos uno y tres, específicamente: bordos tanto perimetrales como longitudinales, muros de encauzamiento, desvíos permanentes y presas de almacenamiento. De ellas, las dos últimas son las más efectivas, ya que el gasto máximo de la avenida disminuye en todo el tramo del río aguas abajo de ellas (las estructuras).



Por su parte, las presas rompe-picos se utilizan en corrientes donde la avenida de diseño es pequeña; su efecto se pierde en cuanto se unen varias corrientes, debido a que se incrementa la capacidad de regulación necesaria, lo que encarece el proyecto.

Las presas para retener azolve no alteran el gasto máximo de la avenida, pero evitan o retardan el azolvamiento de los cauces aguas abajo de ellas; si no se evita ese azolvamiento, los cauces pierden capacidad hidráulica y su desbordamiento ocurre con gastos menores a los estimados inicialmente.

Los desvíos temporales son recomendados cuando la avenida de diseño es esbelta y, además, se cuenta con zonas de desvío con capacidad de almacenamiento considerable o es factible construir varios desvíos a lo largo del río.

El corte de meandros, rectificaciones, dragados y destrucción de obstáculos tiene un efecto local que, en ocasiones, puede ser muy efectivo.

La reforestación es una solución más, solo que el tiempo necesario para lograr su efectividad es mayor que el de las otras opciones, además, es necesario llevarla a cabo en grandes extensiones para que sea efectiva, lo que exige una organización y coordinación gubernamental eficiente, adicionalmente hay que realizar grandes inversiones; el problema es que frecuentemente se contraponen con el uso de suelo.

Normalmente, solo en situaciones muy particulares una sola de las acciones mencionadas resuelve completamente el problema; como generalmente están involucradas grandes extensiones, se requiere la combinación de varias de esas medidas.

En 1999 la Comisión Nacional del Agua, a través de la Gerencia Regional Balsas, celebró el contrato No. SGO-GRB-IH-MICH-99-009 A, con la empresa Consultores, S.A de C.V. para la realización del proyecto ejecutivo de encauzamiento del Río Acalpican, con la finalidad de determinar el tipo de obras a realizar para garantizar el control de inundaciones a la población y zonas de cultivo en las localidades de El Habillal, Acalpican y Playa Azul, el cual fue terminado en Septiembre de 2000.

Para la elaboración del proyecto ejecutivo del Río Acalpican se plantearon tres alternativas de solución, mismas que se presentan a continuación tal y como lo señala el documento del proyecto ejecutivo capítulo 2.D de opciones de solución.

- A. La construcción de un cauce piloto de 40.00 m de plantilla y bordos en ambas márgenes para protección de la población y áreas productivas.
- B. Considerar ancho de plantilla de 60.00 m y bordos para diferentes gastos en el Río, obteniendo sus características principales.
- C. La alternativa B con la posibilidad de proteger el talud interior de los bordos con enrocamiento y rezaga con trinchera.

Para definir la alternativa más conveniente de solución, primeramente se trazo una poligonal de los bordos de protección en la planta topográfica del levantamiento definiendo una rasante de pendiente variable.

Con el propósito de tener la menor área de afectaciones a lo largo de los bordos, se trazo por los linderos, tratando en lo posible de disminuir las afectaciones, en las áreas de cultivo y en la zona urbana la ubicación de la poligonal del bordo.

Una vez que se adoptó el trazo en la planta de los bordos, se realizó el funcionamiento hidráulico del río para cada uno de los gastos, con el objeto de determinar los niveles de agua para los diferentes periodos de retorno establecidos y proponer una rasante del bordo de protección.

Con los perfiles del agua obtenidos para cada gasto, estos se sobre pusieron en el perfil longitudinal del río y se trazo la rasante del bordo, con un metro de bordo libre mínimo, con el fin de cuantificar las cantidades de excavación.

DESCRIPCION		COSTO CON IVA (Precios constantes del 2010)
<b>A</b>	La construcción de un cauce piloto de 40.00 m de plantilla y bordos en ambas márgenes para protección de la población y áreas productivas.	\$ 56'419,965
<b>B</b>	Considerar ancho de plantilla de 60.00 m y bordos para diferentes gastos en el Río, obteniendo sus características principales.	\$ 76'489,704
<b>C</b>	Considerar ancho de plantilla de 60.00 m y bordos para diferentes gastos en el Río, obteniendo sus características principales y el revestimiento del talud interior de los bordos con enrocamiento y rezaga.	\$ 191'318,273

**FUENTE:** Proyecto Ejecutivo "Encauzamiento del Río Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán"

*Tabla 2.6 Alternativas de solución para el encauzamiento del Río Grande Coalcomán y sus afluentes*

En función de las velocidades obtenidas en los funcionamientos hidráulicos y con los resultados del estudio de geotecnia, se considero necesario plantear la alternativa de revestir el talud interior de los bordos utilizando enrocamiento por tratarse de una obra para protección de una zona urbana y áreas productivas.

Con los parámetros anteriores, se obtuvieron los costos aproximados de cada una de las alternativas. Una vez conocidos los volúmenes de obra, se les aplicaron los precios unitarios recabados en la zona del proyecto.

De la comparación de los costos se observa que la alternativa “C” (con enrocamiento y ancho de plantilla de 60 m), es la de mayor inversión inicial y la alternativa “A” (sin enrocamiento y ancho de plantilla de 40 m), resulta más económica, pero esta última requeriría grandes erogaciones anuales de conservación de los bordos dadas las velocidades que alcanza el flujo.

Considerando esta variante, se propuso la alternativa “C” con enrocamiento y ancho de plantilla de 60.00 m, como la más viable, ya que cuenta con los requerimientos técnicos contra la socavación al resistir las velocidades de la corriente y, siendo esta la aprobada por la Dependencia encargada del proyecto, se obtuvo el costo detallado del proyecto (actualizado a enero de 2010), el cual se presenta en la tabla de costos de inversión de infraestructura en capítulo subsecuente.

## CAPÍTULO 3

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

A continuación, se señalarán las características principales del proyecto de inversión, algunas de estas, fueron establecidas previamente en el proyecto ejecutivo para el “*Encauzamiento del Río Acalpican*”, con la finalidad de determinar las posibles soluciones de protección y el costo total del proyecto.

#### **3.1 Objetivo.**

Dada su ubicación geográfica, la zona del proyecto está expuesta a diferentes eventos meteorológicos e hidrometeorológicos severos. En este contexto, uno de los que mayor impacto genera en la región son los huracanes.

Los huracanes y/o tormentas tropicales provocan diversos daños a la población, a la infraestructura, a los servicios y a los sistemas de producción, los cuales se agravan por el arrastre de suelos ocasionado por la deforestación, así como por la ubicación de asentamientos humanos en zonas susceptibles de inundación.

Asimismo, el proyecto de encauzamiento se encuentra dentro del área de influencia del “*Megaproyecto Lázaro Cárdenas*” (polo de desarrollo nacional), por lo que su ejecución es preponderante.

El proyecto cumple con los objetivos y estrategias establecidos por los mecanismos de planeación vigentes en el país, como lo son:

## **PLAN NACIONAL DE DESARROLLO**

### **Eje 3. Igualdad de Oportunidades**

#### Objetivo 3

*Lograr un patrón territorial nacional que frene la expansión desordenada de las ciudades, provea suelo apto para el desarrollo urbano y facilite el acceso a servicios y equipamientos en comunidades tanto urbanas como rurales.*

#### *Estrategia 3.3 Prevenir y atender los riesgos naturales.*

Esta estrategia pretende sensibilizar a las autoridades y a la población de la existencia de riesgos y la necesidad de incorporar criterios para la prevención de desastres en los planes de desarrollo urbano y en el marco normativo de los municipios.

Se orienta a hacer de la prevención de desastres y la gestión del riesgo una política de desarrollo sustentable, a través de la promoción de un mayor financiamiento entre los sectores público, social y privado; y a fortalecer prácticas de cooperación entre la Federación, estados y sociedad civil, que permitan atender con mayor oportunidad a la población afectada por fenómenos naturales.

## **PROGRAMA NACIONAL HÍDRICO**

### **Objetivos Rectores del Sector Hidráulico.**

#### Objetivo 6

*Prevenir los riesgos derivados de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos y atender sus efectos.*

*Estrategia 7. Mantener, conservar y ampliar la infraestructura hidráulica para la protección de centros de población y áreas productivas.*

## **LEY DE PRESUPUESTO Y RESPONSABILIDAD HACENDARIA**

### **Fracción I**

#### Artículo 24

*La programación y presupuestación del gasto público comprende:*

- I. *Las actividades que deberán realizar las dependencias y entidades para dar cumplimiento a los objetivos, políticas, estrategias, prioridades y metas con base en indicadores de desempeño, contenidos en los programas que se derivan del Plan Nacional de Desarrollo y, en su caso, de las directrices que el Ejecutivo Federal expida en tanto se elabore dicho Plan, en los términos de la Ley de Planeación;*

Asimismo, La Ley de Planeación le da al Ejecutivo Federal atribuciones para convenir con los gobiernos de las entidades federativas la participación en la planeación nacional a través de la presentación de las propuestas que estimen pertinentes.



### **3.2 Propósito.**

Con la ejecución del proyecto “*Encauzamiento del Río Acalpican*” se contribuirá a alcanzar el objetivo a que se refiere el Programa Nacional Hídrico, proporcionar protección contra inundaciones a 1,500 ha productivas en el sector hidroagrícola y a 10,070 habitantes de los centros de población en el área de influencia del proyecto.

Protección que se verá reflejada en un ahorro o liberación de recursos por mitigar los daños y riesgos ocasionados por los impactos ambientales adversos de las inundaciones recurrentes en la zona.

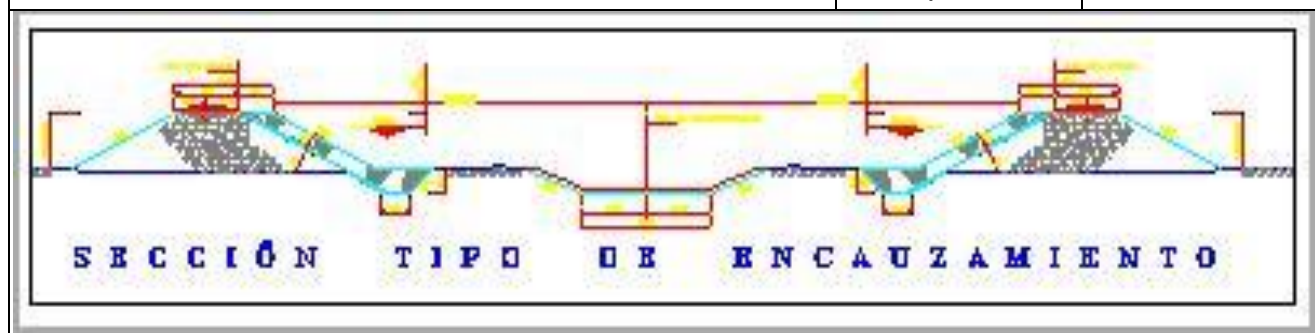
### **3.3 Componentes.**

La localización del sitio más adecuado para la construcción de las obras fue determinado en función de la zona más afectada por el desbordamiento del Río Acalpican, abarcando una longitud de 7.0 km aguas arriba de la desembocadura al Océano Pacífico; longitud de cauce a proteger y que cubre totalmente las poblaciones y zona agrícola afectadas.

Por lo tanto, con los estudios realizados en la elaboración del proyecto ejecutivo se considera que las obras a construir son las óptimas técnica y económicamente para la solución de la problemática de la zona.

El proyecto en sí consiste en la rectificación de 7.0 km. de cauce para conducir el gasto máximo que se presente ante una avenida máxima extraordinaria de 1,972 m<sup>3</sup>/s, mediante la rectificación de las curvas en las márgenes (las cuales presentan problemas de dirección), desazolve de la sección hidráulica y formación de bordos laterales con terraplén y enrocamiento en el talud interior de los bordos en ambas márgenes.

DATOS DEL PROYECTO	UNIDAD	CANTIDAD
Avenida máxima considerada Periodo de Retorno (Tr)	m <sup>3</sup> /seg. Años	1,972.00 100
Cauce de sección trapezoidal: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancho de plantilla</li> <li>• Profundidad promedio</li> <li>• Taludes</li> </ul>	mts. mts. Proporción	60.00 2.00 2:1
Bordos marginales (ambas márgenes): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud</li> <li>• Altura promedio</li> <li>• Ancho de corona</li> <li>• Taludes</li> </ul>	Km. mts. mts. Proporción	14.00 5.50 7.50 2:1



FUENTE: Proyecto Ejecutivo "Encauzamiento del Rio Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán".

Tabla 3.1 Características generales del proyecto de rectificación del cauce del Rio Grande Coalcomán

El objetivo del proyecto, es incrementar la capacidad hidráulica del cauce y reducir los problemas de divagación del río Acalpican en la parte correspondiente al municipio de Lázaro Cárdenas, Mich., con lo cual se minimizarían las afectaciones a las poblaciones de Acalpican, El Habillal, La Mira y Playa Azul así como la zona agrícola aledaña a las márgenes izquierda y derecha de dicho río.

El proyecto de Encauzamiento del Río Acalpican, contempla la realización de las siguientes obras de infraestructura y acciones relativas a las mismas:

- *Desmonte.* Para el asentamiento de las estructuras que componen el proyecto, previamente se llevará a cabo la preparación del terreno en la zona de ejecución consistiendo en trabajos de limpieza (retiro de arbustos y maleza).
- *Bordos de protección.* Con el objetivo de aumentar la capacidad hidráulica al cauce del río Acalpican y proteger contra erosiones las márgenes naturales del cauce, y por ende los desbordamientos por las mismas se plantea que se construyan bordos marginales a lo largo de la zona del proyecto, 7.00 km por margen, a base de terraplén formado con material producto de excavación del cauce y material de banco de préstamo, a una altura promedio de 5.50 m, corona de bordo de 7.50 m y taludes 2:1.
- *Excavación en cauce.* Con la finalidad de dar conducción y capacidad al flujo del gasto que se presente se considera llevar a cabo la excavación y formación de

un cauce piloto con un ancho de 60.00 m y taludes 2:1, por el eje de encauzamiento para incrementar el área hidráulica del cauce del río Acalpican y soportar, conjuntamente con los bordos, la avenida máxima extraordinaria considerada en el diseño.

- *Enrocamiento.* Se prevé proteger y fortalecer el cuerpo de los bordos marginales, con taludes de 2:1 formados a base de terraplén, con una chapa en el talud interior de rezaga de roca con un espesor de 0.40 m, un espesor de enrocamiento de 0.80 m colocado en 2 capas y con una trinchera de 1.50 m de profundidad para protección contra la socavación, en su talud mojado.

Los conceptos anteriores arrojan las siguientes cantidades de obra:

CONCEPTO	UNIDAD	MARGEN DERECHA	MARGEN IZQUIERDA	TOTAL
Desmonte	Ha.	20.00	20.00	40.00
Bordo de protección	Km.	7.00	7.00	14.00
Excavación en cauce	m <sup>3</sup>	-	-	883,423.00
Enrocamiento	m <sup>3</sup>	148,796.00	148,796.00	297,592.00

**FUENTE:** Proyecto Ejecutivo "Encauzamiento del Río Acalpican en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán".

*Tabla 3.2 Cantidades de obra del proyecto*

### 3.4 Calendario de actividades.

El proyecto de encauzamiento del Río Acalpican se propone ejecutarse en tres años, por lo que se distribuirán las actividades en las siguientes etapas de construcción.

CONCEPTO	ETAPA DE CONSTRUCCION			
	TOTAL	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2
Trabajos preliminares	207,908	51,977	83,163	72,768
Desmonte y despalme	1,566,182	391,546	626,473	548,164
Excavaciones	19,423,773	4,855,943	7,769,509	6,798,321
Construcción de bordos y terraplenes	15,304,423	3,826,106	6,121,769	5,356,548
Enrocamiento de rezaga en bordos	74,089,795	18,522,449	29,635,918	25,931,428
Revestimiento de corona para caminos	2,011,279	502,820	804,512	703,948
Acarreos y sobreacarreos de materiales	63,387,228	15,846,807	25,354,891	22,185,530
Indemnizaciones	3,008,344	752,086	1,203,338	1,052,920
Ingeniería y administración	12,319,342	3,079,835	4,927,737	4,311,770
<b>TOTAL</b>	<b>191,318,273</b>	<b>47,829,568</b>	<b>76,527,309</b>	<b>66,961,396</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 3.3 Programa de inversión multianual (Precios de mercado, 2010)*

### **3.5 Tipo de proyecto o programa.**

Conforme a las normas establecidas en los “*Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión*”, emitidos por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, este proyecto se clasifica como un proyecto de Infraestructura Social ya que se trata de la construcción de activos fijos, “*Bordos Longitudinales*”, en materia de seguridad social.

Se contempla que la inversión total del proyecto del encauzamiento del Río Acalpican, provenga de Recursos Federales y sean destinados a los programas de Protección a Áreas Productivas y Protección a Centros de Población.

### **3.6 Localización geográfica.**

*Ubicación geográfica:* La zona en estudio se encuentra ubicada en la zona costera del estado de Michoacán, particularmente en la ribera del río Acalpican, también conocido como Carrizal de Arteaga, tiene su origen en las partes altas de la Sierra Madre Occidental en las coordenadas latitud 18°00´y longitud 102°21´.

*Ubicación política:* Políticamente, la zona de proyecto se encuentra ubicada en el municipio de Lázaro Cárdenas, Mich., abarcando las comunidades de El Habillal, Acalpican, La Mira y Playa Azul, del mismo estado.

