

01167

11



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANEACION ESTRATEGICA PARA
CONTROL DE INUNDACIONES

CLEMENTE

TREJO

DOMINGUEZ

T E S I S

PRESENTADA A LA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COMO REQUISITO PARA
OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN INGENIERIA
(PLANEACION)**

DIRIGIDA POR:

M I RUBEN TELLEZ SANCHEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA
Año 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

*A la **Comisión Nacional del Agua**
Mi mas profundo agradecimiento a la institución
que me ha brindado la oportunidad de desarrollo profesional
y de servir a mi país*

*Al Programa de Apoyo a Proyectos de
Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT)
de la Universidad Nacional Autónoma de México*

*Al Maestro en Ingeniería **Rubén Téllez Sánchez**
Por su dirección y apoyo para realizar
este trabajo*

A la memoria de Doña Juanita

A

Gabriela, Paulina y Sofía

Prólogo

La planeación estratégica es un proceso mediante el cual una organización establece su visión de largo plazo y las estrategias para alcanzarla a partir del conocimiento de sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Requiere la participación activa de los integrantes de la organización, información sobre sus factores claves de éxito, su revisión, seguimiento y evaluación de resultados sistemáticos y que el estilo de gestión fomente el que la organización sea proactiva, interactiva y visionaria. Es el proceso mediante el que se obtiene y analiza información, interna y externa, con el fin de conocer la situación presente, así como su nivel de competitividad con el propósito de anticipar y decidir sobre el direccionamiento de la institución hacia el futuro.

Los cambios que se han dado en la economía del país en el manejo de recursos financieros, en la actitud de los trabajadores que demandan una mayor participación en la toma de decisiones de las organizaciones actuales y nuevos estilos de dirección y liderazgo que sean más democráticos, una mayor comunicación e información y, por otra parte, el que la población exige mejores y adecuados servicios, plantean la necesidad de trabajar en equipo, en red con calidad total y, como respuesta, el sector público fomenta la implantación de un instrumento como la planeación estratégica para dar solución a los nuevos retos en los que se encuentra la administración pública, con la finalidad de mejorar su funcionamiento, calidad de servicio y satisfacer las demandas que la sociedad exige a las instituciones gubernamentales.

El propósito de este trabajo es presentar la problemática causada por las inundaciones, aplicar conceptos de planeación estratégica en una organización de la administración pública, como la Comisión Nacional del Agua, determinando sus debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades y a partir de ello generar estrategias, para hacer frente a los retos y desafíos que implica la implantación de acciones, para disminuir los riesgos de pérdidas de vidas y bienes materiales, provocados por la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos, mediante la formulación y ejecución de un plan estratégico.

En los últimos años se destacan los impactos negativos de los fenómenos hidrometeorológicos que se han presentado en México¹; en 1988 se afectaron principalmente la ciudad de Monterrey y los Estados de Quintana Roo y Yucatán en donde hubo más de 250 pérdidas humanas y 150,000 damnificados; en 1992 las tormentas de invierno provocaron 61 muertes y más de 100,000 personas damnificadas en Nayarit; en 1993 hubo 63 pérdidas humanas y 75,000 damnificados en los Estados de San Luis Potosí, Baja California Sur y Baja California, Veracruz Hidalgo y Tamaulipas; En 1995 se presentaron 223 muertes y más de 37,000 damnificados en los estados de Sonora Sinaloa, Baja California Sur, Veracruz, Campeche, Tabasco, Quintana Roo, Yucatán; En 1997 ocurrió la tragedia en Acapulco en donde se reportaron más de 228 personas que perdieron la vida y 8500 damnificados. Por otra parte, los ciclones aportan importantes y valiosos beneficios al país por el volumen de agua que dejan en su recorrido que representa un factor fundamental como sustento para el futuro desarrollo económico.

Entre los principales factores que incrementan la vulnerabilidad por inundaciones están; El que las personas que migran hacia las ciudades, sin recursos para comprarse un lote urbano, se sitúa en

¹ Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación (1999). Inundaciones. Fascículo 3

lugares de alto riesgo de inundación; La insuficiente conservación del suelo en cuencas hidrológicas que ocasiona más superficies desforestadas, incrementadas por acciones del ser humano, ello contribuye a que la pérdida de suelo se incremente en forma considerable, con el paso del tiempo, haciendo que las avenidas de los ríos y arroyos sean más torrenciales y con mayores velocidades, provocando azolvamiento y reducción de capacidad de regulación en los almacenamientos existentes; La falta de una adecuada y completa instrumentación de alertamiento en cuencas y zonas de alto riesgo de inundación; Falta de una adecuada organización de la población para que tome conciencia de los desastres que se podrían presentar por la ausencia de acciones preventivas o en su caso de acciones correctivas estructurales o no estructurales y; La falta de implantación de un plan estratégico, para disminuir o evitar los cada día mayores daños por inundación.

En el actual periodo sexenal 2001-2006, la administración pública, principalmente a través de la Comisión Nacional del Agua con sus Gerencias Regionales y Estatales, de la Secretaría de Gobernación con los grupos de protección civil y el Centro de Prevención de Desastres, de la Secretaría de la Defensa Nacional y otras Dependencias Federales, de los Gobiernos Estatales y Municipales y con la participación de la población, tiene la oportunidad de enfrentar con éxito la problemática de las inundaciones en México. En lo referente a la Comisión Nacional del Agua, que tiene implantados varios programas para el control de inundaciones, se propone que se integre y fortalezca una unidad central en la que se concentre la responsabilidad de toma de decisiones, de planeación y ejecución de acciones, para el control de ríos e inundaciones. Asimismo, como parte de la solución, se proponen estrategias, para fortalecer la institución, de acuerdo con los retos y desafíos que se presentan actualmente. Entre las estrategias se tienen el desarrollo organizacional, descentralización y desconcentración, ordenamiento de asentamientos humanos en cauces federales, financiamiento, sistemas de alertamiento en cuencas hidrográficas, previsión de fenómenos hidrometeorológicos, formulación de estudios y proyectos e implantación de medidas estructurales y no estructurales

El desarrollo del trabajo incluye la descripción de la problemática, presentando casos de inundaciones, seleccionados de los proyectos más interesantes de los que se tiene conocimiento. Se describe el esquema del proceso de planeación estratégica, que se integra por los valores de la institución, visión, misión, diagnóstico, objetivos, metas, estrategias, proyectos y acciones para el control de inundaciones. Se definen los conceptos básicos de planeación estratégica para la Comisión Nacional del Agua en esa materia. Se mencionan las principales etapas para la formulación estratégica de proyectos de control de inundaciones. Se muestra la importancia que tienen la evaluación económica y la programación de inversiones, como instrumentos para la jerarquización y toma de decisiones para control de inundaciones. Se presentan estudios de casos sobre el tema de la formulación de proyectos y como parte final se incluyen las conclusiones y recomendaciones y la bibliografía del tema.

La elaboración del trabajo se hizo tomando como base diferentes libros sobre planeación estratégica, estudios realizados en las dependencias relacionadas con el desarrollo de los recursos hidráulicos de México, visitas a diferentes sitios inundados y potencialmente inundables, publicaciones y trabajos de tesis de la División de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, apuntes sobre planeación estratégica del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y diversas publicaciones sobre el tema de diferentes dependencias así como de investigaciones sobre el control de avenidas e inundaciones de los que se hace referencia bibliográfica al final del documento.

Contenido

| | Página |
|--|-----------|
| Introducción..... | 11 |
| Primera Parte; Descripción de la problemática de las inundaciones..... | 21 |
| Capítulo 1 Problemática de las inundaciones..... | 19 |
| 1.1 Dinámica y crecimiento de la población urbana..... | 21 |
| 1.2 Dinámica y crecimiento de la población rural..... | 23 |
| 1.3 Las inundaciones y los fenómenos hidrometeorológicos..... | 24 |
| 1.4 Daños por inundaciones en el periodo 1943-1999..... | 27 |
| 1.5 Factores sociales y económicos que incrementan los daños por inundaciones..... | 28 |
| 1.6 Presentación de casos de inundaciones en México..... | 29 |
| 1.7 Inundaciones y la participación de la población..... | 37 |
| Segunda Parte; Fundamentos para aplicación de la planeación estratégica para control de inundaciones..... | 39 |
| Capítulo 2 Conceptos de planeación estratégica..... | 41 |
| 2.1 Tipos de planeación..... | 41 |
| 2.2 Definición de planeación estratégica..... | 43 |
| 2.3 Esquema de planeación estratégica..... | 44 |
| 2.4 El proceso de planeación estratégica en cascada..... | 45 |
| 2.5 Definición de Visión y misión..... | 46 |
| 2.6 Diagnóstico interno y externo..... | 47 |
| 2.7 Opciones estratégicas..... | 47 |
| 2.8 Índices de gestión y difusión estratégica..... | 48 |
| 2.9 Conceptos de planeación estratégica para control de inundaciones..... | 49 |
| Capítulo 3 Conceptos de planeación estratégica, para control de inundaciones, en la Comisión Nacional del Agua..... | 55 |
| 3.1 Escenario futuro sin acciones para control de inundaciones.. | 55 |
| 3.2 La Comisión Nacional del Agua y la Ley de Aguas Nacionales..... | 56 |
| 3.3 Factores de producción de bienes y servicios en la Comisión Nacional del Agua..... | 58 |
| 3.4 Identificación de la visión y misión corporativa de la Comisión Nacional del Agua..... | 60 |
| 3.5 Identificación de la visión y misión funcional para control de inundaciones.. | 62 |
| 3.6 Identificación de fortalezas y debilidades para control de inundaciones .. | 62 |
| 3.7 Identificación de oportunidades y amenazas para control de inundaciones..... | 64 |
| 3.8 Determinación de Objetivos para control de inundaciones..... | 65 |
| 3.9 Estrategias, proyectos y acciones para control de inundaciones..... | 66 |
| 3.10 Programa general de acciones para control de inundaciones..... | 72 |
| 3.11 Índices de gestión y monitoreo estratégico..... | 73 |

| | |
|---|-----|
| Tercera Parte; Fundamentos para la formulación estratégica de proyectos para control de inundaciones..... | 75 |
| Capítulo 4 El proceso de formulación estratégica de proyectos para control de Inundaciones..... | 77 |
| 4.1 La planeación y gestión de los recursos hidráulicos..... | 78 |
| 4.2 La formulación de proyectos hidráulicos..... | 79 |
| 4.3 Tipos de proyectos hidráulicos..... | 80 |
| 4.4 Métodos para formulación de proyectos para control de inundaciones..... | 82 |
| 4.5 Tipos de proyectos para control de inundaciones..... | 83 |
| 4.6 Estudios básicos para la formulación de proyectos..... | 89 |
| 4.7 Integración de estudios..... | 96 |
| 4.8 Integración documental del proyecto para control de inundaciones..... | 99 |
| Capítulo 5 Evaluación y programación de proyectos para control de inundaciones..... | 103 |
| 5.1 Conceptos de evaluación de proyectos..... | 104 |
| 5.2 Determinación de beneficios y costos de alternativas..... | 106 |
| 5.3 Costos de infraestructura, operación y mantenimiento..... | 110 |
| 5.4 Obtención de indicadores de evaluación..... | 110 |
| 5.5 Metodologías para evaluar proyectos de control de inundaciones..... | 113 |
| 5.6 Programación de inversiones para control de inundaciones..... | 122 |
| Capítulo 6 Estudio de casos..... | 139 |
| 6.1 Aplicación de metodología de objetivos múltiples para selección de alternativas para control de inundaciones; Proyecto de control de inundaciones en el Río Silao.... | 139 |
| 6.2 Aplicación de metodología probabilística para selección de alternativas para control inundaciones; Proyecto de control de inundaciones en el Río Mocorito..... | 144 |
| Conclusiones y recomendaciones..... | 153 |
| Bibliografía..... | 159 |
| Anexo A Características Sociodemográficas..... | 163 |
| Anexo B Centros de población más inundados en México..... | 164 |
| Anexo C Precipitación en estados potencialmente inundables..... | 166 |
| Anexo D Extractos de la Ley de Aguas Nacionales..... | 167 |
| Anexo E Conceptos de fenómenos hidrometeorológicos..... | 169 |
| Anexo F Objetivos del Fondo de Desastres Naturales..... | 170 |
| Anexo G Tabla de Daños Provocados por Inundaciones. Periodo 1943-1999..... | 171 |

Introducción

Antecedentes

En las últimas décadas, en el mundo se viene experimentando un cambio estructural en los sistemas económicos que tienen efectos sustanciales en las relaciones de trabajo de las organizaciones para la producción industrial y de bienes y servicios privadas y públicas, todo ello como consecuencia de la apertura comercial internacional que está en proceso y cuyos ejemplos más notables son la creación de la Comunidad Económica Europea, el Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos, Canadá y México, los cambios sufridos en la Unión Soviética, la incorporación de los países asiáticos y el bloque comunista a los mercados mundiales y la formación de poderosas empresas transnacionales.

En este contexto, tanto de apertura comercial como de las uniones de grandes bloques de países para realizar su producción y comercio así como del desarrollo de las empresas, se han venido adoptando modificaciones en el comportamiento humano ya que en economías cerradas se tiene como estrategia; satisfacer en primer término al gobierno y a los propietarios de empresas; mientras que hoy, en el mercado mundial, se da preferencia a las demandas de la sociedad en su conjunto y al mejoramiento de las condiciones laborales de los empleados de las organizaciones de producción de bienes y servicios. El objetivo de las organizaciones comerciales en un mercado globalizador, es el de alcanzar una mayor participación en la economía, mejorar las utilidades e incrementar el valor agregado en la producción, mediante una óptima satisfacción de las demandas del cliente y un desarrollo profesional y humano de los empleados que garantice la obtención de productos de calidad con precios competitivos, ello implica que las empresas deberán ser productivas, eficientes, eficaces, creativas y responsables.

El sector privado está sustentado por sistemas organizacionales que son operados y dirigidos por seres humanos; y el sector gobierno es un gran sistema organizacional que se maneja también a través del factor humano, integrado este por diversos subsistemas representados por cada una de las secretarías de estado ó empresas públicas que cumplen una función específica de acuerdo con su ámbito de acción. La diferencia estriba en que la empresa privada compite por obtener un mejor y mayor lugar en el mercado, y las dependencias gubernamentales por sus características, desafortunadamente no compiten con organismos de otros gobiernos ni al interior ni al exterior.

En este contexto, se aprecia la necesidad de que el gobierno mexicano implante estrategias que permitan la competitividad entre sus distintos sectores, probablemente a través de programas específicos de incentivos dirigidos de manera especial a aquellas organizaciones gubernamentales que muestren altos grados de eficiencia en los trabajos y los servicios que estas prestan, dado que actualmente son escasos los organismos federales que concursan para premios de alta productividad, principalmente los del sector central, dado que en el sector paraestatal se tiene conocimiento de que se realizan algunos esfuerzos en este sentido, sin embargo se consideran aún incipientes.

La anterior estrategia conllevaría a borrar la triste imagen de las organizaciones burocráticas ineficientes, para empezar a tener empresas del gobierno sanas, altamente productivas y con procesos de calidad total, capaces de generar recursos financieros propios que les permitan ser autosuficientes y no estar dependiendo del Erario Federal año con año, apoyar la generación de

empleos y no estancarse con plantillas de personal abundantes y faltas de preparación y capacitación. Para estar en posibilidad de lograr lo anterior, se deberán realizar, diversos análisis internos en los que se puedan determinar las potencialidades, fuerzas, del sector del gobierno y definir también cuales son las debilidades y fortalezas del mismo, a efecto de determinar un diagnóstico equilibrado de los alcances y los límites propios de la institución para aprovechar al máximo lo que se tiene como fuerza para un mejor logro de los objetivos y metas establecidas en el organismo.

Se debe realizar un análisis externo, entorno, en el que se deberá determinar perfectamente cuales son las necesidades de los receptores de los servicios y/o productos que proporciona el gobierno federal, con el firme propósito de cubrir eficientemente las necesidades de los diversos usuarios que tiene la federación. En ese mismo contexto se debe realizar un exhaustivo análisis de los proveedores que surten las necesidades de insumos del gobierno federal, como son los contratistas que construyen las obras públicas y diversos prestadores de servicios que abastecen de materiales hasta las empresas mas pequeñas del gobierno federal; en este caso dicho análisis serviría para detectar la calidad del servicio que proporcionan los proveedores y con ello efectuar la programación de acciones y obtención de metas físicas.

La planeación estratégica en la Administración pública

En este marco de desarrollo económico los dirigentes de las organizaciones de producción de bienes y servicios, empresas privadas ó públicas como la Comisión Nacional del Agua, encuentran en proceso de modificación los estilos de dirección ya que, dada la situación, un buen director requiere de un liderazgo que tenga como principales características el que haya una mayor preocupación y atención al mejoramiento al desarrollo humano de los empleados y el que se apliquen estructuras más horizontales con participación de los trabajadores en la toma de decisiones en las empresas y por consiguiente que haya mejores condiciones laborales para el personal.

La institución debe considerar que los empleados valoran un pago justo, que requieren niveles aceptables de seguridad, que buscan dar un sello personal al desarrollo de su trabajo y que desean que sus resultados logren impactos y trascendencia en la sociedad o país, así mismo es altamente prioritario para lograr los objetivos y metas de la organización el que el trabajador se sienta como parte de la institución, que merece respeto, oportunidad de mejorar sus condiciones de trabajo, que tiene derecho a la capacitación y desarrollo profesional y humano y que tanto la dependencia como el empleado deben en su conjunto contribuir en el crecimiento de la organización y que cuando se presenten problemas y obstáculos sean los dos los que den la solución apropiada. El líder de una organización concentra las voluntades de los empleados, el personal los reconoce, lo estima y hace lo posible por realizar los trabajos para apoyarlo y lograr los objetivos y metas de la empresa.

Para eficientar los resultados de la institución también es indispensable el conocimiento en forma precisa y detallada de cual es la visión, misión, objetivos y metas de la organización, por parte de los empleados y de la sociedad, lo que implica que haya un análisis de la situación histórica, actual y futura en la que se encuentra la dependencia y por otra parte también se debe tener claro cual es la función de la organización en la sociedad, hacia donde dirigirá su desarrollo, cuales serán sus impactos en el sistemas socio-económico, cuales serán sus objetivos y sus metas cuantificadas que deben obtenerse en los años futuros.

Para lograr el desarrollo organizacional, organismos públicos como la Comisión Nacional del Agua deben identificar y comunicar claramente la visión, misión, objetivos, metas, políticas, lineamientos y estrategias a todos los integrantes de la institución. Fortalecer la capacitación de sus cuadros técnicos y administrativos. Precisar los proyectos y sus alcances sumando todas las voluntades del organismo público e integrarse como un todo en el logro de los ideales plasmados en el plan de desarrollo nacional. Se deberán implantar sistemas de Calidad total, evaluación recurrente de los avances y logros en los objetivos y metas planteados y prioritariamente implantar medidas para motivar al personal para su integración a los trabajos. El desarrollo de México requiere de la implantación de medidas económicas, políticas y sociales congruentes con su historia, cultura, desarrollo tecnológico, situación actual, características demográficas, recursos naturales y humanos con los cuales se integre el proyecto nacional

En el sector público el desarrollo y aplicación de la planeación estratégica han sido mínimos, a pesar de que en los últimos años ha habido un esfuerzo importante para lograr su implantación. A la fecha el desarrollo teórico se ha enfocado a la empresa privada, la que tiene una importante diferencia con la empresa pública porque sus objetivos son diferentes; mientras la privada tiene como objetivo obtener utilidades; la empresa pública busca beneficiar a la sociedad en su conjunto, administrando recursos que provienen de los impuestos que paga la población.

Problemática

Las inundaciones causadas por la lluvia, huracanes, ciclones o deshielos se presentan principalmente al generarse avenidas de tal magnitud que sus volúmenes de agua se desbordan en los ríos o arroyos, lo que generalmente causa daños en zonas agrícolas, urbanas o industriales y como consecuencia la población que habita esos lugares sufre pérdidas de vivienda, problemas de salud, suspensión temporal de empleos y falta de alimentos. Esto produce efectos negativos en el aspecto social que, a veces, son mucho más graves que los daños materiales a la infraestructura de la zona de inundación. En términos generales los daños o pérdidas debido a las inundaciones se pueden agrupar de la siguiente manera:

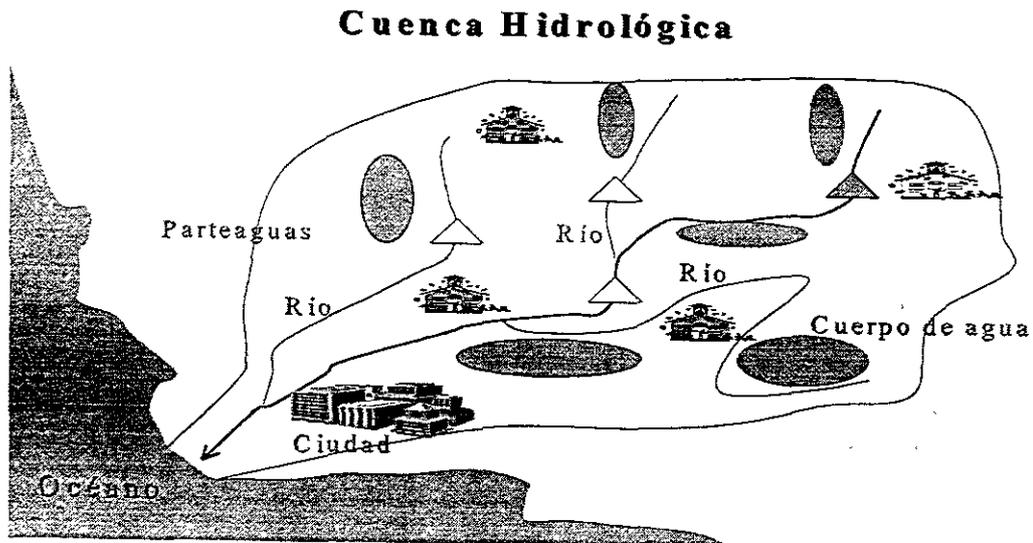
- ❑ Pérdida de vidas humanas.
- ❑ Destrucción de infraestructura, tales como sistemas de abastecimiento de agua, instalaciones de tratamiento de aguas residuales, centrales eléctricas, líneas de transporte, carreteras, sistemas hidráulicos, etc.
- ❑ Destrucción de almacenes de productos y de cosechas agrícolas y de ganado.
- ❑ Destrucción de viviendas que deja a la poblaciones sin protección de los fenómenos meteorológicos.
- ❑ Contaminación del recurso agua por desechos orgánicos que provocan proliferación de bacterias y epidemias en las comunidades damnificadas.
- ❑ Peligro de enfermedades causadas por animales que buscan refugio en las viviendas durante las inundaciones y degradación general de la salud de la población.

Los daños materiales causados por las inundaciones están relacionados con el grado de desarrollo económico de las zonas inundadas y en este sentido se tienen tres tipos de regiones: zonas donde no existe ninguna estructura de protección, zonas donde existen medios organizados de protección contra inundaciones, zonas donde han sido aplicadas acciones para la protección de áreas inundables. Lo anterior resalta la importancia que tiene la protección contra las inundaciones en

áreas productivas o centros de población que debe incluirse en la gestión de los recursos hidráulicos y de conservación de cuencas hidrológicas.

En México se presentan inundaciones sistemáticas en varias regiones del país, localizadas principalmente en las partes bajas de las cuencas hidrológicas² de los ríos Grijalva, Papaloapan, Usumacinta y Pánuco y también en zonas costeras las cuales están sujetas a los ciclones y huracanes que cada año hacen su aparición. En los últimos años, la presentación de fenómenos hidrometeorológicos extremos que producen altas precipitaciones y grandes avenidas de agua, han provocado desbordamientos de ríos y arroyos y fuertes inundaciones que han ocasionado cada vez mayores desastres en la población, como la pérdida de vidas humanas, daños materiales en viviendas, en industrias, en la infraestructura; pérdidas en la agricultura; pérdida en salud y bienestar de los habitantes en zonas urbanas y rurales.

Estos impactos negativos se han incrementado en forma alarmante especialmente, en centros de población, como México., Acapulco, La Paz, Los Cabos, Monterrey y Villahermosa. Las principales inundaciones ocurridas³ en el periodo del 1943-1997 han causado cerca de 3,287 pérdidas humanas, y más de 800,000 damnificados. Se observa que la mayor cantidad de fenómenos hidrometeorológicos que producen daños materiales y humanos se presentan en el Océano Pacífico, y que los estados con mayor recurrencia son Chiapas, Campeche, Baja California, Baja California Sur, Guerrero, Hidalgo, Colima, Michoacán, Chihuahua, Sinaloa, Oaxaca, Sonora, Veracruz, Tamaulipas, Nayarit y Baja California Sur. El siguiente esquema muestra diferentes elementos que conforman la Cuenca Hidrológica, entre los cuales se identifican los centros de población, industrias, cuerpos de agua, ríos, arroyos, zonas agrícolas, etc.



Cuenca hidrológica

² Cuenca hidrológica es el territorio donde las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que desemboken en el mar. La cuenca conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión del recurso hidráulico.

³ Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación (1999). Inundaciones. Fascículo 3.

Las disposiciones para prevenir inundaciones reducen el peligro en una cierta medida, pero el desarrollo urbano y la explotación forestal incrementan el volumen de las aguas en los períodos de avenidas; una acción unilateral de regulación de las corrientes y de aprovechamiento del agua de los ríos contribuye también a la modificación de las avenidas y de la corriente principal y de sus afluentes, por lo que se ponen en peligro las zonas vecinas. También existen almacenamientos para la generación de energía eléctrica que tienen efectos desfavorables durante las inundaciones de larga duración, ya que en este caso se busca conservar el máximo nivel del agua almacenada para producir la máxima energía.

Propósito del trabajo

El desarrollo de este trabajo tiene el propósito de presentar elementos para el análisis de la problemática y los efectos socioeconómicos que producen las inundaciones en la población, y con base en ello, proponer la utilización de esquemas de planeación estratégica en una organización como la Comisión Nacional del Agua, organismo desconcentrado del gobierno federal, que tiene como atribución ser la única autoridad del agua en México, mediante los cuales se diagnostique sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas y sustentado en ellas, se generen las estrategias más adecuadas para optimizar su contribución para prevenir y controlar los impactos de las inundaciones en la población, en coordinación con instituciones como las Secretarías de Gobernación, Defensa Nacional, Desarrollo Social, Salud y Gobiernos Estatales, Municipales y sociedad en general.

El Esquema de planeación estratégica constituye un valioso instrumento para ordenar y dirigir la formulación de estrategias y ejecución de los planes, programas, proyectos y acciones para control de inundaciones, mostrando los vínculos entre las diferentes etapas del proceso, de tal forma que sea posible medir los impactos de la ejecución de acciones, el nivel de logros en los objetivos y metas planteados en la organización o institución analizada con respecto a su aportación a la solución de la problemática de las inundaciones.

En una cuenca hidrológica los principales daños por inundación, que afectan a la población se presentan en áreas productivas o centros de población y las posibles soluciones se fundamentan en lograr, mediante un mejoramiento en el desarrollo organizacional, la participación de la sociedad, en su conjunto, para generar estrategias y alternativas de solución para disminuir o evitar las pérdidas humanas y materiales, mediante la aplicación de acciones estructurales y no estructurales o administrativas. Dentro de las acciones no estructurales se pueden mencionar aquellas que van dirigidas a prever los movimientos de la población de acuerdo con reglamentos urbanos, o en un estado de emergencia organizando a los habitantes para que en caso de que se presente un fenómeno hidrometeorológico no haya riesgos de pérdidas de vidas humanas. Como medidas estructurales se pueden mencionar la construcción de bordos de defensa, espigones, presas que impidan u obstaculicen el tránsito del agua con el fin de encauzar los volúmenes en exceso en forma adecuada.

Los desastres ocasionados por inundaciones, destacan la necesidad de utilizar instrumentos como la planeación de proyectos y su implantación, para prevenirlas y controlarlas, ya que la determinación y previsión en las zonas consideradas como alto riesgo, pueden evitar los asentamientos y por lo tanto establecer acciones altamente prioritarias y estratégicas para evitar y disminuir en el futuro los efectos negativos de los huracanes, ciclones, grandes avenidas de agua en ríos y arroyos. Para la implantación de acciones se considera como organización básica a la Comisión Nacional del Agua, que es la dependencia facultada por el ejecutivo federal para realizar las actividades de planeación.

construcción, administración y supervisión para controlar las inundaciones en coordinación con estados, municipios y otras instituciones así como con la población en general.

La planeación estratégica es un proceso que se realiza considerando los valores, misión y visión de la organización o institución, el diagnóstico interno y externo, a partir de lo cual se establecen los objetivos, metas, estrategias, proyectos o acciones a realizar, con lo que se determina la programación, presupuestación, ejecución y se implanta el control y seguimiento de las acciones que se realicen. Estos conceptos se definen en una forma más detallada en el tercer capítulo de este trabajo.

Desarrollo del trabajo

Este documento se divide en tres partes contenidas en seis capítulos:

La primera parte “Problemática de las inundaciones” esta contenida en el capítulo 1, en el que se describe la problemática de las inundaciones en donde se destacan; el crecimiento desmedido de la población urbana y su asentamiento en zonas de alto riesgo de inundación; el incremento de la migración de zonas rurales a las zonas urbanas; se mencionan las principales características de la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos y sus principales daños registrados en los últimos 54 años en México, asimismo, se hace una presentación de casos de inundación en los que se han formulado y ejecutado proyectos y en los que se hacen observaciones de los resultados obtenidos con la implantación de acciones tanto de control de ríos como del comportamiento de la población.

La segunda parte “Fundamentos para la aplicación de la planeación estratégica para control de inundaciones”, está contenida en los capítulos segundo y tercero:

En el segundo capítulo, como marco de referencia, se hace una descripción de conceptos sobre los tipos de planeación; operacional, táctica, estratégica y normativa según Russell Ackoff y a partir de ello se hace la propuesta para aplicar la planeación estratégica para control de inundaciones, enfatizando en los diferentes niveles de planeación estratégica, en una organización, cómo la corporativa, funcional y operativa y en el establecimiento de esquemas que integren los diferentes conceptos de valores, visión, misión, diagnóstico interno y externo, objetivos, metas, estrategias, proyectos y programas así como el seguimiento y control del proceso, mediante los índices de gestión y aplicación de un monitoreo que capte los avances del proceso.

En el tercer capítulo se hace una aplicación de los conceptos de planeación estratégica corporativa y funcional para la Comisión Nacional del Agua, que incluye la identificación de la visión, misión, diagnóstico, objetivos, estrategias y acciones para la atención de la problemática que provocan las inundaciones en México. Como parte fundamental del procedimiento se proponen un grupo de estrategias para fortalecer la institución para que haga frente a los retos y desafíos que se presentan actualmente y que se incrementaran en el futuro si no se actúa de inmediato en lo referente a los impactos negativos de las inundaciones. Entre las estrategias propuestas se tienen las siguientes: desarrollo organizacional, descentralización y desconcentración, ordenamiento de asentamientos humanos en cauces federales, financiamiento, sistemas de alertamiento en cuencas hidrográficas, previsión de fenómenos hidrometeorológicos, formulación de estudios y proyectos e implantación de medidas estructurales y no estructurales.