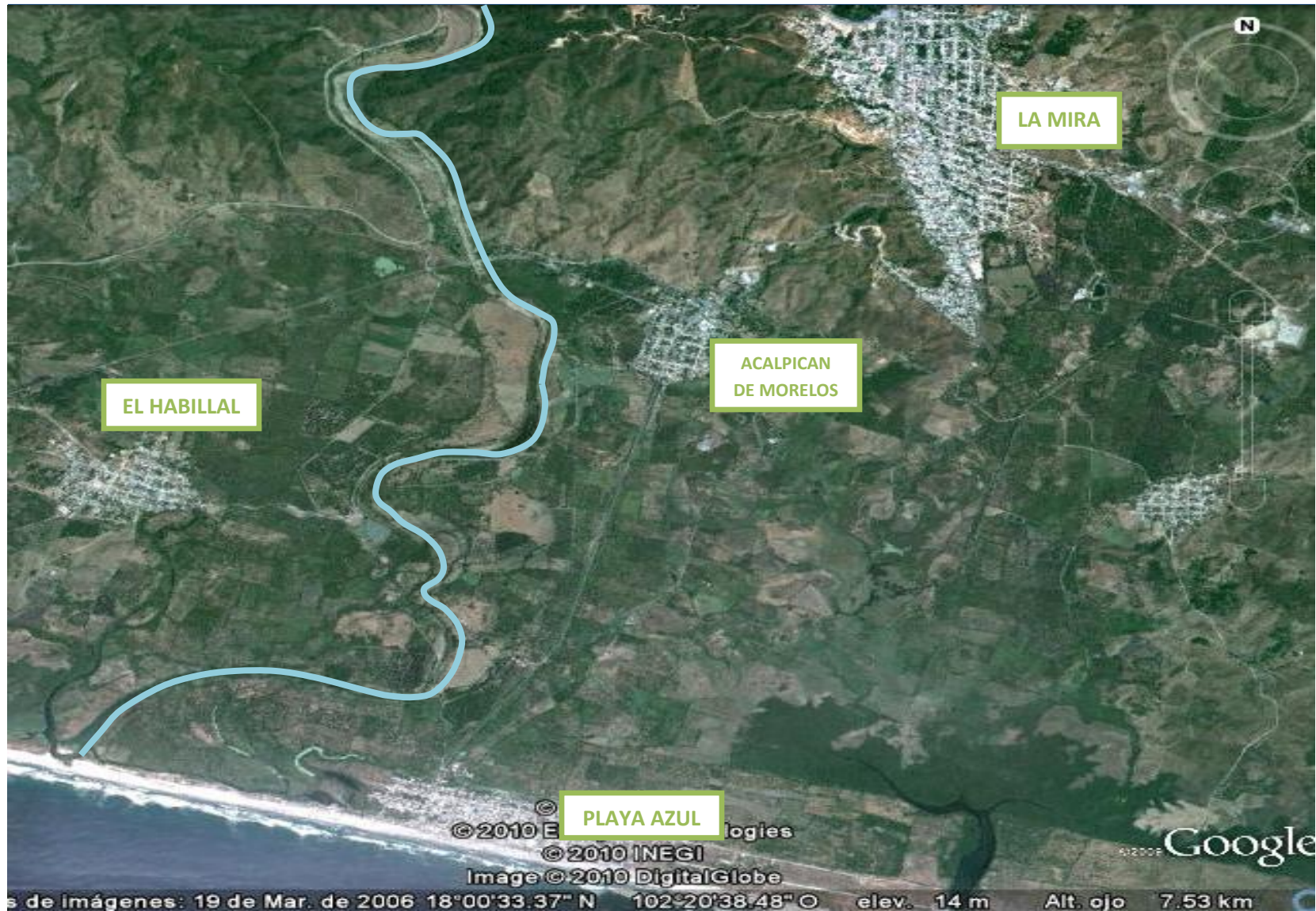
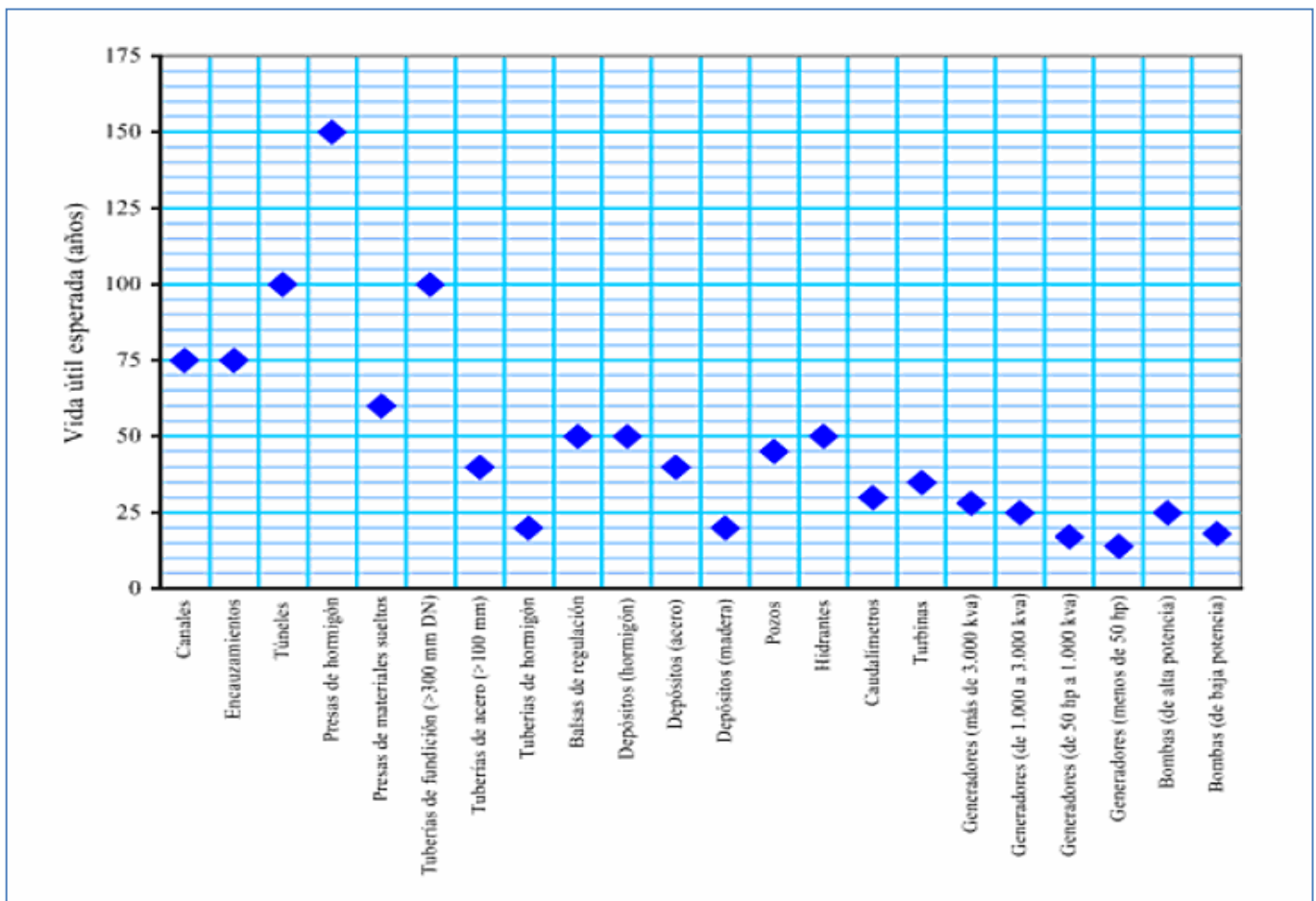


Foto 3.1. Localización del Rio Acapulcan (FUENTE: Google Earth)

### 3.7 Vida útil del programa o proyecto y su horizonte de evaluación.

La vida útil del proyecto puede definirse como el tiempo en que este será utilizado con eficiencia y sobre todo el tiempo de operación en que se estime serán recuperadas las inversiones realizadas, a este lapso se le conoce como “*Periodo de Amortización del Proyecto*”. Este tiempo es variable según la tipología del proyecto y de las circunstancias particulares de cada proyecto. Al final de esta vida útil el proyecto no tendrá capacidad de seguir produciendo, aunque pueda tener un determinado valor residual o de rescate.



FUENTE: Linsley & Franzini (1980)

Grafica 3.1 Vida útil según tipología de las obras hidráulicas



Para determinar la vida útil de un proyecto es una tarea difícil, incierta y subjetiva. Algunos de los motivos que ayudan a establecer la vida esperada de un proyecto son:

- *Razones Técnicas:* La infraestructura básica llega a un momento en el cual queda fuera de servicio por agotamiento de sus propiedades mecánicas.
- *Razones Financieras:* Existencia de divergencias entre los valores monetarios y los reales durante su periodo de operación.
- *Razones Económicas:* La tecnología y los procesos innovadores hacen importante considerar el desuso que puede afectar a determinados bienes o activos.

Algunos de los valores habituales para la vida útil de los proyectos de inversión pública pueden ser de 25 a 100 años, tomándose como valor habitual de la misma de 50 años. Algunos autores (Linsley y Franzini, 1980), proponen las vidas útiles que se indican en la *Gráfica 3.1*, según tipologías de las obras hidráulicas, donde se observa que la vida útil recomendada en proyectos de encauzamiento es de 75 años.

El horizonte de evaluación o planeación de un proyecto es el plazo de tiempo que se requiere para planear, desarrollar y complementar un proyecto así como para recuperar el costo del proyecto.

Con los conceptos anteriores, se puede concluir que la vida útil y el horizonte de planeación del proyecto serán de 75 y 30 años respectivamente.

Es de esperarse que este tipo de proyectos tengan, al final de su vida útil, un valor de rescate o salvamento, mismo que se considerará de un 10% sobre el monto de la inversión. Como la vida útil del proyecto es mayor que el horizonte de planeación considerado, se determinó su valor en libros al final del horizonte de planeación, mismo que importa un monto del orden de los 114 millones de pesos.

Finalmente, se recomienda que, una vez en operación, se deban plantear evaluaciones para evaluar los beneficios reales obtenidos.

### **3.8 Capacidad instalada que se tendría.**

La localización del sitio más adecuado para la construcción de las obras fue determinado en función de la zona más afectada por el desbordamiento del Río Acalpican, abarcando como mínimo 7 km. aguas arriba a partir del punto de desembocadura al Océano Pacífico; longitud de cauce a proteger que cubre totalmente las poblaciones y zona agrícola afectadas. Por lo tanto, con los

estudios realizados hasta el momento, se considera que las obras a construir son las óptimas técnica y económicamente para la solución de la problemática de la zona.

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
Avenida máxima de diseño	m <sup>3</sup> /seg.	1,972.00
Periodo de retorno	Años	100.00
Altura de bordos marginales	mts.	5.50
Ancho de plantilla	mts.	60.00

**FUENTE:** Proyecto Ejecutivo "Encauzamiento del Rio Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán".

*Tabla 3.4 Capacidad instalada del proyecto*

### **3.9 Metas anuales y totales.**

El programa elaborado para la ejecución del proyecto protegerá 1,500 ha de zona agrícola de riego en la jurisdicción del Distrito de Riego 098 "José María Morelos", zonas urbanas de las localidades de El Habillal, Acalpican de Morelos y Playa Azul, además de infraestructura social de la región, todo esto conforme al siguiente programa de actividades:

CONCEPTO	UN.	ETAPA DE CONSTRUCCION			
		TOTAL	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2
Trabajos preliminares	Ha	80.00	20.00	32.00	28.00
Desmonte y desplante	Ha	40.00	10.00	16.00	14.00
Excavaciones	m <sup>3</sup>	883,423.00	220,856.00	353,369.00	309,198.00
Construcción de bordos y terraplenes	m <sup>3</sup>	707,205.00	176,801.00	282,882.00	247,522.00
Enrocamiento y rezaga en bordos	m <sup>3</sup>	297,592.00	74,398.00	119,037.00	104,157.00
Revestimiento corona para caminos	m <sup>3</sup>	91,200.00	22,800.00	36,480.00	31,920.00
Acarreos de materiales	m <sup>3</sup>	1,899,420.00	474,855.00	759,768.00	664,797.00
Indemnizaciones	Ha	40.00	10.00	16.00	14.00
Ingeniería y administración	Lote	1.00	0.25	0.40	0.35

INCORPORACION DEL ENCAUZAMIENTO Y LOS BORDOS					
Encauzamiento	Km	7.00	2.00	2.20	2.80
Margen Derecha	Km	7.00	2.00	2.20	2.80
Margen Izquierda	Km	7.00	2.00	2.20	2.80

FUENTE: Proyecto Ejecutivo "Encauzamiento del Rio Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán".

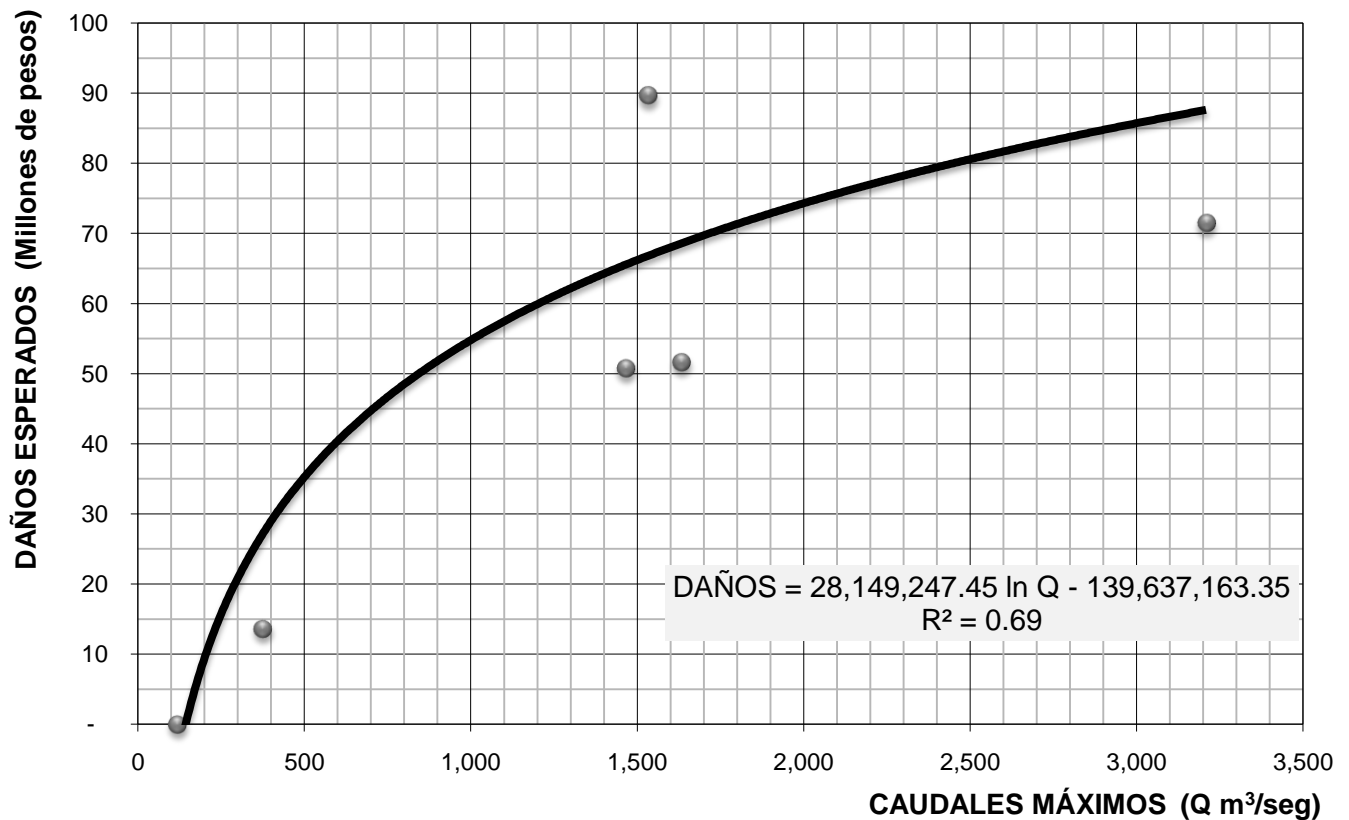
Tabla 3.5 Programa de incorporación de metas

### 3.10 Beneficios totales y anuales.

Los beneficios de un proyecto de protección contra inundaciones se asocian a un nivel de protección determinado, que puede ser medido utilizando la metodología del "Daño Evitado Esperado", para lo cual, en función de las estadísticas actualizadas de daños registradas en la zona del proyecto, se construyó una curva

de “Daños vs Probabilidad de Ocurrencia” y aplicando el criterio de esperanza matemática se determinó el “Daño anual esperado para las probabilidades de ocurrencia”.

**PROYECTO DE ENCAUZAMIENTO DEL RIO ACALPICAN  
DAÑOS HISTÓRICOS EN FUNCIÓN DE LOS CAUDALES  
AJUSTADOS A UNA TENDENCIA LOGARÍTMICA**



FUENTE: Propia

Gráfica 3.2 Daños históricos totales vs caudales ajustados a una función logarítmica

GASTO m <sup>3</sup> /seg	PERIODO DE RETORNO	RIESGO	PROBABILIDA D	DAÑO ESPERADO	DAÑO MEDIO	DAÑO ANUAL ESPERADO
122.36	1	1.0000		0	0	0
765.00	5	0.2000	0.80000	47,270,345	23,635,172	18,908,138
1,105.00	10	0.1000	0.10000	57,621,520	52,445,932	5,244,593
1,380.00	20	0.0500	0.05000	63,877,357	60,749,439	3,037,472
1,718.00	50	0.0200	0.03000	70,044,219	66,960,788	2,008,824
1,972.00	100	0.0100	0.01000	73,868,491	71,956,355	719,564
2,552.00	500	0.0020	0.00800	81,183,342	77,525,916	620,207
2,805.00	1,000	0.0010	0.00100	83,844,183	82,513,762	82,514
3,655.00	10,000	0.0001	0.00090	91,295,079	87,569,631	78,813
		$\Sigma P_i =$	<b>0.9999</b>		$\Sigma DAE =$	<b>30,700,124</b>
Desviación estándar =						<b>16,031,347</b>
Incertidumbre de daños =						<b>3,729,503</b>
<b>DAÑO ANUAL ESPERADO =</b>						<b>34,429,627</b>

Precios de mercado 2010

FUENTE: Propia

*Tabla 3.6 Daño anual esperado total en situación sin proyecto*

Con la información anterior es posible cuantificar y valorar los beneficios anuales esperados, considerando la alternativa seleccionada para un periodo de retorno de 100 años con una capacidad de 1972 m<sup>3</sup>/s, los cuales alcanzan un monto de 30.61 millones de pesos anuales. El análisis se resume en la *Tabla 3.7*:

GASTO m <sup>3</sup> /seg	PERIODO DE RETORNO	RIESGO	PROBABILIDAD	BENEFICIOS (Daño evitado)	BENEFICIO MEDIO	BENEFICIO ANUAL ESPERADO
122.36	1	1.0000000		0.00	0.00	0.00
765.00	5	0.2000000	0.80000	47,270,345	23,635,172	28,362,207
1,105.00	10	0.1000000	0.10000	57,621,520	5,175,588	1,552,676
1,380.00	20	0.0500000	0.05000	63,877,357	3,127,919	469,188
1,718.00	50	0.0200000	0.03000	70,044,219	3,083,431	215,840
1,972.00	100	0.0100000	0.01000	73,868,491	1,912,136	57,694
2,552.00	500	0.0020000	0.00800	81,183,342	3,657,426	- 43,889
2,805.00	1,000	0.0010000	0.00100	83,844,183	1,330,420	- 3,991
3,655.00	10,000	0.0001000	0.00090	91,295,079	3,725,448	- 4,098
		Σ Pi=	<b>0.99990</b>		Σ BAE=	<b>30,605,627</b>

Precios de mercado 2010  
FUENTE: Propia

*Tabla 3.7 Beneficios anuales esperados en situación con proyecto*

Los beneficios obtenidos se incorporarán al proyecto gradualmente, conforme a la ejecución de la obra y a un periodo determinado de operación del mismo, estimándose que el total de los beneficios, los 28.7 millones de pesos, se mantendrán en forma constante a partir del año 4 del horizonte de planeación, y que para efectos de evaluación se clasificaran en cuatro grupos, como se observa en el siguiente cuadro:

TIPO DE BENEFICIOS	ETAPA CONSTRUCTIVA			ETAPA OPERATIVA	
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4 A 30
Hidroagrícolas	0	3,706,665	13,591,104	18,533,324	24,711,099
Infraestructura social	0	153,455	562,669	767,276	1,023,035
Vivienda	0	139,957	513,176	699,785	933,047
Referente a la inundación	0	298,240	1,093,545	1,491,198	1,988,265
<b>Beneficios totales</b>	<b>0</b>	<b>4,298,317</b>	<b>15,760,495</b>	<b>21,491,584</b>	<b>28,655,446</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 3.8 Incorporación de beneficios durante el horizonte de planeación*

### **3.11 Descripción de los aspectos más relevantes de las evaluaciones técnica, legal y ambiental del proyecto.**

#### **3.11.1 Evaluación técnica.**

Una vez evaluados los alcances técnicos, hidrológicos, hidráulicos y de ingeniería del proyecto para obras de control de inundaciones, se determina técnicamente factible el proyecto de “*Encauzamiento del Río Acalpican*” a través de la construcción de bordos longitudinales por ambas márgenes, destacándose los siguientes aspectos:

- Se pretende solucionar la problemática de la inundación que año con año origina pérdidas cuantiosas a los sectores productivos, principalmente al agropecuario, y a la población asentada en su zona de influencia.



- La metodología técnica seleccionada para el control de los escurrimientos de la cuenca, se basó en el análisis de las zonas de riesgo, tanto en áreas agrícolas como urbanas que conforman la llanura de inundación del río Acalpican, desde el puente carretero hasta su desembocadura en el Océano pacífico, con una longitud aproximada de 7 km.
- La obra propuesta, bordos longitudinales, para el control de los escurrimientos es accesible, ya que se cuenta con la superficie suficiente para alojar la infraestructura y el movimiento de maquinaria y equipo en la etapa constructiva y operativa.
- En el área del proyecto se cuenta con la suficiente infraestructura de comunicaciones y abasto que aseguren los insumos de materiales, mano de obra y maquinaria requeridos para la construcción y mantenimiento de la obra.
- La ingeniería del proyecto y los estudios básicos que fueron la base para el dimensionamiento de las obras de protección, cumplen satisfactoriamente con las Normas y Especificaciones de la Comisión Nacional del Agua.
- Los costos de inversión inicial, de operación y mantenimiento, son acordes a los costos de mercado que se pudieran presentar en una licitación, ya que se establecieron a partir de un análisis de precios unitarios por conceptos de obra.
- Se plantearon alternativas de solución, considerando tener la menor superficie de afectaciones en las áreas de cultivo, a lo largo de los bordos.
- De la comparación de los costos de las alternativas presentadas se propuso la alternativa enrocamiento de bordos y ancho de plantilla de 60.00 m (Alternativa C), como la más viable, además de contar con los requerimientos técnicos de

resistir las velocidades de la corriente y socavación y garantizar un cauce estable.

Finalmente se considera TÉCNICAMENTE FACTIBLE la ejecución del “Proyecto de Encauzamiento del Río Acalpican” para el control de inundaciones.

### **3.11.2 Evaluación legal.**

La planeación, presupuestación y contratación de la obra se tiene previsto la elaboración de Convenios de Coordinación por parte del Ejecutivo Federal, Estatal y Municipal, los cuales serán con estricto apego a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y la Ley de Planeación.

Con respecto a la evaluación legal del proyecto, no se tiene ningún obstáculo legal para su realización, excepto que para su ejecución se requieren permisos y licencias de las autoridades competentes y, como el proyecto se ejecutará en un cauce propiedad de la Nación estos permisos y licencias deben ser emitidos por la autoridad en la materia que es la Comisión Nacional del Agua, misma que es la encargada del proyecto.

Aunado a ello, considerando que la región es un polo de desarrollo nacional ya que se encuentra dentro del área de influencia del “Megaproyecto Lázaro Cárdenas”, es necesaria la solución de la problemática de las inundaciones no solo

en la zona urbana, también en la zona de cultivo, por lo que se concluye que el proyecto del Rio Acalpican es LEGALMENTE FACTIBLE.

### **3.11.3 Evaluación ambiental del proyecto.**

Desde el punto de vista de la normatividad ambiental vigente y en lo referente a este tipo de obras, es necesario mencionar lo siguiente:

- El objetivo de una evaluación ambiental es el detectar, principalmente, impactos ambientales adversos, mismos que generen medidas de prevención o mitigación de los mismos.
- El objetivo de este proyecto es el mitigar los impactos ambientales adversos, provocados por las inundaciones que se presentan en la situación actual y que son un obstáculo para el desarrollo sostenible de la región.
- Considerando el tipo de obras que se ejecutaran en la etapa constructiva y operativa del proyecto, prácticamente en la zona federal del cauce, no se generarán impactos significativos adversos, sino lo contrario se generarán impactos beneficios sinérgicos ya que con ello se impulsará el desarrollo económico y social de la región.

Del estudio de impacto ambiental, se llegó a la conclusión de que el proyecto forma parte de las medidas de mitigación de los impactos ambientales adversos provocados por la inundación, situación que provoca daños en la zona del proyecto, generando con ellas pérdidas en los sectores productivos y sociales.

Con esto se concluye que la EVALUACIÓN AMBIENTAL del proyecto es FACTIBLE.

### **3.12 Avance en la obtención de los derechos de vía, manifestación de impacto ambiental, cambio de uso de suelo y cualquier otro trámite previo.**

Para el caso de este proyecto los principales trámites previos para la ejecución del proyecto son:

- 1. DERECHOS DE VÍA:** De conformidad con la Ley de Aguas Nacionales, reglamentaria del Artículo 27 Constitucional, en su Título Noveno: Bienes Nacionales a cargo de la "Comisión", establece:

*Artículo 113. La administración de los siguientes bienes nacionales queda a cargo de "la Comisión".*

- I. Las playas y zonas federales, en la parte correspondiente a los cauces de corrientes en los términos de la presente Ley;
- II. Los terrenos ocupados por los vasos de lagos, lagunas, esteros o depósitos naturales cuyas aguas sean de propiedad nacional;
- III. Los cauces de las corrientes de aguas nacionales;

**IV.** Las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y a los vasos o depósitos de propiedad nacional, en los términos previstos por el Artículo 3 de esta Ley;

**V.** Los terrenos de los cauces y los de los vasos de lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, descubiertos por causas naturales o por obras artificiales;

**VI.** Las islas que existen o que se formen en los vasos de lagos, lagunas, esteros, presas y depósitos o en los cauces de corrientes de propiedad nacional, excepto las que se formen cuando una corriente segregue terrenos de propiedad particular, ejidal o comunal, y

**VII.** Las obras de infraestructura hidráulica financiadas por el gobierno federal, como presas, diques, vasos, canales, drenes, bordos, zanjas, acueductos, distritos o unidades de riego y demás construidas para la explotación, uso, aprovechamiento, control de inundaciones y manejo de las aguas nacionales, con los terrenos que ocupen y con las zonas de protección, en la extensión que en cada caso fije "la Comisión".

En los casos de las fracciones IV, V y VII la administración de los bienes, cuando corresponda, se llevará a cabo en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad.

Asimismo, en el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales se establece:

Artículo 4o. Para efectos de las fracciones VIII del artículo 3o., y IV, del artículo 113 de la "Ley", por lo que se refiere a la delimitación, demarcación y administración de las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y a los vasos o depósitos de propiedad nacional, se estará a lo siguiente:

*... En los ríos en llanuras de inundación, para efectos de lo dispuesto en este artículo, se tomará el punto más alto de la margen o ribera....*

Artículo 5o. Para efectos de la fracción XIII, del artículo 3o., de la "Ley", "La Comisión" para fijar la extensión de las zonas de protección de las presas, estructuras hidráulicas e instalaciones conexas, se sujetará a las condiciones de seguridad y del necesario mantenimiento y operación eficiente de la infraestructura hidráulica, así como sus ampliaciones futuras, según se desprenda de los diseños respectivos, y en todo caso la anchura de la franja alrededor de la infraestructura no excederá de 50 metros.

Como se ha establecido con anterioridad, la superficie donde se desplantarán las principales obras del proyecto, bordos y caminos de operación y mantenimiento es, en su inmensa mayoría, parte de la zona federal de cauce, y la menor escala son áreas agrícolas no productivas por la

incertidumbre que generan las inundaciones. En este sentido se tiene la opinión de los afectados en las zonas rivereñas del cauce en dar todas las facilidades para su ejecución ya que además toda la superficie ocupada por las obras, tanto federal, ejidal o privada, está considerada con pago indemnizatorio en los costos del proyecto, tal como lo prevé la Ley.

**2. MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL:** Mediante escrito del promovente del proyecto a la SEMARNAT, se presento “Solicitud de exención de la presentación de la manifestación de impacto ambiental para la realización del proyecto Rehabilitación del Río Acalpican, en el Municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán” donde se informo el propósito, componentes y características del proyecto, la Unidad de Gestión Ambiental de la mencionada secretaría. Solicitud que fue contestada positivamente mediante Oficio No. MICH/GA/04/6996/08 de fecha 28 de noviembre de 2008 donde expresa que:

- I. Fue analizada la documentación presentada y se tomo conocimiento del propósito y objetivos del proyecto.
- II. Las obras y actividades que derivan del proyecto propuesto no se contraponen con lo que establece el Decreto por el que se declara el Ordenamiento Ecológico Regional de la Zona Industrial y Portuaria de Lázaro Cárdenas, Mich..

- III. Que en efecto el proyecto no implica la eliminación del hábitat de ejemplares de flora y fauna sujetos a un régimen de protección especial.
  
- IV. Que donde se ejecutará el proyecto ya se presentan impactos ambientales adversos mismos que, las obras de encauzamiento mitigarán.

En apego a estas consideraciones, la SEMARNAT resuelve principalmente:

- No tener objeción en la realización del proyecto conforme a las características y actividades mencionadas ya que no se altera el medio ambiente ya impactado por el área rural con caserío y con actividades agrícolas.
- Que las obras y actividades solicitadas estarán sujetas en lo congruente con la legislación en materia ambiental suscrita en la LGEEPA, NOM, y otras.
- Que las acciones que realizará el proyecto, son congruentes con el trámite realizado, debido a que no causará desequilibrio ecológico ni rebasará los límites y condiciones establecidas en las disposiciones jurídicas relativas a la protección del ambiente.



- 3. CAMBIO DE USO DEL SUELO:** Como se ha establecido en párrafos anteriores, la superficie donde se construirá el proyecto de encauzamiento, será básicamente dentro del cauce y su zona federal, razón por la cual no se tendrá un cambio significativo del uso del suelo.
- 4. CUALQUIER OTRO TRAMITE PREVIO:** En este sentido, considerando lo establecido en el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales:

#### **Capítulo V. Control de Avenidas y Protección Contra Inundaciones**

Artículo 131. Para efectos de los artículos 83 y 98 de la "Ley", "La Comisión", en el ámbito de su competencia, otorgará el permiso para la construcción de obras públicas de protección contra inundaciones o promoverá su construcción y operación, según sea el caso, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, o en concertación con las personas físicas o morales interesadas.

No quedan comprendidas en lo dispuesto en este artículo, las obras públicas de drenaje pluvial en los centros de población, las cuales están a cargo y bajo la responsabilidad de las autoridades locales.

En caso de requerirse algún otro trámite previo a la construcción del proyecto y dado que la Ley de Aguas Nacionales en su Artículo 83 establece la obligatoriedad de la Comisión Nacional del Agua de “...*en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, o en concertación con personas físicas o morales, deberá construir y*

*operar, según sea el caso, las obras para el control de avenidas y protección de zonas inundables, así como caminos y obras complementarias que hagan posible el mejor aprovechamiento de las tierras y la protección a centros de población, industriales y, en general, a las vidas de las personas y de sus bienes,...*” de requerirse cualquier otro tramite este será solventado por CONAGUA ya que es la autoridad máxima en materia de agua.

### **3.13 Costo total del proyecto.**

El proyecto de encauzamiento del Río Acalpican se encuentra a nivel de proyecto ejecutivo. Actualmente se tiene contemplado realizar las obras que a continuación se mencionan, con sus respectivos costos de inversión.

#### **3.13.1 Etapa de ejecución.**

Con el propósito de conocer el importe del proyecto del encauzamiento del Río Acalpican, se elaboró su presupuesto, aplicando un precio unitario a las cantidades principales de trabajo del catálogo. Dicho presupuesto se presenta en la tabla siguiente:

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	IMPORTE TOTAL
Trabajos preliminares	Ha	40.00	207,908
Desmante y despirme	Ha	40.00	1,566,182
Excavaciones	m <sup>3</sup>	883,423.00	19,423,773
Construcción de bordos y terraplenes	m <sup>3</sup>	707,205.00	15,304,423
Enrocamiento y rezaga en bordos	m <sup>3</sup>	297,592.00	74,089,795
Revestimiento de corona para caminos	m <sup>3</sup>	11,200.00	2,011,279
Acarreo de materiales	m <sup>3</sup>	1,899,420.00	63,387,228
Indemnizaciones	Lote	1.00	3,008,344
Ingeniería y administración	Lote	1.00	12,319,342
		<b>IMPORTE TOTAL</b>	<b>191,318,273</b>

Precios de mercado del 2010 con IVA  
**FUENTE:** Propia

*Tabla 3.9 Costos de inversión en infraestructura*

### **3.13.2 Etapa de operación.**

Los costos referentes a la operación son los generados por las acciones propias de la operación de la infraestructura en bordos y caminos, para lo cual según datos proporcionados por las oficinas de la Comisión Nacional del Agua en Lázaro Cárdenas, se estima una inversión de \$ 480,603 al final del primer año de operación, hasta alcanzar un monto máximo de \$ 1'922,414 anuales a partir del octavo año de operación, mismos que se plasman en el cuadro siguiente.

PERIODO	INVERSION	PERIODO	INVERSION	PERIODO	INVERSION
Año 1	<b>480,603</b>	Año 4	<b>865,086</b>	Año 7	<b>1,634,052</b>
Año 2	<b>576,724</b>	Año 5	<b>1,057,328</b>	Año 8 a Año 30	<b>1,922,414</b>
Año 3	<b>672,845</b>	Año 6	<b>1,345,690</b>		

Precios de mercado del 2010  
**FUENTE:** Propia

*Tabla 3.10 Costos de operación y conservación del proyecto*

### 3.14 Fuentes de recursos.

Se contempla que la inversión total del proyecto de encauzamiento del Río Acalpican provenga de recursos federales y sean destinados a los programas de Protección a Áreas Productivas y/o Protección a Centros de Población.