La tercera parte, “Fundamentos para la formulación estratégica de proyectos”, se describe en los capítulos 4,5 y 6 que contienen básicamente lo siguiente:

En el cuarto capítulo, dentro del concepto de proceso de formulación estratégica, se presentan esquemas para la formulación de estrategias y proyectos, así como de una descripción de las diferentes etapas que conforman el proceso haciendo énfasis en los principales elementos que deben considerarse para control de inundaciones.

El quinto capítulo incluye diferentes conceptos para la evaluación y programación de proyectos de control de inundaciones, destacando la utilización de métodos probabilísticos para la evaluación, así como de técnicas de objetivos múltiples. En el caso de programación de inversiones se describen los métodos de programación lineal entera y programación dinámica, mediante ejemplos prácticos, para integrar programas óptimos cuando se cuenta con una cartera de proyectos y los recursos financieros son limitados.

En el sexto capítulo se integra por dos ejemplos de estudio de casos de formulación y selección de proyectos mediante la aplicación de técnicas de evaluación por métodos probabilísticos y de objetivos múltiples. Por último se incluyen las conclusiones y recomendaciones más relevantes del trabajo, la bibliografía y anexos para soportar algunos temas expuestos.

Como principal resultado se obtuvo que el esquema de planeación estratégica es ideal para el análisis de las capacidades presentes y futuras con que cuenta una organización para hacer frente a los desafíos y retos que se le presentan, como en el caso de los efectos que tienen las inundaciones en la población. También se destaca la importancia de la determinación de la misión y visión de la institución en la materia, ya que este elemento le da claridad, fortaleza eficiencia y efectividad en la implantación y ejecución de estrategias, proyectos y acciones para alcanzar los objetivos establecidos.

Primera Parte

Fundamentos para Aplicación de la Planeación Estratégica para Control de Inundaciones

En la esta primera parte se describe la problemática de las inundaciones en donde se destacan; el crecimiento desmedido de la población urbana y su asentamiento en zonas de alto riesgo de inundación; el incremento de la migración de zonas rurales a las zonas urbanas; se mencionan las principales características de la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos y sus principales daños registrados en los últimos 54 años en México, asimismo, se hace una presentación de casos de inundación en los que se han formulado y ejecutado proyectos y en los que se hacen observaciones de los resultados obtenidos con la implantación de acciones tanto de control de ríos como del comportamiento de la población.

Capítulo 1

Problemática de Inundaciones

En este capítulo se describe la problemática que causan las inundaciones en México, destacando tres aspectos; La dinámica y crecimiento de la población en centros urbanos y rurales y sus asentamientos irregulares en zonas de alto riesgo de inundación; La migración de la población del campo a la ciudad, provocada entre otras razones por las condiciones en que se encuentra el sector rural; Y el hecho de que México se encuentra en una zona de ocurrencia con alta Probabilidad de ocurrencia de huracanes. Se presentan también estadísticas de los daños ocasionados en los últimos 54 años mencionándose los principales factores que causan los desastres en la población. Se hace una descripción de casos para destacar las condiciones de lugares inundados y observaciones del comportamiento de la población y comentarios sobre propuestas de solución

1.1 Dinámica y crecimiento de la población urbana

El desarrollo hidráulico en México ha estado vinculado fuertemente al crecimiento económico y social del país, principalmente a la evolución de la población, su demanda de servicios y su desigual distribución, ya que solamente en 109 localidades de 80,000 habitantes o más, reside el 46.8% del total nacional y de éstos más del 25% habita en las áreas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, además de que existen mas de 198,000 comunidades en el medio rural con menos de 2,500 habitantes donde habita el 25.3% de la población.

En los flujos migratorios de población de mayor magnitud destacan el Distrito Federal y el Estado de México, ya sea como entidad de origen o destino. Entre las corrientes migratorias interestatales que no involucran a estos dos lugares, se tienen los que van de Sinaloa a Baja California, de Yucatán a Quintana Roo, de Durango a Chihuahua y de Veracruz a Tamaulipas. Sin embargo, también se aprecia la influencia de las grandes metrópolis y las grandes ciudades de la frontera norte como puntos de atracción poblacional, independientemente del factor distancia⁴.

Esta concentración de la población se ha acelerado por la esperanza del campesino de encontrar mejores condiciones de vida en las grandes ciudades, lo que produce desequilibrios regionales; la concentración urbana ha provocado una fuerte demanda puntual de empleo, educación, alimentación, salud, vivienda y agua potable. Y la necesidad de transferir recursos de una zona a otra, especialmente de recursos como el agua, alimentos, fuerza de trabajo, etc., hacen que las grandes concentraciones urbanas presenten la problemática de altos niveles de contaminación del medio ambiente y de los recursos naturales como el agua, suelo y aire y además, provoca impactos sociales negativos en las ciudades, como el desarrollo de la delincuencia e inseguridad pública agravadas por la falta de empleos suficientes para la población.

Otro aspecto importante que influye en la producción regional y nacional es la distribución natural de los volúmenes de agua, ya que en la parte norte del país, en una superficie del 30% de territorio nacional, el escurrimiento medio anual es del 4% del total nacional, mientras que en el sureste donde se ubica el 20% del territorio, se registra el 50% del escurrimiento medio anual.

⁴ Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática México

Durante el periodo 1989-1995, la población creció a un ritmo del 2.06% en promedio anual. Los estudios de prospección, estiman que para el año 2021, la población aumentará a 122 millones de habitantes con la tendencia de crecimiento del Consejo Nacional de Población⁶. Con objeto de abatir el problema del suministro de agua en los principales centros urbanos del país, como México, Guadalajara y Monterrey, ha sido necesario transferir volúmenes del recurso de una cuenca hidrológica a otra o cambiar su uso agrícola al doméstico.

1.2 Dinámica y crecimiento de la población rural

El sector rural presenta un fuerte rezago; la actividad agropecuaria tiene una baja productividad y graves problemas de rentabilidad y de capitalización que se traducen en bajos ingresos de los productores; ya que el 23% de la población económicamente activa nacional se dedica a las labores agropecuarias, silvícolas y pesqueras y tan sólo genera el 6% del Producto Interno Bruto, si a esto se agrega que el 25% de los mexicanos habita en el campo, se estima que más del 35% de la población rural se encuentra en situación de pobreza extrema.

La baja productividad en el sector agropecuario se explica por la falta de infraestructura productiva adecuada, la carencia de tecnologías eficientemente productivas y la falta de capitalización. Del total de la superficie nacional, tan sólo el 9% se destina a actividades agrícolas, de las cuales, solo dos terceras partes cuenta con acceso al riego o a buen temporal. El 90% de la superficie presenta problemas de erosión y la deforestación acaba con más de 240,000 hectáreas anuales⁷. En 1993 México firmó el Tratado de Libre Comercio con los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá que, aunado a los compromisos multilaterales adquiridos con el ingreso al GATT, han dado como resultado un proceso de liberación comercial internacional que, en el caso específico de la agricultura, plantea la necesidad de que el país se modernice para que haya competitividad con la producción de otras naciones.

Por otra parte, en México la política actual impulsa un proceso de desregulación de la actividad económica, mediante la disminución o eliminación de subsidios fiscales y la privatización de empresas paraestatales y organismos públicos, que tiene como consecuencia que el Estado modifique sus funciones de acuerdo con la nueva modalidad de desarrollo nacional, ya que el país se encuentra en la transición de una economía regulada, por el Estado, en los sistemas de producción y distribución de bienes y servicios, hacia una economía desregulada en la cual la privatización y el mercado asumen funciones más importantes en las decisiones de producción e inversión⁸.

Uno de los efectos que más se manifiesta, como consecuencia de la situación actual en el campo, es la acelerada migración de la población rural hacia los centros urbanos y a los Estados Unidos, fenómeno que ocasiona grandes concentraciones humanas en las ciudades, las cuales carecen de servicios de agua potable, alcantarillado, educación, empleo productivo y vivienda para los nuevos asentamientos humanos que se incorporan y quienes, por lo general, no se encuentran preparados para desempeñar trabajos productivos que les proporcionen ingresos estables, que les permitan

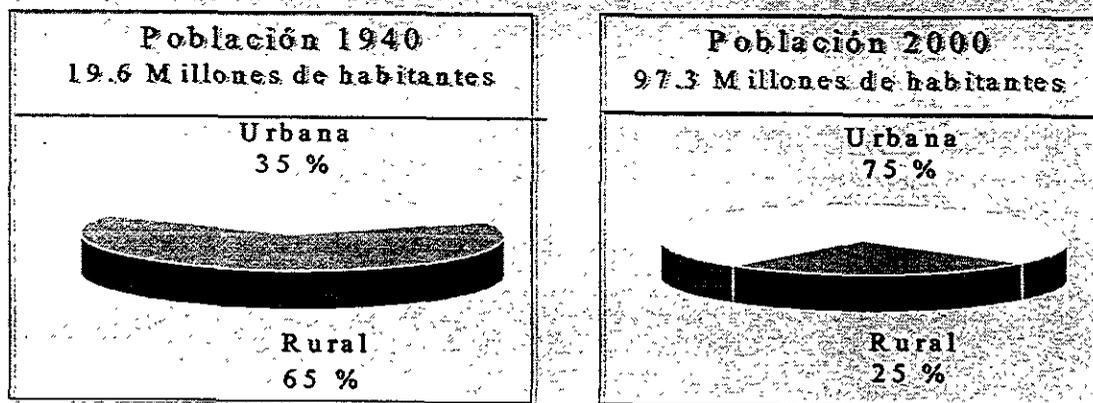
⁶ Comisión Nacional del Agua (1997). Los Escenarios a Largo Plazo del Papel del Agua en la Producción de Alimentos. Documento interno Gerencia de Estudios para el Desarrollo Hidráulico Integral. Subdirección General de Programación.

⁷ Diario el Universal, del 21 de abril del 2001, funcionarios de SEMARNAT informaron que anualmente la pérdida de suelo es del orden de las 600,000 hectáreas anuales.

⁸ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (1996). Hacia una Agricultura Tecnificada Documento de Trabajo

mejorar sus condiciones de bienestar. El esquema siguiente muestra que la población urbana pasó del 35% en 1940 al 75% en el 2000.

Evolución de la Población 1940-1998



Fuente; Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Esta situación ha tenido un fuerte impacto en el incremento de los daños materiales y pérdidas de vidas humanas por la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, debido a que en los centros de población, muchos de los flujos de migración, se asientan a su llegada en zonas de alto riesgo de inundación de tal forma que cuando se presentan lluvias intensas, se generan avenidas rápidas y voluminosas que afectan a la población que habita la zona de influencia de los cauces de arroyos y ríos que atraviesan las localidades. Esta situación se agrava cuando en los centros de población se permite la urbanización en zonas con alto riesgo de inundación.

1.3 Las inundaciones y los fenómenos hidrometeorológicos

De acuerdo con el trabajo sobre huracanes⁹ publicado en la revista de la Asociación Mexicana de Hidráulica publicado en diciembre del 2000, existen tres tipos de inundaciones que se presentan regularmente en México.

“Inundaciones repentinas. Se generan por lluvias intensas en cuencas de respuesta rápida que provocan grandes avenidas, las cuales casi siempre se acompañan de una gran cantidad de lodo. Ocurren con frecuencia en la periferia de las grandes concentraciones urbanas, donde el mismo desarrollo favorece los asentamientos humanos, muchas veces irregulares, en barrancas deforestadas e incluso en zona federal de cauces. Inundaciones de este tipo se han presentado en los ríos del poniente del Valle de México, en el arroyo Topochico de Monterrey Nuevo León, en los de las serranías de Puebla y Veracruz y en los arroyos de Acapulco Guerrero, donde, debido a su magnitud, han causado pérdida de vidas humanas y materiales.

⁹ Esta parte del trabajo se elaboró con extractos del artículo “Huracanes” de Michel Rosengaus publicado en la revista Tláloc de la Asociación Mexicana de Hidráulica, de diciembre del 2000

Inundaciones de larga duración. Ocurren en extensas zonas del territorio nacional, generalmente en zonas bajas y son originadas por el volumen acumulado de precipitación pluvial durante varios días o semanas. Por los largos periodos en que se generan no suelen causar pérdidas de vidas humanas, excepto por negligencia, aunque ocasionan importantes pérdidas económicas, tanto en las zonas urbanas, casas, comercios e industrias, como en zonas rurales, agricultura y ganadería.

Encharcamientos. Se presentan en sectores urbanos, con periodicidad anual y duración intermedia, cuya principal consecuencia es el retraso en el desarrollo de las actividades productivas de la población

Además, hay inundaciones como las de las zonas bajas del oriente del Valle de México, así como en las costas de Chiapas y Oaxaca en 1990, las de Los Cabos, La Paz, B.C.S. en 1994 etc., muchas de las cuales han causado también grandes daños a las vías de comunicación, lo que dificulta el envío oportuno de ayuda e implica costos de reparación.

Geográficamente, México está situado en una zona de alta incidencia de huracanes, y sus características fisiográficas y de dinámica poblacional lo hacen altamente vulnerable a los efectos destructivos de estos meteoros. Los ciclones tropicales ocurren, en México, entre mayo y noviembre, con pico de frecuencia a finales de agosto y durante septiembre. Estos fenómenos colocan en grave peligro a la población por los efectos directos del viento y la lluvia, como por otras manifestaciones: oleaje del mar, incremento significativo del nivel del mar sobre la costa, desbordamientos, deslizamientos de tierra, tornados, descargas eléctricas, etc.

México se encuentra entre dos importantes zonas de generación de huracanes en el mundo, la del Atlántico norte, que genera 12% de los ciclones tropicales a nivel mundial, y la del Pacífico nororiental, con 20%, siendo esta situación única en el planeta. Prácticamente, el 100% de los 10,000 kilómetros de costa de México se encuentra, en mayor o menor medida, sujeto al riesgo de ciclones tropicales; la zona del Pacífico es la más activa, concentra la totalidad de los fenómenos en una franja mucho menos extensa que en el caso del Atlántico.

Un problema especial del lado del Pacífico es que la trayectoria típica de los ciclones es casi paralela a la costa, pero relativamente cercana a ella, lo cual implica que cualquiera de los ciclones de esta región se encuentra en posición de incidir sobre el territorio nacional a sólo unas horas, entre ocho y 24, de haber iniciado un recurve hacia tierra, aunque en su mayoría no lo hacen. Esto conlleva serios problemas en los mecanismos de aviso a la sociedad, ya que una alerta continua a lo largo de la temporada puede producir incredulidad en la población, precisamente en los casos en que los ciclones sí recorren e incidan en tierra.

Otros factores de vulnerabilidad son la abrupta orografía del país y la cercanía de las cadenas montañosas con el litoral, lo que produce que —en zonas en las que el viento sopla en forma casi perpendicular a la sierra, desde el mar hacia la tierra— las lluvias, de por sí intensas, pueden crecer hasta valores extremos. Pero quizás el factor de vulnerabilidad más importante en la actualidad es la velocidad del crecimiento desordenado de las zonas urbanas en México, que aumenta el porcentaje de lluvia que escurre inmediatamente a los

cauces, estrangulando arroyos de drenaje natural e incluso invadiendo tanto llanuras de inundación como los cauces mismos.

La edificación a distancias muy cortas de la costa también incrementa de manera importante las condiciones de vulnerabilidad. Otro factor negativo es la uniformidad de los tipos de construcción a lo largo de todo el territorio nacional, ignorando solicitudes especiales de viento, oleaje, inundación socavación y la proliferación de la autoconstrucción sin ingeniería en condiciones de miseria. Al moverse sobre la plataforma continental, los huracanes rompen perdiendo energía y las olas que inciden directamente sobre la costa pueden ser considerables, causando fuertes problemas por impacto directo o por socavación, desaparición de playas en algunos sitios y fuertes depósitos en otros; por supuesto, crea condiciones de navegación sumamente peligrosas.

Finalmente, la más conocida de las manifestaciones destructivas en México es la intensa precipitación pluvial. Ésta se concentra en forma continua en el anillo nuboso de la pared del ojo, pero también se presentan cientos de tormentas convectivas severas distribuidas a lo largo de las espirales nubosas que caracterizan a los huracanes en las imágenes de satélite. Los volúmenes de agua precipitada durante un huracán son enormes; por ejemplo, en 1993 el huracán Gert precipitó sobre la cuenca del río Pánuco un volumen suficiente para proporcionar agua potable, a las tasas actuales, al Distrito Federal, por 316 años. Además de las consecuentes avenidas violentas e inundaciones, producen deslaves, cortes carreteros, flujos de lodo y escombros, etc.

Dada la actividad convectiva presente en un huracán, los rayos también representan un peligro. Desgraciadamente, en el aspecto de precipitación pluvial, la intensa deforestación o el cambio del uso del suelo en las últimas décadas han puesto dolorosamente de manifiesto que las laderas son más estables con su vegetación original adaptada al medio durante decenas de miles de años. Aquí tenemos una clara muestra”.

Lo anterior confirma que el elemento mas importante que incrementa la vulnerabilidad que causa daños importantes de pérdidas humanas, es el hecho de que la dinámica poblacional combinada con la extensión de la pobreza en México, provoca que cada día se encuentren asentamientos humanos en zonas de alto riesgo de inundación, que generalmente forman parte de zonas federales en cauces y ríos.

En un estudio realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México¹⁰ se menciona que en las Ciencias Atmosféricas, el reto ha sido el entender las variaciones climáticas que se producen año con año. Hoy en día, no solamente la agricultura se ve afectada por la variabilidad interanual en el clima, también otras actividades económicas, como la generación de energía eléctrica, la pesca, etc., incluso la salud humana depende de cambios extremos en el clima. En las últimas tres décadas se ha encontrado que la variabilidad interanual en el clima está relacionada en gran medida con el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur. Las observaciones con satélites y el aumento de las comunicaciones han incrementado el conocimiento del fenómeno, hoy se conoce el patrón de

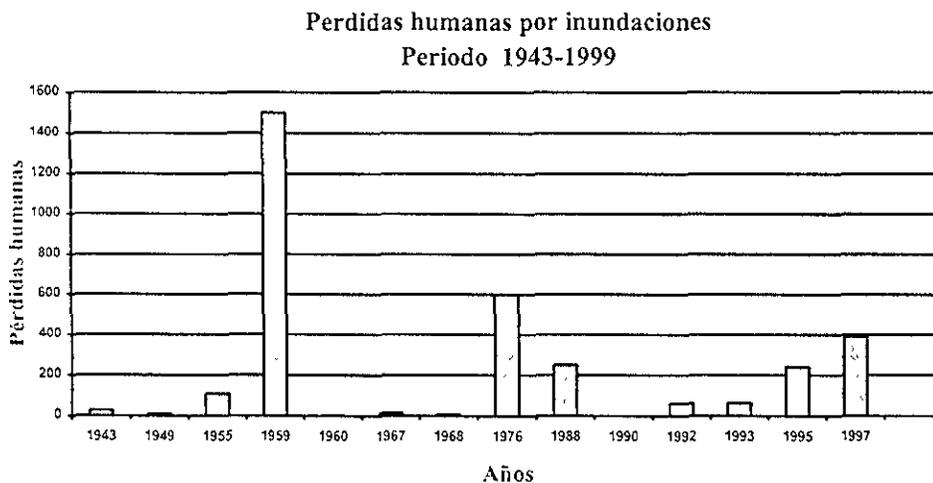
¹⁰ Víctor O. Magaña R., José Luis Pérez, Cecilia Conde, Carlos Gay y Socorro Medina. El fenómeno de el niño y la oscilación del sur (enos) y sus impactos en México. Departamento de Meteorología General. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México.

anomalías en superficie del mar que lo caracteriza, también se ha determinado en que medida afecta el clima del planeta, y aun sin periodo regular, a veces ocurre cada dos, cuatro, cinco años o incluso en años consecutivos, puede ser pronosticado.

La variabilidad en el clima, como el fenómeno de El Niño, ha existido desde siempre, los seres humanos y los ecosistemas en general, se han adaptado a tales extremos en el clima. hoy en día estos fenómenos causan más preocupación por afectar a más personas, lo que es natural, por el desmedido aumento de la población que ha obligado a establecer asentamientos en zonas que pueden ser afectadas por fenómenos naturales, la posibilidad de que un huracán cause daños a un núcleo de población es mayor hoy en día, al haber más gente viviendo cerca de las costas. En México, el fenómeno del Niño tiene grandes repercusiones en el clima y en las actividades socioeconómicas. Estudios recientes muestran que los regímenes de lluvias de invierno y verano se ven afectados. De manera general las lluvias de invierno se intensifican durante años de El Niño, como ocurrió durante el invierno de 1991-1992¹¹.

1.4 Daños por inundaciones en el periodo de 1943-1999

Con base en la recopilación de información del Centro de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación se estima que en las principales inundaciones ocurridas en el periodo del 1943-1999¹² han causado cerca de 3,287 pérdidas humanas, y más de 800,000 damnificados, información mas detallada de perdidas se muestran en forma resumida en la tabla 1.1 al final de este capítulo y en forma amplia en el anexo D. Se observa que la mayor cantidad de fenómenos hidrometeorológicos que producen daños materiales y humanos se presentan en el Océano Pacífico, y que los estados con mayor recurrencia son Sinaloa, Sonora, Veracruz, Tamaulipas, Nayarit y Baja California Sur¹³. Al final del capítulo se incluye un cuadro con los centros de población que han sufrido el mayor número de inundaciones. La siguiente gráfica se integra por datos recopilados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres en el que se incluyen muertos y desaparecidos durante las inundaciones.



¹¹ Víctor O. Magaña R., José Luis Pérez, Cecilia Conde, Carlos Gay y Socorro Medina. El fenómeno de el niño y la oscilación del sur (enos) y sus impactos en México. Departamento de Meteorología General. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México.

¹² Centro Nacional de Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación (1999). Inundaciones. Fascículo 3

¹³ Ver cuadro de las ciudades con mayor número de inundaciones en anexo B

En la gráfica anterior se destaca que en los últimos años los impactos negativos de los fenómenos hidrometeorológicos que se han presentado en México¹⁴ son los siguientes; en 1988 se afectaron principalmente la ciudad de Monterrey y los Estados de Quintana Roo y Yucatán en donde hubo mas de 250 pérdidas humanas y 150,000 damnificados; en 1992 las tormentas de invierno provocaron 61 muertes y mas de 100,000 personas damnificadas en Nayarit; en 1993 hubo 63 pérdidas humanas y 75,000 damnificados en los Estado de San Luis Potosí, Baja California Sur y Baja California, Veracruz Hidalgo y Tamaulipas; En 1995 se presentaron 223 muertes y mas de 37,000 damnificados en los estados de Sonora Sinaloa, Baja California Sur, Veracruz, Campeche, Tabasco, Quintana Roo, Yucatán; En 1997 ocurrió la tragedia en Acapulco en donde se reportaron mas de 228 personas que perdieron la vida y 8500 damnificados.

La presentación de los datos estadísticos de las muertes causadas en los últimos 54 años, del número de damnificados, a consecuencia de las inundaciones, muestran la importancia de prevenir situaciones de emergencia y disminuir los daños a la población haciendo uso de la planeación, por otra parte, es conveniente afirmar que la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos contribuyen, en gran medida, para que se presenten buenas cosechas en la agricultura y que las presas de almacenamiento se llenen, los acuíferos se recarguen y las actividades económicas se fortalezcan en el futuro.

1.5 Factores sociales y económicos que incrementan los daños por inundaciones

Una de las causas principales que favorecen que cada año los desastres provocados por inundaciones sean mayores, especialmente de pérdidas humanas y materiales, cuando se presentan huracanes, ciclones, trombas o intensas precipitaciones, es el hecho de que en los últimos años se han incrementado los asentamientos humanos irregulares en cauces federales de ríos y arroyos, que cruzan los centros de población, los que al transitar el agua son arrastrados por la fuerza de las corrientes sin control, además del deterioro en las viviendas, accesorios e instalaciones de servicios en general. Esta situación - el que cada año los desastres sean mayores en México - tiene como origen, fundamentalmente, la presentación de los siguientes factores.

- ❑ El primer factor es el que en el siglo veinte el crecimiento de la población en México haya sido más de siete veces, y que en las últimas cuatro décadas el número de habitantes se haya incrementado en más de 60 millones de mexicanos hasta un total de 97.3 millones de habitantes y que, en la última década, se elevó sustancialmente el número de habitantes que viven en pobreza extrema, más del 34% según diferentes fuentes, consecuentemente el ingreso se ha concentrado en unas cuantas familias;
- ❑ Como segundo factor está el que se hayan incrementado los flujos migratorios del campo a los centros de población urbanos y rurales, buscando mejores condiciones de vida, lo que ha favorecido la formación de cinturones de miseria. Lo anterior provoca que la población que habita y la que migra hacia las ciudades, sin recursos para comprarse un lote urbano, se aposente en aquellos lugares zonas clasificados como de alto riesgo de inundación, que no son propiedad privada ni son custodiados permanentemente, como los cauces federales de arroyos y ríos que atraviesan localidades, en los cuales la reubicación ocasiona conflictos sociopolíticos a las autoridades locales y hace difícil el desalojo de los habitantes.

¹⁴ Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación (1999). Inundaciones. Fascículo 3.

- Como tercer factor socioeconómico que favorece el que haya mayores desastres, está la conservación de agua y suelo en las cuencas hidrológicas, las cuales a medida que pasa el tiempo se encuentran más desforestadas por acciones del ser humano; como la tala de bosques, la falta de reforestación, las prácticas de roza y quema en las comunidades campesinas, que buscan superficies principalmente para la siembra de maíz, pero que los suelos de bosques, generalmente, por lo delgado, duran pocos años en producción y ello contribuye a que la pérdida de suelo se incremente en forma considerable, con el paso del tiempo, haciendo que las avenidas sean más torrenciales con mayores velocidades y un incremento en el número de sólidos en suspensión.
- A los factores mencionados habría que agregar: la falta de una eficiente y adecuada instrumentación de alertamiento en cuencas y zonas de alto riesgo de inundación; la falta de una organización de la población que tome conciencia de los desastres que se podrían presentar por la ausencia de acciones preventivas o en su caso de acciones correctivas estructurales o no estructurales, y la falta de implantación de un plan estratégico, por parte del sector público, para disminuir o evitar los cada día mayores daños a la población por inundación.
- El crecimiento de las superficies urbanas ha propiciado que haya menos infiltración en esas zonas y que se de un incremento en los escurrimientos, provocando avenidas de grandes volúmenes con mayor velocidad y ocasionando mayores inundaciones.

Las inundaciones afectan, por una parte, a regiones desarrolladas donde ocasionan pérdidas materiales cuantiosas y por otra, existen regiones potencialmente productivas donde no es posible intensificar el desarrollo por encontrarse sujetas a inundación. La formulación de programas de control de avenidas e inundaciones en una cuenca hidrológica debe integrarse por una combinación de acciones de construcción de infraestructura hidráulica de participación institucional y de organización de las comunidades para solucionar de la forma más adecuada posible la problemática causada por el exceso de volúmenes de agua o inundaciones.

1.6 Presentación de casos de inundaciones en México

Con el fin de mostrar algunos casos sobre la problemática causada por las inundaciones, en los siguientes apartados, se describen en forma resumida varias situaciones y proyectos de control inundaciones, en los cuales se han obtenido resultados por lo que son materia de comentarios de forma cualitativa sobre las experiencias obtenidas.

1.6.1 Impactos de inundación en población asentada en zona de alto riesgo¹⁵

A finales del mes de septiembre de 1976 la Ciudad de La Paz B.C., localizada a la orilla del mar, se presentó una alta precipitación, 180 mm en 4 horas, que generó la formación de avenidas extraordinarias en el arroyo El Cajoncito, que provocó la falla de un bordo, lo cual tuvo como consecuencia la pérdida de mas de 600 vidas¹⁶, según publicaciones de aquella época. El desastre fue ocasionado fundamentalmente por la magnitud del evento extraordinario y no esperado y por

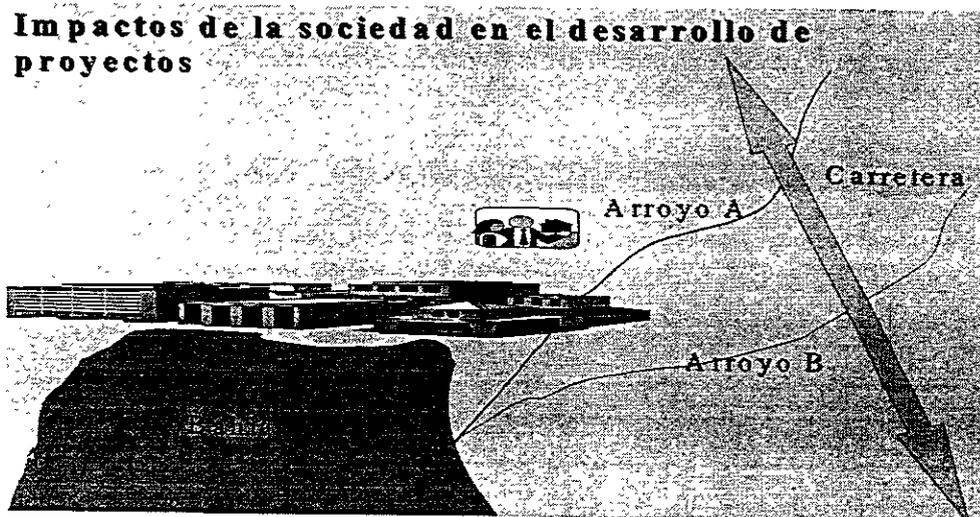
¹⁵ Este caso tiene observaciones de visitas realizadas por el autor a la zona del proyecto.

¹⁶ Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación (1999). Inundaciones Fascículo 3

otra parte la existencia de asentamientos humanos no controlados en zonas con riesgo de inundación por encontrarse en las áreas de influencia de los cauces de los arroyos. Ver el siguiente esquema.

Después de sufrir la catastrófica inundación, que ocasionó cientos de pérdidas humanas e importantes daños materiales a la población, el gobierno federal, estatal y la misma población encauzaron los arroyos, construyeron una presa y bordos marginales a los cauces.