TOTAL		AÑO 0		AÑO 1		AÑO 2	
Federal	Contraparte	Federal	Contraparte	Federal	Contraparte	Federal	Contraparte
191,318,273	-	47,829,568	-	76,527,309	-	66,961,396	-

**FUENTE:** Proyecto Ejecutivo "Encauzamiento del Río Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán".

*Tabla 3.11 Fuente de los recursos para la inversión inicial*

### 3.15 Supuestos técnicos y socio-económicos.

Los supuestos técnicos y socioeconómicos más importantes que se consideran en la evaluación son:

#### 3.15.1 Costos del proyecto.

- Se actualizó el presupuesto del proyecto con base al Índice Nacional de Precios al Consumidor editados por el Banco de México.

<b>FECHA</b>	<b>INPC</b>
Enero 2001	93.76500
Enero 2010	140.04700
Factor de actualización	<b>1.4936</b>

**FUENTE:** Bancomex

*Tabla 3.12 Índices y factores de actualización de costos*

- Referente a los costos de Operación y Conservación, estos se estimaron bajo la base de los precios unitarios del proyecto y una ponderación de los volúmenes de obra por realizar, con base en la experiencia de la Residencia de Construcción y la magnitud del proyecto.
- Para la estimación de los costos sociales primeramente se considero quitarles el Impuesto al Valor Agregado, se estimo un porcentaje de Mano de Obra y se clasifico en: Calificada, Semi-calificada y No-Calificada, con coeficientes de ajuste de 1.0, 0.8, 0.7, respectivamente.

- Asimismo, se considero un factor de ajuste para el tipo de cambio de la divisa, para los materiales comercializables internacionalmente de 1.040 y una deducción del arancel promedio de 4.315%.

### **3.15.2 Beneficios del proyecto.**

- Los beneficios del proyecto se estimaron en función de los daños evitados, estableciendo una correlación entre los eventos hidrometeorológicos y los daños históricos reportados.
- Asimismo, se determino un valor esperado de beneficios en función del riesgo y el periodo de retorno de los caudales máximos considerados.
- Se estableció que los beneficios se incorporarían al proyecto al 100% en un periodo de maduración de 4 años, esto en función de la propuesta de construcción de 3 años.

### **3.15.3 Evaluación del proyecto.**

- La tasa de descuento social se propuso, de acuerdo a la tasa social de descuento establecida en los Lineamientos emitidos por la SHCP, de 12% para los 30 años del horizonte de planeación.

- Dadas las tasas de crecimiento de la población, no se considero conveniente suponer un gradiente de crecimiento de los beneficios, por lo cual estos se mantendrán constantes en el horizonte de planeación.

### **3.16 Infraestructura existente.**

Es de vital importancia aclarar que el proyecto se desarrolla en una región de gran crecimiento económico, donde se asientan un sinnúmero de recursos, tanto naturales como sociales y productivos, y que estos seguirán creciendo dada las políticas de desarrollo establecidas por las tres instancias de gobierno.

Tal es el caso de la protección de los dos brazos del Río Balsas (Izquierdo y Derecho) mismos que están ejecutados con una sección tipo similar a las propuestas en el proyecto Acalpican, cuyo objetivo principal es el de proteger a las instalaciones de la Siderúrgica.

En el cauce del Río Acalpican se ha construido infraestructura para la protección contra inundaciones de forma esporádica y remedial cuando se presentan grandes avenidas y estas rompen las barreras naturales, todo ello sin un proyecto antecedente. Según refiere Héctor Tapia en su noticia publicada para internet en Julio del 2008.

Lázaro Cárdenas

## **Pretenden prevenir inundaciones**

Héctor Tapia

Viernes 11 de Julio de 2008

Se invirtieron más de medio millón de pesos para atender las demandas de la tenencia de Playa Azul y de la comunidad de El Habillal, donde históricamente se presentan inundaciones en los asentamientos que están a las orillas de los esteros y ríos, esto para prevenir en un futuro las posibles contingencias, aseguró el alcalde Mariano Ortega Sánchez.

En el temporal pasado a causa del desbordamiento del Río Acalpican se perdieron varias hectáreas de plátano en la comunidad de El Habillal, así como también resultaron varias inundaciones en lugares donde hay asentamientos humanos en la tenencia de Playa Azul.

Durante un recorrido con el alcalde y otros funcionarios municipales, se supervisaron varias obras que se estuvieron realizando de dragado de varias corrientes naturales, tanto del Río Acalpican como en los diversos esteros que circundan a la comunidad de Playa Azul, para prevenir durante esta temporada las inundaciones que regularmente se presentan.

En los trabajos se invirtieron cerca de 350 mil pesos en el trabajo que se ha venido realizando desde hace mes y medio en Playa Azul, así como otros 200 mil pesos para dragar el Río Acalpican, mismo que en temporales pasadas de desbordaba.

El alcalde señaló que se lleva trabajando más de mes y medio en esto, en las dos obras de desazolve y dragado de los lugares por donde pasa la creciente de agua durante los temporales, así como también se han estado atendiendo los esteros de Barra del Tigre y de Barra de Pichi, para dejarlos limpios y reducir las posibilidades de inundaciones en un futuro

Por parte de la administración municipal se reconoció que se ocupa en la comunidad de El Habillal, a las orillas del Río Acalpican, un “enrocamiento” en las orillas del afluente para evitar con esto el desbordamiento del mismo, obra donde también tendrá que participar la Comisión Nacional del Agua (CNA).

*Imagen 3.1. Imagen de noticia publicada en internet en Julio del 2008*

Así mismo, en la zona del proyecto se cuenta con infraestructura de riego como lo son canales, drenes y caminos de operación del Distrito de Riego 098, la carretera estatal que une las localidades de Acalpican de Morelos con Playa Azul, redes de energía eléctrica, teléfonos, y fuentes de abastecimiento para agua entubada que suministra el vital líquido a la población.



## **CAPÍTULO 4**

### **SITUACIÓN CON PROYECTO**

Una vez realizado el proyecto, la zona occidental del Río Balsas estará protegida contra inundaciones, contribuyendo con ello a mejorar el nivel de vida de sus habitantes, ampliando la perspectiva de desarrollo económico al disminuir la incertidumbre de daños por inundación, a través de la inversión.

El sector hidroagrícola, el más dañado por las inundaciones, tendrá un panorama de oportunidad en la modernización de sus sistemas de producción, mismo que se contempla en el Plan Director del Distrito de Riego 098, contribuyendo con ello a incrementar los niveles de ingresos de los productores que se ven disminuidos considerablemente por la inundación.

El proyecto contribuirá a aumentar la oferta de infraestructura para protección contra inundaciones, protegiendo directamente a 16,903 habitantes y alrededor de 1,500 ha. agrícolas con infraestructura de riego, misma que tendrá la oportunidad de ser modernizada con riego presurizado al disminuir considerablemente la probabilidad y riesgo de inundación.

Al incrementar la oferta, se tiende a disminuir el precio por el servicio prestado, en este caso el servicio de control de inundaciones, se puede definir como

un volumen de agua controlado o sea por metro cúbico, y esto se vería reflejado en una disminución de la demanda insatisfecha por el servicio de control de inundaciones.

En la situación con proyecto, los beneficios directos se reflejarán como una liberación de recursos por daños evitados a:

- Los productores agrícolas, al evitarse la pérdida de producción anual y el mantenimiento correctivo que conlleva el daño de la infraestructura hidroagrícola por el evento de inundación.
- Los habitantes de las localidades afectadas, al evitarse el daño a sus viviendas, menaje de casa, vehículos, etc.
- Las instituciones públicas y privadas, por el daño a la infraestructura social y comercial, principalmente.
- Las instituciones públicas al evitar los gastos derivados en campañas inmediatas de protección y auxilio a damnificados.

Otros beneficios referentes al proyecto de encauzamiento del Río Acalpican, que podrían considerarse como indirectos, serían el evitar las molestias que generan los desastres hidrometeorológicos en la zona de inundación y zona de influencia de la misma.

Un beneficio relevante del proyecto es el contribuir al desarrollo regional de la zona, a través de la concurrencia con otros programas y proyectos de inversión como es el caso de:

- El Gran Proyecto Industrial de la costa Michoacana denominado en su conjunto “*cuarto polo de desarrollo*”, que empezó a desarrollarse a principios de 1970, pero que tiene sus orígenes documentados desde principios del siglo pasado. Dicho Proyecto, fundamentó su viabilidad en los ricos yacimientos de fierro de Las Truchas, cuya riqueza mineral ya era conocida en el período post clásico y descrita en el lienzo de Jucutacato.
- Siendo el Puerto Lázaro Cárdenas de gran importancia para el comercio internacional, el proyecto adquiere relevante importancia por su ubicación geográfica.

## **CAPÍTULO 5**

### **EVALUACIÓN DEL PROYECTO**

Es necesario hacer una comparación entre los beneficios y los costos sociales del proyecto de encauzamiento del Río Acalpican, para de esta forma poder conocer su rentabilidad de acuerdo a la metodología “*Beneficio-Costo*”, que consiste en identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios obtenidos con la situación con proyecto en el horizonte de planeación, para así, compararlos con los existentes en la situación actual optimizada.

#### **5.1 Beneficios sociales del proyecto.**

Los beneficios obtenidos de proyectos de control de inundaciones van encaminados a dar a la población un nivel de seguridad y protección considerable. Para poder medir estos beneficios puede ser utilizada la metodología del “*daño anual evitado*”.

##### **5.1.1 Identificación de beneficios sociales.**

Los beneficios identificados son los siguientes:

- Liberación de recursos al evitar siniestros en las 1,500 ha. que comprende los cultivos de mango, coco, plátano y papayo.

- Liberación de recursos al evitar daños a la infraestructura hidráulica (canales, drenes, pozos profundos, estructuras de operación, caminos de servicio, etc.) perteneciente al Distrito de Riego 098, “*José María Morelos*”.



*Foto 5.1. Infraestructura hidráulica de la región*

- Liberación de recursos en obras en el control de las márgenes del cauce del río Acalpican, esto debido a las avenidas que se presentan en el mismo, provocadas por la socavación.
- Liberación de recursos por reparación y mantenimiento a los servicios de energía eléctrica y líneas telefónicas, así como a las vías de comunicación terrestres.
- Liberación de recursos al evitar afectaciones a las poblaciones: El Habillal, Acalpican de Morelos y Playa Azul, ubicadas en el municipio de Lázaro

Cárdenas, Mich. La población estimada según el Censo 2005 de INEGI, es de 6,013 habitantes.

- Liberación de recursos al evitar daños a tres fuentes de abastecimiento de agua potable de las poblaciones Acapulcan de Morelos, Playa Azul y La Mira. Suspendiéndose el servicio de agua potable a 10,070 habitantes.



*Foto 5.2. Fuente de abastecimiento de agua potable ubicada en la población de La Mira, Michoacán*

Los beneficios anteriormente mencionados, pueden ser clasificados en cuatro grupos:

- I. *Hidroagrícola*. Obtención de mayores recursos al evitar siniestros o daños en áreas productivas agrícolas e infraestructura hidroagrícola del Distrito de

Riego 098 “José María Morelos”, específicamente en el Modulo no. 2, Estado de Michoacán.

- II. *Infraestructura Social*. Obtención de mayores recursos al evitar daños a la infraestructura social como: vías y medios de comunicación, servicios de agua potable, energía eléctrica, teléfono y fuentes de abastecimiento de agua.
- III. *Vivienda*. Obtención de mayores recursos al evitar daños por inundación en las viviendas, edificios públicos y su menaje de casa.
- IV. *Referentes a la Inundación*. Obtención de mayores recursos al evitar los costos sociales por las movilizaciones de apoyos a los damnificados y acciones emergentes para mitigar los efectos de las inundaciones en los que incurren las dependencias, instituciones y damnificados.

Con la ejecución del proyecto se generarán beneficios indirectos relacionados con las actividades laborales y productivas que se ven afectadas, tales como:

- Ausentismo laboral.
- Costos generalizados de viaje.
- Servicios básicos al evitar su interrupción.
- Uso alternativo del tiempo.

### 5.1.2 Cuantificación y valoración de beneficios sociales.

- I. *Hidroagrícola*. Obtención de mayores recursos al evitar siniestros o daños en áreas productivas agrícolas e infraestructura hidroagrícola del Distrito de Riego 098 “José María Morelos”, específicamente en el Modulo no. 2, Estado de Michoacán.

Los cultivos afectados con la inundación de 1989 son: mango, coco, plátano y papayo, en una superficie sembrada promedio de 1,500 ha. distribuidas de la siguiente manera:

CULTIVO	SUPERFICIE ha.	RENDIMIENTO Ton/ha	COSTO PRODUCCION \$/ha	PRECIO MEDIO \$/ha	EXCEDENTES \$/ha
Mango	1,200	8.0	5,580.0	5,000.0	34,420.0
Coco	200	2.7	4,000.0	6,500.0	13,350.0
Plátano	50	29.8	35,270.0	1,300.0	3,470.0
Papayo	50	30.0	55,630.0	6,450.0	137,870.0
<b>TOTAL DE DAÑOS (Superficie por excedentes)</b>				<b>51,041,000.00</b>	

Precios de mercado a Enero del 2010  
**FUENTE:** Propia

*Tabla 5.1 Superficies promedio sembradas y valor de la producción*

Los excedentes de la producción se estimaron en 51 millones de pesos, que es la cantidad máxima susceptible a siniestrarse en caso de pérdida total.



Aunado a lo anterior, a continuación se presentan valores históricos de daños causados por las inundaciones en diferentes años con estadísticas de daños, que fueron proporcionados, principalmente por CONAGUA, CFE, SAGARPA, SCT, Telmex, Presidencia Municipal, SSA, SEDENA, Protección Civil, etc. y documentados en los Libros Blancos del FONDEN, mismos a los que se hace referencia en el Plan Director del Distrito de Riego 098.

CONCEPTOS	ESTADISTICAS DE DAÑOS EN PESOS CONSTANTES A ENERO DEL 2010					
	1989	1992	1996	1998	1999	2000
<b>GASTOS HISTORICOS (m<sup>3</sup>/s)</b>	1,718	1,534	3,208	378	1,634	1,467
Áreas Productivas Agrícolas	88,644,666	72,580,094	57,212,922	10,954,887	41,811,873	42,230,827
Afectación Regional en el Desarrollo Agroindustrial	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible
Infraestructura Hidroagrícola	3,332,011	3,762,992	2,907,239	958,110	2,251,157	1,224,896
<b>DAÑO TOTAL:</b>	<b>91,976,677</b>	<b>76,343,087</b>	<b>60,120,161</b>	<b>11,912,997</b>	<b>44,063,030</b>	<b>43,455,723</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 5.2 Daños históricos por inundación en áreas agrícolas*

Como puede observarse, los daños promedio susceptibles son del orden de los 51 millones de pesos y las estadísticas de daños van alrededor de los 92 millones de pesos en 1989 y 12 millones de pesos en 1998, con caudales presentados de 3,208 m<sup>3</sup>/s a 378 m<sup>3</sup>/s.

El hecho de que en 1989 se registraran daños mayores al promedio actual, se explica por la incertidumbre del productor a cultivar eficientemente la tierra por los eventos de inundación.

De la observación y análisis de los cuadros anteriores, se concluye que aunque en 1996 se presentó un caudal mucho mayor, los daños son mucho menores, esto es generado por la aplicación de medidas de prevención consideradas en la situación actual optimizada.

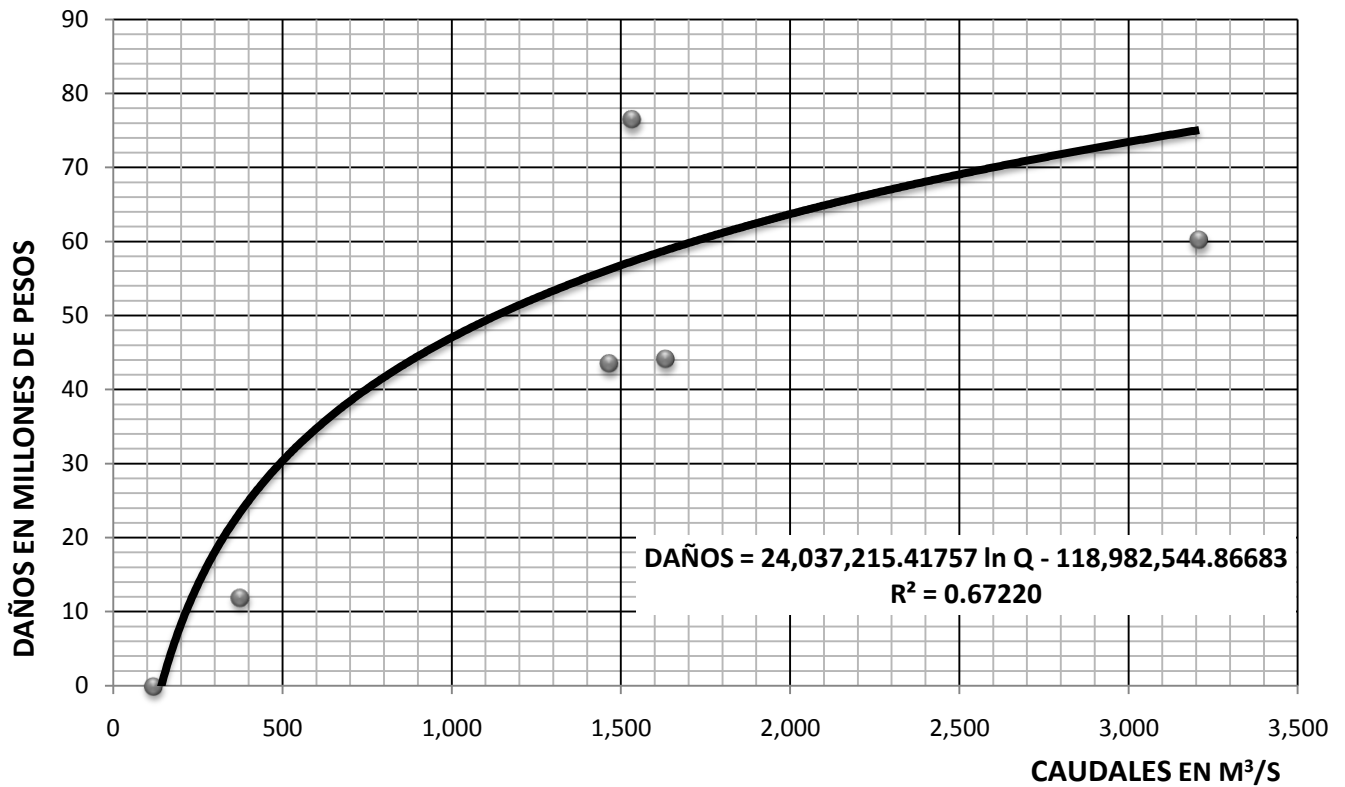
Derivado del análisis de las estadísticas de daños, mediante una correlación estadística: “*Avenida vs Daños Históricos*” se obtuvieron los siguientes resultados asociados a los periodos de retorno analizados:

<b>PERIODO DE RETORNO</b>	<b>PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)</b>	<b>GASTO (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>DAÑOS ESPERADOS Precios del 2010</b>
1	100	122.36	0
5	20	765.00	40,621,581
10	10	1,105.00	49,460,661
20	5	1,380.00	54,802,647
50	2	1,718.00	60,068,656
100	1	1,972.00	63,334,279
500	0.2	2,552.00	69,580,580
1000	0.1	2,805.00	71,852,726
10000	0.01	3,655.00	78,215,198

FUENTE: Propia

Tabla 5.3 Daños esperados a precios de mercado

## Hidroagrícola



FUENTE: Propia

Gráfica 5.1 Daños históricos hidroagrícolas ajustados a una función logarítmica

- II. *Infraestructura Social.* Obtención de mayores recursos al evitar daños a la infraestructura social como: vías y medios de comunicación, servicios de agua potable, energía eléctrica, teléfono y fuentes de abastecimiento de agua.

Con la finalidad de conocer las condiciones de funcionamiento de la infraestructura social, se realizó un análisis estadístico de la información recopilada de daños históricos, proporcionados por las dependencias involucradas.

CONCEPTOS	ESTADISTICAS DE DAÑOS EN PESOS CONSTANTES A ENERO DEL 2010					
	1989	1992	1996	1998	1999	2000
<b>GASTO REGISTRADO (m<sup>3</sup>/seg.)</b>	1,718	1,534	3,208	378	1,634	1,467
Vías de comunicación	1,025,234	868,383	660,736	0	500,257	306,224
Energía eléctrica	820,187	868,383	660,736	0	500,257	306,224
Red telefónica	307,570	289,461	224,650	0	166,752	153,112
Fuentes de abastecimiento de agua	1,845,422	1,736,766	1,691,485	344,920	1,000,514	987,573
Interrupción vías de comunicación	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible
<b>Daño total:</b>	<b>3,998,414</b>	<b>3,762,992</b>	<b>3,237,607</b>	<b>344,920</b>	<b>2,167,781</b>	<b>1,753,133</b>

FUENTE: Propia

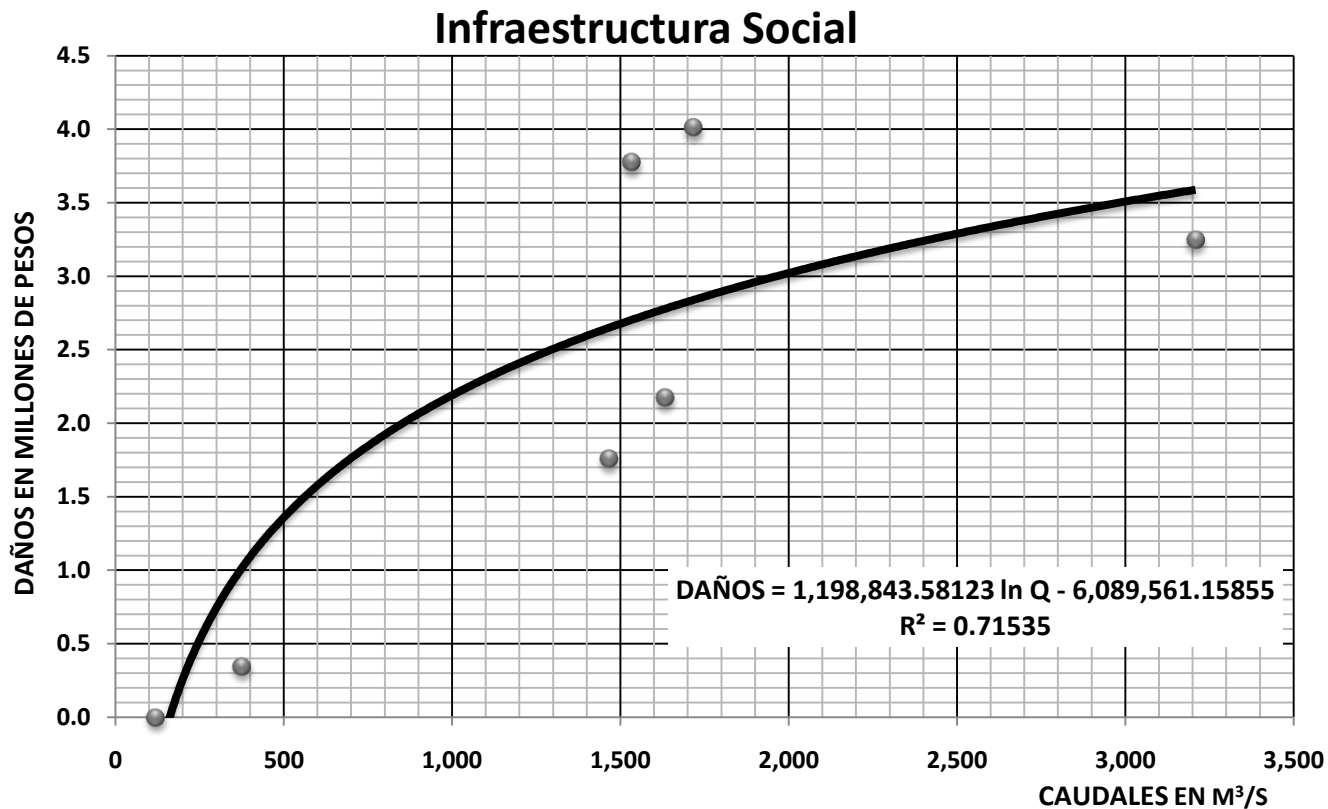
Tabla 5.4 Daños históricos por inundación en infraestructura social

Con un análisis similar, se determinó el daño anual esperado en la infraestructura considerada, llegando a los resultados siguientes:

PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD EXCEDENCIA (%)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	DAÑOS ESPERADOS Pesos de 2010
1	100	122.36	0
5	20	765.00	1,870,611
10	10	1,105.00	2,311,456
20	5	1,380.00	2,577,885
50	2	1,718.00	2,840,524
100	1	1,972.00	3,003,395
500	0.2	2,552.00	3,314,926
1,000	0.1	2,805.00	3,428,248
10,000	0.01	3,655.00	3,745,573

FUENTE: Propia

Tabla 5.5 Daños esperados en infraestructura social a precios de mercado



FUENTE: Propia

Gráfica 5.2 Daños históricos en infraestructura social ajustados a una función logarítmica

III. *Vivienda*. Obtención de mayores recursos al evitar daños por inundación en las viviendas, edificios públicos y su menaje de casa.

Los daños históricos registrados de inundaciones pasadas, que incluyen el deterioro parcial o total de las viviendas, menaje de casa, etc. donde se ven afectadas del orden de 150 familias, son los siguientes:

CONCEPTOS	ESTADISTICAS DE DAÑOS EN PESOS CONSTANTES A ENERO DEL 2010					
	1989	1992	1996	1998	1999	2000
<b>GASTO REGISTRADO (m<sup>3</sup>/seg.)</b>	1,718	1,534	3,208	378	1,634	1,467
Aportaciones Gobierno Estatal y Municipal	2,255,515	2,460,418	2,220,074	244,318	1,417,395	1,347,386
Aportación por las familias afectadas	902,206	984,167	888,029	97,727	566,958	538,954
<b>Daño total:</b>	<b>3,157,722</b>	<b>3,444,585</b>	<b>3,108,103</b>	<b>342,045</b>	<b>1,984,354</b>	<b>1,886,340</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 5.6 Daños históricos por inundación en viviendas*

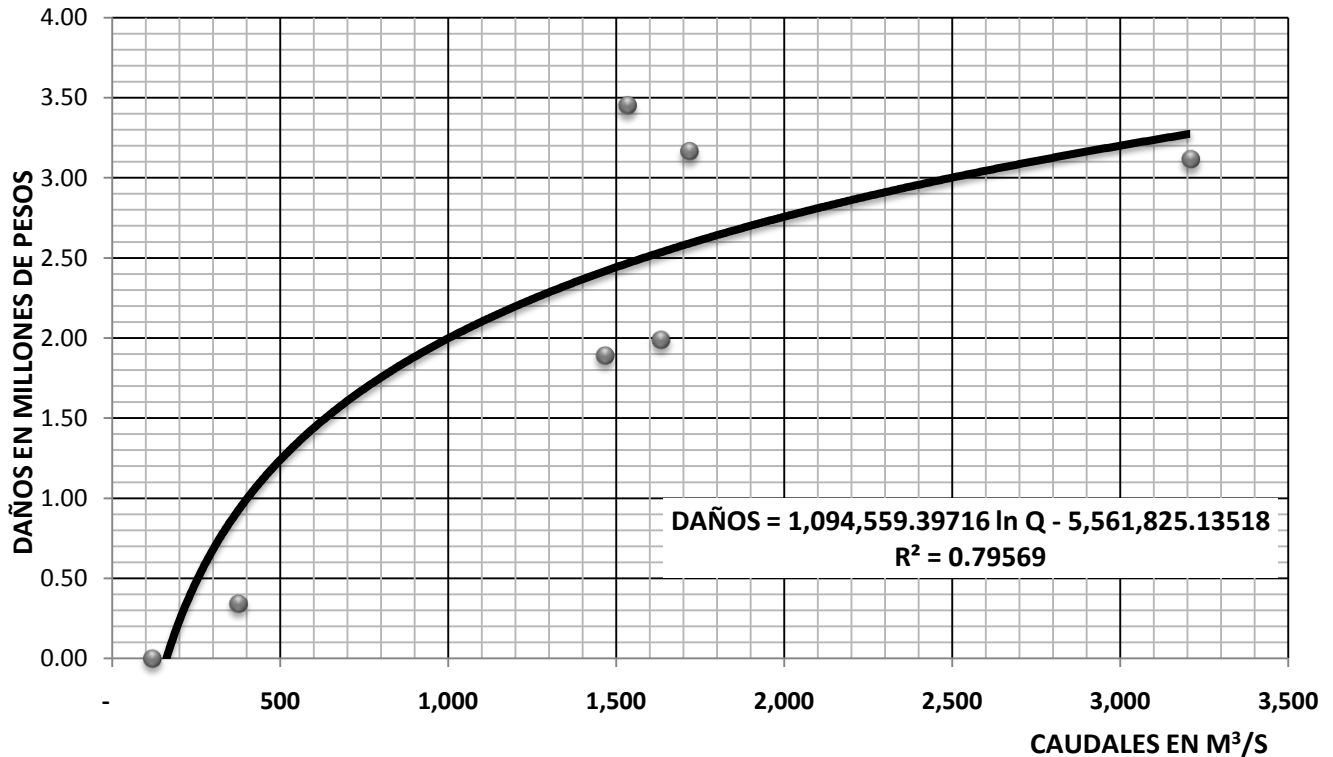
Ajustando los daños históricos registrados a una tendencia logarítmica, se determinó el daño anual esperado en la infraestructura considerada, en función de los caudales presentados, llegando a los resultados siguientes:

PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD EXCEDENCIA (%)	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	DAÑOS ESPERADOS Pesos de 2010
1	100	122.36	0
5	20	765.00	1,705,913
10	10	1,105.00	2,108,410
20	5	1,380.00	2,351,663
50	2	1,718.00	2,591,456
100	1	1,972.00	2,740,160
500	0.2	2,552.00	3,024,591
1,000	0.1	2,805.00	3,128,056
10,000	0.01	3,655.00	3,417,777

FUENTE: Propia

*Tabla 5.7 Daños esperados en viviendas a precios de mercado*

## Vivienda



FUENTE: Propia

Gráfica 5.3 Daños históricos en viviendas ajustados a una función logarítmica

- IV. *Referentes a la Inundación.* Obtención de mayores recursos al evitar los costos sociales por las movilizaciones de apoyos a los damnificados y acciones emergentes para mitigar los efectos de las inundaciones en los que incurren las dependencias, instituciones y damnificados.

Los costos derivados por la inundación se refieren a las aportaciones que las instancias de apoyo hacen para disminuir los impactos adversos que se generan cuando se presentan las emergencias, con la finalidad de salvaguardar el bienestar de la población. Los datos registrados sobre los costos generados en el pasado, son:

CONCEPTOS	ESTADISTICAS DE DAÑOS EN PESOS CONSTANTES A ENERO DEL 2010					
	1989	1992	1996	1998	1999	2000
<b>GASTO REGISTRADO (m<sup>3</sup>/seg.)</b>	1,718	1,534	3,208	378	1,634	1,467
Obras de emergencia	3,075,703	2,894,610	2,114,356	383,244	1,667,524	1,913,901
Medicamentos	104,574	98,417	90,917	27,306	56,696	57,264
Fumigaciones	79,968	14,473	65,016	54,037	50,026	48,230
Personal y vehículos desplazados a la zona	96,885	86,838	118,404	41,390	56,279	53,742
Albergues y alimentos	52,287	97,693	44,401	5,461	28,348	33,042
Cambio de actividad	235,291	439,619	199,807	24,576	127,566	148,687
Molestias ocasionadas por la emergencia	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible
Control de epidemias en la zona	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible
Posibles pérdidas humanas	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible	Intangible
Abastecimientos alternativo de agua potable	151,325	142,415	138,702	28,283	82,042	80,981
Costo por cambio de actividad	2,300,134	2,164,705	2,108,266	429,908	1,254,145	1,230,911
<b>Daño total:</b>	<b>6,096,166</b>	<b>5,938,769</b>	<b>4,879,870</b>	<b>994,206</b>	<b>3,322,625</b>	<b>3,566,757</b>
<b>Daño tota</b>	<b>6,096,166</b>	<b>5,938,769</b>	<b>4,879,870</b>	<b>994,206</b>	<b>3,322,625</b>	<b>3,566,757</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 5.8 Daños históricos referentes a las inundaciones en centros de población*

Relacionando los daños con la magnitud de los caudales que generaron las inundaciones, se estimaron los daños asociados a diferentes periodos de retorno de los caudales máximos esperados.

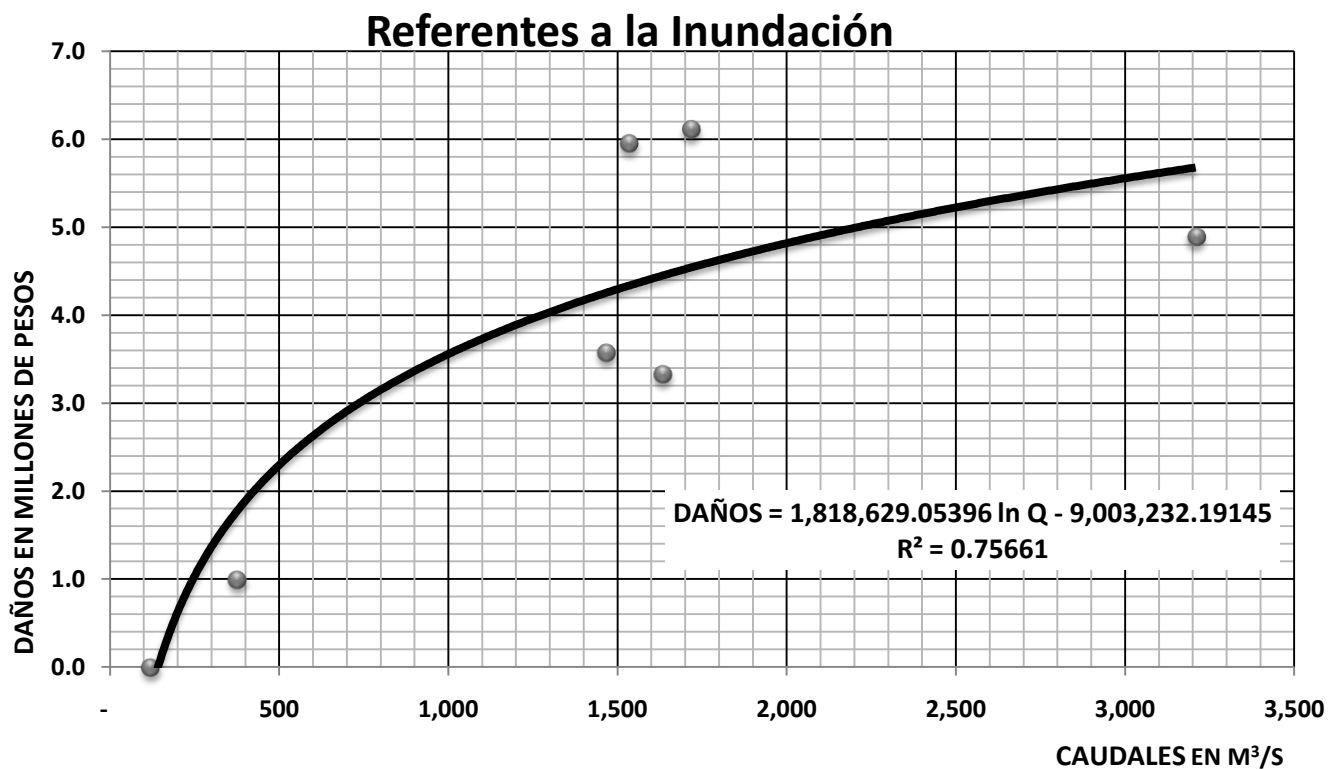


PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD EXCEDENCIA %	GASTO (m <sup>3</sup> /s)	DAÑOS ESPERADOS Pesos de 2010
1	100	122.36	0
5	20	765.00	3,072,239
10	10	1,105.00	3,740,994
20	5	1,380.00	4,145,163
50	2	1,718.00	4,543,583
100	1	1,972.00	4,790,656
500	0.2	2,552.00	5,263,245
1,000	0.1	2,805.00	5,435,153
10,000	0.01	3,655.00	5,916,530

FUENTE: Propia

Tabla 5.9 Daños esperados en referentes a las inundaciones a precios sociales

Cuya gráfica es:



FUENTE: Propia

Gráfica 5.4 Daños históricos inherentes a las inundaciones, ajustados a una tendencia logarítmica

Las estimaciones de los daños esperados fueron realizadas por las dependencias involucradas en las diferentes acciones, con precios corrientes y actualizados con los índices nacionales de precios al consumidor y en función de los daños ocasionados y trabajos realizados.