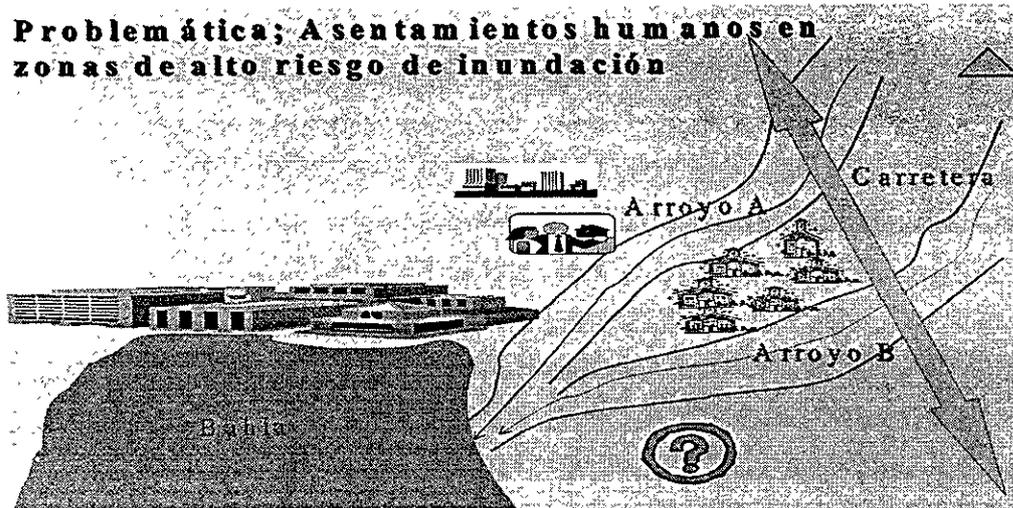
Los trabajos de reparación de daños y de protección contra la acción de futuros fenómenos hidrometeorológicos fueron recibidos con una actitud de participación plena por parte de los pobladores de la Ciudad de la Paz, en la que se realizaron colectas a nivel familiar para apoyar la continuación y terminación de las obras.



Sin embargo, años después, a pesar de los efectos tan desastrosos sufridos por la población, se han asentado nuevos pobladores en zonas de riesgo de inundación y en algunos casos han utilizado la roca, que se había colocado en los bordos de protección para evitar su erosión, para utilizarla en la cimentación de sus viviendas

Se detectó que algunas construcciones en la zona con riesgo de inundación están construidas viviendas de interés social, lo que pone de manifiesto que la población piensa que no existen posibilidades de un nuevo desastre y adquiere confianza, es en estos casos que se requiere una revisión de la situación actual y dar a conocer a la opinión pública las conclusiones a que se llegue y en coordinación con la sociedad tomar acciones en beneficio de la población. Ver esquema siguiente:

Problemática; Asentamientos humanos en zonas de alto riesgo de inundación



Este caso muestra un ejemplo de los impactos, positivos en una primera etapa y negativos en momentos posteriores, ya que la población olvida con el transcurso del tiempo los efectos devastadores que traen consigo las corrientes de agua desbordadas que destruyen todo a su paso especialmente cuando se encuentran con asentamientos humanos que habitan viviendas construidas con malos materiales y en ocasiones hasta de cartón y que dada la ausencia de fenómenos hidrometeorológicos los habitantes destruyen las estructuras de control que son su protección, pensando en que las grandes avenidas no se volverán a presentar.

Problemática; Factor social

Desarrollo Urbano sin Control.

- **Niveles socioeconómicos desequilibrados**
- **Manipulación política de grupos**
- **Falta de espacios adecuados para vivienda de costos bajos**

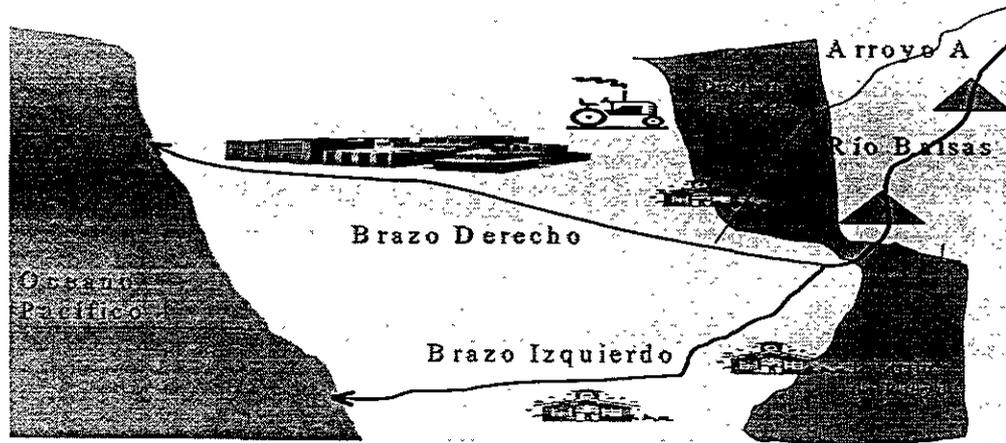
Al ejecutarse las acciones estructurales es indispensable que las autoridades locales continúen con la información y el control del ordenamiento urbano, para evitar asentamientos en las zonas con riesgo de inundación.

1.6.2 Desarrollo urbano industrial con alto riesgo de inundación

Como ejemplo se presenta el proyecto para evitar inundaciones en la desembocadura del río Balsas, en los estados de Michoacán y Guerrero, que se formuló a partir de la decisión del gobierno federal de desarrollar el puerto Lázaro Cárdenas como una zona industrial, con lo que el valor monetario de

los asentamientos industriales, urbanos y agrícolas se incrementó en una cantidad importante, los cuales se encontraban en riesgo de inundación.

Desembocadura del Río Balsas. Situación Inicial



Con base en la situación que presentaba la zona del puerto de Lázaro Cárdenas, Mich., cuya población crecería en forma acelerada en los primeros años de desarrollo de la industria, se plantearon diferentes opciones de control de inundaciones. La alternativa seleccionada consistió básicamente en el encauzamiento del brazo derecho y en la construcción, al inicio del mismo brazo, de un dique alcantarilla que limitara el caudal de entrada de agua, a 300 metros cúbicos por segundo, menor a la capacidad del río, estimada en 800 metros cúbicos por segundo, en su brazo derecho.

La construcción del dique alcantarilla en el brazo derecho, representó una acción estructural estratégica extraordinaria ya que con esta medida se proporcionaba una protección contra inundaciones a la población asentada en la zona, a la industria y a la infraestructura hidroagrícola del distrito de riego y eliminaba los trabajos costosos para controlar las inundaciones en esa zona. Dada la solución, las acciones se concentraron en el brazo izquierdo en el cual se debería encauzar el río y construir bordos a lo largo de sus márgenes, con una capacidad de 13,000 m³/seg., para evitar las inundaciones en los pueblos aledaños y en la zona industrial del puerto, donde se ubicó principalmente parte de la industria siderúrgica y los almacenes de fertilizantes.



La planeación y ejecución de este tipo de proyecto requiere de la participación plena, de las instituciones involucradas y de la sociedad que será beneficiada o afectada con el proyecto, para en su conjunto tomar las decisiones más adecuadas para el desarrollo nacional. En este tipo de casos, dadas las altas inversiones, es necesaria la realización de una evaluación económica rigurosa con base en la teoría beneficio costo que muestre las ventajas y desventajas de la ejecución del proyecto y en especial que fortalezca la generación de alternativas de control, para encontrar la solución más adecuada a la problemática planteada, con la construcción de una infraestructura industrial y de servicios, en una zona que requiere protección contra inundaciones. Asimismo se debe complementar con la evaluación financiera correspondiente para apoyar la toma de decisiones, en el caso de que resultaran positivas. En el esquema siguiente se observan los principales elementos del caso:

Problemática; Desarrollo urbano industrial con alto riesgo de inundación

- **Desarrollo urbano e industrial, por objetivos prioritarios de desarrollo nacional, con alto riesgo de inundación.**

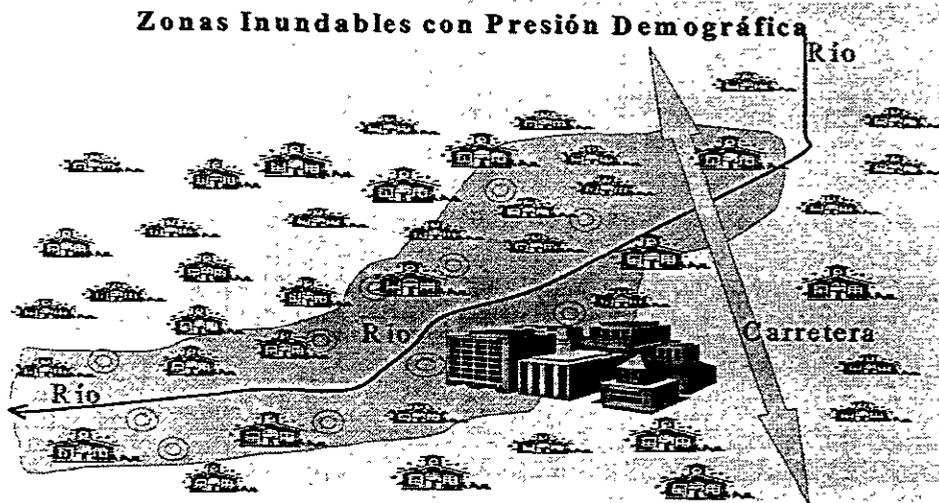
- **Necesidad de controlar grandes volúmenes de agua para protección del centro de población e industria.**

1.6.3 Inundaciones en zona urbano-rural de alta densidad demográfica.

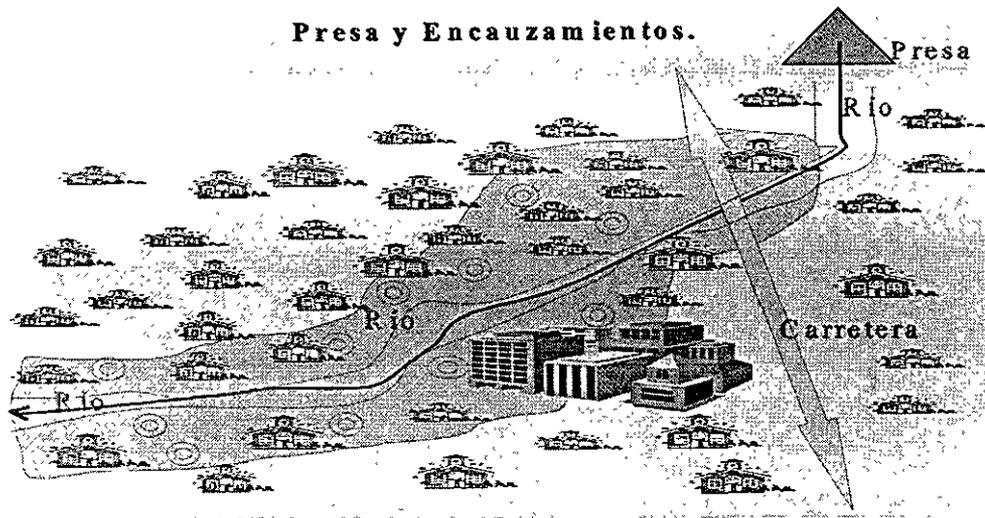
Para ilustrar el caso se utiliza el ejemplo de inundaciones que se presentaban por los desbordamientos del río Silao en el estado de Guanajuato, que afectaban a los habitantes de los

poblados ribereños, dañando los cultivos agrícolas de la zona, además de las instalaciones industriales que se ubicaban a lo largo del cauce. Esta región se caracteriza por la alta densidad de población, de tal forma que durante la época de lluvias los habitantes salían de sus casas y se ubicaban en lugares más altos y cuando las avenidas de agua disminuían los pobladores regresaban a sus hogares.

El fenómeno se asemeja a una pelota de esponja que cuando se presiona el objeto se comprime y si la presión disminuye, la pelota regresa a su forma original. Este símil se relaciona con el hecho de que los habitantes a pesar de los inconvenientes, daños y afectaciones familiares y materiales, regresan a sus viviendas porque no cuentan con otra alternativa para vivir. El esquema siguiente muestra la zona inundable, en la que se localizan áreas agrícolas, centros de población urbanos y rurales y adicionalmente pozos profundos que representaban la principal fuente de abastecimiento de las zonas agrícolas.



En este caso se observó que los agricultores, industriales y habitantes de los centros de población resentían cada año los efectos de las inundaciones y solicitaban la construcción de una presa para control de avenidas. Se realizaron estudios técnicos, económicos y sociales cuyos resultados fueron favorables. Como solución a la problemática de inundaciones causadas por el río, se construyó una presa de control de avenidas, se encauzó el río en las partes más críticas y con dichas medidas la región incrementó sustancialmente su producción agrícola, la ciudad asentada en el área del proyecto y los centros de población rural evitaron los daños y pérdidas por las fuertes lluvias y avenidas que se han generado posteriormente a la aplicación de las acciones. Ver el esquema siguiente:



Los elementos principales del caso presentado son los siguientes:

Problemática; Inundaciones en zona rural con alta densidad demográfica

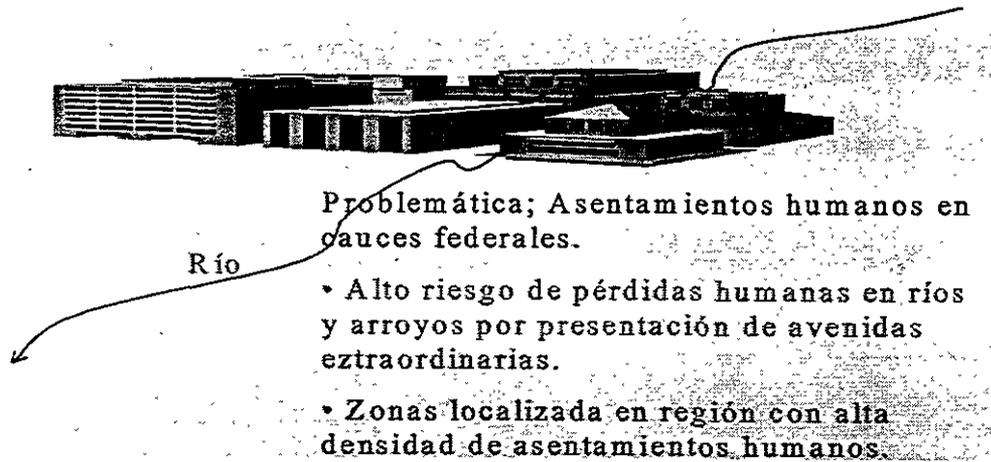
Inundaciones sistemáticas con daños a la población, agricultura, comunicaciones e industria local.

- Zona localizada en región con alta densidad de asentamientos humanos.

1.6.4 Inundaciones en zonas urbanas.

En este ejemplo se presenta una de las situaciones más importantes para la implantación de acciones para el control de inundaciones, ya que se trata de aquellos casos en los cuales se localizan asentamientos humanos en las márgenes de los cauces de los ríos o arroyos que atraviesan los centros de población.

Inundaciones en zonas urbanas.



Esta situación se presenta comúnmente en México debido a que los estratos socioeconómicos más bajos de la población, no tienen capacidad de pago de vivienda en otras zonas de las localidades y se aposentan en áreas federales en donde es más difícil su reacomodo. Cuando ocurren las avenidas extraordinarias en estos lugares se han presentado las tragedias más deplorables por el número de pérdidas humanas y materiales.

1.6.5 Problemática por falta de seguridad de obras hidráulicas

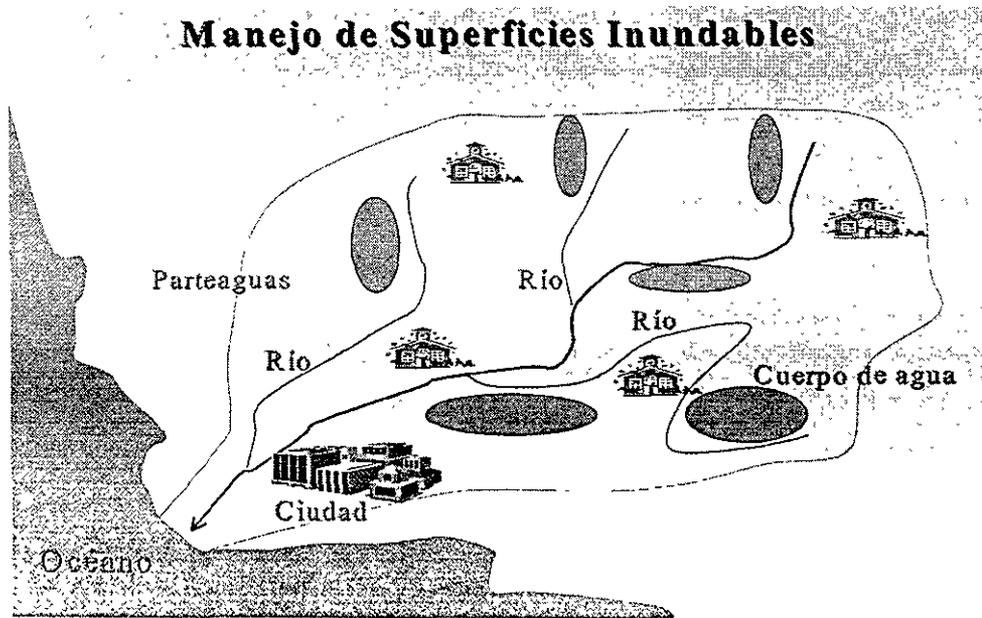
Este caso solo se menciona para destacar la importancia de la conservación, mantenimiento o rehabilitación de las obras en operación, especialmente de aquellas que se localizan en lugares próximos a centros de población, para evitar fallas en las estructuras hidráulicas, ya que sus efectos pueden ser catastróficos.

Problemática: riesgo de inundación por localización de presas en lugares cercanos a centros de población

Se requiere una permanente inspección, rehabilitación y mantenimiento en presas que se localizan cercanas a centros de población para evitar alarma entre la población en casos de presentación de fenómenos hidrometeorológicos extremos.

1.6.6 Inundaciones en zonas rurales para producción agropecuaria

Este caso se refiere fundamentalmente a lugares en los cuales se forman, sistemáticamente, lagunas y superficies de inundación que no permiten el desarrollo de cultivos agrícolas, por el exceso de agua, por ello se ejecutan acciones para controlar las inundaciones y en ciertas regiones se encauza el agua hacia los ríos o arroyos de tal forma que permita la siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas y su transporte hacia los centros de consumo y venta. El tipo de acciones en este caso son principalmente encauzamientos de ríos, construcción de bordos marginales a los ríos y arroyos, caminos de operación y una variedad de estructuras hidráulicas para controlar las inundaciones con fines productivos. En este caso se identifican los siguientes elementos:



1.7 Inundaciones y la participación de la población

En los casos presentados se observa que la problemática, análisis e implantación de soluciones a las inundaciones debe incorporar a toda la sociedad en su conjunto; gobierno, federal, estatal, municipal, fuerzas sociales, locales, etc., en lo que se destacan los importantes resultados que se logran con acciones preventivas coordinadas, las cuales requieren de una adecuada organización de la sociedad, así como de la realización de estudios técnicos, económicos sociales y ambientales que deben estar a cargo fundamentalmente de las instituciones públicas y es en este sentido en el que organizaciones como la Comisión Nacional del Agua, Centro Nacional de Prevención de Desastres y los Grupos de Protección Civil que se integran por personal altamente especializado para dar atención a este tipo de problemática, adquieren uno de los roles más importantes para prevenir los efectos nocivos de las inundaciones.

Daños por Inundaciones (1943-1999)
Resúmen

| ANO | Evento | Fecha | Ríos Desbordados | Estados Afectados | Número de pérdidas humanas | Damnificados Personas | Daños Parciales |
|------|--|---|---|--|-------------------------------------|--|---|
| 1943 | Tormentas de Invierno, Pacífico | 7 y 9 Diciembre | Tamazula, Humaya Sinaloa, Culiacán Río Fuerte | Sinaloa | 27 muertes | 600 hab. | 144,500 Dls. 2500 vagones de ferrocarril de productos perdidos |
| 1949 | Tormentas de invierno Pacífico | 7, y 26 de Enero | Yaqui, Fuerte Mayo | Sinaloa y Sonora | 10 muertes | 159,000 hab. 35 localidades inundadas | 10.2 Millones dólares. 1745 Millones dólares 35 localidades inund. |
| 1955 | Huracanes Gladys Hilda Janet Atlántico | 1 y 6 de Diciembre 12, 20, 22 y 29 de Septiembre | Tempoal, Tampaón San José, Santiago Pánuco, Tamesí | Veracruz, Tamaulipas San Luis Potosí Yucatán y Quintana Roo | 110 muertes 800 personas heridas | 800 hab. | Inundaciones de Zonas Bajas de Tampico 7000 casas destruidas 20,000 cabezas de ganado, 7.5 millones dls |
| 1959 | Ciclón Manzanillo | 11 y 19 de Enero | | Colima, Jalisco | 1500 muertes | 1600 hab. | 25 % de casa destruidas en Cihuatlán 18.8 millones de dls. |
| 1960 | Tormentas de Invierno Pacífico | 11 y 19 Enero | Yaqui, Fuerte, Mayo Bavispe, Humaya Tamazula, Culiacán Papigochic | Sonora, Sinaloa Chihuahua | 3 muertes | 24,000 familias | 266,550 Ha. agrícolas perdidas 60localidades inundadas |
| 1967 | Huracán Beulah Atlántico | 8 y 23 de Septiembre | Sta. Catarina Salado | Tamaulipas, Nuevo León, Yucatán Quintana Roo | | 25,000 habitantes | 500 Millones de Dls. |
| 1967 | Huracán Katrina Pacífico | 29 de Agosto y 2 de Septiembre | Balsas, Turbio, La Unión, Tépam | Península de Baja California, Guerrero, Sonora y Nayarit | 15 muertes | 30,000 habitantes | |
| 1968 | Huracan Noemi Pacífico | 10 y 13 de Septiembre | Presidio Baluarte Acaponeta Nazas | Colima, Sinaloa Durango, Coahuila Sonora y Chihuahua | 10 muertes | 50,000 habitantes | 60,000Ha. de cultivos |
| 1976 | Huracán Liza pacífico | 25 de Septiembre y 1 de Octubre | Arroyo el Cajoncito | Baja California Sur Sonora | Mas de 600 muertes | 10,000 a 12,000 | 3.1 Millones de Dls. |
| 1988 | Huracán, Gilbert Atlántico | 14 y 17 de Septiembre | Sta. Catarina San Juan Pesquerías Potosí, Pabillo Camacho | Yucatán, Quintana Roo, Campeche Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila | 250 muertes | 150,000 habitantes | 766millones de Dls |
| 1990 | Tormentas de Invierno Pacífico | 26 Diciembre 4 Enero 1991 | Sinaloa Mayo Batopilas Urique | Baja California Sur Sonora, Sinaloa Chihuahua | | Mas de 40,000 habitantes | 153 Comunidades Inundadas 160 Km.de canales desbordados. |
| 1992 | Tormentas de Invierno Pacífico | 15 y 29 de Enero | Santiago San Pedro Acaponeta, Ameca | Nayarit | 61muertes | 100,000 habitantes | 70 localidades 104,000 Ha. inundadas |
| 1993 | Tormentas de Invierno | 6 y 7 de Enero | Tijuana, Tecate | Península de Baja California | Mas de 20 muertes | 10,000 habitantes | 32 Millones Dls. |
| 1993 | Tormentas de Invierno, Pacífico | 3 y 5 de Noviembre | Miraflores El Tule | Baja California Sur | 3 muertes | 10,000 habitantes | 63.4 Millones de Dls. |
| 1993 | Huracán Gert Atlántico | 17 y 21 de Septiembre | Tamesí | Veracruz, Hidalgo San Luis Potosí Tamaulipas | 40 muertes | 72,390 habitantes | 57 municipios, 28 colonias en Tampico y Altamira |
| 1995 | Huracán Ismael Pacífico | 12 y 16 de Septiembre | | Sonora, Sinaloa Baja California Sur | 200 muertes | 24,111 habitantes | 510lcasas destruidas 21,500 Ha. afectadas |
| 1995 | Huracán Opal Atlántico | 27 de Septiembre 5 de Octubre | Grijalva Usumacinta | Veracruz, Campeche Tabasco Quintana Roo, Yucatán | 23 muertes 22 desaparecidos | | 90 % de casas dañadas en Ciudad del Carmen 300 reses muertas 200 embarcaciones |
| 1995 | Huracán Roxana Atlántico | 8 y 20 de Octubre | Nautla, Colipa, Actopan, Misantla Bobos | Veracruz, Campeche Tabasco, Quintana Roo, Veracruz | | 13,860 habitantes | 331 casas destruidas |
| 1997 | Huracán Pauline Pacífico | 5 y 10 de Octubre | | Guerrero Oaxaca | 228 muertes 165 desaparecidos | 8500 habitantes | 54,000 casas dañadas 122,282 Ha.de cultivo 80,000 Ha bosque |

Fuente de información; Centro Nacional de Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación (1999). Revista Inundaciones. Fascículo 3

Segunda Parte

Fundamentos para Aplicación de la Planeación Estratégica para Control de Inundaciones

La segunda parte está contenida en los capítulos segundo y tercero:

En el segundo capítulo, como marco de referencia, se hace una descripción de conceptos sobre los tipos de planeación; operacional, táctica, estratégica y normativa según Russell Ackoff y a partir de ello se hace la propuesta para aplicar la planeación estratégica para control de inundaciones, enfatizando en los diferentes niveles de planeación, en una organización, cómo la corporativa, funcional y operativa y en el establecimiento de esquemas que integren los diferentes conceptos de valores, visión, misión, diagnóstico interno y externo, objetivos, metas, estrategias, proyectos y acciones así como el seguimiento y control del proceso, mediante los índices de gestión y aplicación de un monitoreo que capte los avances del proceso.

En el tercer capítulo se hace una aplicación de los conceptos de planeación estratégica corporativa y funcional para la Comisión Nacional del Agua, que incluye la identificación de la visión, misión, diagnóstico, objetivos, estrategias y acciones para la atención de la problemática que provocan las inundaciones en México. Como parte fundamental del procedimiento se proponen un grupo de estrategias para fortalecer la institución para que haga frente a los retos y desafíos que se presentan actualmente y que se incrementaran en el futuro si no se actúa de inmediato en lo referente a los impactos negativos de las inundaciones. Entre las estrategias propuestas se tienen las siguientes: desarrollo organizacional, descentralización y desconcentración, ordenamiento de asentamientos humanos en cauces federales, financiamiento, sistemas de alertamiento en cuencas hidrográficas, previsión de fenómenos hidrometeorológicos, formulación de estudios y proyectos e implantación de medidas estructurales y no estructurales

Capítulo 2

Conceptos de Planeación Estratégica

Para Rusell Ackoff, teórico del desarrollo de la planeación empresarial, la principal características de la planeación estratégica consiste en que tiene fijo aquello que se desea en el futuro pero que los instrumentos para llegar a obtener la visión son flexibles, modificables como la tecnología recursos humanos y materiales y todo aquello que sea necesario para lograr el futuro deseable. En el caso de la aplicación para empresas privadas se tiene en consideración el liderazgo, los factores de la producción, la competencia, la situación interna y externa de la empresa pero sobre todo el desarrollo organizacional integral de la institución.

En este trabajo se hace un ensayo para proponer la utilización de los esquemas de planeación estratégica en la generación de acciones de mejoramiento en el sector público, que logren disminuir las perdidas humanas y materiales provocadas por inundaciones y sobre todo proporcionar elementos con los cuales se vislumbre la problemática de una forma integral en la que se detecten los puntos críticos actuales que si no se atienden con oportunidad provocarán en el futuro, desastres mucho más graves que los ocurridos en los últimos años.

2.1 Tipos de planeación¹⁴.

La definición de los tipos de planeación se asocian con la actitud que muestran los planificadores entre los cuales se tienen aquellos cuya óptica es hacia el pasado, reactiva. Otros se orientan hacia el presente, inactiva. Otros se orientan hacia el futuro, preactiva y existe una cuarta orientación, la interactiva. Este último tipo de planeador considera el pasado, el presente y el futuro como aspectos diferentes, pero inseparables de la problemática para la que se hace planeación.

Los reactivistas prefieren las cosas tal como una vez estuvieron. son nostálgicos y se rodean de romanticismo del pasado, tienen una visión más clara del lugar del que vinieron que del lugar hacia el cual se dirigen. Esta orientación reactivista posee tres atractivos: primero está el sentido y el respeto por la historia, de la que se extraen algunas lecciones: nada de lo que ocurre es nuevo. Muchas cosas similares ya han ocurrido antes. En segundo lugar, produce una sensación de continuidad y evita los cambios abruptos. Finalmente, preserva las tradiciones, lo cual hace que se sientan seguros los que la poseen. La gente siente que pisa terreno familiar y eso le proporciona una sensación de estabilidad, aun cuando el suelo bajo sus pies se esté desmoronando.

Los inactivistas están satisfechos con las cosas tal como están. Tratan de impedir el cambio. Sus objetivos son la sobrevivencia y la estabilidad. Las organizaciones inactivistas se desempeñan bien únicamente cuando las circunstancias que las rodean son favorables. Hay situaciones en las que es mejor no hacer nada porque algunos problemas se resuelven solos o desaparecen cuando no se actúa sobre ellos. Finalmente, raras veces se cometen errores de proporciones catastróficas.

¹⁴ Estos conceptos estan basados en el libro "Planificacion de la Empresa del Futuro" y Rediseñando el Futuro. Rusell Ackoff Editorial Limusa

Los preactivistas creen que el futuro será mejor que el presente y el pasado, buscan acelerar el cambio, para explotar las nuevas oportunidades que traiga. Aplican técnicas como la programación lineal, la planeación y la elaboración de presupuestos por programas, los análisis de riesgos y los estudios de costo-eficiencia. La planeación preactivista, comienza generalmente con una predicción de las condiciones del medio ambiente, realizadas por un consejo profesional de planeación. Los altos directivos preparan los objetivos de la corporación y formulan estrategias de desarrollo para toda la organización. Pasan sus lineamientos al siguiente nivel, donde los objetivos de éste se integran en programas para desarrollo futuro.

Los interactivistas creen que la incapacidad para encontrar los verdaderos problemas radica en que uno no está cabalmente consciente de qué cosa es lo que realmente quiere. Los seres humanos no sólo persiguen fines también persiguen ideales. Sin embargo, generalmente no se toma en cuenta esta característica de los seres humanos en todos los tipos de planeación, excepto en la planeación interactiva. La gente suele perseguir tres tipos de fines.

- ❑ Las metas.- Son los fines que se pueden alcanzar dentro del periodo cubierto por la planeación.
- ❑ Los objetivos¹⁵.- Son los fines que no esperamos alcanzar dentro del periodo planeado, pero sí en una fecha posterior. Hacia estos fines es posible hacer ciertos progresos dentro del periodo para el que se planea.
- ❑ Los ideales.- Son los fines que creemos inalcanzables, pero hacia los cuales pensamos que es posible avanzar durante y después del periodo para el que se planea.

La planeación debiera incluir explícitamente los tres tipos de fines, pero rara vez ocurre así. Dependiendo de qué tipos de fines toma en cuenta, la planeación se puede clasificar en operacional, táctica, estratégica o normativa.

La planeación operacional consiste en seleccionar medios para perseguir metas que son dadas, establecidas o impuestas por una autoridad superior, o que son aceptadas por convenio. Este tipo de planeación generalmente es a corto plazo. Los inactivistas prefieren la planeación operacional, aun cuando, en general, son enemigos de todo tipo de planeación. La planeación táctica consiste en seleccionar medios y metas para perseguir objetivos dados, establecidos o impuestos por una autoridad superior, o que son aceptados por convenio. Este tipo de planeación tiende a ser de mediano plazo. Los reactivistas son quienes prefieren la planeación táctica.