Los daños anuales esperados en la zona en estudio sin proyecto se estimaron en 30.7 millones de pesos del año 2010, sin considerar la incertidumbre de los registros de daños, que al considerarlos estos tendrían una variación de 3.7 millones de pesos, que en total suman 34.4 millones de pesos.

Asimismo, el estudio hidrológico realizado en el proyecto ejecutivo, recomienda que se diseñe para una avenida de 1,972 m<sup>3</sup>/s con un periodo de retorno de 100 años.

Aplicando el concepto de "*Esperanza matemática*" y el riesgo asociado durante la vida útil del proyecto, se estimaron los beneficios esperados anualmente con la alternativa de diseño, con un periodo de retorno de 100 años, cuyos resultados se resumen en cuadro siguiente:

<b>BENEFICIOS</b>	<b>BENEFICIOS ANUAL ESPERADO</b>
Hidroagrícolas	26,288,40
Infraestructura social	1,217,89
Vivienda	1,110,77
Referentes a la inundación	1,988,26
<b>Total:</b>	<b>30,605,33</b>

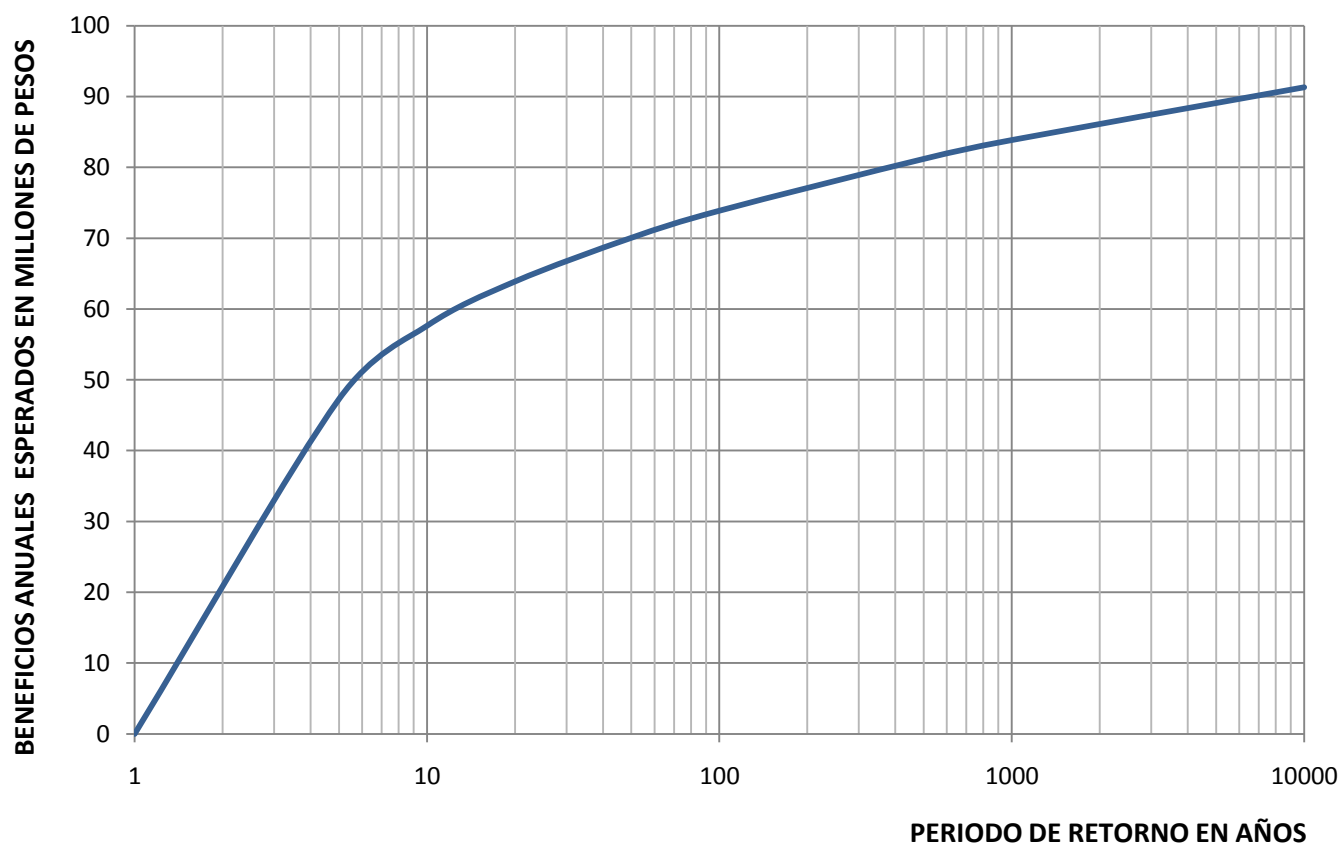
**FUENTE:** Propia

*Tabla 5.10 Beneficio anual esperado a precios de mercado*

Con la tabla anterior, se puede observar que los beneficios esperados anualmente para una avenida de proyecto proyectada con un periodo de retorno de 100 años para cada alternativa, son del orden de 30.6 millones de pesos a precios de mercado.

En la siguiente gráfica, se muestra la variación de los beneficios según la intensidad de la avenida presentada para cada periodo de retorno analizado en la situación con proyecto.

### PERIODO DE RETORNO VS BENEFICIOS



FUENTE: Propia

Gráfica 5.5 Periodo de retorno vs beneficios del proyecto

Para estimar los beneficios sociales, es importante quitarles, principalmente, el Impuesto al Valor Agregado a los beneficios por liberación de recursos que así lo requieran, con el criterio siguiente:

FACTOR	HIDROAGRICOLA	INFRAESTRUCTURA SOCIAL	VIVIENDA	REFERENTES A LA INUNDACION
Porcentaje	6.00%	16.00%	16.00%	0.00%

FUENTE: Propia

Tabla 5.11 Factores de ajuste para beneficios de precios de mercado a precios sociales

Aplicados a los beneficios sociales estimados con anterioridad, se resumen en:

<b>BENEFICIOS</b>	<b>BENEFICIOS ANUAL ESPERADO</b>
Hidroagrícola	24,711,099
Infraestructura social	1,023,035
Vivienda	933,047
Referentes a la inundación	1,988,265
<b>TOTAL DE BENEFICIOS SOCIALES:</b>	<b>28,655,446</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 5.12 Beneficios sociales del proyecto*

## **5.2 Costos sociales del proyecto.**

Los precios o costos sociales son aquellos que reflejan el costo real de la producción o utilización de un determinado bien o servicio. Son los valores verdaderos que se calculan a partir de los precios de mercado, a los cuales se les aplica una serie de ajustes con la finalidad de eliminar las distorsiones o imperfecciones existentes en el mercado. Las más comunes son los impuestos y los subsidios, mismos que deben eliminarse del precio del bien que se analiza.

Para la SHCP, los precios sociales son los valores que reflejan el costo de oportunidad para la sociedad de utilizar un bien o servicio y que pueden definirse de los precios de mercado.

### 5.2.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos sociales.

Los costos sociales referentes al “Proyecto de Encauzamiento del Río Acalpican” se identificaron, cuantificaron y valoraron a precios de mercado en el capítulo 3, por tanto, solo resta estimarlos a precios sociales para poder realizar la evaluación socioeconómica. Estos son: Costos Sociales de Inversión Inicial y Costos Sociales de Operación y Mantenimiento.

#### 5.2.1.1 Costos Sociales de inversión Inicial.

El proyecto de encauzamiento del Río Acalpican, contempla realizar una serie de obras de infraestructura y acciones relativas a las mismas, entre las que destacan las siguientes, cuyos costos de inversión, a precios sociales, alcanzan un importe de 164.9 millones de pesos, mismo que se resumen en el cuadro siguiente:

<b>CONCEPTOS</b>	<b>TOTAL</b>
Obra Civil	151,716,024
Ingeniería y Administración	10,620,122
Indemnizaciones	2,593,400
<b>Inversión total:</b>	<b>164,929,546</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 5.13 Costos sociales de la inversión en infraestructura*

Para estimarlos se consideraron los siguientes aspectos:

CONCEPTO	MANO DE OBRA (%)	MATERIALES (%)	TOTAL (%)	MANO DE OBRA (%)			MATERIALES (%)	
				Calificada	Semi-calificada	No calificada	Comercializables	No comercializables
Obra Civil	20	80	100	70	20	10	50	50
Ingeniería y Administración	65	35	100	50	30	20	0	100
Indemnizaciones	0	100	100	100	0	0	0	100

FUENTE: Benito López Covarrubias. (2001)

*Tabla 5.14 Porcentajes de mano de obra y materiales para el proyecto de encauzamiento*

Para calcular el costo social de la mano de obra, (el CEPEP de Banobras y el CEPEP del ITAM), se considera que los factores de conversión vigentes al año 2010, son los siguientes:

MANO DE OBRA	FACTOR DE AJUSTE	BIENES COMERCIALES INTERNACIONALMENTE	
Calificada	1.0	<b>Factores de ajuste</b>	
Semi-calificada	0.8	Deducción arancel promedio	4.315%
No calificada	0.7	Factor de ajuste (Tipo cambio)	1.040

FUENTE: Propia

*Tabla 5.15 Costo social de la mano de obra y costo social de la divisa en México*

Para la realización del proyecto de encauzamiento del Río Acalpican, se requerirá una inversión aproximada de 161.68 millones de pesos, la cual se estima

ejercer en un periodo de tres años, como se puede observar en el programa de inversiones siguiente:

<b>CONCEPTOS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>
Obra Civil	149,296,093	37,324,023	59,718,437	52,253,632
Ingeniería y Administración	9,791,752	2,447,938	3,916,701	3,427,113
Indemnizaciones	2,593,400	648,350	1,037,360	907,690
<b>Total:</b>	<b>161,681,245</b>	<b>40,420,311</b>	<b>64,672,498</b>	<b>56,588,436</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 5.16 Programa de inversiones a costos sociales*

Si se toma en cuenta que el proyecto de encauzamiento tiene una vida útil de 75 años, tal como se estableció en el capítulo 3, es necesario considerar que al término del horizonte de planeación las obras de infraestructura tendrá un valor residual. Se considera que al final de su vida útil éste será del 10% del costo total de la inversión inicial y considerando una depreciación en línea recta este será del orden de los 103.5 millones de pesos al final del año 30.

### **5.2.1.2 Costos Sociales de operación y mantenimiento.**

Para garantizar el éxito del proyecto, es importante la implementación adecuada de un programa de operación y mantenimiento en los conceptos principales que integran el proyecto como son: desmonte, bordos de protección, excavación en cauce, y enrocamiento de bordos, cuyos costos se estiman alrededor



de 1.63 millones de pesos anuales a partir del año 8 del horizonte de planeación y en el periodo del año 1 al 7 se tendrían importes menores, de acuerdo al programa constructivo.

Las consideraciones para el ajuste de los costos sociales de mano de obra, valor de la divisa y porcentajes e mano de obra y materiales son los mismos que se utilizaron para determinar el costo social de la inversión.

<b>CONCEPTOS</b>	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>
Obra Civil	0	392,024	470,429	548,833	705,643
Ingeniería y Administración	0	14,692	17,631	20,569	26,446
Indemnizaciones	0	0	0	0	0
<b>Total:</b>	<b>0</b>	<b>406,716</b>	<b>488,060</b>	<b>569,402</b>	<b>732,089</b>

<b>AÑO 5</b>	<b>AÑO 6</b>	<b>AÑO 7</b>	<b>AÑO 8 A 30</b>
862,453	1,097,667	1,332,881	1,568,096
32,323	41,138	49,953	58,769
0	0	0	0
<b>894,776</b>	<b>1,138,805</b>	<b>1,382,834</b>	<b>1,626,865</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 5.17 Programa de inversiones en operación y mantenimiento a costos sociales*

### 5.3 Cálculo de la rentabilidad.

La rentabilidad social del proyecto se midió por medio de los criterios del Valor Presente o Actual Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno o Rendimiento (TIR) y la Relación Beneficio–Costo o Índice de Rentabilidad (VPB/VPC).

Los principales resultados, consideraciones y flujos de efectivo se presentan en los cuadros siguientes:

CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD
Tasa de descuento social	%	12
Horizonte de planeación	Años	30

FUENTE: Propia

*Tabla 5.18 Tasa social de descuento y horizonte de planeación*

Los flujos de efectivo de costos, beneficios y neto se clasificaron en las dos etapas del proyecto: construcción y operación. No se considera la etapa de abandono, ya que se espera que las obras tengan vigencia de una operación a más largo plazo.

CONCEPTO	ETAPA DE CONSTRUCCION		
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2
Inversión inicial	40,420,311	64,672,498	56,588,436
Operación y mantenimiento	0	406,716	488,059
<b>Flujo de costos:</b>	<b>40,420,311</b>	<b>65,079,214</b>	<b>57,076,495</b>
Hidroagrícola	0	3,706,665	13,591,104
Infraestructura social	0	153,455	562,669
Vivienda	0	139,957	513,176
Referente a la inundación	0	298,240	1,093,545
<b>Flujo de beneficios:</b>	<b>0</b>	<b>4,298,317</b>	<b>15,760,495</b>
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO:</b>	<b>-40,420,311</b>	<b>-60,780,897</b>	<b>-41,316,000</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 5.19 Flujo de efectivo en la etapa constructiva*

Una vez concluida la etapa de construcción de la obra, inicia la etapa de operación, pero considerando que la obra se construirá en un periodo multianual de tres años, cada año se irá incorporando cierta infraestructura que consecuentemente acarreará beneficios parciales y consecuentemente costos de operación y mantenimiento de la infraestructura parcial que se valla incorporando a la operación.

CONCEPTO	ETAPA DE OPERACIÓN					
	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8 A 30
Inversión inicial	0	0	0	0	0	0
Operación y mantenimiento	569,403	732,089	894,775	1,138,805	1,382,835	1,626,864
<b>Flujo de costos:</b>	<b>569,403</b>	<b>732,089</b>	<b>894,775</b>	<b>1,138,805</b>	<b>1,382,835</b>	<b>1,626,864</b>
Hidroagrícolas	18,730,487	24,973,983	24,973,983	24,973,983	24,973,983	24,973,983
Infraestructura social	776,411	1,035,214	1,035,214	1,035,214	1,035,214	1,035,214
Vivienda	708,116	944,155	944,155	944,155	944,155	944,155
Referente a la inundación	1,491,198	1,988,265	1,988,265	1,988,265	1,988,265	1,988,265
<b>Flujo de beneficios:</b>	<b>21,706,212</b>	<b>28,941,617</b>	<b>28,941,617</b>	<b>28,941,617</b>	<b>28,941,617</b>	<b>28,941,617</b>
<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO:</b>	<b>21,136,810</b>	<b>28,209,528</b>	<b>28,046,841</b>	<b>27,802,812</b>	<b>27,558,782</b>	<b>27,314,752</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 5.20 Flujo de efectivo neto en la etapa operativa.*

### 5.3.1 Indicadores de rentabilidad.

Los indicadores económicos evaluados, según los términos de referencia y los lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo-beneficio de los programas y proyectos de inversión emitidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público son: Valor Presente de Costos, Valor Presente de Beneficios, Valor Presente Neto, Relación Beneficio/Costo y Tasa Interna de Rendimiento.

La evaluación social del proyecto denominado “Encauzamiento del río Acalpican” proporciona un Valor Actual Neto Social de 46.80 millones de pesos, al realizar la evaluación con una tasa social de descuento del 12% para los 30 años que

abarca el horizonte de planeación del proyecto. La Tasa Interna de Retorno del proyecto resulto de 15.99% misma que comparada con la Tasa Social de Descuento, es satisfactoria.

INDICADOR ECONÓMICO		VALOR
Valor Presente de Costos Sociales	VPC	<b>148,834,793</b>
Valor Presente de Beneficios Sociales	VPB	<b>195,632,973</b>
Valor Presente Neto Social	VPN	<b>46,798,179</b>
Relación Beneficio/Costo	B/C	<b>1.31</b>
Tasa Interna de Rendimiento	TIR	<b>15.99 %</b>

FUENTE: Propia

*Tabla 5.21 Resultados de la evaluación social*

Los indicadores de rentabilidad resultan satisfactorios para la ejecución del proyecto, al tener un Valor Presente Neto mayor que CERO, una Relación B/C mayor que la UNIDAD y una Tasa Interna de Rendimiento Mayor que la Tasa de Descuento Social o Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento.

**El proyecto es rentable socialmente que combinado con las evaluaciones técnica, legal y ambiental, se recomienda su ejecución.**

## CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD Y RIESGOS

El “*Análisis de sensibilidad*” parte del punto de referencia del futuro del proyecto, dejando abierta la posibilidad de estimaciones erróneas de las principales variables involucradas, como la tasa de descuento y los costos y beneficio del proyecto. El análisis de sensibilidad ayuda a conocer la forma en que se alterará la decisión económica, esto si varían algunos factores (los establecidos en el capítulo anterior).

Para conocer las modificaciones de las variables del proyecto, así como identificar las variables relevantes, es importante realizar un análisis de sensibilidad y riesgo, estas variaciones repercutirían en los indicadores de rentabilidad del proyecto.

Como puede apreciarse en los flujos de efectivo analizados en el apartado anterior, las variables de proyecto son:

- Tasa de Descuento Social.
- Costos Sociales del Proyecto
  - Inversión Inicial
  - Operación y Mantenimiento

- Beneficios Sociales del Proyecto
  - Hidroagrícolas
  - Infraestructura
  - Vivienda
  - Inherentes a la Inundación

Para la realización del análisis de sensibilidad, se plantean varios escenarios factibles de ocurrir, partiendo del Escenario Base analizado del apartado anterior.

### 6.1 Sensibilidad del proyecto ante cambios en la tasa social de descuento.

Los resultados siguientes, indican que al variar la tasa de descuento de 10% a 18%, el proyecto es insensible a estos cambios.

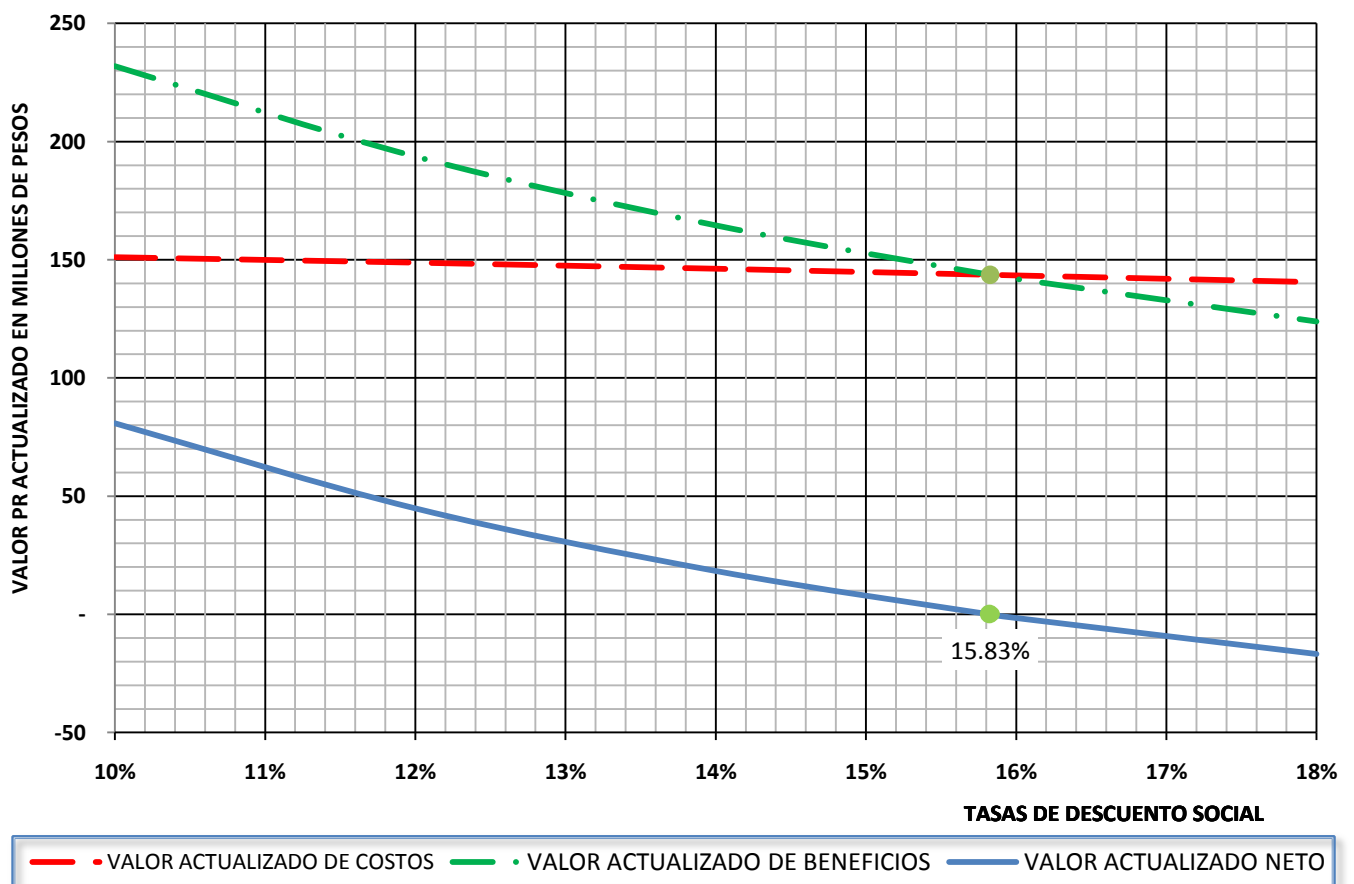
INDICADORES	INDICADORES ECONÓMICOS A TASAS VARIABLES					
	10%	12%	14%	15.83%	16%	18%
VAC	151,075,736	148,834,793	146,164,781	143,604,534	143,366,003	140,587,387
VAB	231,950,294	193,698,581	164,540,912	143,604,534	141,840,221	123,823,800
VAN	80,874,557	44,863,788	18,376,131	0.000	-1,525,783	- 16,763,587
B/C	1.535	1.301	1.126	1.000	0.989	0.881
TIR	15.83%					

FUENTE: Propia

Tabla 6.1 Sensibilidad del proyecto ante cambios en la tasa social del proyecto

En la gráfica se observa el comportamiento de los flujos de costos, beneficios y efectivo neto ante cambios en la tasa social de descuento, donde se concluye que el proyecto es casi insensible en los costos de inversión y mantenimiento ante cambios en el costo de oportunidad de la tasa de descuento.

**COMPORTAMIENTO DE LOS VALORES ACTUALIZADOS DE BENEFICIOS, DE COSTOS Y NETO ANTE CAMBIOS EN LA TASA DE DESCUENTO SOCIAL**



FUENTE: Propia

Gráfica 6.1 Análisis de sensibilidad del valor presente ante cambios en la tasa social de descuento



## 6.2 Sensibilidad del proyecto ante cambios en los costos y/o beneficios.

Escenarios pesimistas de costos. En estos escenarios se mantienen los beneficios como en el escenario base, variando únicamente los costos. Se consideró que los costos de inversión inicial como de operación y mantenimiento, pudieran aumentar hasta porcentajes considerable del 10%, 20% y 30%, dada la actualización que se hizo de ellos con el INPC. Los indicadores de rentabilidad se muestran a continuación:

VARIABLES A SENSIBILIZAR	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4
<b>COSTOS</b>	1.300	1.200	1.100
<b>BENEFICIOS</b>	1.000	1.000	1.000
<b>TASA DE DESCUENTO %</b>	12.00	12.00	12.00
<b>INDICADORES ECONÓMICOS:</b>			
Valor Presente de Costos	193,485,231	178,601,752	163,718,273
Valor Presente de Beneficios	195,698,581	193,698,581	193,698,581
Valor Presente Neto Social	213,349	15,096,829	29,980,308
Relación Beneficio/Costo	1.001	1.085	1.183
Tasa Interna de Retorno %	12.144	13.227	14.491

FUENTE: Propia

*Tabla 6.2 Escenarios de sensibilidad pesimistas de costos*

Escenarios pesimistas en beneficios. En estos escenarios se mantienen los costos como en el escenario base, variando únicamente los beneficios. Previendo ciertas modificaciones en los beneficios, se plantearon estos escenarios disminuyendo los beneficios atribuibles al proyecto en porcentajes de 10%, 20% y

30%. Este escenario es susceptible de presentarse considerando que los daños históricos ocasionados por las inundaciones estén sobreestimados.

<b>VARIABLES A SENSIBILIZAR</b>	<b>ESCENARIO 5</b>	<b>ESCENARIO 6</b>	<b>ESCENARIO 7</b>
<b>COSTOS</b>	1.000	1.000	1.000
<b>BENEFICIOS</b>	0.700	0.800	0.900
<b>TASA DE DESCUENTO %</b>	12.00	12.00	12.00
<b>INDICADORES ECONÓMICOS:</b>			
Valor Presente de Costos	148,834,793	148,834,793	148,834,793
Valor Presente de Beneficios	135,589,007	154,958,865	174,328,723
Valor Presente Neto Social	-13,245,787	6,124,071	25,493,929
Relación Beneficio/Costo	0.911	1.041	1.171
Tasa Interna de Retorno %	10.958	12.665	14.340

FUENTE: Propia

*Tabla 6.3 Escenarios de sensibilidad pesimistas de beneficios*

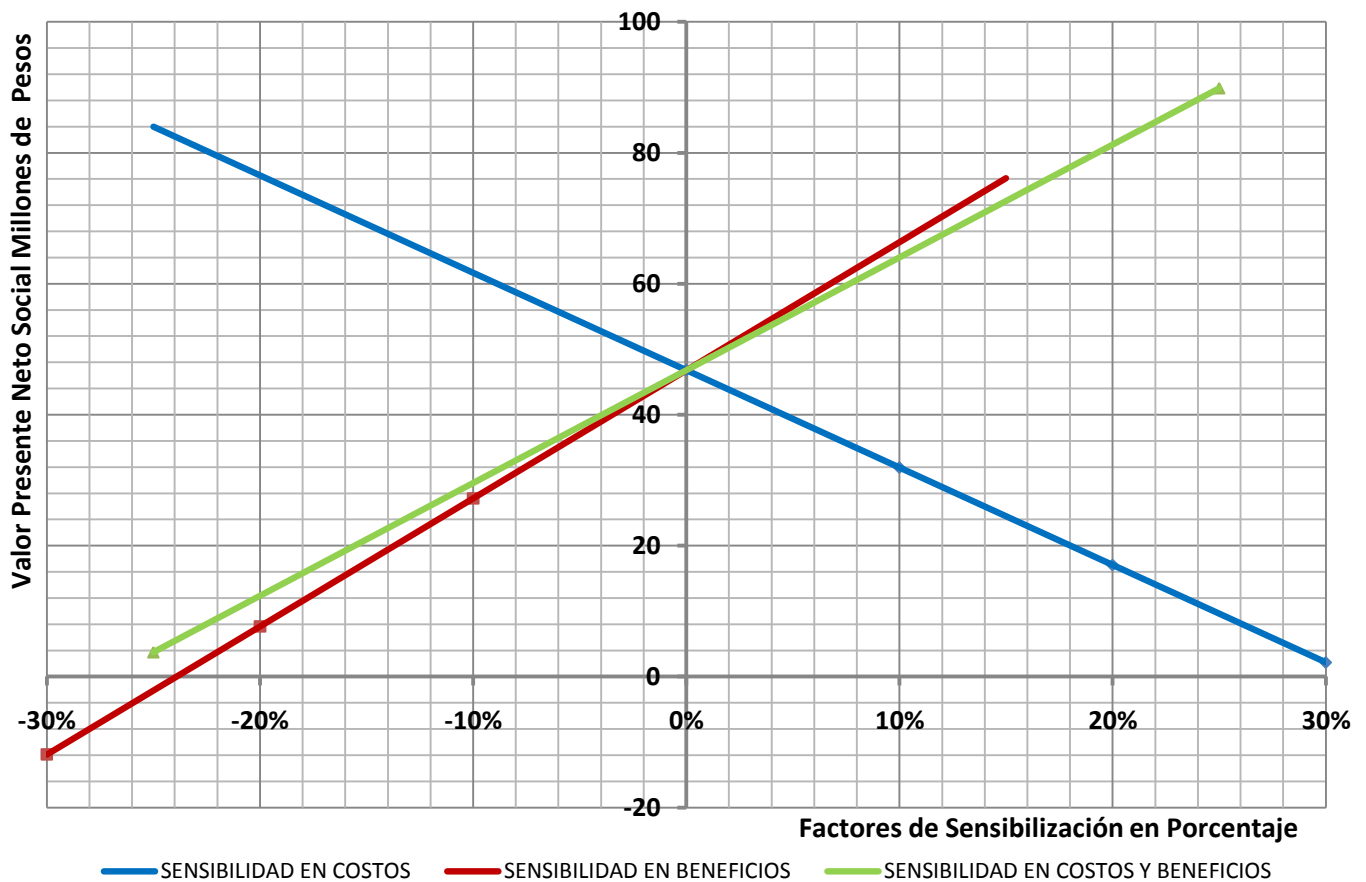
Escenarios pesimista y optimista en costos y beneficios. En los escenarios anteriores se observa que el proyecto es sensible a cambios de más del 25 % en los beneficios, sin embargo, no así en los costos donde el proyecto soportaría cambios de hasta un 30% sin cambiar la decisión de ejecutarlo.

En estos escenarios se plantea la sensibilidad del proyecto ante cambios en ambas variables, costos y beneficios, proponiéndose, basados en los resultados anteriores, un variación en los costos de  $\pm 12,5\%$  y en los beneficios una variación invertida del mismo rango.

VARIABLES A SENSIBILIZAR	ESCENARIO 8 PESIMISTA	ESCENARIO 9 OPTIMISTA
<b>COSTOS</b>	1.125	0.875
<b>BENEFICIOS</b>	0.875	1.125
<b>TASA DE DESCUENTO %</b>	12.00	12.00
<b>INDICADORES ECONÓMICOS:</b>		
Valor Presente de Costos	167,439,143	130,230,444
Valor Presente de Beneficios	169,486,258	217,910,904
Valor Presente Neto Social	2,047,116	87,680,459
Relación Beneficio/Costo	1.012	1.673
Tasa Interna de Retorno %	12.289	20.574

FUENTE: Propia

Tabla 6.4 Escenarios de sensibilidad pesimistas y optimistas en costos y beneficios



FUENTE: Propia

Gráfica 6.2 Sensibilidad de costos y beneficios del proyecto

Es conveniente mencionar que debido a la metodología con que se estimaron los costos del proyecto, estos presentan muy poca probabilidad de incrementos, considerándose que un escenario factible y conservador, dado el estado de la economía nacional, es con variaciones de  $\pm 10\%$ , rango considerado en el presente análisis. En cuanto a los beneficios, es importante observar que la cantidad de intangibles contribuyen a una mejor rentabilidad del proyecto y lo coloca en ventaja para su ejecución.

Del análisis de los escenarios planteados, se puede concluir que el proyecto es poco sensible a variaciones en los costos de inversión y a los beneficios hidroagrícolas, por lo que deben tenerse controles rigurosos en la etapa constructiva del proyecto.

De igual forma, se debe tener cuidado en los procesos productivos del sector agrícola, ya que el proyecto también es sensible a pequeñas variaciones del valor de la producción, por lo que deberá considerarse, una vez minimizado el riesgo de inundación, mejorar la productividad de las tierras agrícolas, incrementando su cobertura y uso potencial.

## **CAPÍTULO 7**

### **METODOLOGÍA, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

A continuación, se describirá la metodología de investigación que fue utilizada para la elaboración de esta tesis, así como el método empleado, el enfoque de esta investigación, el proceso de investigación y el análisis e interpretación de resultados.

#### **7.1 Método empleado.**

Para la elaboración de esta investigación fue empleado el método matemático, que es una división del método científico, el cual, según Mario Tamayo (2004) es un procedimiento que ayuda a descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, que se caracteriza por ser tentativo, verificable, de razonamiento y observación. Es decir, el método científico es aplicar la lógica a las realidades o hechos que se observan.

Mientras que el método matemático establece axiomas (relaciones numéricas), postula teoremas y trata de demostrarlos para establecer conclusiones.

#### **7.2 Enfoque de la investigación.**

Existen dos tipos de enfoques para la realización de una investigación, el primero de ellos es el cualitativo, que su característica principal es su tendencia a ser

descriptivo, es decir, depende de la percepción del investigador, es por ello que es utilizado en mayor medida para investigaciones de tipo social. El segundo enfoque es el cuantitativo, este permite examinar los datos de manera numérica, utilizando la medición exhaustiva y controlada, es por ello, que el enfoque cuantitativo es utilizado en las ciencias exactas como los son las Matemáticas, Química, Astronomía, Física y Biología.

Para la elaboración de esta investigación el enfoque utilizado es el cuantitativo, ya que fue necesario llevar a cabo una serie de cálculos matemáticos para poder determinar la obra de protección que arrojara mayores beneficios económicos y sociales a las poblaciones aledañas al Río Acalpican.