Diferenciación de los tipos de planeación

| Tipos de Planeación | Medios | Metas | Objetivos | Ideales | Asociados con |
|---------------------|----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| Operacional | elegidos | impuestas | impuestos | impuestos | Inactivismo |
| Táctica | elegidos | elegidas | impuestos | impuestos | reactivismo |
| Estratégica | elegidos | elegidas | elegidos | impuestos | preactivismo |
| Normativa | elegidos | elegidas | elegidos | elegidos | interactivismo |

Fuente: Ackoff Russell. Planificación de la Empresa del Futuro.

¹⁵ Ackoff Russell L. (2000) El Arte de Resolver Problemas. Editorial Limusa. Existen dos tipos de objetivos aquel que establece la eliminación de algo que está presente pero indeseado y aquellos que implican el logro de algo que se desea

La planeación estratégica consiste en seleccionar medios, metas y objetivos. En este caso los ideales son dados o impuestos por una autoridad superior, aceptados por convenio o no formulados, como ocurre con más frecuencia. Este tipo de planeación tiende a ser de largo alcance. Los preactivistas son los más afectos a la planeación estratégica, y su visión abarca un periodo más amplio que el que cubre la planeación. La planeación normativa requiere la selección explícita de medios, metas, objetivos e ideales. Este tipo de planeación cubre un periodo indefinido. No tiene horizonte fijo. Los interactivistas son quienes realizan la planeación normativa en esta planeación el papel de los ideales no sólo es importante es clave.

Los cuatro tipos de planeación: operacional, táctica, estratégica y normativa, están cada vez más extendidos. La planeación operacional no sólo es la de menor alcance, sino que tiende a enfocarse a los pequeños subsistemas de la organización para la que planea, tratándolos a cada uno en forma independiente. La planeación táctica tiene una perspectiva de alcance intermedio, y se enfoca principalmente a las interacciones dentro de la organización como un todo. La planeación estratégica es de más largo alcance, y engloba no sólo las relaciones internas, sino también las relaciones entre la organización como un todo en su medio ambiente "transaccional", con el cual interacciona directamente y sobre el cual tiene cierta influencia. La planeación normativa se extiende por un periodo indefinido, y tiene que ver con todas las relaciones internas y externas, incluyendo las relaciones entre la organización y su medio ambiente contextual, sobre el cual no tiene influencia, pero del cual sí recibe influencia.

Con base en la descripción de los tipos de planeación se seleccionó la planeación estratégica para su aplicación en el análisis de la problemática para control de inundaciones, generación de alternativas de solución y su relación con el desarrollo organizacional para su atención y prevención. Esta decisión se fundamenta en el hecho que el ideal o visión está determinado, para efectos del control de inundaciones, contar con una organización flexible, eficiente y eficaz que implante medidas de prevención y corrección para evitar pérdidas humanas y materiales a la población y que tenga la posibilidad de establecer objetivos, estrategias, metas y acciones para lograrlo.

2.2 Definición de planeación estratégica

Una cosa es anticipar el futuro y otra muy diferente es tomar decisiones con base en la previsión. Un número creciente de instituciones públicas intentan hacer esto, utilizando la disciplina del sector privado que se conoce como planeación estratégica. En esencia, la planeación estratégica es el proceso de examinar la situación actual y la trayectoria futura de una organización o comunidad, fijar objetivos, desarrollar una estrategia para alcanzarlos y evaluar los resultados

La planeación estratégica es un proceso mediante el cual una organización define su visión de largo plazo y las estrategias para alcanzarla a partir del análisis de sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Supone la participación activa de los actores organizacionales, la obtención permanente de información sobre sus factores claves de éxito, su revisión, monitoría y ajustes periódicos para que se convierta en un estilo de gestión que haga de la organización un ente proactivo y anticipatorio, es el proceso mediante el cual quienes toman decisiones en una organización obtienen, procesan y analizan información pertinente, interna y externa, con el fin de evaluar la situación presente, así como su nivel de competitividad con el propósito de anticipar y decidir sobre el direccionamiento de la institución hacia el futuro.

Planeación Estratégica

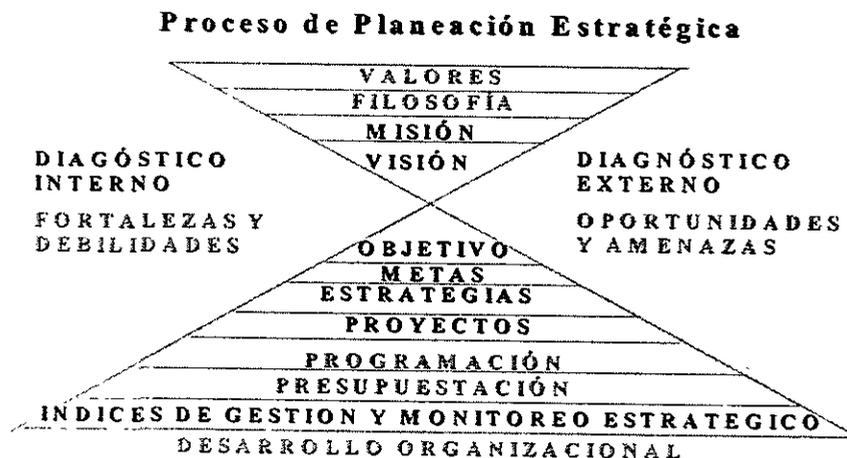
Objetivo

Es un proceso mediante el cual una organización define su visión de largo plazo y las estrategias para alcanzarla a partir del análisis de sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

Consiste fundamentalmente en responder a las siguientes preguntas: ¿Dónde queremos ir?. ¿Dónde estamos hoy?. ¿Adónde debemos ir?. ¿Adónde podemos ir?. ¿A dónde iremos?. ¿Cómo estamos llegando a nuestras metas?. La planeación Estratégica así entendida tiene seis componentes fundamentales: Los Estrategas. El Direccionamiento. El Diagnóstico. Las Opciones. La Formulación y La Auditoría Estratégica¹⁶. La planeación estratégica constituye un valioso instrumento para ordenar y dirigir el análisis en forma integral de la formulación y ejecución de los planes, programas, proyectos y acciones mostrando los vínculos entre las diferentes etapas del proceso, de tal forma de que sea posible medir y conocer los efectos de la realización de acciones, el nivel de logros en los objetivos y metas planteados en la organización o institución.

2.3 Esquemas de planeación estratégica¹⁷

El siguiente esquema presenta los principales elementos de la planeación estratégica y muestra las diferentes etapas que la conforman, en las que se destacan una superestructura organizacional, que se integra con los valores y filosofía, complementados con la visión y misión de la organización; se indica también el diagnóstico de la situación actual a partir del que se establecen el objetivo, metas, estrategias, proyectos y acciones que integran el triángulo inferior del esquema.



¹⁶ Serna Gómez Humberto (2000). Gerencia Estratégica. Planeación y Gestión – Teoría y Metodología. Editores 3R

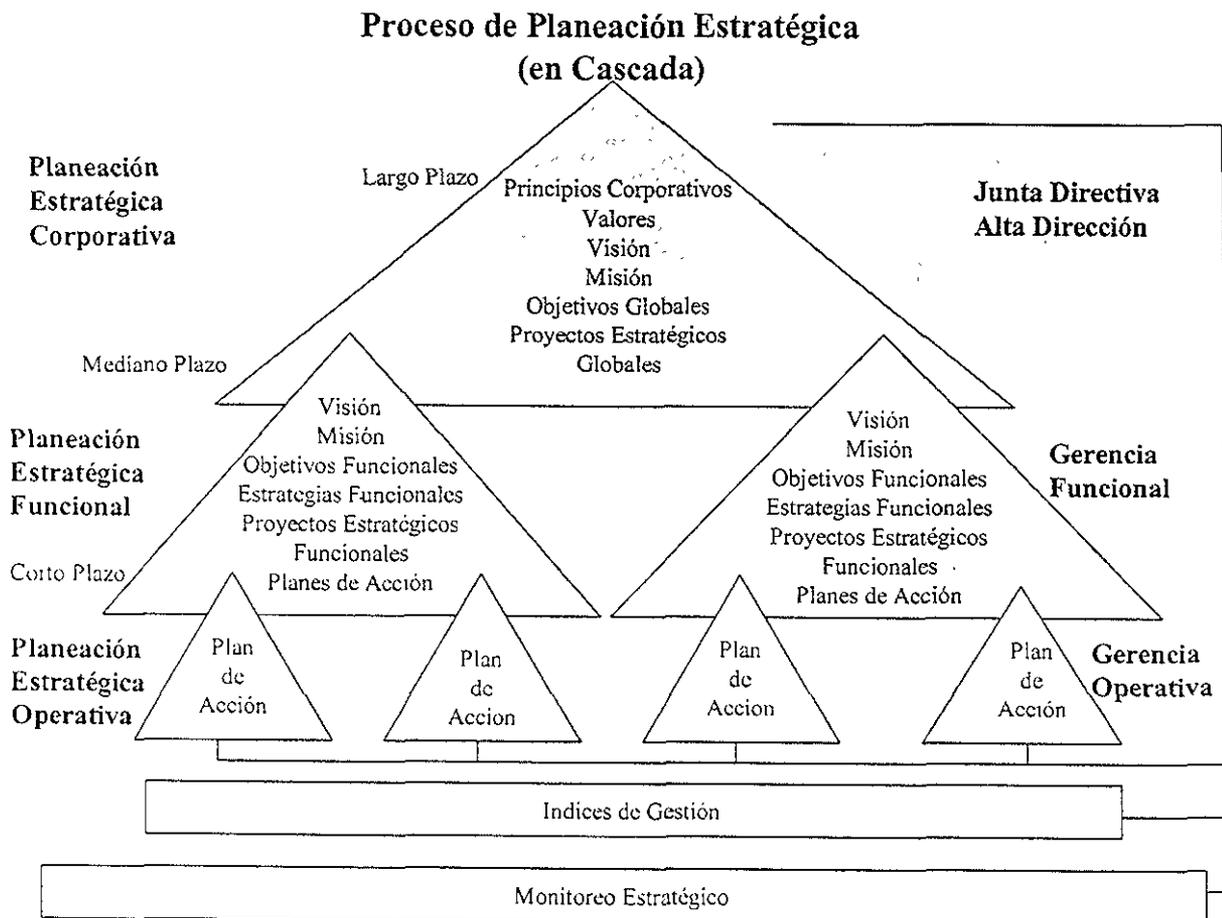
¹⁷ Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (2000) Apuntes de Planeación Estratégica e Hipercompetencias del Diplomados de Alta Dirección Avanzada.

2.4 El proceso de planeación estratégica en cascada¹⁸

El proceso estratégico es una tarea distribuida en cascada entre todos los niveles de la organización, de arriba abajo y viceversa. Se inicia al nivel superior de la organización –Planeación Corporativa- en el cual se definen los principios corporativos, los valores, la visión, la misión y los objetivos y estrategias globales de la organización. Esta es la planeación macro, a largo plazo mucho más estable y con una participación limitada a los niveles superiores de la compañía.

El segundo nivel lo integran las entidades estratégicas funcionales –Planeación Funcional- En este nivel se definen una misión, objetivos y estrategias a mediano plazo, se identifican los proyectos estratégicos tanto a nivel vertical como horizontal y se establecen los planes de acción.

El tercer nivel lo componen las unidades administrativas -Planeación Operativa- en el cual los objetivos y estrategias son de más corto plazo. Su responsabilidad principal radica en la ejecución eficiente de los planes de acción definidos a nivel funcional. La planeación operativa en su ejecución deberá retroalimentar todo el proceso con el fin de éste se dinamice y definan los ajustes o acciones que en un momento dado requieran. Se integra así, un sistema de interrelaciones que hace de la planeación estratégica un proceso dinámico, ágil, flexible y ampliamente participativo.



Fuente: Serna Gomez Humberto (2000) Gerencia Estratégica. Planeación y Gestión. Temsa y Metodología Editores 3R

¹⁸ Serna Gomez Humberto (2000) Idem

2.5 Definición de Visión y Misión

i. Visión

La visión de una organización es un conjunto de ideas generales, algunas de ellas abstractas, que proveen el marco de referencia de lo que una institución es y lo que quiere ser en el futuro. La visión no se expresa en términos numéricos, la define la alta dirección de la organización, debe ser amplia e inspiradora, conocida por todos e integrar al equipo gerencial a su alrededor. Requiere líderes para su definición y para su cabal realización. La visión de una institución sirve de guía en la formulación de las estrategias, a la vez que le proporciona un propósito a la organización. Esta visión debe reflejarse en la misión, los objetivos y las estrategias de la institución y se hace tangible cuando se materializa en proyectos y metas específicas, cuyos resultados deben ser medibles mediante un sistema de índices de gestión bien definido.

ii. Misión

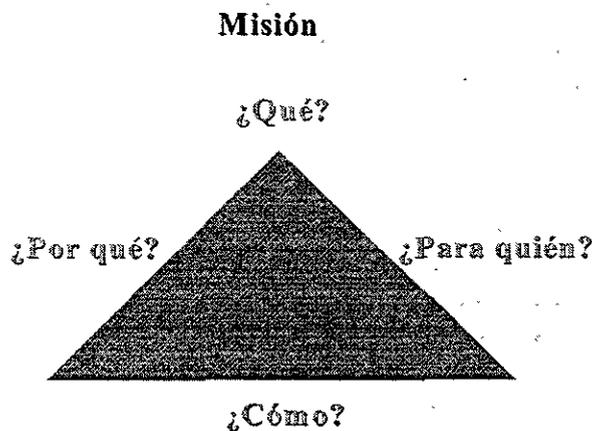
La misión es la formulación de los propósitos de una organización que la distingue de otras en cuanto a la realización de sus operaciones, servicios y productos, los mercados y el talento humano que soporta el logro de estos propósitos. En términos generales, la misión de una institución responde a las siguientes preguntas: Para que existe la organización, cuál es su función, cuáles sus objetivos, cuáles sus clientes, cuáles sus prioridades, cuál su responsabilidad y derechos frente a sus colaboradores, y cuál su responsabilidad social.

La misión, debe ser claramente formulada, difundida y conocida por todos los colaboradores. Los comportamientos de la organización deben ser consecuentes con esta misión, así como la conducta de todos los miembros de la organización. La organización no puede convertirse en pura palabrería o en formulaciones que aparecen en las oficinas de la institución. La misión debe inducir comportamientos, crear compromisos. La vida la organización tiene que ser consecuente con sus principios y valores, su visión y su misión.

Misión

Es una declaración breve y clara de la razón de existir de una organización, sus propósitos, sus deseos a alcanzar, sus principales beneficiarios ó clientes, los métodos prioritarios a través de los cuales se pretende alcanzar sus propósitos.

Selección de la misión¹⁹. La misión es un propósito muy general que proporciona a todos los integrantes de una organización y a todas las acciones un sentido de propósito. Una misión puede movilizar a una organización para realizar cualquier acción. La misión puede ser para la planeación lo que el Santo Grial fue para las Cruzadas: una visión de algo altamente deseado, acompañado por el interés de conseguirlo. Una misión debiera ser un propósito deseable para todos los integrantes y participantes de la organización. La selección de una misión provee al proceso del diseño la coherencia y la armonía entre las partes. El siguiente esquema muestra las interrogantes, cuyas respuestas deben estar contenidas en el concepto de misión: ¿Qué hacer?, ¿Por qué hacerlo?, ¿Para quién hacerlo? y ¿Cómo hacerlo?.



2.6 Diagnósticos interno y externo

El direccionamiento estratégico servirá de marco de referencia para el análisis de la situación actual de la institución tanto interna como frente a su entorno. Es responder a las preguntas dónde estábamos, dónde estamos hoy, para ello, es indispensable obtener y procesar información sobre el entorno con el fin de identificar allí oportunidades y amenazas, así como sobre las condiciones, fortalezas y debilidades internas de la organización. El análisis de oportunidades y amenazas permitirá a la organización definir estrategias para aprovechar sus fortalezas, revisar y prevenir el efecto de sus debilidades, anticiparse y prepararse para aprovechar las oportunidades y prevenir oportunamente el efecto de las amenazas.

El diagnóstico interno se integra especificando cuales son las fortalezas y debilidades al interior de la organización para afrontar y resolver la problemática planteada. El diagnóstico externo se conforma determinando las oportunidades y amenazas del medio externo a la organización, para dar solución a los retos.

2.7 Opciones estratégicas

Definido el direccionamiento estratégico de la institución. Realizado el diagnóstico estratégico, deberán explorarse las opciones que la organización tiene para anticipar tanto sus oportunidades y

¹⁹ Ackoff, Russell. Planificación de la Empresa del Futuro. Año 2000

amenazas, como sus fortalezas y debilidades. Las estrategias deberán convertirse en planes de acción concretos, con definición de responsables. Para ello, es indispensable proyectar en el tiempo cada uno de los proyectos estratégicos, definir los objetivos y las estrategias de cada área funcional dentro de estos proyectos, así como diseñar planes de acción concretos.

Los proyectos estratégicos y los planes de acción deben reflejarse en el presupuesto estratégico, que es el verdadero Plan. El presupuesto estratégico debe ejecutarse dentro de las normas de la organización. Además, se deberá monitorear y auditar la ejecución del plan como parte importante del proceso de planeación estratégica.

Con base en la visión, misión y diagnóstico se establecen los objetivos, las metas, estrategias, proyectos y acciones, lo cual corresponde a la estructura táctica que se muestra en el triángulo inferior del esquema de planeación estratégica. Es importante destacar que estas etapas del proceso de planeación estratégica, están vinculadas fuertemente con las funciones del director o líder del proceso operativo o táctica.

Objetivos y Metas

¿Qué se esperaría en el futuro cualitativa y cuantitativamente?

Estrategias

¿Como se pretendería lograrlo?

Proyectos y Programas

¿Qué se haría para lograr los objetivos y metas establecidos?

2.8 Índices de gestión y difusión estratégica²⁰

El desempeño de la organización debe ser monitoreado y auditado. Para ello; con base en los objetivos, en los planes de acción y en el presupuesto estratégico, se definirán los índices que permitirán medir el desempeño de la organización. Esta medición se realizará en forma periódica, de tal manera que retroalimente oportunamente el proceso de planeación estratégica y puedan, por tanto, introducirse los ajustes o modificaciones que la situación requiera. La formalización de este proceso de evaluación y medición periódicas, institucionaliza la auditoría estratégica, componente fundamental en la creación y consolidación de una cultura estratégica. La auditoría estratégica como sistema asegura la persistencia, permanencia y continuidad del proceso, evitando que la planeación estratégica sea sólo una moda, que dura muy poco.

²⁰ Serna Gómez Humberto (2000). Gerencia Estratégica. Planeación y Gestión – Teoría y Metodología Editores 3R.

Definido el plan estratégico, y antes que sea implantado, debe ser difundido a toda la organización. La comunicación del plan estratégico logrará que todos los colaboradores identifiquen su responsabilidad en la ejecución del plan y se comprometan con él. Las personas sólo pertenecen a lo que conocen. La difusión del plan debe realizarse en cascada, al igual que la formulación. Así, se consolidará el liderazgo a cada nivel, se le hará más responsable y facilitará la monitoría estratégica.

2.9 Conceptos de planeación estratégica para control de inundaciones

En el proceso de formulación estratégica de proyectos para el control de inundaciones, se podrían establecer preguntas, cuyas respuestas por si solas, constituyen la conformación de los conceptos de visión, misión, objetivos y estrategias de las acciones relacionadas con las inundaciones, se determinarían los beneficiarios y también determinaría las partes que intervendrían en la solución a la problemática.

¿ Que son las inundaciones?

¿ Porque se deben controlar las inundaciones?

¿Para que se deben controlar las inundaciones?

¿ Para quién se deben controlar las inundaciones?

¿ Como se deben controlar las inundaciones?

¿ Quién debe controlar las inundaciones?

¿ A quién afectan las inundaciones?

¿ Cuáles son las acciones para controlar inundaciones?

Las respuestas a las preguntas anteriores constituyen la base para establecer el diagnóstico sobre la problemática causada por las inundaciones, el cual estaría elaborado de acuerdo con los aspectos técnicos, económicos, sociales, financieros y ambientales, característicos de este tipo de proyecto. En este contexto también se tendrían los elementos para diseñar las estrategias para solucionar la problemática de inundaciones.

La generación de proyectos para control de inundaciones consiste en identificar el problema en las áreas de inundación urbanas y rurales determinándose la extensión que puede ser cubierta por las aguas, su frecuencia, su profundidad y los daños económicos y sociales que tienen ocurrencia y los que pueden presentarse en el futuro de acuerdo a un patrón de desarrollo espacial previsto en el caso de no tomarse las precauciones consiguientes, con ello se determinan alternativas para evitar los problemas causados por las inundaciones, se evalúan, jerarquizan y se selecciona la solución óptima con base en estudios técnicos, económicos, sociales y financieros.

i. Visión funcional

Organización con características de flexibilidad, rapidez de respuesta, control de lugares estratégicos inundables, conocimiento detallado de la cuenca hidrológica y de los puntos críticos con medición del grado de riesgo de inundación, instrumentación de los puntos prioritarios y un plan de implantación de medidas no estructurales y estructurales para un óptimo manejo de la cuenca hidrológica, contra inundaciones y para fomentar el desarrollo económico en regiones con potencial productivo en beneficio de la población.

Visión

¿ Qué esperaría en el futuro, la organización ó sociedad, del control de inundaciones?

Misión

¿ Cual sería el propósito de la organización, que se haría, cómo se realizaría y para quién se controlarían las inundaciones?

ii. Misión funcional

Organización que proporcione una protección y previsión adecuada para evitar pérdidas humanas y materiales en la cuenca hidrológica debido a fenómenos hidrometeorológicos y que fomente la producción y productividad en zonas en las que exista potencial de desarrollo económico por control de inundaciones para beneficio de la población.

iii. Diagnóstico funcional

Se determinará con base en la presentación de la situación actual determinando en lo que se refiere a la organización interna las fortalezas y debilidades y en lo que respecta a los factores externos las oportunidades y amenazas. Con base en lo anterior las preguntas serían las siguientes:

iv. Determinación de objetivos y metas funcionales

Diagnóstico Interno

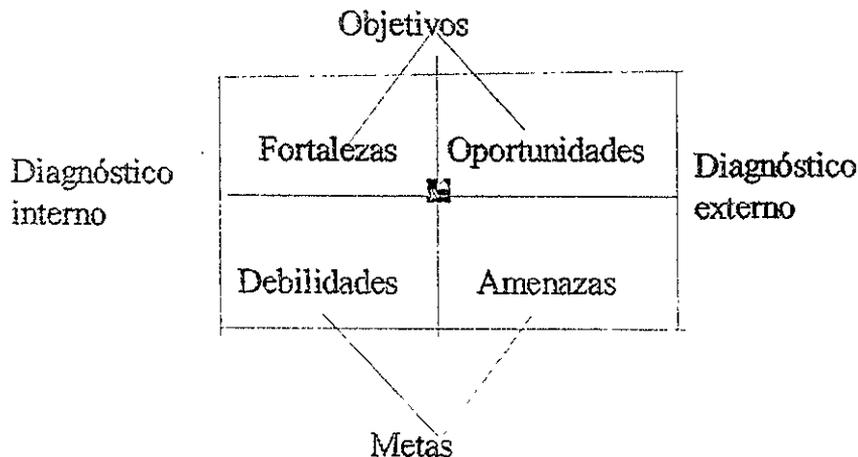
¿ Cuales son las fortalezas y debilidades de la organización para controlar inundaciones?

Diagnóstico Externo

¿ Cuales son las oportunidades y amenazas para el control de inundaciones?

A partir del diagnóstico se establecen los objetivos con base en las fortalezas y oportunidades y las metas estarán basadas en las debilidades y amenazas tal y como se muestran en el esquema siguiente:

Matriz para la determinación de objetivos y metas



El objetivo general podría establecerse como el evitar pérdidas humanas y materiales, lo cual tiene un efecto directo en el mejoramiento del bienestar de la población que habita en zonas con riesgo de inundación donde se presente serios problemas al desarrollo económico y social. La respuesta a cómo se lograría el objetivo establecería las estrategias, y el ¿qué se haría? definiría los proyectos tal como se presenta en el siguiente esquema.

Objetivo y Meta

¿ Qué esperaríamos del control de inundaciones en el futuro ?

Estrategias

¿ Como pretenderíamos lograrlo?.

Proyectos y Programas

¿ Qué se haría para lograr el objetivo planteado y las metas?.

v. Programación, presupuesto, indicadores de gestión y monitoreo estratégico

Programación. Con los proyectos identificados se realizaría la programación que daría respuesta a las interrogantes de ¿qué acciones se llevarían a la ejecución?, ¿cuándo se realizarían?, ¿cómo se llevarían a su realización? y ¿qué cantidad de recursos financieros, materiales y humanos requerirían para su ejecución?. Con base en los programas se establecería el presupuesto anual para la realización de acciones.

Programación

¿ Qué, Cuando, Como y Cuanto se ejecutaría?.

Presupuesto

¿ Cuántos recursos financieros, materiales y humanos se requieren?

Indicadores de Gestión y Monitoreo

¿ Como se medirían y evaluarían los avances y logros?.

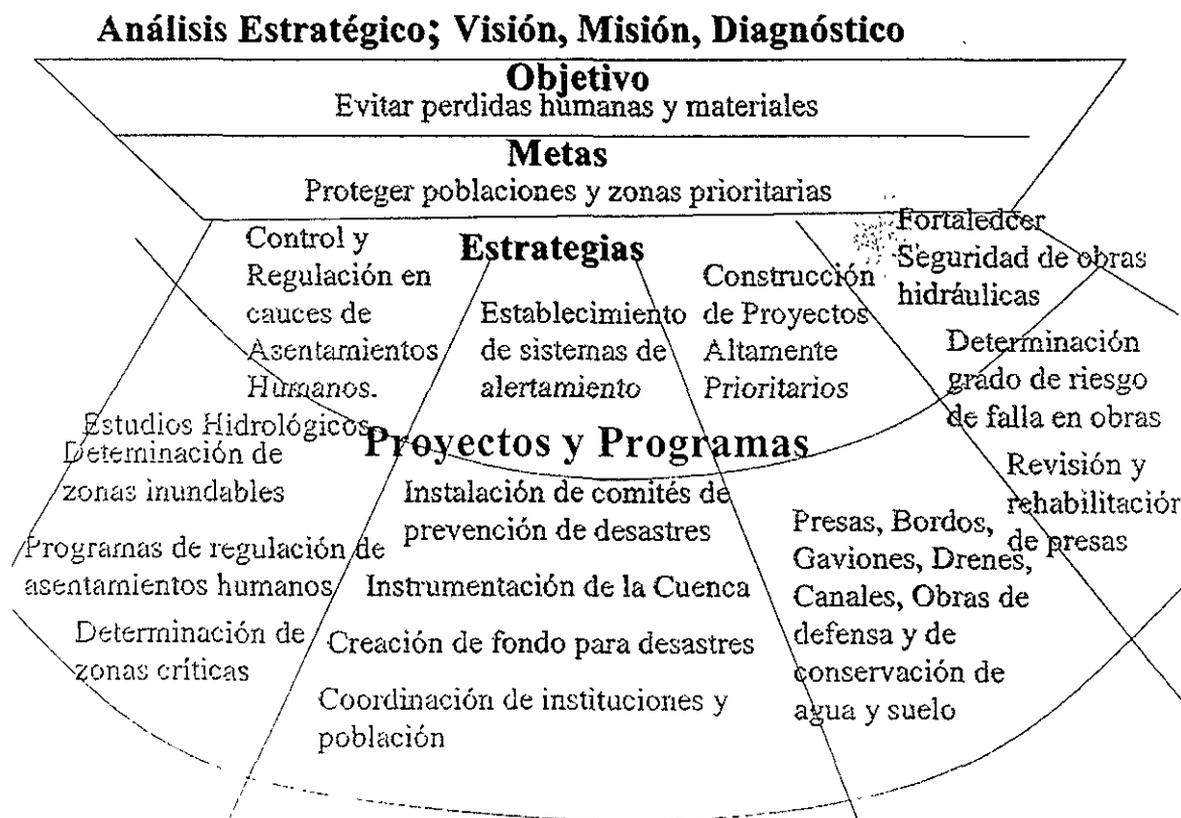
Estrategias técnicas para control de inundaciones.

La formulación de estrategias requiere del establecimiento de los objetivos del control de inundaciones a partir del cual se plantean las diferentes estrategias, programas y proyectos, para ello se requiere del conocimiento de diferentes aspectos técnicos, económicos, sociales, financieros,

administrativos y de organización de la cuenca hidrológica y en especial de las zonas inundables, así como de las características y situación de la población. Las estrategias para solución de los problemas que producen las inundaciones, pueden integrarse por acciones clasificadas, dentro del aspecto técnico, como medidas estructurales y medidas no estructurales; de conservación y tratamiento de suelos, para alertar a la población y para controlar el uso del suelo.

- Medidas estructurales.- son aquellas que modifican los flujos de agua máximos regulándolos de tal manera que se reduzcan los daños. Entre ellas se puede mencionar la construcción de presas y bordos de contención, la rehabilitación y construcción de canales y de estructuras hidráulicas que disminuyan el gradiente hidráulico y consecuentemente la erosión. etc.
- Medidas para alertar a la población.- Se refieren a acciones realizadas por individuos o pequeños grupos con el fin de reducir los daños a su propiedad, tales como evacuación de los lugares susceptibles de inundación, formación de bordos de contención a base de sacos de arena, limpieza y rehabilitación rápida después de la inundación, etc.
- Medidas para controlar el uso del suelo.- Se refieren a acciones que eviten la construcción de casas habitación o de industrias en zonas susceptibles de inundación

Para seleccionar cualquier acción es necesario analizar todas las medidas en su conjunto y determinar sus efectos y costos con el fin de optimizar sus beneficios. Con base en las acciones anteriores se muestran el siguiente esquema, las posibles estrategias que podrían plantearse para el control de inundaciones, es una ayuda para analizar e identificar las mejores estrategias y proyectos que impactan en los objetivos establecidos. El esquema es muy útil para el análisis estratégico ya que muestra los diferentes elementos de la planeación estratégica y proporciona en forma visual los diferentes formas que se tienen para resolver el problema.



Capítulo 3

Conceptos de Planeación Estratégica para Control de Inundaciones, en la Comisión Nacional del Agua,

Este capítulo tiene como propósito analizar la situación en que se encuentra una institución pública como la Comisión Nacional del Agua, desde el punto de vista de desarrollo organizacional, para hacer frente a los retos y desafíos que presenta la solución de la problemática de inundaciones en México, aplicando para ello los esquemas de planeación estratégica para generar e instrumentar un plan estratégico para el programa de control de inundaciones, mediante la participación, en la identificación y comunicación de la visión, misión, objetivos, metas, políticas, lineamientos y estrategias, de los integrantes de la institución. Asimismo, precisar proyectos y acciones sumando todas las voluntades del organismo público e integrarse como un todo en el logro de los ideales plasmados en el plan de desarrollo nacional y Ley de Aguas Nacionales.

La Comisión Nacional del Agua, es un organismo desconcentrado de la actual Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, es la autoridad responsable de administrar y custodiar el recurso agua, así como de establecer y ejecutar las políticas del agua, de manera que coadyuven al desarrollo socioeconómico de México; tiene a su cargo el control del sistema hidrológico del país, a través de la construcción y operación de obras para protección contra eventos hidrometeorológicos y de atención de emergencias.

3.1 Escenario futuro sin acciones para control de inundaciones

En el caso de no implantar medidas para evitar los daños que producen las inundaciones y de acuerdo con las tendencias actuales de los fenómenos económicos, sociales y ambientales, se pronostica un escenario, que se enuncia en forma cualitativa, como el siguiente:

- Dado el proceso de crecimiento de la población en los últimos seis décadas y de las políticas económicas actuales que se aplican en México, se espera en el futuro un incremento en la migración de la población de las zonas rurales a la ciudad, lo que sumado al crecimiento natural de los centros de población y la falta de una aplicación adecuada de la ley de Aguas nacionales, en coordinación con gobiernos estatales y municipales, para evitar los asentamientos humanos en zonas de alto riesgo de inundación y fomentar el ordenamiento urbano, originará que los asentamientos humanos en cauces federales, ríos y arroyos aumenten considerablemente, originando que los desastres por inundación sean más catastróficos en el futuro.
- Se incrementará la superficie pavimentada en centros urbanos provocando una disminución en los índices de infiltración del agua en el subsuelo y como consecuencia las inundaciones aumentarán en las zonas inundables.
- Se incrementará la vulnerabilidad por la construcción de viviendas de bajo costo en zonas de riesgo de inundación que ocasionará mayores pérdidas materiales y humanas a medida que pase el tiempo.
- La deforestación y pérdida de suelo en las cuencas hidrológicas se incrementará en forma importante dadas las condiciones actuales en las que los habitantes del medio rural, que

habitan en zonas boscosas, explotan el bosque de manera irracional que propicia su desaparición, asimismo se incrementan superficies para la agricultura y otros usos y para ello realizan quemas eliminando bosques y selvas.

- Las condiciones de deforestación tienen incidencia en el arrastre de sólidos en suspensión de tal forma de que azojarán ríos, arroyos y obras de almacenamiento de agua, provocándose más fácilmente el desbordamiento de los cauces.
- Gran parte del territorio mexicano está expuesto a la erosión de suelos, y particularmente a la originada por lluvia. Esto produce la pérdida de un valioso recurso natural ; que para fines prácticos, se considera no renovable. El 46% de la producción agrícola proviene de las zonas temporaleras, y es en estos sitios donde se acentúa la pérdida de suelo por erosión, debido al régimen de lluvias, la orografía y las técnicas de cultivo, el suelo que se pierde en las cuencas, causa un problema en los embalses, pues reduce su capacidad de almacenamiento de riego, generación eléctrica, control de avenidas o disponibilidad de agua para consumo humano.
- La falta de instrumentos de medición de las características de los fenómenos hidrometeorológicos tendrá como efectos fallas en los sistemas de alertamiento y prevención contra avenidas y desastres naturales.
- Las acciones al interior de la Comisión Nacional del Agua no tendrán un impacto eficaz en el logro de objetivos para control de inundaciones, debido a la falta de un plan estratégico y su implantación para atacar la problemática actual y futura de las inundaciones.
- No se tendrán resultados eficientes y adecuados dada la falta de personal experto y adecuado y de instrumentación suficiente y eficaz para la prevención y atención de inundaciones; esto se agudiza con la nueva política del gobierno federal de disminuir sensiblemente el personal de las organizaciones públicas.
- Los recursos económicos, humanos y materiales para resarcir los daños de la sociedad a consecuencia de las inundaciones se incrementaran en forma exponencial en el tiempo.

3.2 La Comisión Nacional del Agua y la Ley de Aguas Nacionales²¹

Con la finalidad de establecer el grado de participación que debe de tener la Comisión Nacional del Agua en la implantación de acciones para prevenir y controlar las inundaciones, en este apartado se incluyen extractos de artículos referentes a las atribuciones que otorga la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento a la Comisión Nacional del Agua. Así también se agregan los artículos referentes al control de inundaciones. En el anexo A se incluyen las atribuciones en detalle.

ARTICULO 4o.- La autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente o a través de "La Comisión".

En lo correspondiente a la Ley de Aguas Nacionales se tienen los siguientes artículos para control de avenidas y protección contra inundaciones.

ARTICULO 83.- "La Comisión", en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, o en concertación con personas físicas o morales, podrá construir y operar, según sea el caso, las obras para el control de zonas inundables, así como caminos y obras complementarias que hagan posible el mejor aprovechamiento de las tierras y la protección

²¹ Extractos de artículos de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

a centros de población, industriales y, en general, a las vidas de las personas y de sus bienes, conforme a las disposiciones del Título Octavo.

"La Comisión", en los términos del reglamento, clasificará las zonas en atención a sus riesgos de posible inundación, emitirá las normas y recomendaciones necesarias, establecerá las medidas de operación, control y seguimiento y aplicará los fondos de contingencia que se integren al efecto.

ARTICULO 84.- "La Comisión" determinará la operación de la infraestructura hidráulica para el control de avenidas y tomará las medidas necesarias para dar seguimiento a fenómenos climatológicos extremos, promoviendo o realizando las acciones preventivas que se requieran; asimismo, realizará las acciones necesarias que al efecto acuerde su Consejo Técnico para atender las zonas de emergencia hidráulica o afectadas por fenómenos climatológicos extremos, en coordinación con las autoridades competentes.

En lo correspondiente al Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales se tienen los siguientes artículos para Control de Avenidas y Protección Contra Inundaciones.

Artículo 127. "La Comisión" fomentará el establecimiento de programas integrales de control de avenidas y prevención de daños por inundaciones, promoviendo la coordinación de acciones estructurales, institucionales y operativas que al efecto se requieran. Dentro de la programación hidráulica se fomentará el desarrollo de proyectos de infraestructura para usos múltiples, en los cuales se considere el control de avenidas y la protección contra inundaciones.

Conforme a lo anterior, "La Comisión" podrá prestar la asesoría y apoyo técnico que se requieran para el diseño y construcción de las obras que controlen corrientes de propiedad nacional, así como las relativas a la delimitación de zonas federales. El comportamiento y operación de las obras que no diseñe o construya directamente "La Comisión" será responsabilidad de quien las realice.

Artículo 128. "La Comisión" establecerá un sistema de pronóstico y alerta contra inundaciones y organizará la formulación de planes regionales de operación para aminorar los daños por inundación e implantar las medidas de emergencia conducentes.

Artículo 129. "La Comisión", en el ámbito de su competencia y en coordinación con las demás autoridades competentes y con las personas responsables, promoverá la integración y actualización de un inventario del estado de las obras hidráulicas públicas, privadas o sociales, con la finalidad de identificar medidas necesarias para la protección de la infraestructura hidráulica.

Conforme a lo anterior, la ejecución de las medidas identificadas será responsabilidad de los titulares de las obras y en su caso de los administradores o concesionarios que tengan a su cargo su operación y conservación, sin perjuicio de la responsabilidad que corresponda a los primeros.

Artículo 130 "La Comisión", conforme a los lineamientos que acuerde su Consejo Técnico, promoverá el establecimiento y aplicación de fondos de contingencia, integrados con aportaciones de la Federación, de los gobiernos de las entidades federativas y de las

personas interesadas, para lograr la disminución de daños y prever la solución de problemas.

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.

Artículo 132. "La Comisión" promoverá y, en su caso, realizará los estudios necesarios que permitan clasificar las zonas inundables asociadas a eventos con diferente probabilidad de ocurrencia, en atención a los riesgos que presentan a corto y largo plazos. Asimismo promoverá, dentro de la programación hidráulica, el establecimiento de las zonas restringidas y de normas para el uso de dichas zonas, que establezcan las características de las construcciones con objeto de evitar pérdidas de vidas y daños.

Los artículos mencionados del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, destacan el papel tan importante y decisivo que se otorga a la Comisión Nacional del Agua para la planeación, construcción, ejecución y administración de acciones para prevenir y atender la problemática de inundaciones. En este sentido se analizará la organización de la institución, en el marco de la planeación estratégica, para proponer estrategias adecuadas para el control de inundaciones en México.

3.3 Factores de producción de bienes y servicios en la Comisión Nacional del Agua²².

Como elemento importante para conocer el entorno interno y externo de la institución, se describen los factores de la producción de bienes y servicios de la Comisión Nacional del Agua, en lo que destaca que la organización tiene como principal función, dar servicio a la población para que los diferentes estratos socioeconómicos cuenten con el recurso agua en cantidad y calidad y con ello se apoyen las actividades humanas y productivas para el desarrollo nacional.

i. Bienes y servicios

La Comisión Nacional del Agua genera como productos bienes y servicios con relación al recurso agua, ya que para su aprovechamiento son necesarias la planeación, construcción, operación y administración de infraestructura hidráulica para lograr la captación, almacenamiento, derivación, extracción, desalación y tratamiento de volúmenes de agua en ríos, arroyos, manantiales, acuíferos, lagunas y mares. Los bienes más usuales son las presas de almacenamiento y derivación, canales, conductos cerrados, drenes, pozos, plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas potabilizadoras, acueductos, plantas de bombeo, sistemas de riego y redes de distribución. Proporciona servicios de protección a la población contra inundaciones de centros de población y

²² Porter (1998). Estrategia Competitiva, Editorial CECSA. Esta referencia enuncia la importancia de determinar los factores de producción para conocer el entorno de la institución y de sus posibilidades de desarrollo competitivo.

áreas productivas, de dotación de agua a poblaciones urbanas y rurales, suministro del recurso para la producción agrícola, abastecimiento de agua para fines de generación de energía eléctrica, para su uso industrial, para acuacultura y pesca, recreación y turismo, navegación y para el sustento de los ecosistemas.

ii. Población objetivo

Como población objetivo de la Comisión Nacional del Agua, se identifica la población en general y específicamente los usuarios del recurso, entre los que se encuentran los gobiernos estatales, municipales, dependencias federales, poblaciones urbanas y rurales, organismos operadores, agricultores, industriales, usuarios acuícolas, pesqueros, de recreación, turismo y navegación.

iii. Proveedores

La Comisión Nacional del Agua para la realización de sus acciones en planeación, construcción, operación y administración de los recursos hidráulicos requiere de los servicios de las empresas constructoras, consultoras y asesoras que ejecutan los trabajos de formulación, construcción e implantación de proyectos y suministran equipo, maquinaria y materiales para el aprovechamiento del agua. Como parte importante para el desarrollo de sus funciones, la Comisión tiene una estrecha vinculación con las siguientes instituciones:

- La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, como cabeza de sector, proporciona normatividad, políticas y lineamientos para la administración de la CNA como órgano desconcentrado de la dependencia.
- La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, autoriza y proporciona los recursos financieros para ejecutar los programas y proyectos de desarrollo hidráulico, con base en el presupuesto de egresos de la federación, a través de la Tesorería de la Federación. En casos de desastres por la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos se estableció un Fondo para la atención de emergencias, FONDEN, el cual es administrado por la SHCP
- El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua realiza, mediante convenios y contratos con la Comisión Nacional del Agua, la investigación, capacitación y desarrollo tecnológico para eficientar la utilización del recurso agua.
- BANOBRAS y NAFIN proporcionan servicios como agentes financieros a la CNA. Organismos Internacionales como el Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, NATBANK y otros proporcionan créditos internacionales de la banca para el financiamiento de proyectos de desarrollo hidráulico.
- La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación establece las políticas y lineamientos para el desarrollo de actividades agrícolas desarrolladas con el agua.
- La Secretaría de Desarrollo Social complementa la asignación de recursos financieros para la ejecución de proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento;
- Gobiernos Estatales y Municipales complementan asignaciones para la ejecución de programas, proyectos y acciones para el desarrollo hidráulico.

iv. Mejoramiento en el servicio

La administración del agua es un monopolio del gobierno, sin embargo, se presenta una fuerte presión por parte de los usuarios o clientes quienes demandan un mejor servicio por parte de la Comisión, dado lo cual, en el gobierno federal y estatal se buscan esquemas de eficiencia, eficacia y mejoramiento en la calidad para proporcionar los mejores servicios a la población, con base en una política justa y equitativa hacia los grupos sociales. Esta actitud de la Comisión Nacional del Agua, Comisiones Estatales de Agua y Saneamiento (CEAS), organismos operadores y municipios se manifiesta fundamentalmente en la formulación y ejecución de programas y proyectos hidráulicos que deben ser los más adecuados desde el punto de vista social, económico, técnico y ambiental.

3.4 Identificación de Valores, Visión y Misión Corporativa de la Comisión Nacional del Agua²³

El establecimiento de valores, visión y misión de la Comisión Nacional del Agua, en concordancia con las atribuciones que otorga la ley a la institución, fueron conformadas por las autoridades de la organización, nombradas por el Poder Ejecutivo Federal, enunciando dichos conceptos como producto de la participación y consenso, en sesiones grupales, para definir estrategias y programas operativos de la dependencia de común acuerdo entre el Director General, Subdirectores Generales, Gerentes y Subgerentes. Actualmente la dependencia se encuentra en una etapa de cambio que la transforma de una organización con énfasis en la construcción y operación directa de grandes obras, en promotora del desarrollo hidráulico que norme el buen uso y preservación del recurso por cuencas hidrológicas. Con base en la razón de ser, misión, y el futuro deseado, visión, de la institución y a partir de la identificación de sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, se precisaron objetivos, metas, estrategias y programas para control de inundaciones.

3.4.1 Valores de la institución

La visión de la institución tiene su sustento en valores de lealtad, honestidad, alto sentido ético, responsabilidad, entrega y mistica de servicio de su personal.

Prestigio. La Comisión Nacional del Agua es heredera de una tradición hidráulica que se inicia con la formación de la Comisión Nacional de Irrigación en el año de 1926 y que ha constituido un semillero de técnicos expertos nacionales e internacionales en la planeación, construcción, operación y administración de los recursos hidráulicos del país, para dotar a la población del servicio del agua.

Liderazgo. Por ley la Comisión Nacional del Agua tiene la atribución de ser la única autoridad del agua en el país; este hecho fortalece el liderazgo de la institución para intervenir y tomar decisiones para mejorar la prevención y control de inundaciones. Adicionalmente personal técnico tiene un reconocimiento y prestigio en las acciones de control de ríos y además cuenta con áreas como el Servicio Meteorológico Nacional y áreas de registro histórico y actual que fortalecen su liderazgo ante la comunidad nacional e internacional en los aspectos de control de inundaciones.

Calidad del servicio. En la actualidad, la institución se esfuerza por proporcionar el mejor servicio para la formulación de un plan estratégico basado en el fortalecimiento de acciones para pronósticar el tiempo y de la ocurrencia, dirección y velocidad de los fenómenos hidrometeorológicos extremos.

²³ Extractos de la publicación Planeación Estratégica en la Comisión Nacional del Agua, diciembre de 1999.

así como por la determinación de áreas inundables, manejo integral de las cuencas hidrológicas para protección de los centros de población y áreas productivas y apoyar la implantación de medidas en situaciones de emergencia en coordinación con los grupos de protección civil y otras dependencias.

Creatividad e innovación. La ocurrencia de situaciones de emergencia por inundaciones ha impulsado la aplicación de medidas creativas e innovadoras para la atención de los efectos negativos que provocan las inundaciones.

Comunicación. Las actividades propias de la Comisión Nacional del Agua impulsan la excelencia en la comunicación hacia el interior y exterior, lo que constituye un valor estratégico para el desarrollo de la institución.

Respeto. El proceso histórico del desarrollo hidráulico de México del que la Comisión Nacional del Agua es la heredera entre las dependencias que han construido la infraestructura para dotar de los servicios de agua a la población, hace que el respeto de la comunidad nacional e internacional por la institución sea uno de sus más grandes valores.

Solidaridad. Organizar acciones para evitar daños a poblaciones y viviendas en el futuro a consecuencia de las inundaciones, mediante una institución organizada en forma integral para beneficio de la población en general.

3.4.2 Visión Corporativa de la Comisión Nacional del Agua.

Ser un órgano normativo, con un alto grado de excelencia técnica y promotor de la participación de la sociedad y los usuarios organizados en la administración del agua.

3.4.3 Misión Corporativa de la Comisión Nacional del Agua.

Administrar y preservar las aguas nacionales, con la participación de la sociedad para lograr el uso sustentable del agua.

Visión*

Administrar y preservar las aguas nacionales,
con la participación de la sociedad para lograr
el uso sustentable del agua.

Misión*

Ser un órgano normativo, con un alto grado de
excelencia técnica y promotor de la
participación de la sociedad y los usuarios
organizados en la administración del agua.

* Conceptos definidos con la participación del
Directorado de la Comisión Nacional del Agua

3.5 Identificación de Visión y Misión funcional para control de inundaciones

En este caso el control de inundaciones se considera como proyecto estratégico cuya realización se ubica en una área determinada de la Comisión Nacional del Agua que tendría como atribución la función y actividades correspondientes a control de inundaciones y con base en ello se definen dichos conceptos a nivel funcional.

3.5.1 Visión funcional del área normativa responsable de control de inundaciones

Organización flexible, con capacidad de respuesta ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, control de lugares inundables, medición del grado de riesgo de inundación, instrumentación y plan de implantación de medidas no estructurales y estructurales para el manejo integral de cuencas hidrológicas y prevención contra inundaciones en beneficio de la población.

3.5.2 Misión Funcional del área normativa responsable²⁴

Organización que proporcione protección y previsión adecuada a centros de población y áreas productivas para evitar pérdidas humanas y materiales, alertar a la población sobre la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, aplicación de medidas estructurales y no estructurales con participación y en beneficio de la población.

Visión Funcional

Organización flexible, capacidad de respuesta ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, medición del grado de riesgo en zonas de inundación, implantación de medidas no estructurales y estructurales para manejo integral de cuencas hidrológicas y prevención contra inundaciones con participación y en beneficio de la población.

Misión Funcional

Organización que proporcione protección y previsión adecuada a centros de población y áreas productivas para evitar pérdidas humanas y materiales, alertar a la población sobre la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, aplicación de medidas estructurales y no estructurales con participación y en beneficio de la población.

3.6 Identificación de fortalezas y debilidades para control de inundaciones

i. Fortalezas de la Comisión Nacional del Agua

De acuerdo con los antecedentes históricos y la situación actual de la institución, a continuación se especifican sus principales fortalezas:

²⁴ Comisión Nacional del Agua (Diciembre de 1999). Planeación Estratégica en la Comisión Nacional del Agua.

- Decreto de creación de la Comisión Nacional del Agua como única autoridad del agua, promulgado en la Ley de Aguas Nacionales, Plan Nacional de Desarrollo, Programa Hidráulico 1995-2000 y Estrategias del Sector Hidráulico.
- Cuenta con personal altamente capacitado y con experiencia para la planeación, construcción, programación, operación y administración de los recursos hidráulicos a nivel nacional.
- Su organización se sustenta en trece Gerencias Regionales y dieciocho Gerencias Estatales que ejercen una administración a nivel de cuenca hidrológica y que constituyen el principal apoyo para solucionar la problemática local y regional.
- Existe un gran número de profesionistas que mantienen vivo un gran cariño, amor y lealtad por las actividades hidráulicas destinadas al mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la población urbana y rural.
- Dispone de edificios, equipo y comunicaciones a lo largo y ancho del territorio nacional que representa una capacidad estratégica para dar respuesta inmediata a cualquier emergencia, relacionada con el agua, que se presente en cualquier parte del país.
- Estrecha coordinación para la ejecución de obras y acciones con gobiernos estatales, municipales y usuarios del agua.
- Disponibilidad de estudios y proyectos para el manejo integral del agua en cuencas hidrológicas.
- Operación de las presas del país, lo que fortalece los planes futuros para la implantación de medidas de prevención y regulación de planicies inundables y zonas de riesgo de inundación.
- Avances en el proceso de coordinación para el ordenamiento urbano mediante el trabajo en equipo con los grupos de protección civil estatales, municipales y locales.
- Avances en la identificación de zonas con riesgo de inundación en centros de población mediante la coordinación con protección civil de la Secretaría de Gobernación y autoridades estatales y municipales.

ii. Debilidades de la Comisión Nacional del Agua

- No se dispone de un conocimiento actualizado de las disponibilidades y demandas de agua a nivel de cuenca hidrológica para realizar una eficiente y adecuada planeación, programación y ejecución de proyectos hidráulicos en el país.
- Las funciones de control de ríos se ejecutan en diferentes áreas de la Comisión Nacional del Agua con deficiencias de coordinación y de trabajo en equipo.
- No se tienen incorporados, adecuadamente, los representantes de los diferentes grupos de la sociedad, al sistema de planeación y ejecución de obras y acciones hidráulicas con el fin de formular una implantación de proyectos de control de inundaciones participativos
- No se cuenta con suficientes recursos financieros, materiales y humanos para el desarrollo eficiente de las atribuciones encomendadas a la Comisión Nacional del Agua.
- No se cuenta con un desarrollo organizacional basado en una política congruente con los objetivos de desarrollo nacional.
- Se tiene una fuerte duplicidad de funciones en diferentes áreas estratégicas.
- Existe una falta de comunicación interna de la visión, misión, objetivo y estrategias para el desarrollo hidráulico.
- Existe exceso de controles y supervisiones internos y externos que obstaculizan las actividades de la organización.
- Se tiene exceso de trámites y gestiones para la aplicación de recursos financieros en el desarrollo de las actividades productivas.

- No se cuenta con la información completa de asentamientos humanos que se localizan en lugares con alto riesgo de inundación.

Diagnóstico Interno de la institución en control de inundaciones

Fortalezas

Ley de aguas Nacionales y su Reglamento
Personal experto en control de ríos
Infraestructura de inmuebles y de comunicación nacional
Coordinación con estados y municipios
Administración central, regional y estatal

Debilidades

Duplicidad de funciones
Insuficientes recursos financieros
Falta de desarrollo organizacional
Exceso de controles internos y externos
Insuficiente información hidrológica

3.7 Identificación de oportunidades y amenazas para control de inundaciones

i. Oportunidades

- Se cuenta con la experiencia internacional de otros países así como de asesoramiento en cuestiones hidrológicas.
- En México y otros países de América Latina se tienen experiencias recientes que aportan soluciones para control de inundaciones y atención de emergencias.
- Se ha creado un fondo para prevención de desastres que sustenta acciones de prevención y atención de inundaciones. Ver anexo G en el se incluye una descripción del Fondo.
- Se cuenta con acciones de otras instituciones que apoyan las actividades para prevenir desastres del agua como la Secretaría de Gobernación a través del Centro para prevención de Desastres y de la Secretaría de la Defensa Nacional así como de los Gobiernos Estatales y Municipales.
- Acciones de conservación de suelo y agua por otras instituciones.

ii. Amenazas

- Se tienen presiones políticas y sociales de gobiernos estatales, municipales y usuarios del agua para la autorización de permisos, concesiones y registros con el objeto de utilizar volúmenes de agua en sitios determinados o para que se ejecuten obras y acciones de aprovechamiento del recurso.
- El crecimiento demográfico y de la pobreza extrema que constituye una amenaza por la tendencia que tiene la población, que migra hacia las ciudades, de asentarse en zonas con riesgo de inundación.
- El incremento en la deforestación de cuencas hidrológicas que incrementan el deterioro de suelo provocando que se generen avenidas en menores tiempos con mayores velocidades.

- Falta de provisiones adecuadas de ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos.

Diagnóstico Externo de la institución en control de inundaciones

Oportunidades

Asesoramiento hidrológico internacional
Experiencias recientes en México y otros países
Fondo para desastres naturales
Coordinación con instituciones federales, estados y municipios
Acciones de conservación de cuencas hidrográficas por otras
instituciones

Amenazas

Alto crecimiento de la población
Incremento de la deforestación
Crecimiento de los índices de pobreza extrema
Falta de aplicación de la ley de ordenamiento urbano
Asentamientos irregulares en zonas con riesgo de inundación
Ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos

3.8 Determinación de objetivos para control de inundaciones

i. Objetivo funcional para control de inundaciones

Mejorar las condiciones de vida de la población, mediante el evitar pérdidas humanas y materiales por inundaciones, de la población que habita en zonas con riesgo de inundación o mediante la realización de acciones para incrementar la producción y productividad económica.

ii. Objetivos específicos

- Fortalecer la coordinación y concertación con instituciones federales, estados, municipios y población en acciones para control de inundaciones
- Apoyar las acciones para conservar el suelo y agua de cuencas hidrográficas que realizan otras instituciones.
- Impulsar el desarrollo organizacional y el mejoramiento del servicio de la institución para control de inundaciones.
- Descentralizar funciones y desconcentrar recursos a los estados y municipios par favorecer la toma de decisiones en relación al control de inundaciones.
- Apoyar la planeación y ordenamiento urbano para evitar asentamientos humanos en zonas con alto riesgo de inundación

iii. Metas

- Incrementar recursos financieros para destinarlos al control de inundaciones
- Lograr la excelencia en el servicio de la institución

- Simplificar la administración mediante la reingeniería de la institución.
- Apoyar la reforestación de cuencas hidrográficas por otras instituciones.
- Apoyar las acciones de reordenamiento urbano.
- Evitar asentamientos humanos en cauces federales de ríos y arroyos.
- Mejorar la Instrumentación de cuencas hidrográficas.

3.9 Estrategias, proyectos y acciones para control de inundaciones

En los siguientes apartados se describen las principales estrategias que se proponen como parte del análisis que se ha realizado en capítulos anteriores, sin embargo, es importante destacar que en este proceso es indispensable la participación de los técnicos, administradores expertos y funcionarios en la determinación de estrategias, proyectos y acciones para que se ejecuten con espíritu de equipo y con ello se logren, de la forma mas eficiente y eficaz, los objetivos planteados y adicionalmente la organización participe con los afectados o beneficiados con sus propuestas para que en consenso se mejoren, modifiquen o se cancelen, esto garantiza que se den buenos resultados para prevenir y evitar en lo posible las afectaciones por inundación a la población.

a) Estrategia de desarrollo organizacional

Fortalecer el desarrollo de una cultura organizacional con base en una capacitación, profesionalización del personal, flexibilidad de la institución y compromiso con la misión y objetivos de la institución. Componentes importante del proceso tendrán que ser los programas de capacitación de personal, que permitan una sólida formación de cuadros técnicos y administrativos que estén en posibilidad de estudiar, proyectar, construir y operar las obras y programas hidráulicos. Impulso a la consolidación de un liderazgo, basado en la aplicación de políticas y estrategias de la institución, que tengan como característica el mando participativo en la toma de decisiones. Fortalecer la desconcentración de la administración y manejo de recursos hacia las unidades de administración regional y estatal. Impulsar la descentralización de funciones hacia los gobiernos estatales. Modernizar permanente y adecuadamente de los equipos e instalaciones hidráulicas de la institución

Proyecto

Formar una unidad de excelencia para control de inundaciones, integrada por diferente áreas vinculadas con el control de ríos y manejo de cuencas.

Acciones

- Identificar las actividades de control de ríos al interior de la institución
- Diseñar una organización que integre adecuadamente los aspectos de planeación, administración y ejecución de acciones a nivel regional y estatal, municipal y atención de emergencias de control de ríos.
- Implantar el servicio civil de carrera
- Implantar el control de calidad total
- Impulsar el trabajo en equipo y red
- Implantar la organización y su modernización permanente
- Capacitar al personal técnico para operar los sistemas de control y medición.
- Mando participativo en la toma de decisiones.
- Descentralizar y desconcentrar el manejo hidrológico en Gerencias Regionales.

b) Estrategia de Fortalecimiento de la descentralización y desconcentración institucional regional y estatal

Impulsar las acciones de descentralización de funciones a estados y municipios para la atención de los problemas de inundación, así también debe continuarse la desconcentración de recursos, hacia las gerencias regionales y estatales, para mejorar el manejo administrativo y técnico de la Comisión. Fortalecer los Consejos de Cuenca, como instancias de coordinación y concertación entre la Comisión Nacional de Agua, las dependencias y entidades federales, estatales, municipales y los representantes de los usuarios de las cuencas hidrológicas, ya que los consejos tienen como finalidad la formulación de programas y acciones para lograr una eficiente administración del agua, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca.

Proyecto

Fortalecer la gestión y administración de las gerencias regionales y estatales e impulsar la formación y el proceso de implantación de Consejos de Cuenca.

Acciones

- Continuar con la consolidación de la desconcentración de funciones y toma de decisiones hacia las gerencias regionales y estatales de la Comisión Nacional del Agua.
- Terminación de establecer consejos de cuenca.
- Acuerdos y convenios con población para evitar inundaciones.
- Informar al consejo de cuencas sobre las áreas susceptibles de inundación.
- Ejecución de campañas de información sobre las medidas de control y de previsión para evitar los daños por inundación.

c) Estrategia de fortalecimiento y apoyo a la planeación y ordenamiento de asentamientos humanos

Se debe estrechar la coordinación y concertación con los diferentes gobiernos estatales y municipales y organizaciones no gubernamentales para que la Comisión Nacional del Agua apoye con sus estudios técnicos, hidrometeorológicos, de simulaciones hidrológicas, de niveles de riesgo en zonas inundables, geográficos y de administración del agua, la planeación y ordenamiento urbano en centros de población y aplicar políticas para que el desarrollo urbano futuro se produzca en zonas adecuadas, que no se encuentren en lugares peligrosos por el grado de riesgo de inundación.

Proyecto

Gestión e implantación de medidas, de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, para evitar asentamientos humanos en zonas con riesgo de inundación, en coordinación con autoridades estatales, municipales y organizaciones no gubernamentales.

Acciones

- Identificación de zonas inundables en centros de población para diferentes niveles de riesgo.
- Identificación de asentamientos humanos en zonas con riesgo de inundación.
- Determinar las zonas de inundación sistemática en México.
- Impulsar las medidas de ordenamiento urbano con gobiernos estatales y municipales que impidan asentamientos humanos en zonas con alto riesgo de inundación.
- Gestión ante gobiernos federales, estatales y municipales para evitar los asentamientos humanos en zonas de riesgo de inundación.
- Fortalecer la descentralización de atribuciones a Gobiernos estatales y Municipales para que se aplique la Ley de Aguas Nacionales en el caso de asentamientos irregulares que afecten la seguridad de la población en el caso de inundaciones.

c) Estrategia de financiamiento

El sistema financiero del agua tiene como objetivo lograr la racionalización, sustentabilidad y autosuficiencia del desarrollo hidráulico mediante la participación de la sociedad en el financiamiento de obras y acciones que la benefician. Asimismo, la diversificación de fuentes de financiamiento, con objeto de lograr una mayor concurrencia de los recursos hacia el desarrollo hidráulico, especialmente de los beneficiarios de los programas y al potencial que representa la participación del sector privado.