### **7.2.1 Alcance.**

Es importante definir el alcance de la investigación ya que de éste dependerá el diseño de la misma, la recolección de datos y la forma de obtenerlos.

Los alcances de la investigación pueden ser divididos en los siguientes: exploratorios, correlacionales, descriptivos.

Los exploratorios se utilizan cuando se analiza un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido retomado antes, es decir, cuando no se tiene mucha documentación. Los correlacionales tienen el propósito de evaluar la relación que exista entre 2 o más conceptos, categorías o variables. Mientras que los

descriptivos, consisten en describir situaciones, eventos y hechos, especificando las propiedades y las características del fenómeno que se analiza.

Con la información anterior, se concluye que el alcance del estudio de la investigación es de tipo correlacional, ya que el objetivo es comparar las características de cada una de las opciones propuestas como obra de protección, para así, comparar los resultados y determinar como solución a aquella que reúna con los requisitos técnicos, sociales, legales y ambientales que el proyecto requiere.

### **7.3 Diseño de la investigación.**

Existen dos tipos de diseño de la investigación: experimentales y no experimentales.

Esta investigación es de tipo no experimental ya que, como su nombre lo indica no se experimenta, solo se analizan las diversas características de las obra de protección, se comparan y se determina la más conveniente a utilizar.

### **7.4 Instrumentos de recopilación de datos.**

Para la elaboración de esta investigación fue necesaria la utilización de instrumentos para recopilar los datos, los recursos a utilizar es la investigación documental, la investigación de campo y la observación cuantitativa. Además, se

utilizaron programas como Word y Excel para el desarrollo teórico y la elaboración de los cálculos matemáticos.

a) Investigación documental.

La investigación documental es la presentación de un escrito formal que sigue una metodología reconocida. Consiste en la presentación de los que expertos ya han dicho o escrito sobre un tema determinado. Además, puede presentar conexiones de ideas entre varios autores y las ideas del investigador. Para su elaboración es necesario que el investigador reúna, interprete, evalúe y reporte datos e ideas de forma imparcial, honesta y clara.

La investigación documental se caracteriza por la utilización de registros gráficos y sonoros como la fuente principal de información, empleando mensajes registrados en la forma de manuscritos e impresos, por lo que se le relaciona con la investigación archivista y bibliográfica.

Las fuentes de apoyo de carácter documental se basan en la consulta de libros, artículos o ensayos de revistas y periódicos, documentos que se encuentran en archivos como cartas, oficios, circulares, expedientes, etc.



Para esta investigación, la fuente principal de investigación documental fue el Proyecto Ejecutivo “Encauzamiento del Río Acalpican, en el municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán”.

b) Investigación de campo.

La investigación de campo utiliza técnicas como la exploración y la observación del terreno, la encuesta y el experimento. Con la exploración y la observación se logra contacto directo con el objeto de estudio, mientras que la encuesta es la recopilación de testimonios orales y escritos de personas vivas.

El trabajo de campo se apoya en informaciones que provienen de otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones.

Este tipo de investigación le permite al investigador tener un conocimiento más profundo del objeto en estudio, ya que al encontrarse en contacto directo con el fenómeno, propicia manipular los datos con mayor seguridad, creando una situación de control para el investigador.

c) Observación cuantitativa.

La observación cuantitativa consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos o conductas, empleado como instrumento de

medición en diversas circunstancias. Es una forma sencilla de obtener información sobre el entorno.

Entre las múltiples ventajas de la observación, destaca que es posible ser realizada independientemente de que las personas estén dispuestas a cooperar o no. También, permite describir conductas en el momento exacto en que estas ocurren, aunque en muchos casos estas son limitadas debido a que se encuentran siendo observadas.

La observación es un método que puede ser combinado con otro para recopilar información.

### **7.5 Descripción del proceso de investigación.**

La elaboración de esta investigación surge de la necesidad de conocer la obra de protección para control de inundaciones que reúne las características económicas y sociales que requieren las poblaciones aledañas al Río Acalpican, esto con el objetivo principal de mejorar su calidad de vida y disminuir los riesgos de pérdidas humanas y económicas a las que son sujetos año con año.

Para esto se recurrió a los métodos de recopilación de datos antes mencionados. La investigación documental fue necesaria para conocer las opciones de solución que fueron consideradas con anterioridad, tomando en cuenta las

características del entorno y sus necesidades; con esta información, fue posible desarrollar el marco teórico de esta investigación.

Mientras que la investigación de campo y la observación cuantitativa ayudan a conocer el entorno, sus características y las zonas afectadas y susceptibles a daños, esto con la finalidad de cuantificar daños y determinar la solución en la cual, los beneficios obtenidos sean mayores que los costos.

Con la información necesaria para la investigación, se recurrió a programas de computadora como lo es Word para desarrollar la parte teórica, y a Excel para la elaboración de los cálculos matemáticos. Así se llegó a la conclusión que da respuesta a la pregunta de investigación planteada al inicio de la investigación, y se cumple con el objetivo general de la misma.

## 7.6 Análisis e interpretación de resultados.

A continuación, se presentan los resultados que fueron obtenidos con la investigación y la solución adecuada para el control de inundaciones que provoca el Río Acalpican en la localidad de Lázaro Cárdenas, Michoacán:

Con base en los lineamientos, se determinó la rentabilidad del proyecto aplicando la metodología costo-beneficio, para lo cual se identificaron, cuantificaron y valoraron los costos y beneficios sociales.

Los beneficios sociales se determinaron con la metodología del “*Daño anual evitado*” para lo cual se partió de la información histórica de daños, agrupándose en cuatro tipos básicos de beneficios.

- *Hidroagrícolas*: Daños evitados en áreas agrícolas de riego.
- *Infraestructura Social*: Daños evitados en la infraestructura social existente.
- *Vivienda*: Daños evitados en las viviendas y su menaje de casa.
- *Referentes a la Inundación*: Costos evitados para la atención de la contingencia y obras de emergencia.

Es importante señalar que también se generarán beneficios indirectos o externalidades, todas ellas significativas y positivas.

Relacionando los daños históricos ocasionados con los eventos hidrológicos registrados, se estableció una curva de tendencia logarítmica para cada uno de los

cuatro tipos de beneficios identificados y posteriormente, se asociaron a las avenidas máximas probables y su periodo de retorno.

El objetivo del proyecto en beneficio del medio ambiente es mitigar los impactos ambientales adversos generados por las inundaciones, la sociedad y sus actividades productivas y económicas que forman parte de él. Basados en el criterio de “*Esperanza Matemática*”, al ser la precipitación y escurrimiento un fenómeno aleatorio continuo, los beneficios del proyecto (daños evitados) asociados a la alternativa seleccionada con un gasto de diseño de 1972 m<sup>3</sup>/s y un periodo de retorno de 100 años, se estimaron a precios sociales considerando que estos difieren, de los costos de mercado únicamente en el impuesto, ya que los daños históricos proporcionados por las dependencias así fueron determinados.

Tr Años	GASTO m <sup>3</sup> /s	BENEFICIOS SOCIALES (DAÑO ANUAL EVITADO)			
		HIDROAGRICOLAS	INFRAESTRUCTURA	VIVIENDA	REFERENTES INUNDACION
1	122	0	0	0	0
5	765	24,372,991	1,122,369	1,023,550	1,843,347
10	1,105	1,325,857	66,126	60,374	100,313
20	1,380	400,647	19,982	18,244	30,313
50	1,718	184,310	9,192	8,393	13,945
100	1,972	48,984	2,443	2,231	3,706
500	2,552	- 37,478	- 1,869	- 1,707	- 2,836
1000	2,805	- 3,408	- 170	- 155	- 258
10000	3,655	- 3,499	- 175	- 159	- 265
<b>TOTAL:</b>		<b>26,288,403</b>	<b>1,217,899</b>	<b>1,110,770</b>	<b>1,988,265</b>

FUENTE: Propia

Tabla 1.1 Beneficios sociales del proyecto de encauzamiento del Rio Acalpican

El beneficio anual esperado total del proyecto a precios sociales es de 30.61 millones de pesos, los cuales forman parte del flujo de beneficios netos del proyecto a evaluar.

Los costos del proyecto a precios de mercado, estimados en 191.32 millones de pesos, se convirtieron a precios sociales quitándoles primeramente el I.V.A. y posteriormente, se consideró que el costo social de la mano de obra calificada, semi-calificada y no calificada está afectado por los coeficientes de 1.00, 0.80 y 0.70, respectivamente. Los bienes consumibles internacionalmente se ajustaron con un factor del 4.135% para la deducción del arancel promedio y para ajuste por tipo de cambio de 1.040.

El costo del proyecto a precios sociales alcanza la suma de los 161.68 millones de pesos que se distribuirán, según el programa de inversiones en tres años de ejecución, 40.42 en el primer año, 64.67 en el segundo y 56.59 en el tercero.

Con un criterio similar se estimaron los costos sociales de operación y mantenimiento anual, estimados a precios de mercado en 1.66 millones de pesos y, a precios sociales en 1.63 millones de pesos.

El flujo de efectivo neto del proyecto al comparar, considerando el valor social del dinero en los 30 años del horizonte de planeación del 12% anual, los beneficios y

los costos, arrojan un VANS de 44.86 millones de pesos con una TIR de 15.83% y el indicador de rentabilidad B/C de 1.30.

Si se comparan estos resultados con lo establecido en los lineamientos, que emitió la SHCP, se puede observar que estos son favorables, estando en promedio un 30% por arriba de ellos, considerando que aún pudieran estimarse otro tipo de beneficios atribuibles al proyecto como lo son los considerados como intangibles.

- Análisis de Sensibilidad y riesgo.

En este análisis se considero la posibilidad de una subestimación de costos y una sobreestimación de los beneficios. En el caso de los costos, la posibilidad de subestimación es baja ya que estos se determinaron por medio del análisis de precios unitarios por conceptos de obra y aún así, se consideró esta posibilidad en la sensibilidad con factores de incremento en los costos de 10%, 20% y 30%, Identificándolos como *“Escenarios Pesimistas en Costos”*.

Los beneficios se sensibilizaron considerando la posibilidad de una sobreestimación de los daños esperados con factores de decremento de 10%, 20% y 30% identificándolos como *“Escenarios Pesimistas en Beneficios”*.

Finalmente se estableció la posibilidad de cambios pesimistas y optimistas en ambas variables (costos y beneficios), donde se plantearon dos escenarios, uno

“Pesimista” con factores de +12.5% en los costos y -12.5% en los beneficios y el otro “Optimista” con factores de -12.5% en los costos y +12.5% en los beneficios.

Asimismo, se planteo un escenario con cambios en costo de oportunidad de la tasa de descuento con valores del 10% anual al 18% anual.

VARIABLES	PESIMISTA – COSTO			PESIMISTA – BENEFICIOS			COSTOS Y BENEFICIOS	
	+10%	+20%	+30%	-10%	-20%	-30%	PESIMISTA	OPTIMISTA
VANS (Millones \$)	29.864	15.097	2.133	25.494	6.124	-13.246	2.047	87.680
TIR (%)	14.49	13.23	12.14	14.34	12.67	10.96	12.29	20.57
B/C (Adimensional)	1.183	1.085	1.001	1.171	1.041	0.911	1.012	1.673

FUENTE: Propia

*Tabla 1.2 Análisis de sensibilidad del proyecto de encauzamiento*

Los escenarios de sensibilidad analizados concluyen que el proyecto es económicamente viable, por lo tanto, se considera que es **FACTIBLE**.



## CONCLUSIONES

El proyecto de encauzamiento del río Acalpican se localiza en una región del país con un alto grado de vulnerabilidad ante fenómenos meteorológicos y con alto riesgo de inundación en áreas productivas y centros de población. Históricamente, se han presentado inundaciones recurrentes que han dañado la producción agropecuaria, el bienestar social y la calidad de vida de la población.

Las estrategias y políticas del gobierno federal, encaminadas al mejoramiento del bienestar de los mexicanos, consideran los proyectos de inversión en la región del Puerto Lázaro Cárdenas como un polo del desarrollo nacional, donde la seguridad de las actividades económicas y productivas son un factor determinante y el proyecto de encauzamiento del río Acalpican contribuirá a ello.

Atendiendo a la problemática presentada, la Comisión Nacional del Agua ha realizado estudios y proyectos de obras de emergencia en la región, como lo son los estudios básicos e ingeniería del proyecto para el encauzamiento del río Acalpican.

Es necesario mencionar que de no llevarse a cabo el proyecto, ante situaciones extremas, existe el riesgo de afectación de áreas productivas, bienes materiales y pérdidas de vidas humanas, ya que se han alcanzado niveles de inundación de hasta un metro de profundidad.

El proyecto de encauzamiento consiste en rectificación del cauce piloto, formación de bordos longitudinales con enrocamiento de talud interior y revestimiento de corona para caminos de operación.

Evaluando los aspectos técnicos, legales y ambientales se determinó su factibilidad positiva, concluyéndose que:

- De acuerdo a la evaluación social del proyecto de encauzamiento del río Acalpican, se concluye que es conveniente la realización del mismo ya que se justifica desde el punto de vista técnico, social y económico.
- Con la realización de dicho proyecto, se pretende proteger contra inundaciones a una población de 10,070 habitantes de las localidades de Acalpican, Playa Azul y El Habillal, tres fuentes de abastecimiento y 1500 ha. de áreas productivas.
- Con la protección de las tres fuentes de abastecimiento, se daría beneficio a 15,373 habitantes de las localidades de Acalpican, Playa Azul y La Mira.
- Se evitaría la inmovilización en las vías terrestres (carretera costera Lázaro Cárdenas-Colima), caminos vecinales y caminos de operación.
- Se evitarían costos sociales derivados de las emergencias que se presentan

año con año.

- Así mismo, se incrementaría la plusvalía de las tierras bajas con la realización de este proyecto.
- Se protegerían vidas humanas de las localidades asentadas en la zona del proyecto.

Los indicadores de rentabilidad del proyecto, derivados de la evaluación social, son positivos. El análisis de sensibilidad, ayuda a afianzar la decisión de ejecutar el proyecto de encauzamiento, aún cuando se tienen escenarios pesimistas en costos y/o beneficios susceptibles de presentarse, sin embargo, se tienen beneficios intangibles que repercutirán a favor del proyecto.

El objetivo general de esta investigación era analizar y determinar la alternativa de solución para el control de inundaciones que proporcionara mayores beneficios económicos y sociales a las poblaciones aledañas al Río Acalpican, este objetivo se cumplió satisfactoriamente, ya que gracias al análisis costo-beneficio realizado, se pudo determinar la obra de protección que cumple con las necesidades de la población y que a su vez es económicamente factible para su elaboración.

De igual forma, los objetivos particulares fueron solventados al definirse la situación actual, la problemática de la zona en estudio, la situación sin proyecto y

con el mismo; además, se determinaron los costos y los beneficios aportados por la obra de protección seleccionada como ideal.

Con los argumentos anterior mente expuestos, se concluye que el proyecto de encauzamiento del Río Acalpican es técnica, social, legal y ambientalmente factible y derivado de este análisis costo-beneficio es económicamente rentable, ya que la recuperación de la inversión se tendrá antes de terminado el horizonte de planeación de 30 años y con base en el valor presente neto positivo, se ayudará a la capitalización de los sectores productivo y social de los beneficiarios.

## BIBLIOGRAFÍA

- Blank, L. (1992)  
Ingeniería Económica.  
Ed. Mc Graw Hill  
Santa Fe de Bogotá, Colombia
- CEPEP del Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM) (1999)  
Diplomado de evaluación social de proyectos. Apuntes de clase sobre factores de conversión del costo social de mano de obra.
- CEPEP. Centro de estudios para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos. Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, SNC (1999)  
Apuntes sobre evaluación social de proyectos.
- Diario Oficial de la Federación. 18 de Marzo del 2008.  
Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión.  
Poder Ejecutivo y Secretaría de Hacienda y Crédito Público
- Fontaine, E. (1973)  
Evaluación social de proyectos.  
Ediciones Universidad Católica de Chile  
Santiago, Chile
- INEGI, Censo General de Población y Vivienda. (2005)
- James, L. Douglas (1971)  
Economía de planificación de recursos hídricos.  
Ed. Mc Graw Hill  
New York City, EUA

- Ley de Aguas Nacionales. (1992)  
Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos.
- López Covarrubias, Benito. (2001)  
Evaluación social de proyectos para control de inundaciones: estudio de caso  
proyecto de control de inundaciones de la ciudad de Guamúchil, Sinaloa.  
Tesis para obtener el grado de maestría. UNAM
- Madrid Luna y Díaz Noria (2007)  
Metodologías de evaluación socioeconómica para proyectos de agua potable,  
alcantarillado, saneamiento y protección a centros de población.  
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- Mario Tamayo y Tamayo (2004)  
El proceso de la investigación científica.  
Ed. Limusa. México
- Sainz, R. (1999)  
Sistema de apoyo para el análisis de proyectos de control de inundaciones.  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)
- Salas Salinas, Marco A. (1999)  
Obras de protección contra inundaciones. Cuadernos de investigación.  
Centro Nacional de prevención de desastres
- Sapag, N. (1983)  
Preparación y evaluación de proyectos.  
Ed. Mc Graw Hill. Santa Fe de Bogotá

## OTRAS FUENTES DE INFORMACION

- <http://www.encyclopedia.humanet.com.co/dic/clasifimethodo.htm>
- <http://www.rincondelvago.com/tecnicas-de-la-investigacion-documental.html>
- <http://www.slideshare.net/lili369/cap9-recopilacion-de-datos-observacion-cuantitativa#>
- <http://www.serviciosocialipp.bligoo.com/content/view/280112/Los-alcances-o-tipos-de-investigacion.html>