Proyecto

Formular e implantar esquemas de financiamiento para ejecutar acciones para control de inundaciones.

Acciones

- Identificar y concertar fuentes de financiamiento federales, estatales, municipales y de la empresa privada mediante convenios y/o acuerdos con gobiernos estatales, municipales afectados y otras dependencias del gobierno federal.
- Creación de fondos para prevención de desastres.
- Fortalecer mecanismos de atención a emergencias como FONDEN para contar con recursos oportunos y suficientes para el caso de desastres.
- Promover el financiamiento con la empresa privada para la realización de proyectos económicamente rentables para la iniciativa privada, cuyos beneficios estén relacionados con la protección de centros de población y áreas productivas y que representen un claro beneficio social.
- Impulso a la realización de proyectos con mano de obra de la población afectada y la colaboración de grupos interinstitucionales.

d) Estrategia de establecimiento de sistemas de alertamiento en cuencas hidrológicas

Impulsar la participación de consejos de cuenca en la actualización y mejoramiento constante de los sistemas de medición del agua en las cuencas hidrológicas y fortalecer el sistema de alerta y prevención mediante tecnología de alertamiento.

Proyecto

Fortalecer la instrumentación de la medición de la cantidad y calidad del agua en las cuencas hidrológicas y sistemas de alertamiento.

Acciones

- Identificar los sitios con deficiencia en la medición de volúmenes de agua.
- Colocación de instrumentos de medición.
- Participación de los usuarios en la instrumentación y medición de caudales de agua.
- Instrumentar con sistemas de alertamiento en los lugares identificados para este tipo de acciones.
- Instalación de comités de prevención de desastres.
- Coordinación y concertación de acciones con la población y consejos de cuenca.

e) Estrategia de previsión de ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos y fortalecimiento de acciones de seguridad de obras hidráulicas.

Mejorar los métodos para establecer pronósticos de lluvia y escurrimiento en las cuencas hidrológicas así como de presentación de fenómenos hidrológicos extremos y revisión permanente y aplicación de medidas de seguridad prioritarias en las obras hidráulicas.

Proyecto

Actualización de modelos hidrológicos e instrumentación para incrementar la confiabilidad de la información sobre las características de los fenómenos hidrometeorológicos extremos, fortalecer el manejo hidráulico integral de cuencas hidrológicas y proporcionar medidas de seguridad a las obras hidráulicas.

Acciones

- Actualización de estudios hidrológicos de las cuencas.
- Actualización de la operación de radares en las cuencas hidrológicas.
- Actualización de estaciones hidrométricas e pluviométricas en las cuencas hidrológicas.
- Actualización de los sistemas de acopio de datos, procesamiento y emisión de reportes.
- Dar preferencia a la infraestructura e instrumentación de los lugares con mayores posibilidades de que sean afectados por las inundaciones.
- Instrumentar programas de asistencia y comunicación para informar a la población.

- ❑ Revisión y análisis inmediato de los casos de alto riesgo de inundación
- ❑ Fortalecer el programa de seguridad de obras hidráulicas y específicamente las presas.
- ❑ Participar con autoridades locales para dirigir los sistemas de alertamiento.

f) Estrategia para Fortalecer la Formulación de Estudios y Proyectos

Fortalecer la formulación de estudios y proyectos a nivel regional, estatal o local que presenten problemática técnica, económica, social ó ambiental, con el fin de proponer la solución mas adecuada par la problemática de las inundaciones.

Proyecto

Formular estudios y proyectos para controlar inundaciones en sitios específicos de acuerdo con el establecimiento de prioridades.

- ❑ Actualización de estudios hidrológicos a nivel de cuenca .
- ❑ Determinación de áreas problema.
- ❑ Propuestas de alternativas de solución.
- ❑ Fomentar la investigación e Innovación tecnológica para control de inundaciones
- ❑ Diseño de proyectos para control de inundaciones con medición de su efectividad.
- ❑ Formulación de programas de control de inundaciones.

g) Estrategias de implantación de acciones estructurales y no estructurales.

En el siguiente esquema se identifican los principales proyectos y acciones específicas para lograr el objetivo de disminuir o evitar daños como pérdidas humanas o materiales causadas por inundaciones. En la propuesta de proyectos para evitar los efectos destructivos de las inundaciones, en los aspectos social y económico, se pueden clasificar dentro de las medidas estructurales y no estructurales, las cuales tienen como principales características las siguientes:

Las medidas estructurales generalmente representan costos altos y su ejecución requiere de una excelente tecnología de ingeniería de ríos para que se logre el objetivo establecido, y así también, el hecho de realizar obras que obstaculicen el paso del agua, por una parte protegen zonas, pero por otra, si se presenta una falla estructural las consecuencias pueden ser desastrosas porque generalmente en este caso los niveles del agua son superiores a las originales y por consiguiente en el caso de desbordamiento del cauce, la velocidad de la corriente se incrementará en forma importante y los daños serán mayores que en una situación sin estructuras.

Las medidas no estructurales en general tienen costos mas bajos en comparación a la estructurales y en ciertos casos el impacto de las acciones que integran este tipo de medidas tienen impactos muy importantes y estratégicos para la consecución de los objetivos de evitar pérdidas humanas y materiales, por ello es indispensable seleccionar cuidadosamente las estrategias para la solución de la problemática de inundaciones.

| Acciones para prevención de inundaciones | | | | | |
|--|--|---|--|---------------------|--|
| Objetivo | Medidas Estratégicas | Tipos de proyectos | Proyectos | Nivel de costo | Limitantes |
| Mejorar las condiciones de vida mediante Evitar pérdidas humanas y materiales por inundación | Acciones Estructurales | Proyectos de infraestructura para control de inundaciones | Construcción presas | Alto | Buen control de avenidas con costo alto |
| | | | Construcción de bordos y muros | Medio | Puede ocasionar problemas aguas arriba o aguas abajo |
| | | | Mejoramiento de canales | Medio | Solución a corto plazo pero limitada |
| | | | Conservación de cuencas | Medio y sistemático | Buen resultado en el mediano y largo plazo |
| | | | Construcción de espigones | Bajo | Solución temporal a un problema específico |
| | Acciones no estructurales | Proyectos Institucionales | Planes de Auxilio Pronóstico de avenidas Sistemas de alerta Reglamentación del desarrollo urbano | Bajo | Buenos resultados en Emergencias |
| | | | | Bajo | Presenta el problema de credibilidad |
| | | | | Medio | Buenos resultados en corto plazo |
| | | | | Bajo | Buenos resultados en mediano y largo plazo |
| | | Proyectos institucionales para regulación de planicies inundables | Ordenamiento de zonas Control de uso de la tierra Reglamento de construcción Aspectos técnicos legales Seguros | Bajo | Presenta dificultades de control de usuarios |
| | | | | Bajo | Presenta problemas de tenencia de la tierra |
| | | | | Bajo | Su eficacia depende de la administración pública. Los aspectos legales no siempre son aplicables |
| Otros proyectos institucionales | Supervisión técnica Señalamiento Vigilancia policiaca Espacios abiertos Agricultura y pastoreo | Bajo y sistemático | Requiere constancia que se olvida cuando no hay inundaciones | | |
| | | Bajo y sistemático | Requiere de atención constante | | |
| | | Medio y sist. | Se olvida la función en tiempos que no hay avenidas | | |
| | | Medio | Es difícil controlar su uso | | |
| | | | | Bajo | Es difícil hacer participar al agricultor |

3.10 Programa general de acciones para control de inundaciones

Con la finalidad de integrar las principales estrategias propuestas para atender el problema actual y futuro, que representan las inundaciones en México, se estructura un programa general de acciones, a manera de ejemplo, en el que se incluyen el objetivo, las estrategias y los principales proyectos, asignando un tiempo para su ejecución. La formulación de programas mas específicos, operativos, deberán estructurarse considerando las diferentes acciones con sus responsables.

En general el proceso de planeación estratégica debe estructurarse con la participación de las personas que laboran en la institución y que llevaran a acabo los programas respectivos, en el caso de la determinación de la visión y misión, se establecen con los cuerpos de alta dirección de la institución y las etapas correspondientes a la fijación de los objetivos, metas, estrategias y proyectos, es esta etapa en la que intervienen los diferentes niveles de mando de la organización y la participación de los integrantes de la empresa es fundamental para fomentar que todo el equipo se comprometa en la consecución de la misión y de la visión de la institución.

En este caso el programa propuesto para hacer frente al problema de inundaciones , es un planteamiento general que debe adecuarse a medida que se conozca con mayor precisión los resultados de estudios y proyectos realizados con los que se retroalimenta el proceso y los conceptos podrán dimensionarse con una mayor confiabilidad.

El autor considera que en el actual periodo sexenal 2001-2006 la administración pública, a través de la Comisión Nacional del Agua, tiene la oportunidad de enfrentar con éxito la problemática de las inundaciones en México y es factible que fortaleciendo una unidad especial en la que se concentre la responsabilidad de toma de decisiones de planeación y ejecución de acciones, referente al control de ríos e inundaciones, la institución tendrá en el año 2006 excelentes resultados que se traducirán en un alto beneficio social para la sociedad, pero en el caso de que no se tomen las medidas apropiadas, los costos para resarcir los desastes económicos y sociales serán altísimos para el país. En el esquema siguiente se observan las principales estrategias y proyectos propuestos.

| Programa estratégico 2001-2006 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--|--|--|--|--|--|
| Objetivo | Estrategias | Principal Proyectos | Años | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | | | |
| Mejorar condiciones de vida de la población mediante evitar pérdidas humanas y materiales | Desarrollo organizacional | Integrar unidad para control de ríos en CNA | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Descentralización y desconcentración | Fortalecer regionales, estatales y consejos de cuenca | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ordenamiento de asentamientos humanos en cauces federales | Coordinación con estados y municipios para ordenamiento | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Financiamiento | Gestionar incremento de recursos federales y promover otras fuentes | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sistemas de alertamiento de cuencas | Medir flujos de agua y fenómenos hidrometeorológicos y alertar a la población | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Previsión de fenómenos hidrometeorológicos | Alertar a la población y recomendar acciones | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Formular estudios y proyectos | Proponer soluciones estructurales y no estructurales | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Implantar medidas estructurales y no estructurales | Controlar efectos nocivos de inundaciones | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |

3.11 Índices de gestión y monitoreo estratégico

La implantación de la planeación estratégica en una organización, requiere que el proceso sea continuo y principalmente que exista una evaluación constante y permanente que proporcionen indicadores del nivel de éxito o fracaso de las acciones emprendidas, los indicadores mas utilizados en los proceso productivos son la eficiencia y la eficacia La eficiencia es la medida de cuanto cuesta cada unidad de la producción. La eficacia es la medida de la calidad de la producción.

Cuando se evalúa la eficiencia se conoce cuanto cuesta la obtención de productos y servicios y cuando se evalúa la eficacia se conoce si la inversión valió la pena. No hay nada más irracional que

hacer con mayor eficiencia algo que ya no debería hacerse. La eficiencia y eficacia son importantes pero comúnmente en las organizaciones se contempla la eficiencia. Sin embargo la población demanda un gobierno más eficaz que eficiente²⁵. De acuerdo con lo anterior se pueden mencionar los siguientes indicadores para evaluar la eficiencia y eficacia del control de inundaciones:

i. Indicadores de eficiencia

- Recursos aplicados al programa / recursos totales sexenales
- Incremento en la cobertura de la demarcación de cauces en zonas urbanas / total potencial
- Acciones de emergencias atendidas y sus resultados / total anual histórico
- Número de estudios hidrológicos y geohidrológicos realizados / total programado
- Cobertura territorial de modelos de simulación hidrológica / total programado
- Nivel de operación de la red hidroclimatológica / total de estaciones de la red actual
- Cobertura de la red hidroclimatológica modernizada / total de estaciones de la red actual
- Cobertura de los sistemas de alerta / total de sistemas programados

ii. Indicadores de eficacia

- Número de localidades protegidas contra inundación / total de localidades con problema
- Número de habitantes protegidos contra inundaciones / total de habitantes en alto riesgo
- Número de hectáreas protegidas contra inundaciones/ total de hectáreas de alta problemática
- Numero de hectáreas protegidas contra la erosión / total erosionadas anualmente

iii. Efectividad

Es importante observar que adicionalmente a los indicadores de gestión, es indispensable evaluar resultados de acuerdo con el logro de objetivos, misión y visión, que en este caso es la de evitar y disminuir los riesgos y los efectos negativos en la población, que traen consigo las inundaciones. Esta evaluación mostraría el efecto neto sobre los resultados que se quieren lograr con las acciones para controlar las inundaciones y daría el nivel de logro de las acciones en control de inundaciones.

iv. Monitoreo

El monitoreo debe aplicarse en campo y en reuniones de evaluación, al menos cuatro veces por año, en la que participen el personal involucrado, de tal manera que haya intercambio de las experiencias entre las diferentes unidades regionales y se aprovechen para mejorar el proceso de protección de centros de población y áreas productivas y se logre el objetivo de prevenir y evitar en lo posible las pérdidas humanas y materiales en las cuencas hidrológicas.

²⁵ Osborne David, Gaebler Ted (1994). Un Nuevo modelo de gobierno. Como transforma el espíritu empresarial al sector público. Editorial Guernika.

Tercera Parte

Fundamentos para la Formulación Estratégica de Proyectos para Control de Inundaciones

La tercera parte está contenida en los capítulos 3, 4 y 5.

En el cuarto capítulo, dentro del concepto de proceso de formulación estratégica, se presentan esquemas para la formulación de estrategias y proyectos, así como de una descripción de las diferentes etapas que conforman el proceso haciendo énfasis en los principales elementos que deben considerarse para control de inundaciones.

El quinto capítulo incluye diferentes conceptos para la evaluación y programación de proyectos de control de inundaciones, destacando la utilización de métodos probabilísticos para la evaluación, así como de técnicas de objetivos múltiples. En el caso de programación de inversiones se describen los métodos de programación lineal entera y programación dinámica, mediante ejemplos prácticos, para integrar programas óptimos cuando se cuenta con una cartera de proyectos y los recursos financieros son limitados.

En el sexto capítulo se integra por dos ejemplos de estudio de casos de formulación y selección de proyectos mediante la aplicación de técnicas de evaluación por métodos probabilísticos y de objetivos múltiples.

Por último se incluyen las conclusiones y recomendaciones más relevantes del trabajo, la bibliografía y anexos para soportar algunos temas expuestos.

Capítulo Cuatro

Proceso de Formulación Estratégica de proyectos de Control de Inundaciones

En el proceso de planeación estratégica de proyectos es muy importante la determinación o identificación del objetivo y metas que se desean lograr, para lo cual se deben establecer las estrategias. En esta etapa, la toma de decisiones del director o coordinador del proceso de formulación, con la participación de todos los elementos que inciden en la solución de la problemática, debe seleccionar las estrategias más adecuadas, que en el caso de inundaciones, requiere la exploración exhaustiva de la implantación de proyectos no estructurales o administrativos que resultan menos costosos y a veces son de gran impacto para evitar daños a la población. En el proceso de formulación son muy importantes las etapas de definición de la problemática, determinación de objetivos a realizar, selección de estrategias y metas para lograr los objetivos y la preparación de proyectos que deben ser propuestos dentro de las mejores soluciones integrales al problema.

Los proyectos hidráulicos deben formularse a partir de un proceso de análisis integral de la cuenca hidrográfica, de la que formen parte, y con base en estudios hidrológicos se cuantifican los flujos del agua de las corrientes así como su funcionamiento de acuerdo con sus interrelaciones. En el caso de formulación de proyectos estructurales para control de inundaciones es muy importante conocer el sistema hidrológico integral de las cuencas hidrográficas, ya que en el caso de ejecución de obras, éstas modifican el funcionamiento de las corrientes que integran la cuenca; por ejemplo, en el caso de encauzamientos y rectificación de cauces se incrementarán la velocidad y volumen del agua en las zonas más bajas. En el caso de ejecución de obras estructurales para proteger centros de población se debe tener en cuenta que los proyectos disminuyen la probabilidad de inundación pero por otra parte en el caso de una avenida superior a la de diseño de la obra, las consecuencias pueden ser mucho más graves, ya que una falla estructural puede representar mayores volúmenes de agua con mayor velocidad y su efecto destructivo será muy superior al que se presentaría sin protección.

El análisis de proyectos de control de inundaciones presenta limitaciones especialmente cuando se aplican criterios de eficiencia económica para seleccionar alternativas de solución en zonas donde se localizan asentamientos humanos, puesto que con dichos criterios es más conveniente evitar daños en lugares con alto valor monetario que en lugares donde se localicen viviendas de poco valor en las que habiten cientos de familias; por ello, es imprescindible conocer a detalle las implicaciones socioeconómicas que puede traer consigo una inundación, ante todo, saber el número de familias afectadas y sus condiciones de vida, ya que el desempleo, la falta de alimentos, salud, seguridad y vivienda puede representar un problema al país mucho más grave que los daños materiales ocasionados a la zona de inundación²⁶.

²⁶ Centro de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM (1980,1978) Apuntes del Curso de Control de Inundaciones

4.1 La planeación y gestión de los recursos hidráulicos

La planeación de los recursos hidráulicos se concretiza en la elaboración del plan que es el conjunto de estrategias y lineamientos para cumplir objetivos determinados para lograr el desarrollo en los plazos previstos. Asimismo, los programas de inversión se forman con uno o varios proyectos que se definen como la formulación de un conjunto de obras hidráulicas y medidas administrativas destinadas a lograr el aprovechamiento de los recursos hidráulicos conforme a las posibilidades físicas, técnicas y socioeconómicas²⁷.

Los planes se pueden dividir en tres tipos: Plan a largo plazo, de 12 a 25 años; Plan a mediano plazo de 6 años y el Plan a corto plazo de un año. En este contexto, es el Plan a largo plazo la base de la planeación ya que las obras hidráulicas que permiten aprovechar los recursos hidráulicos en cantidad y calidad deseada tienen la característica de que su construcción requiere de inversiones considerables así como de un largo período de construcción y maduración del proyecto. Esto plantea la necesidad de que haya una estrecha coordinación entre los planes hidráulicos y los planes económicos, técnicos y sociales de un país.

Los planes deben estimular la utilización racional de los recursos hidráulicos, prever y considerar las nuevas tecnologías, los cambios de orientación socioeconómica y los posibles fenómenos naturales. El Plan a mediano plazo, debe contener las principales orientaciones del desarrollo de los recursos hidráulicos, determinar las relaciones directas con otras ramas de la economía nacional y precisar la cantidad y calidad del agua requerida para los diferentes usos en todas las regiones del país, así como los recursos y posibilidades técnicas disponibles para satisfacer las necesidades de agua fijando el volumen y las tasas de crecimiento del consumo del recurso. Los planes a corto plazo o anuales aseguran la realización continua y sucesiva de actividades previstas en el mediano plazo. El Plan anual concretiza las actividades en materia de desarrollo hidráulico.

La importancia del agua ha provocado que en varios países el Estado sea el responsable total del control, manejo y reglamentación de su uso, es así como se han creado diferentes modelos de organización para lograr el desarrollo de los recursos hidráulicos tales como Comisiones Regionales de Cuencas Hidrológicas o Ministerios de Estado. En México el recurso agua es administrado, por la Comisión Nacional del Agua como única autoridad del Gobierno Federal, con atribuciones establecidas en la Ley de Aguas Nacionales, entre las que destacan las actividades de planeación, construcción, operación y administración del recurso.

Para la atención de la problemática causada por las inundaciones, la Comisión Nacional del Agua, juega un papel estratégico ya que en su estructura organizativa cuenta con las gerencias del Servicio Meteorológico Nacional y de áreas técnicas de aguas superficiales, que generan pronósticos y controlan la operación de los grandes cuerpos de agua como las presas. Adicionalmente, la Comisión se integra por 13 Gerencias Regionales y 18 Gerencias Estatales que proporcionan, en el caso de presentación de fenómenos hidrometeorológicos extremos, un adecuado y eficiente apoyo logístico para contrarrestar los efectos nocivos de las inundaciones.

²⁷ Azpurua y Gabaldón. Recursos Hidráulicos y Desarrollo. Edit. Tecnos. 1986

4.2 La formulación de proyectos hidráulicos

La formulación de proyectos es el proceso que comprende el conocimiento de los recursos naturales hidráulicos, edáficos, forestales, etc. y las características fisiográficas que pueden servir de fundamento para configurar el aprovechamiento del agua, la selección de los propósitos que deben ser considerados en función de los requerimientos que inciden sobre dichos recursos y la determinación y caracterización del sistema de obras físicas, así como las acciones que integran el proyecto. El proyecto es el conjunto de estudios y datos básicos que permiten definir un aprovechamiento para el uso, conservación o control de los recursos hidráulicos y naturales concomitantes, estimando las ventajas y desventajas económicas y sociales que se derivan de asignar recursos económicos para iniciar o mejorar la producción de determinados bienes y servicios.

La formulación puede realizarse considerando los objetivos de desarrollo nacionales y regionales y a partir de ello se buscan conjuntos de proyectos que ayuden en forma más eficaz y eficiente al logro de los objetivos; también es posible formular los proyectos a partir de la demanda local de bienes o servicios que resultan de aspiraciones de las comunidades o de la información básica proporcionada por el sistemático conocimiento de los recursos naturales. El proceso de formulación de proyectos hidráulicos se integra por una secuencia de decisiones que se toman mediante el análisis de diferentes niveles de estudio y de ejecución: Gran Visión, Prefactibilidad, Factibilidad, Proyecto Ejecutivo, Construcción y Operación, para ello se utiliza la evaluación que proporciona elementos de juicio para la jerarquización, selección y programación de proyectos²⁸. Ver Figura 4.1.

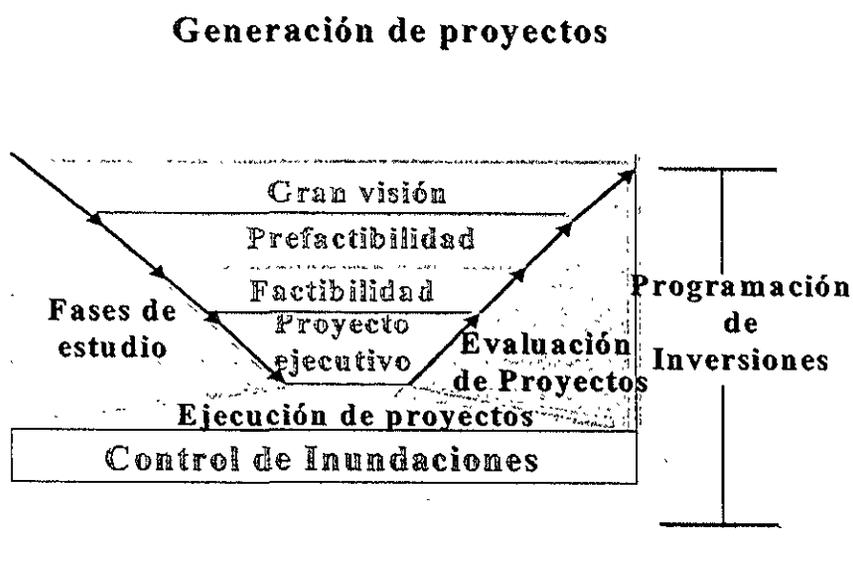


Figura 4.1

La toma secuencial de decisiones evita que haya fuertes inversiones sin aprovechamiento, puesto que las primeras etapas de estudio, de baja precisión, tienen costos muy bajos con relación a la última etapa. Por otra parte también se asegura que sólo los mejores proyectos sean elaborados hasta un alto nivel de precisión, que normalmente tienen un costo elevado. La Figura 4.2 muestra

²⁸ Calderon Hernán y Rostman Benito (1973) Notas sobre formulación de proyectos ILPES

que cuando la incertidumbre de la información sobre el proyecto tiende a desaparecer, el costo de los estudios que generan dicha información se incrementa en forma importante²⁹.

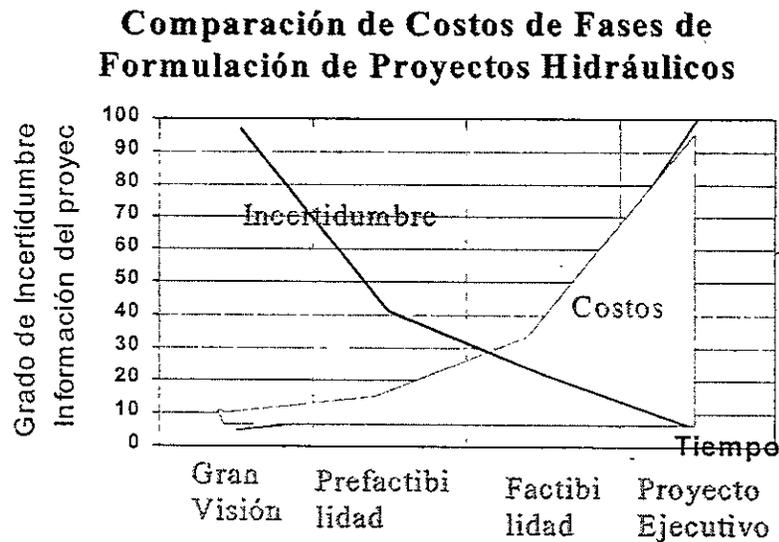


Figura 4.2

Algunos aspectos importantes que deben considerarse en el proceso de formulación de proyectos hidráulicos son:

- La construcción del proyecto generalmente se realiza con fondos del sector público, debido principalmente a que sus requerimientos e impactos sobrepasan determinados sectores de la población o a unidades geográficas. El impacto económico tiene efectos en la zona, región o en el país de acuerdo a su tamaño. Requiere de una legislación que garantice su aprovechamiento de acuerdo con los fines establecidos.
- Las obras hidráulicas tienen vida útil normalmente superior a los 20 años; una vez construido el proyecto prácticamente es imposible replantearlo para obtener ventajas adicionales técnicas o económicas. La selección del tamaño es muy importante, ya que las obras conllevan a economías de escala, por ello es necesario realizar estudios de optimización para seleccionar un dimensionamiento adecuado que garantice el logro de las metas del proyecto hidráulico.
- En la cuenca los proyectos son interdependientes desde el punto de vista hidrológico y pueden utilizarse para diferentes propósitos, generación de energía eléctrica, riego, control de inundaciones, abastecimientos de agua potable, navegación, recreación, etc.

4.3 Tipos de proyectos hidráulicos³⁰

Los recursos hidráulicos se clasifican de acuerdo a sus objetivos como abastecimiento de agua potable, riego, drenaje, generación de energía eléctrica, navegación, recreación, piscicultura, control

²⁹ Calderón Hernán y Roitman Benito (1973). Notas sobre formulación de proyectos. ILPES

³⁰ James L.D. and Lee R.R. (1972). Economics water resources planning.

y prevención de inundaciones, control de calidad del agua y control de la erosión; en forma general los objetivos y los tipos de obras y medidas de los proyectos hidráulicos son los siguientes:

- i. *Proyecto de abastecimiento de agua potable.* Tiene como objetivo suministrar agua en calidad y cantidad adecuadas a las poblaciones para su consumo doméstico, industrial, comercial y servicios públicos. Las principales obras que se construyen son presas de almacenamiento y derivación, pozos, conducciones, plantas de bombeo, plantas de tratamiento y sistema de distribución.
- ii. *Proyectos de riego.* El objetivo es incrementar la producción de alimentos mediante la construcción y operación de obras hidráulicas como presas de almacenamiento y derivación, pozos, plantas de bombeo, sistemas de distribución por canales, sistemas de drenaje y nivelación de tierras.
- iii. *Proyecto de generación de energía eléctrica.* El objetivo es suministrar energía eléctrica para su consumo por los diferentes sectores económicos de la población. Las obras que se construyen son: presas, tuberías de presión, plantas de generación, líneas de transmisión y túneles.
- iv. *Proyectos de navegación.* Tienen como objetivo transportar bienes y pasajeros a través de medios fluviales, las obras son presas, canales, esclusas, mejoramiento de cauces fluviales; y dragado de puertos.
- v. *Proyectos de recreación.* El objetivo es incrementar el bienestar y salud de la población mediante las acciones siguientes: construcción de presas, instalaciones recreativa, control de contaminación de ríos y preservación de la ecología de las regiones hidrológicas.
- vi. *Proyectos de piscicultura.* El objetivo es el mejoramiento de las condiciones ambientales para la caza, pesca y vida deportiva, las obras en construcción de refugios para caza y pesca, viveros de peces, escaleras de peces y mallas de protección en embalses, regulación de caudales, control de la contaminación y siembra de peces.
- vii. *Proyectos de control de calidad del agua.* El objetivo es proteger y mejorar las fuentes de suministro de agua para uso doméstico, industrial, comercial, público, agrícola y recreativo mediante la construcción y operación de plantas de tratamiento de efluentes, embalses para aumentar la difusión, sistema de alcantarillados, plantas de tratamiento de afluentes y disposición final.
- viii. *Proyectos de drenaje.* El objetivo es incrementar la producción de alimentos mediante obras como zanjas de desagüe, drenajes subterráneos, diques, plantas de bombeo y tratamiento del suelo.
- ix. *Proyectos de manejo de cuencas hidrológicas.* El objetivo es conservar y mejorar el suelo, controlar la erosión, disminuir el acarreo de sedimentos de los ríos, retardar el escurrimiento y mejorar los bosques y pastizales mediante obras de presas de gaviones, terrazas, surcos en contorno, manejo de bosques y pastizales y prácticas de conservación de cuencas.

- x. *Proyectos de control de avenidas e inundaciones.* El objetivo es prevenir o reducir los daños que ocasionan las avenidas en áreas urbanas o rurales mediante la ejecución de medidas administrativas no estructurales o de la construcción de las obras y acciones siguientes: presas de regulación, diques marginales, pozos, muros de contención de cauces, canales de vertido, plantas de bombeo, zonificación de áreas inundables, pronóstico de avenidas, conservación de cuencas, sistemas de drenaje, seguros contra inundaciones y ordenación de las planicies inundables.

De los proyectos mencionados el control de avenidas e inundaciones será desarrollado en este trabajo, mediante la aplicación de esquemas de planeación estratégica, ampliando y detallando los principales lineamientos para su formulación, así como las metodología de análisis para la jerarquización y selección de alternativas y, por último, presentando una guía general para la integración de este tipo de proyectos.

4.4 Métodos para formulación de proyectos para control de inundaciones

Se identifican dos formas de generar los proyectos, la primera de ellas se origina a partir de los estudios de las regiones hidrológicas de las cuencas y la segunda se inicia a partir de las solicitudes o propuestas que se hacen al nivel local. El primer método para la formulación de proyectos requiere del establecimiento de estrategias y directrices para el aprovechamiento o control de los recursos hidráulicos, de los balances entre las demandas del recurso agua y su disponibilidad y del análisis y diagnóstico de los problemas inherentes al recurso a nivel nacional y regional. El segundo método para la formulación de proyectos consiste en generar las soluciones a los problemas de inundación en el ámbito local o en las unidades hidrográficas mediante la demanda de satisfacción de necesidades manifestadas por la comunidades o por las autoridades locales o también a través de la recopilación sistemática de los recursos de la zona en estudio³¹.

Como primera etapa, el método consiste en identificar las áreas de inundaciones y elaborar los estudios necesarios para definir las medidas estructurales o administrativas que solucionen la problemática. En este punto es muy importante considerar la cuenca hidrológica en forma integral.

En la segunda etapa de la formulación se comparan las diferentes zonas en donde se identifican proyectos para seleccionar de acuerdo a las prioridades las más importantes dentro del conjunto de las estrategias de desarrollo regional; asimismo, se identifican las diferentes relaciones existentes entre las áreas dentro de la cuenca hidrológica

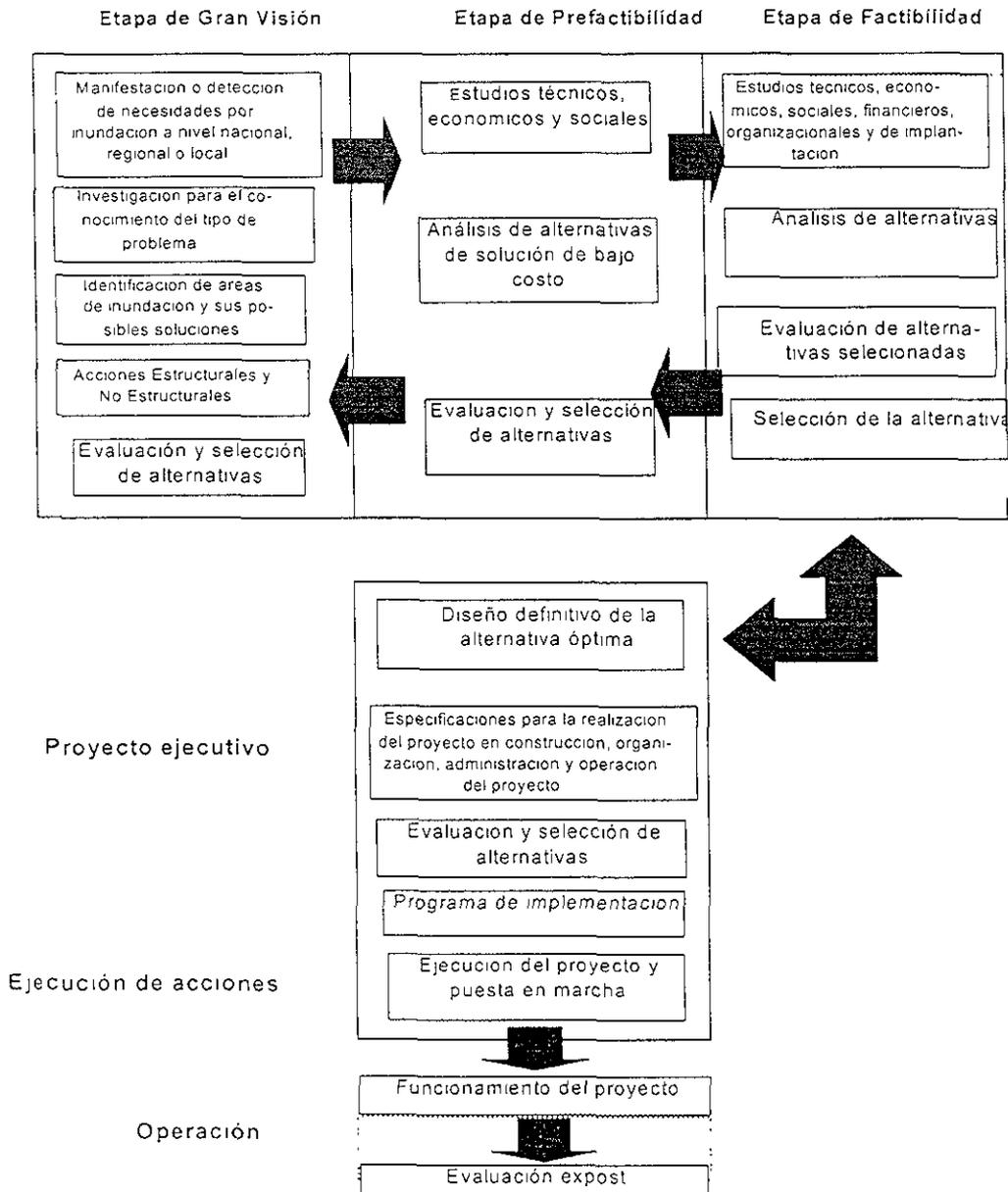
La tercera etapa consiste en generar alternativas de solución a nivel de la cuenca hidrológica y en cada zona en que se localizan los problemas de inundación, a fin de seleccionar los sistemas óptimos que satisfagan las necesidades planteadas; el análisis se realiza mediante dimensionamientos de obras no muy detallados que sirvan para escoger el mejor conjunto de alternativas y que fundamenten la toma de decisiones para proseguir con la secuencia del análisis hasta un nivel más específico.

En la cuarta etapa, el análisis se realiza a nivel local considerando las diferentes obras de cada área de proyecto llevando a nivel de estudio hasta la factibilidad técnica económica y social de cada tipo

³¹ Azpurua y Gabaldon.(1986) Recursos Hidráulicos y Desarrollo. Editorial Tecnos.

de solución. Con esta información se procede a la elaboración de proyectos definitivos de cada componente del sistema de aprovechamiento hidráulico todo ello enmarcado en la cuenca hidrológica.

Proceso de Formulación de Proyecto



4.5 Tipos de proyectos para control de inundaciones

4.5.1 Limitantes para formular alternativas para control de inundaciones

Para elaborar programas integrales de control de avenidas se requiere de información básica detallada, tanto topográfica e hidrológica como socioeconómica que permita elaborar un inventario de las áreas sujetas potencialmente a inundaciones y de los riesgos asociados a este tipo de fenómenos. Es necesario también reconstruir la información histórica de la presentación de

fenómenos hidrometeorológicos y sus daños e implantar mecanismos sistemáticos para que se obtenga información cada vez que ocurra un siniestro. Este tipo de información permite elaborar los programas respectivos.

La formulación de proyectos de control de avenidas e inundaciones presenta problemas de información ya que el número de observaciones del fenómeno generalmente no es el adecuado para determinar un comportamiento hidrológico confiable, por otra parte, las avenidas más grandes que causan los daños más importantes ocurren sólo una vez en varias décadas, lo que imposibilita su registro. Asimismo, la magnitud de los volúmenes de avenidas máximas es función de las propiedades físicas de las cuencas fluviales, ya que la erosión del suelo, los depósitos de azolve y las estructuras de los ríos producen cambios en el tiempo de la dimensión de los gastos máximos de una corriente.

Tipos de Estudios

| | |
|------------------|--------------------|
| Sociales | Hidrológicos |
| Económicos | Agrológicos |
| Financieros | Topográficos |
| Organizacionales | Mecánica de Suelos |
| Ambientales | Geológicos |

Otra modificación de la ocurrencia de inundaciones se debe a los cambios climáticos de una región, donde se presentan ciclos atmosféricos que pueden ser importantes en la incidencia de inundaciones. También puede cambiar, con el tiempo el tipo regional de incidencia; en resumen, se puede concluir que la falta de confiabilidad de la información se debe a registros poco numerosos e incompletos y al mal conocimiento de los factores determinantes del tiempo.

Para solucionar la falta de información se recurre normalmente a: extrapolar la curvas de frecuencia de inundaciones más allá del marco de la experiencia; simulación teórica de inundaciones con base en datos meteorológicos, hidrológicos y características físicas de las cuencas; corrección de la curva de frecuencia en función de los cambios en el comportamiento de los gastos máximos y suponer que las variables que intervienen en la distribución de la ocurrencia de inundaciones permanecen constantes.

Otra importante limitante que es necesario considerar es que el dimensionamiento de las obras hidráulicas para control de avenidas deben fundamentarse en fenómenos hidrometeorológicos que son aleatorios, por lo cual requiere un análisis probabilístico de la frecuencia con la que se presentan las avenidas máximas, de los grados de inundación, así como de los daños producidos en las zonas inundables.

Los registros históricos de avenidas máximas y daños causados a la zona son básicos para calcular los beneficios. Por otra parte, en zonas habitadas las pérdidas más importantes no pueden ser cuantificadas, ya que se trata de beneficios intangibles ligados a la reducción de pérdidas de vidas, salud, seguridad y en general al bienestar de la población.

Las alternativas para controlar las inundaciones depende de las condiciones físicas y socioeconómicas de la zona que se quiere proteger, por lo que en cada caso se tendrán alternativas de solución que serán específicas al problema planteado; se requiere primero determinar las áreas de inundación en zonas urbanas o rurales, la extensión que puede ser cubierta por las aguas de acuerdo con la frecuencia de avenidas, su profundidad y los daños económicos y sociales que ocurren en el momento de la formulación del proyecto y se deberán estimar los daños futuros, de acuerdo a un patrón de desarrollo espacial, previstos en el caso de no implantar ninguna acción en particular. A partir de lo anterior se deberán generar propuestas de acciones de construcción de infraestructura o de administración para la solución de la problemática de inundaciones

Las alternativas para prevenir inundaciones se pueden formar por varias combinaciones de proyectos, pero que en términos generales se destacan las acciones que presentan efectos en el corto plazo y aquellos que se fundamentan en el logro de resultados en el mediano y largo plazo. La generación de alternativas de solución para el control de avenidas e inundaciones requiere en principio un conocimiento más completo de los problemas a resolver por ello es conveniente regionalizar y analizar estadísticamente la ocurrencia de los fenómenos hidrometeorológicos, con lo que se tendrán elementos valiosos para evaluar cualquier acción que se programe.

4.5.2 Descripción de proyectos estructurales³²

En una región hidrológica se recomiendan diferentes tipos de obras en función de la localización de las áreas problema. En la parte superior de las cuencas se recomienda realizar trabajos de conservación de suelo y agua, pastizando, reforestando, construyendo surcos en contorno, terrazas y presas de gaviones. En la parte media se deben construir presas de almacenamiento o de control de avenidas que regulen los volúmenes de agua máximos dejando pasar cantidades de agua que no causen daños en las zonas bajas. En las zonas inferiores de la cuenca generalmente se construyen bordos de tierra paralelos a las márgenes de los ríos con el objeto de encauzar los volúmenes de agua y evitar que se desborden. En las cercanías de la desembocadura al mar se tiene que la pendiente es casi nula, lo que provoca bajas velocidades del agua que trae como consecuencia un gran depósito de azolves que forma las deltas y barras y que los volúmenes de agua se remansan e inundan áreas cercanas al mar. Las principales obras hidráulicas que se construyen en una cuenca hidrológica con fines de control de avenidas e inundaciones son las siguientes:

Presas derivadora

Es una estructura que cierra el cauce de un río hasta determinada altura con objeto de desviar volúmenes de agua para satisfacer demandas locales y su funcionamiento es como vertedor para dar paso a las avenidas. La presa se integra por una cortina, obra de toma, estructuras de limpia o desarenado y obras complementarias. La cortina es una estructura vertedora que se construye sobre el cauce del río para obstruir el escurrimiento de los volúmenes de agua. La obra de toma es una estructura que se construye con la finalidad de extraer en forma regulada volúmenes de agua para su

³² James I. D. and Lee R. R. (1972) Economics water resources planning.

conducción al lugar de demanda. La estructura de limpia o desarenador tiene como objeto desalojar los azolves que se depositan en la entrada de la obra de toma y regular el nivel de agua en ciertos límites cuando las variaciones del nivel del río sean pequeños. Obras complementarias incluyen el puente vado y diques de tierra.

Presa de almacenamiento

Es una estructura que cierra el cauce de un río para almacenar volúmenes de agua de las avenidas para extraerla de acuerdo con las demandas establecidas. Se tienen presas de tierra que se forman por materiales que se localizan cercanas al sitio de la cortina y pueden clasificarse en: de simple terraplén, de materiales graduados y de diafragmas. las presas de enrocamiento son terraplenes formados por fragmentos de roca de varios tamaños y su función es proporcionar estabilidad mediante una membrana impermeable. Las presas de concreto tipo gravedad son estructuras que con su propio peso resisten las fuerzas de empuje que actúan sobre ellas. Las presas de concreto armado.



Presa reguladora.

Es una estructura que se construye en el cauce de un río para retardar el escurrimiento y disminuir el efecto de las avenidas ocasionales. Se tienen dos tipos, en el primero se almacenan volúmenes de agua dejando salir únicamente volúmenes que no excedan la capacidad del cauce de agua abajo, y en el otro el agua se almacena para lograr que se infiltre en laderas o suelos con objeto de que se recarguen los acuíferos, este tipo de presas también se utilizan para detener los escarmentos del agua.

Represas

Esta estructura es pequeña y su construcción puede ser de concreto, mampostería, madera o una combinación de varios materiales; se emplea generalmente en los arroyos o ríos para disminuir la pendiente, evitar la erosión consolidar laderas mediante la elevación del cauce.

Canales de alivio

Es un canal que funciona para desviar el agua en un río, lo que provoca que las avenidas disminuyan aguas abajo del punto de desvío. Generalmente se requiere para su operación de estructuras derivadoras en la corriente por desviar o en su caso en la entrada al canal de alivio.

Bordos perimetrales

Son diques a bordos de protección que se construyen alrededor de la zona productiva o centros de población inundable, con estas obras no se altera el hidrograma normal del río y se evitan problemas aguas arriba o aguas abajo de la zona de protección.

Bordos Marginales

Estas obras protegen usualmente las márgenes de los ríos contra inundaciones, su altura dependerá de la selección adecuada de la capacidad a controlar de acuerdo con las avenidas máximas que puedan presentarse.

Áreas de inundación.

Estas áreas tienen como finalidad recibir temporalmente volúmenes de agua desviadas, que después de que se desalojan las avenidas hayan pasado. Estos almacenamientos deben contar con estructuras de control adecuadas que permitan la entrada y salida de volúmenes de agua regulados.

Corte de meandros

Se eliminan las superficies que se encuentran formando obstáculos a las corrientes de agua, para ello se excava una parte en forma de cauce piloto y la corriente de agua con la fuerza elimina el meandro, con ello se incrementa la pendiente, la velocidad y el caudal de agua, aguas abajo del corte; el cauce conserva su capacidad original por lo que los sólidos del meandro tienden a depositarse en la zona de aguas abajo donde disminuye la capacidad de conducción.

Espigones

Son estructuras apoyadas o empotradas en las orillas del río y que se prolongan hacia el centro del cauce, su acción provoca una desviación de la corriente alejándola de la orilla de apoyo del espigón, facilita el depósito de materiales que arrastra el río.

Proyectos Estructurales

| Objetivo | Estrategia | Acciones | Instituciones responsables |
|--|------------------------|---|--|
| Mejorar las condiciones de vida mediante Evitar pérdidas humanas y materiales por inundación | Acciones Estructurales | Construcción de presas Construcción de Bordos y muros Mejoramiento de canales Conservación de cuencas Construcción de espigones | Comisión Nacional de Agua Comisión Nacional de Agua Comisión Nacional de Agua Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Comisión Nacional de Agua |

4.5.3 Proyectos no estructurales.

Las acciones no estructurales comprenden el manejo de cuencas hidrológicas y la operación de compuertas, que mitigan la magnitud de las avenidas; regionalización de gastos máximos; zonificación de acuerdo al uso más adecuado del suelo, tomando en cuenta el riesgo de inundación; diseño de construcciones que no sean afectadas por las inundaciones; predicción de avenidas; lucha contra inundaciones; programas de ayuda a damnificados y los seguros contra inundaciones.

Predicción de avenidas.

Este método es la herramienta para implantar medidas no estructurales para el control de inundaciones, ya que permite la evacuación temporal de bienes y personas antes de que se presente la inundación y además de reducir los posibles daños, permite un manejo más adecuado de los escurrimientos mejorando la operación de las obras hidráulicas. El objetivo del pronóstico de avenidas es conocer con mayor exactitud y anticipación posible la forma y volumen de la avenida máxima cuya precisión varía inversamente con la antelación con la que se determina y por otra parte una sobreestimación del pronóstico ocasiona gastos y ansiedad en la población innecesarios que tienen como consecuencia una reducción de la credibilidad de las comunidades para futuros pronósticos.

Las predicciones

Se formulan a partir de la información sobre lluvias y escurrimientos medidos en la cuenca, se basan en las leyes de movimiento del agua en la superficie, para ello se utilizan métodos de precipitación-escurrimiento para estimar la formación y tránsito de los volúmenes de agua con lo que se determina el desplazamiento y deformación de la avenida lo que permite definir políticas de operación de las obras hidráulicas flexibles, que se puedan modificar conforme se retroalimenta la información sobre el caudal de agua pronosticado.

Los dispositivos de alerta y los pronósticos hidrológicos

Contribuyen enormemente a mejorar la eficacia de las medidas de prevención y de lucha contra inundaciones. En muchos países estos servicios son garantizados por Institutos del Estado o por oficinas hidrometeorológicas especializadas. En otros son realizados por oficinas encargadas de la gestión de los recursos del agua o por Comisiones de Cuencas hidrológicas. Se destaca la importancia que tienen las posibles comunicaciones con las estaciones de observación y la necesidad de automatizar la recopilación y procesamiento de datos.

Regionalización de gastos máximos

La clasificación de gastos máximos para diferentes frecuencias sirve para identificar regiones homogéneas desde el punto de vista de los factores que inciden en la formación de avenidas; se debe considerar la incidencia de ciclones, de otros fenómenos meteorológicos y de la localización de barreras orográficas, así como la distribución de la lluvia máxima diaria y los parámetros geomorfológicos en las cuencas; áreas, pendiente y longitud del cauce. Este sistema permite la explotación óptima de las planicies inundables, por otra parte, la automatización y el perfeccionamiento de los sistemas hidrológicos y meteorológicos de alerta reducen el riesgo de sorpresa.

Proyectos no estructurales

| Objetivo | Estrategia | Acciones | Instituciones Responsables |
|---|--|-------------------------------------|--|
| Mejorar las condiciones de vida de la población mediante el evitar pérdidas humanas y materiales por inundación | Implantación de medidas correctivas | Planes de auxilio | Gobierno Federal, Estado y municipio |
| | | Pronósticos de avenida | Gobierno Federal |
| | | Sistema de alerta | Estados y municipios |
| | | Reglamentación de desarrollo urbano | Municipio |
| | Medidas preventivas para regulación de planicies inundables: | Ordenamiento de zonas | Gobierno Federal, Estados y municipios |
| | | Control de uso del suelo | Municipio |
| | | Reglamento de construcción | Municipio |
| | | Aspectos técnicos legales | Estados y municipios |
| | | Implantación de seguros | Particulares y municipio |
| | Otras medidas preventivas | Supervisión técnica | Municipio |
| | | Señalamiento | Municipio |
| | | Vigilancia policiaca | Municipio |
| | | Espacios abiertos | Municipio |
| Agricultura y pastoreo | | Particulares | |

Para la selección de estas alternativas se debe determinar en cada caso si el monto de las pérdidas evitadas es tal que se justifique el gasto para la protección contra inundaciones y en su caso agotar la búsqueda de formas para reducir en lo posible el costo de las obras propuestas. Por ejemplo, en ocasiones es más conveniente aplicar inversiones en plantación de pastizales o desarrollo de zonas de recreación para evitar asentamientos en las zonas inundables, y con ello reducir las obras necesarias para el control de los excedentes de agua.

4.6 Estudios básicos para la formulación de proyectos

La formulación de proyectos de control de inundaciones requiere de la elaboración de estudios básicos socioeconómicos y técnicos para conocer la problemática de la zona en estudio y plantear alternativas de solución. Se seleccionan aquellas que sean más adecuadas para el logro del objetivo fijado.

4.6.1 Estudios socioeconómicos³³.

Tienen como finalidad conocer el grado de desarrollo de las comunidades afectadas para cuantificar el impacto que tienen las inundaciones en la región, a partir de lo que se establecen objetivos y metas del proyecto y además se forma un marco de referencia para evaluar las propuestas, para mejorar las condiciones de la población afectada en el área inundable. Esta información también se requiere para la viabilidad social del proyecto (aceptación) mediante una propuesta de labores de promoción ante los usuarios del proyecto e instituciones afines, de educación y capacitación, necesaria de servicios y obras de infraestructura, de regularización de la tenencia de la tierra y de organización adecuada para la operación del proyecto. Los principales aspectos que comprenderá este tipo de estudios son los siguientes:

Demografía. Se integra con los datos de población total, rural y urbana por sexo y edad, además de la fuerza de trabajo, población económicamente activa por ramas de actividad y los movimientos migratorios de la zona en estudio. La información demográfica tiene como principal objetivo conocer el porcentaje de población afectada, así como los posibles efectos en su emigración y el nivel de ingresos a causa de las inundaciones.

Niveles de vida y bienestar de la población. Este indicador se obtiene mediante el conocimiento del tipo de alimentación, vivienda, mobiliario, vestido, calzado, diversiones y festividades de la población. Estos datos se utilizan para determinar la situación con o sin inundaciones.

Servicios a la población. En este análisis se integran los datos de educación, agua potable, alcantarillado y energía eléctrica, con la que se determina el grado de desarrollo actual y se estima el potencial de la zona de inundación.

Tenencia de la tierra. Incluye el conocimiento del tipo de tenencia, situación legal de los predios urbanos y rurales y la problemática general; esta información se utiliza para determinar las afectaciones que requieren las obras de control de avenidas e inundaciones, así como las posibilidades de organización para lograr un mejor desarrollo de la zona de estudio.

Infraestructura existente. Se determinan las vías de comunicación, medios de comunicación, almacenes, obras hidráulicas, viviendas, fábricas; estos datos son fundamentales para cuantificar los daños materiales, históricos y potenciales causados por las inundaciones.

Uso y organización actual del agua. Se debe incluir número y tipo de usuarios, conflictos existentes, superficie bajo riego, fuentes de abastecimiento, distribución, disponibilidad de agua, costos de operación y conservación, grado de manejo y aplicación del recurso por los usuarios; esta información es determinante para la propuesta de alternativas para el manejo del agua que disminuye los efectos negativos de las inundaciones.

Actividades productivas. Este apartado incluye los conceptos de organización del trabajo para la producción, el uso del suelo en el área inundable, producción actual, costos de producción, técnicas de producción, generación de empleos, crédito, seguro, extensionismo, comercialización.

³³ CETENAL (1976). La información cetenal en la planeación, proyecto y construcción de presas y bordos.

rendimiento, precios de venta de los productos y precios de terreno; estos indicadores son básicos para estimar el valor de la producción que se pierde anualmente por inundación.

4.6.2 Estudios topográficos³⁴

Tienen como objetivo determinar la zona inundable, así como la generación de alternativas para solucionar el problema de inundación. Entre los principales estudios se encuentran los siguientes:

Levantamiento de la zona inundable. Incluye la forma, principales obstáculos para la circulación del agua, identificación de estructuras, viviendas, fábricas, zonas de riego y temporal de la zona de inundación; esta información es determinante para conocer el grado de inundación en función de los gastos máximos, lo cual se obtiene a partir de un modelo de simulación hidrológica.

Levantamiento de la cuenca. Incluye la forma de la cuenca y su área correspondiente, lo que sirve para determinar el coeficiente de escurrimiento de acuerdo con su vegetación, pendiente y tipo de suelo; estos datos son útiles para la obtención del hidrograma unitario precipitación-escurrimiento.

Levantamiento de vasos. Se deben definir las corrientes susceptibles de aprovecharse, cauce principal, régimen de la corriente, época de lluvias y estiaje, curvas, elevación áreas-capacidades, señales de avenidas máximas, suelos erosionados, acarreos, señales registradas en las boquillas por avenidas. A partir de esta información se podrán generar alternativas de manejo del agua mediante la propuesta de nuevas estructuras de control.

Levantamiento de boquillas. Se hace la topografía de secciones transversales al cauce, con lo cual se generarán anteproyectos de cortina para nuevos almacenamientos.

Levantamiento de conducciones alternativas. Incluye las áreas con posibilidades de desviación o ampliación de conducciones que eviten o disminuyan los efectos de las inundaciones.

4.6.3 Estudios geológicos y de mecánica de suelos³⁵

El objetivo de este estudio es conocer las características geológicas de los lugares seleccionados para almacenar o controlar el agua y con ello dar recomendaciones para evitar costos de estudios posteriores; se recomienda obtener la siguiente información:

Geología de la boquilla. Comprende información de tipo geomorfológico, estructura y estratigráfico de los sitios propuestos.

Geología del vaso. Incluye la posición estructural y estratigráfica de zonas de infiltración, manantiales y de otros factores que puedan influir en el funcionamiento del vaso. Determinación del tipo y la calidad de los suelos en el sitio de construcción de estructuras, así como de los bancos de materiales disponibles para la construcción de obras

³⁴ Secretaría de Recursos Hidráulicos (1976) Pequeños Almacenamientos.
Secretaría de Recursos Hidráulicos (1976) Pequeños Almacenamientos.

4.6.4 Estudios agrológicos³⁶

Estos estudios se requieren para proponer esquemas de desarrollo agrícola futuro, con el objeto de estimar los beneficios posibles de la región inundada, tales como: clasificación de suelos en series, tipos y fases, clasificación de suelos para uso agrícola programas de cultivos con base en la relación suelo-agua-planta clima, necesidades de nivelación de tierras, calidad del agua, métodos de riego para cada tipo de suelo, trazo de la distribución del agua, medidas contra la salinización de suelos, necesidades de drenaje agrícola, capacidad de uso de los suelos, medidas para controlar la erosión, manejo de suelos y determinación del valor de la tierra.

4.6.5 Estudios hidrológicos³⁷

Estos estudios determinan la avenida máxima a controlar con base en los daños causados en la zona inundable. se generan y analizan diferentes alternativas para seleccionar los tamaños óptimos de las obras o estructuras hidráulicas, que se requieren para un manejo del recurso agua que controle en forma adecuada las inundaciones de la zona; entre los principales análisis hidrológicos se tienen:

i. Determinación de la avenida máxima

Se cuenta con dos métodos para estimar la avenida máxima, el estadístico que proporciona información sobre el pico de la avenida (el volumen se obtiene al multiplicar las ordenadas de la máxima avenida histórica por una constante que es la relación entre el valor del pico de la avenida obtenida estadísticamente y el de dicha avenida) y el de la relación lluvia-escurrencimiento, que fija un *hidrograma modelo que se modifica según las lluvias que pueden ocurrir*. Una variante de este último son los métodos empíricos que se utilizan cuando no se obtiene información hidrológica.

El método estadístico consiste en ajustar una función de distribución de probabilidades a los gastos máximos históricos registrados para extrapolar y determinar el gasto correspondiente a una probabilidad deseada. Uno de los métodos más utilizados es el de Gumbel, que supone que los gastos máximos anuales se pueden representar estadísticamente con una función de probabilidades de la forma:

$$f_Q(q) = [\exp] [- \exp] [\frac{q-a}{c}] \quad (4.1)$$

donde:

- q: Gastos máximos anuales.
- $f_Q(q)$; Función de distribución de probabilidades de los gastos máximos anuales.
- a, c: Parámetros de la función que se estiman a partir de los gastos máximos anuales registrados.
- exp; Base de los logaritmos naturales.

La función anterior puede expresarse como:

$$\ln \ln (1/f_Q(q)) = (\frac{q-a}{c}) \quad (4.2)$$

³⁶ idem

³⁷ Comisión Federal de Electricidad (1980). Manual de Obras Civiles. A.1.10. Avenida de Diseño. A.1.11. Predicción de Avenidas. A.1.7. Tormenta de Diseño. A.1.8. Tránsito de Avenidas en Vasos.

donde:

L_n ; logaritmo natural

o también

$$L_n L_n \left[\frac{T_m}{T_m - 1} \right] = \left[\frac{q - a}{c} \right] \quad (4.3)$$

donde:

T_m . Período de retorno en años asociados al gasto o cuyo recíproco es la probabilidad de que en un año cualquiera ocurra ese gasto o uno mayor.

La ecuación también se puede escribir:

$$q = a + c L_n L_n \left[\frac{T_m}{T_m - 1} \right] \quad (4.4)$$

El segundo método, relación lluvia-escorrimento, se utiliza frecuentemente con el hidrograma unitario que consiste básicamente en lo siguiente: A partir de las curvas intensidad-duración-frecuencia y los hidrogramas unitarios correspondientes, se fija la frecuencia deseada para la avenida de diseño. Posteriormente se obtienen las intensidades correspondientes a varias duraciones comprendidas entre la mitad del tiempo de concentración y el doble del mismo. A la intensidad del tiempo de concentración y el resultado se le multiplica por la duración para obtener la altura de lluvia efectiva. Con el producto de los valores de las ordenadas del hidrograma unitario de la duración correspondiente por la altura de lluvia efectiva obtenida, resulta la avenida de diseño a la cual se agrega el escurrimiento base. Aplicando varias veces el procedimiento para diferentes duraciones se obtienen avenidas para una misma frecuencia mediante la cual se pueden analizar las condiciones de funcionamiento del vertedor y conocer la más desfavorable.

Otro método es el de envolventes de Creager que es un caso particular del anterior y consiste en estimar el pico de la avenida de diseño, mediante la selección de la curva envolvente regional o mundial, que proporciona coeficientes unitarios para cada valor del área. El producto del coeficiente por el área de la cuenca dará como resultado el gasto de pico buscado.

La selección del método para estimar la avenida máxima depende principalmente de la información disponible, las características de la obra y la magnitud de los daños que se presentarían a causa de una avenida mayor que la de diseño. Si la obra se diseña con una avenida con gasto máximo de período de retorno igual a T_m luego entonces la probabilidad de falla o de presentarse una avenida con mayor período de retorno durante la vida útil de la estructura sería:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_m} \right)^L \quad (4.5)$$

donde:

P . Probabilidad de presentarse al menos una falla durante la vida útil de la estructura.

T_m . Período de retorno del gasto de diseño en años

L . Vida útil de la obra hidráulica en años

El costo esperado de los daños por falla serían:

$$\bar{c} = P * D \quad (4.6)$$

donde:

- \bar{c} ; Costo esperado por posible falla
- D : Costo del daño en caso de falla.

Por lo tanto, el período de retorno para el daño deberá seleccionarse minimizando la función del costo de daños.

Las limitantes de los métodos estadísticos para estimar la avenida máxima es que no cuentan con registros históricos suficientes y por lo tanto la función de probabilidad obtenida tiene un alto grado de incertidumbre. Aunado a lo anterior se agrega que las tormentas máximas pueden ser de tipo convectivo o ciclónico y entonces la muestra corresponde a dos poblaciones diferentes, haciendo más difícil la aplicación de los métodos estadísticos. Otra limitación es que en estos métodos sólo se obtiene el valor del gasto de pico y se requiere de hipótesis para definir la forma de las avenidas.

La principal limitante de los métodos lluvia-escorrimento es el desconocimiento de la distribución espacial real de la lluvia, ya que normalmente el número de pluviómetros es escaso y por otra parte la estimación de pérdidas es incierta cuando no se cuenta con registros históricos que permitan calibrar la estimación. Los métodos empíricos tienen la limitante que se obtiene a partir de relaciones estadísticas deducidas con datos de otras regiones y su extrapolación da en ciertos casos resultados no muy lógicos. Por último cuando no hay posibilidad de utilizar otro método por falta de información se recomiendan las fórmulas empíricas que cualitativamente resultan lógicas.

ii. Tránsito de avenidas en vasos

Es el procedimiento analítico para determinar la forma del hidrograma de salida del vaso de almacenamiento de una presa cuando se presenta una avenida o se conoce el hidrograma de entrada. Mediante el tránsito de avenidas se conoce la evolución de los niveles a partir del inicial para confirmar si la regla de operación seleccionada en cuanto a la política de salidas por la obra de excedencias y la obra de toma es adecuada, de tal forma que si se presenta la avenida no peligran la presa, bienes materiales o vidas humanas aguas abajo. Además esto permite fijar la altura de cortina y dimensionar las obras de desvío a la altura de ataguías. El fundamento del tránsito de avenidas es la ecuación de continuidad, ya que para cierto volumen en un vaso de almacenamiento es la siguiente:

$$I - O = \frac{dv}{dt} \quad (4.7)$$

donde:

- I Gasto de entrada al vaso
- O Gasto de salida del vaso
- dv/dt variación del almacenamiento v en el tiempo t

Para resolver la ecuación se utiliza el siguiente esquema de diferencias finitas.

$$\left(\frac{I_i + I_{i+1}}{2} \right) - \left(\frac{O_i + O_{i-1}}{2} \right) = \left(\frac{V_{i-1} - V_i}{\Delta t} \right) \quad (4.8)$$

- t : Intervalo de tiempo seleccionado para efectuar los cálculos del tránsito
- $i, i+1$: Subíndices que representan los valores de las variables al inicio y al final del intervalo de tiempo t , respectivamente.

En el tránsito de avenidas no se consideran variables como la evaporación y la infiltración, ya que el intervalo de tiempo considerado para la simulación es muy pequeño. Para establecer la relación entre almacenamiento y gastos de salida es necesario contar con dos curvas, la de elevaciones-volumenes de almacenamiento del vaso y la de elevaciones-gastos de salida por la obra de excedencias. La primera curva se obtiene a partir de los planos topográficos del vaso; la segunda, si se trata de un vertedor de cresta libre, la curva de descarga está dada por la ecuación $Q = C L (h-H)^{3/2}$, donde H , L y C son respectivamente, la elevación de la cresta del vertedor, longitud y coeficiente de descarga del vertedor y h es la elevación del espejo del agua en el vaso. Utilizando las dos curvas se obtiene, para cada volumen almacenado en la presa, la elevación del agua y con éste el gasto de salida y la relación de volumen de almacenamiento-gasto de salida.

iii. Tránsito de avenidas entre dos secciones de un río

Se presenta el método de Muskingum, que es simplificado para tránsito de avenidas entre dos secciones de un río y consiste en utilizar una ecuación que implica que el almacenamiento (s), en el tramo comprendido entre las dos secciones es una función lineal del gasto que entra en la sección de agua arriba (I) y el que sale en la de agua abajo (O). Además se supone que la función no varía con el tiempo, es decir:

$$S = K [X I + (1-X) O] \quad (4.9)$$

donde:

- K : Tiempo característico del tránsito en el tramo
- X : Factor de peso, que varía entre 0.0 y 0.5

También se requiere la ecuación de continuidad expresada en incrementos finitos

$$\left(\frac{I_{i-1} + I_i}{2} \right) - \left(\frac{O_{i+1} + O_i}{2} \right) = \left(\frac{S_{i+1} - S_i}{\Delta t} \right) \quad (4.10)$$

donde.

- I_i : gasto que entra en el instante j
- O_i : gasto que sale en el instante j
- S_i : almacenamiento en el tramo en el instante j
- Δt : intervalo de tiempo

Si se utiliza la primera ecuación para calcular el almacenamiento en los instantes j y $j+1$, se tiene:

$$[S_{j+1} - S_j] = K [X (I_{j+1} - I_j) + (1-X) (O_{j+1} - O_j)] \quad (4.11)$$

Sustituyendo en la ecuación de continuidad, se tiene:

$$O_{j+1} = C_0 I_{j+1} + C_1 I_j + C_2 O_j \quad (4.12)$$

donde:

$$C_0 = \frac{-KX + 0.5 \Delta t}{K - KX + 0.5 \Delta t} \quad (4.13)$$

$$C_1 = \frac{KX + 0.5 \Delta t}{K - KX + 0.5 \Delta t} \quad (4.14)$$

$$C_2 = 1 - C_0 - C_1 = \frac{1 - KX + 0.5 \Delta t}{K - KX + 0.5 \Delta t} \quad (4.15)$$

Si se conoce K , X y la avenida de entrada en la sección aguas arriba, la avenida de salida en la sección de aguas abajo puede conocerse aplicando la ecuación anterior.

4.7 Integración de estudios³⁸

La generación de proyectos de control de avenidas e inundaciones debe realizarse en etapas de tal forma de obtener resultados con el menor costo posible, ya que los primeros estudios de baja precisión tienen bajos costos, pero permiten conocer en forma general el proyecto y tomar decisiones de continuar o no con la formulación del proyecto. Las etapas en que se divide el estudio son: (Gran visión, Prefactibilidad, Factibilidad y Proyecto ejecutivo).

i. Etapa de gran visión

En este nivel de estudio se tiene como objetivo conocer las características generales del problema e identificar la idea del posible proyecto, que se logra delimitando y ubicando las áreas de inundación, así como las posibles soluciones. Para lo anterior es suficiente realizar visitas de inspección a los lugares en conflicto, así como analizar la cartografía elaborada por los organismos especializados que cuentan con planos topográficos y fotografías aéreas que cubren la mayor parte del territorio nacional. En esta etapa es conveniente el conocimiento de la probabilidad de ocurrencia de avenidas

³⁸ Secretaría de Recursos Hidráulicos (1976). Pequeños Almacenamientos.

e inundaciones con base en las regionalizaciones y análisis estadísticos de los fenómenos hidrometeorológicos elaboradas por dependencias públicas o de investigación. Los estudios que comprende la etapa de Gran visión son los siguientes:

Estudio socioeconómico. Consiste en realizar una visita de inspección, análisis de información censal y evaluación de daños y determinación aproximada de costos de posibles soluciones.

Estudio topográfico. Se utilizan planos topográficos escalas 1:500,000, 1:250,000 1:100,000 y 1:50,000 que se deberán apoyar en fotografías aéreas para delimitar el área problema.

Estudio geológico. Se realiza una inspección visual en los lugares propuestos como sitios para cortina de presa.

Estudio de mecánica de suelos. Se hace una inspección visual de los sitios para obras propuestas y bancos de préstamo de materiales.

Estudio hidrológico. Se realiza una visita de inspección y se determina el aprovechamiento de la avenida máxima y escurrimiento.

Estudio agrológico. Se realiza una visita de inspección para determinar las características generales, áreas erosionadas por inundación, pedregosidad, salinidad, topografía difícil, etc., se hará fotointerpretación con observación cartográfica escala 1:500,000 1:250,000 y 1:100,000

Con base en los resultados de los estudios realizados a Gran visión se toma la decisión de continuar o no con la siguiente etapa de estudio.

ii. Etapa de prefactibilidad

Esta parte del estudio tiene como finalidad analizar diferentes alternativas de solución utilizando valores índice, lo que permite ampliar el análisis tanto como sea posible: por su bajo costo ésta se realiza mediante lo siguiente:

Estudio socioeconómico. Se elabora con información censal y análisis de muestras con baja densidad, se evalúan los daños y costos de las alternativas de solución.

Estudio topográfico. Se requiere de planos topográficos con escalas 1:50,000 y 1:20,000 con curvas e nivel a cada 20 m y 10 m respectivamente.

Estudio geológico. Se requiere realizar sondeos para perfiles estratigráficos cada 200 m en eje de cortina o cuando menos 3 sondeos, así como en el área del vaso de la presa.

Estudio de mecánica de suelos. Construcción de pozos a cielo abierto a cada 1000 m o 500 m, en forma de malla en el sitio de la obra o en los bancos de materiales para definir tipo y calidad de suelo

Estudio hidrológico. Se generan y analizan alternativas de manejo hidrológico de caudales de diferentes tamaños, mediante su pronóstico, tránsito y estimación de avenidas máximas.

Estudio agrológico. Se determinan las principales características físicas, químicas y biológicas de los suelos definiendo sus clases, también se realiza fotointerpretación con verificación de campo y laboratorio; la cartografía que se utiliza es con escala 1:50,000 y 1:20,000. Este análisis es muy recomendable para la realización de obras de control de la erosión.

Dimensionamiento general de obras hidráulicas. De acuerdo con los datos proporcionados por los estudios anteriores se elaboran, las alternativas de control de avenidas e inundaciones, de las cuales se cuantifican tanto sus costos como sus beneficios, lo que es suficiente para tomar la decisión de continuar o no con la siguiente etapa:

iii. Etapa de factibilidad

El objeto del estudio de factibilidad es analizar alternativas de solución con mayor precisión y seleccionar la más óptima mediante la realización de los siguientes estudios:

Estudio socioeconómico. Se realiza con información censal y levantamiento y análisis de muestras de alta densidad. Se evalúan los daños y costos de la alternativas de solución. Se determinan los cuadros de fuentes y usos de fondos financieros para realizar los proyectos.

Estudio topográfico. Se elaboran planos topográficos con escala 1:10,000, 1:5,000, 1:2,000 y 1:1,000.

Estudio geológico. Se ejecutan los sondeos necesarios para definir con precisión el perfil geológico. Se determina la potencialidad de los bancos de préstamo de materiales y se hacen pruebas de laboratorio para definir las características físicas químicas y de mecánica de rocas.

Estudio de mecánica de suelos. Se determinan los perfiles estratigráficos del suelo en los ejes de las estructuras propuestas utilizando la clasificación SUCS, mediante granulometrías propiedades índice, peso volumétrico, densidad, capacidad al cortante con muestras alteradas e inalteradas de suelos, pruebas de campo y laboratorio.

Estudio hidrológico. Se generan y analizan alternativas para el control de avenidas e inundaciones mediante el pronóstico, tránsito y estimaciones de avenidas máximas.

Estudio agrológico. Se determinan las características físicas, químicas y biológicas e hidrodinámicas del suelo. Se definen las características del suelo en series, tipos y fases para el diseño de bordos de protección y drenaje. Se fotointerpreta con verificación de campo y análisis de laboratorio con escala de 1:20,000 y 1:10,000.

Dimensionamiento preliminar. Se analizan las alternativas de control de avenidas e inundaciones dimensionando y cuantificando sus costos y beneficios, a partir de lo cual, se toma la decisión de invertir en el proyecto o no. En el caso de que la decisión sea la de realizar la alternativa óptima, se continúa con el proyecto ejecutivo que será la base para la construcción de obras o de implantación de acciones.

iv. Etapa de proyecto ejecutivo

Esta etapa tiene como objetivo diseñar la alternativa óptima que ha sido seleccionada en el análisis anterior donde se han considerado los factores técnicos, económicos y financieros para realizar el proyecto. El diseño de la alternativa óptima se hace con base en los estudios siguientes:

Estudio socioeconómico. Consiste en iniciar la promoción y divulgación del proyecto en las instituciones que participan en la región y en las comunidades afectadas o beneficiadas por el proyecto. Se ajusta el cuadro de fuentes y usos de fondos de los recursos financieros para realizar el proyecto, ya que los costos tienen mayor precisión.

Estudio Topográfico. Se utilizan planos topográficos con escalas 1:10,000, 1:5,000, 1:2,000, 1:1,000, 1:500 y 1:100.

Estudio geológico, hidrológico, agrológico y de mecánica de suelos. Se elaboran análisis complementarios para fijar los detalles específicos de las obras hidráulicas o acciones no estructurales que deben llevarse a cabo.

Diseño. Con base en los estudios anteriores se determinan las especificaciones para la construcción del proyecto o implantación de acciones no estructurales, a partir de lo cual sólo se requiere de control y supervisión para que la realización de la acción u obra hidráulica sea la más adecuada.

4.8 Integración documental del Proyecto para control de inundaciones

A partir de la selección de la alternativa óptima se deberán integrar los diferentes análisis que incluyan la parte técnica, económica, social, financiera, de organización, el programa de implantación y las conclusiones y recomendaciones para la ejecución de las acciones estructurales o no estructurales. En forma general, el documento del proyecto deberá contener principalmente las siguientes partes³⁹:

4.8.1 Resumen del proyecto

Descripción de los objetivos específicos. Encuadrados en el objetivo general que es la prevención de inundaciones, se describirán los objetivos específicos del proyecto en relación a la reducción de daños, ocasionados por las avenidas en áreas productivas o centros de población, de acuerdo con las acciones propuestas. Asimismo se deben presentar cuantificadas las metas que se obtendrán en el corto, mediano y largo plazo.

Síntesis de conclusiones. Se describe la situación actual con énfasis en la problemática causada por las inundaciones en la zona de estudio, considerando las repercusiones potenciales en el caso de que no se realice ninguna acción, y comparándolas con la probable situación futura con la realización de acciones para prevenir inundaciones. De los resultados entre las dos situaciones, con y sin proyecto, se deben presentar las diferencias que son equivalentes a los beneficios esperados. Se mencionarán las principales características del proyecto seleccionado, tales como la localización, obras de

³⁹ Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social, (1978) Guía para la presentación de Proyectos. Editorial Siglo Veintiuno.

infraestructura, acciones no estructurales, programa de realización, costos, insumos, tecnología, tamaño, etc.

Sobre el análisis financiero, se incluirá el capital necesario, las necesidades de financiamiento nacional y externo, así como los gastos de operación normal y el punto de equilibrio. Será importante señalar las posibilidades de recuperación de inversiones y costos de operación, con fondos provenientes de los usuarios o de las poblaciones que serán beneficiadas. Con base en el análisis económico se describirá la relación del proyecto con la economía del país, región o localidad así como, sus principales indicadores económicos y las ventajas y desventajas para su realización, es necesario destacar la actitud de las comunidades donde tendrá efectos socioeconómicos el proyecto.

4.8.2 Descripción y análisis de la problemática de inundaciones

En este apartado se debe incluir una descripción de los tipos de inundación probables que se podrían presentar, así como sus efectos a nivel local, regional o nacional con base en los análisis de ocurrencia de avenidas generadas en las cuencas hidrológicas. Se presentarán las características de la población e ingresos per-cápita y las principales actividades económicas de la zona afectada y se incluirá la estadística de inundaciones y daños, de acuerdo con proyecciones que consideren un patrón de desarrollo futuro de las regiones afectadas, y en el caso de no ejecutar ninguna acción de control de inundaciones.

Se analizarán las medidas que se han aplicado para resolver la situación y en función de sus resultados y de la importancia social y económica de los daños, se formularán alternativas para evitarlos en lo posible. Se determinarán los costos aproximados y la factibilidad de implantar diferentes medidas de control. Se deberá incluir información que evalúe las posibilidades de éxito o fracaso de las propuestas de solución a la problemática presentada con la ocurrencia de inundaciones.

4.8.3 Estudio técnico

Dimensionamiento. Se deben integrar los análisis para la definición del tipo y tamaño del proyecto, justificando la localización y dimensión con base en las limitantes de los recursos financieros, materiales, administrativos, etc.

Localización. Incluye la ubicación del proyecto de cada una de sus partes a nivel local, justificándola con base en las características del terreno, costos de transporte, tipo de daños, conservación del medio ecológico, etc.

Descripción de obras físicas. Se integra con el inventario de las obras y sus especificaciones para su realización, las dimensiones, requerimientos de materiales, terrenos y equipo, mano de obra, instalaciones para la construcción, así como el cálculo de costos unitarios y totales de las obras que se construirán.

Organización. Se especifica cómo se ejecutará la construcción, que entidades la realizarán, el tipo de contratación, administración y control de la ejecución. También se incluye el proyecto de organización para la operación de las obras, de preferencia en etapas con planteamientos jurídico-administrativos, técnico funcional, sistema de control y el organigrama general.

Programa de obras. Se presenta un desglose del proyecto mencionando el tipo y número de proveedores de insumos, así como todos los detalles del diseño definitivo, incluye las entidades que proporcionarán el financiamiento o como se deberá negociar, así como el tipo de autorizaciones

legales que se requieren y la propuesta para el tipo y forma de contratación de empresas ejecutoras. También se incluye la secuencia y forma de construcción de las obras físicas, necesidades de adquisición de maquinaria y equipo o fabricación y entrega, montaje de maquinaria y equipos, contratación y capacitación de personal, organización e instalación de la empresa. Se complementa lo anterior con la definición de las etapas de operación experimental y puesta en marcha mencionándose los periodos para la operación normal de las obras.

Costos. Esta parte contiene el costo total de la inversión para la construcción de obras físicas, equipos y maquinas costo total de la operación que contenga mano de obra, materiales, servicios y depreciación, costos unitarios con su estructura y su comparación con otros costos para otras alternativas así como su clasificación en costos fijos y variables.

4.8.4 Estudio Financiero

Recursos financieros. Contiene las necesidades totales de capital para la realización del proyecto, según calendario de inversiones.

Proyección financiera. Se deben proyectar los gastos de inversión y operación del proyecto y obtener los gastos totales por año, así también se obtendrán los ingresos de capital, de operación y otros para obtener los ingreso totales con estos datos se definirán los requerimientos de *financiamiento adicional* y el *punto de nivelación*.

Financiamiento. Esta parte del documento integra la información correspondiente a la estructura y fuentes de financiamiento, así como su calendario, formación del capital propio y modalidades del crédito externo o interno. Se debe elaborar el cuadro de fuentes y usos de fondos que consiste en la definición del origen y calendario de la recaudación de fondos, determinación del uso de fondos en el tiempo, disponibilidad anual o mensual y las políticas financieras que se aplicarán, así como otras que pueden adaptarse para la realización del proyecto.

Evaluación financiera. Con los datos obtenidos anteriormente se estiman los indicadores financieros, tales como la tasa de rendimiento interno, valor neto actualizado de los ingresos y relaciones financieras básicas para obtener conclusiones del análisis financiero.

4.8.5 Evaluación económica

Marco económico de referencia. Se presentan los indicadores económicos nacionales, regionales, a nivel local y en el área de afectación del proyecto mencionándose entre otros el Producto Interno Bruto, ingreso por habitante, exportaciones, importaciones, coeficientes de inversión y otros indicadores macroeconómicos. Se incluye información estadística de la evolución de la población, ocupación, producción, productividad, exportación e importación y se mencionan los cambios de estructura sectorial en lo referente a la ocupación, Producto Interno Bruto y productividad, en la participación del sector público, en el coeficiente inversión-producto, en la distribución de la inversión por tipo de bienes y entre el sector público y privado, en las estructuras de la exportación e importación. También se incluyen los aspectos sociales tales como variables demográficas de consumo, nutrición, salud educación, viviendas y organización espacial de la comunidad.

Análisis económica del proyecto. Este apartado contiene las inversiones, costos de operación, actualización de ingresos y gastos, valor neto actualizado, tasa de rendimiento interno, relación beneficio-coste y un análisis de sensibilidad de los indicadores económicos. Limitantes económicas tales como la disponibilidad limitada de recursos financieros, divisas, insumos físicos y técnicos,

variaciones en los precios y costos de los productos, por lo que se tienen que utilizar precios de cuenta del capital, de la mano de obra y de las divisas.

Evaluación de los impactos del proyecto en el sistema económico. Efectos del proyecto como inversión sobre la capacidad de producción del sistema, balance de pagos, empleo de mano de obra, estructura de inversión, tecnología, desarrollo regional y medio ambiente. Efectos del proyecto como programa de producción sobre el ingreso, balance de pagos, empleo de mano de obra, estructura de consumo, tecnología y otros. Efectos como inversión y programa de producción, directos, indirectos y secundarios.

4.8.6 Programa de implantación del proyecto

Descripción y especificación de actividades. Se describe lo relativo a la adquisición de bienes, derechos y servicios, aprovisionamiento de transporte, almacenamiento, distribución, vigilancia, movilización y capacitación de mano de obra, construcción y montaje de edificios y servicios complementarios y máquinas equipos y aparatos. Para la puesta en marcha del proyecto se requiere la verificación, ajuste, experimento e inspección y aprobación de todos los elementos contenidos en el programa de acción.

Análisis de tiempo. Contiene la duración por actividad, secuencia de actividades, determinación de fechas de identificación de rutas críticas y propuesta de calendario.

Análisis por actividad. Se determinan las necesidades de cada actividad en relación a los recursos materiales, financieros, mano de obra y servicios de terceros.

Alternativa de ejecución. Se prevén las modificaciones tecnológicas que puedan presentarse en la ejecución del proyecto y sus efectos, en la duración del mismo, así como las posibilidades de transferencia de recursos entre actividades y sus efectos en el costo.

Capítulo Quinto

Evaluación y Programación de Proyectos para Control de Inundaciones

Como parte del proceso de planeación estratégica, la evaluación de proyectos proporciona indicadores para la toma de decisiones para seleccionar las mejores estrategias y acciones para el logro de los objetivos planteados. La evaluación se define como la comparación de las ventajas y desventajas económicas, sociales, técnicas y ambientales para la realización o no de un proyecto determinado. También en el caso de que se cuente con varios proyectos y se disponga de recursos para su realización, distribuidos en el tiempo, los indicadores de evaluación constituyen elementos básicos para la óptima asignación de recursos de acuerdo con los objetivos establecidos.

El análisis de acciones para el control de inundaciones presenta limitaciones especialmente cuando se aplican criterios de eficiencia económica para seleccionar alternativas de solución en zonas donde se localizan asentamientos humanos, puesto que con dichos criterios es más conveniente evitar daños en lugares con alto valor monetario que en lugares donde se localicen viviendas de poco valor en las que habiten cientos de familias; por ello, es imprescindible conocer a detalle las implicaciones socioeconómicas que puede traer consigo una inundación, ante todo, saber el número de familias afectadas y sus condiciones de vida, ya que el desempleo, la falta de alimentos, salud, seguridad y vivienda puede representar un problema al país mucho más grave que los daños materiales ocasionados a la zona de inundación⁴⁰. Con base en lo anterior se proponen dos métodos para la obtención de indicadores que evalúen las estrategias ó proyectos propuestos como solución.

- Evaluación mediante la obtención de indicadores de beneficio costo, utilizando conceptos de probabilidad de ocurrencia de avenidas, dado que su presentación es aleatoria, relacionadas con diferentes niveles de inundación y sus correspondientes daños y costos de alternativas de control. Con esta información se obtienen indicadores económicos, a partir de la que se determina el mejor proyecto o grupo de proyectos que optimiza los beneficios netos. Este método se recomienda para analizar aquellas acciones cuyo objetivo es eminentemente económico, donde interesa especialmente la rentabilidad económica. Por ejemplo: la protección de áreas que se destinaran para uso comercial en centros de población en las cuales no se incluyen impactos de pérdidas de vidas u otros conceptos cualitativos como el mejoramiento en la salud.
- Evaluación mediante la utilización del método de objetivos múltiples mediante rangos ponderados, que consiste en obtener diferentes tipos de indicadores sociales, económicos, técnicos, ambientales, etc. y asignarles valores ponderados de acuerdo con criterios prefijados por parte del grupo decisor para obtener un solo indicador ponderado que representara el grado de prelación dentro del grupo de alternativas relacionadas. Este método es un excelente complemento del anterior porque permite la inclusión de indicadores cualitativos y cuantitativos de tal forma que se obtienen parámetros que aportan elementos

⁴⁰ Notas formuladas con base en los apuntes del curso de control de inundaciones impartido en el Centro de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM (1980,1978)

de Jerarquización de acciones. La consideración de riesgo de pérdidas humanas se pueden considerar en este método ya que en los indicadores de evaluación económica es prácticamente imposible dado que el valor de pérdida de una vida es totalmente subjetivo pero en este caso se puede considerar dándole el peso correspondiente al indicador.

En los siguientes apartados se describen los conceptos más importantes de la evaluación y programación de inversiones y se presentan métodos teóricos para el análisis de alternativas de solución, para evitar los daños presentes y futuros ocasionados por efectos de inundaciones.

5.1 Conceptos de evaluación de proyectos

En la planeación estratégica se consideran elementos fundamentales para la toma de decisiones los procesos de evaluación y jerarquización de estrategias y acciones, ya que mediante los indicadores técnicos, económicos, sociales, ambientales, financieros y administrativos resultantes, se conoce el grado de efectividad que representa la ejecución de las acciones propuestas. Con base en lo anterior en este apartado se hará una descripción de los conceptos de evaluación y jerarquización de proyectos.

La evaluación de proyectos se define como la comparación de ventajas, beneficios o daños por evitar, y desventajas, costos, que presenta un proyecto, las cuales se miden principalmente con los indicadores de Valor Presente de Beneficios Netos, Relación Beneficio Costo, Tasa Interna de Retorno ó con indicadores mixtos que incluyen valores cualitativos y cuantitativos como pérdida de vidas, mejoramiento en la salud, etc.⁴¹

Evaluación de Proyectos de Control de Inundaciones.

**Es la comparación de ventajas, beneficios ó
daños por evitar, y desventajas, costos, que
presenta un proyecto, las cuales se miden
principalmente con los indicadores de Valor
Presente de Beneficios Netos, Relación
Beneficio Costo y Tasa Interna de Retorno.**

La evaluación económica de los proyectos para control de inundaciones presenta una gran dificultad para medir los impactos en forma integral de los beneficios y costos que los proyectos tienen para la sociedad o país en su conjunto, especialmente en los países en vías de desarrollo como México, sin embargo constituye el elemento fundamental para la jerarquización y programación de inversiones.

⁴¹ Definición basada en Guía para la presentación de Proyectos Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social. (1978) Editorial Siglo Veintiuno

Para lograr una adecuada evaluación, es necesario considerar en forma integral, tres fases determinantes en el proceso de formulación y evaluación de proyectos:

- ┘ En primer lugar, el **diagnóstico** de la situación actual, que debe entenderse, como el conocimiento amplio y detallado de la problemática existente, recursos y tecnología disponible, obstáculos y posibilidades de desarrollo y en general, las condiciones sociales, económicas, técnicas y ambientales para la generación e implantación de proyectos.
- ┘ La segunda etapa corresponde a la **generación de alternativas** de solución a la problemática planteada en los resultados del diagnóstico. La cartera de alternativas generada deberá contener las opciones más adecuadas y eficientes. En esta fase se recomienda profundizar en el conocimiento técnico, económico y social del proyecto, para garantizar que entre las alternativas formuladas se encuentra la óptima.
- ┘ La tercera fase consiste en la **obtención de indicadores** de precios y costos sociales, cuyos resultados proporcionan elementos para jerarquizar los proyectos.

Es importante destacar que si en la fase de generación de alternativas no se incorpora el proyecto óptimo, esto tendrá como consecuencia que en la etapa de análisis para la obtención de indicadores sociales, no se esté evaluando el mejor proyecto, por ello, se debe profundizar el estudio de la generación de alternativas de solución, y por otra parte, en este mismo contexto, un diagnóstico mal formulado tendrá como consecuencia que no se podrán generar adecuadas y óptimas alternativas de solución y los indicadores de evaluación no corresponderán a un buen proyecto.

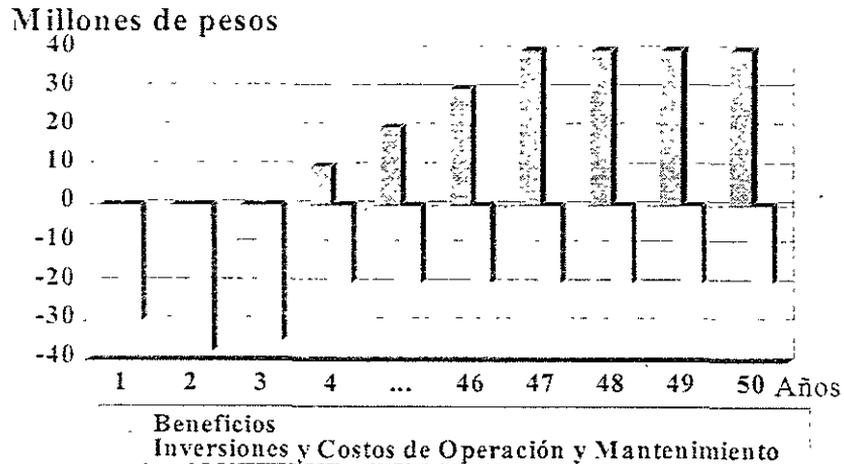
Un aspecto importante son las consideraciones de la evaluación social en la generación de empleos y mano de obra utilizada en la realización de proyectos de desarrollo. La bibliografía sobre el tema de evaluación social de proyectos, establece que si un proyecto se realiza en un lugar donde existe fuerte desempleo y su realización no cubre tal situación, es decir que el desempleo seguirá existiendo, entonces el costo social de la mano de obra sería menor que el costo determinado a precios de mercado y podría ser igual a cero, en el caso de que su costo de oportunidad sea cero. Este factor importante, el empleo y mano de obra, al considerar su costo de oportunidad, generalmente favorece los indicadores de rentabilidad social de los proyectos de desarrollo. Estas consideraciones son fundamentales para fortalecer la toma de decisiones de invertir en este tipo de proyectos⁴².

Dada la problemática que siempre ha existido para cuantificar en forma correcta los impactos económicos, sociales y ambientales de los proyectos de desarrollo, las evaluaciones recurrentes y ex-post cobran una gran importancia dado que al conocerse los efectos de las acciones ejecutadas, resultan índices muy valiosos para el análisis y evaluación de proyectos futuros. En esta parte es conveniente comentar que las evaluaciones recurrentes y ex-post se realizan obligatoriamente en aquellos proyectos que son financiados por organizaciones internacionales, ya que en los compromisos contractuales de los préstamos, se incluye la realización de este tipo de evaluaciones.

Para realizar una evaluación económica y social de acciones, es necesario calcular los beneficios y costos generados por las medidas de control y obtener indicadores económicos y sociales tales como, beneficios netos, relación beneficio costo, tasa interna de retorno, número de empleos generados, reducción de muertes, etc., con el fin de proporcionar elementos para la toma de decisiones de invertir en acciones que eviten o reduzcan los daños causados por inundaciones.

⁴² Fontaine Ernesto (1999) Evaluación Social de Proyectos. Editorial Alfa Omega

Flujo Beneficios y Costos



Los beneficios para este tipo de proyectos, son las pérdidas que se evitan con la construcción de obras o la realización de acciones que controlen los volúmenes de agua excedentes que perjudican a las zonas agrícolas, urbanas o industriales, dependen de la frecuencia con que los ríos se desbordan por ausencia de obras de protección y su importancia está en función de la altura a la cual el nivel del agua rebasa las orillas del río, que está en función del gasto máximo de agua, en m³/seg. en un momento dado.

Una gran parte de las corrientes fluviales de nuestro país no cuenta con registros de grados de inundación, debido a esto se plantea la necesidad de manejar datos incompletos con fórmulas que incluyen parámetros como el tamaño y forma de la cuenca drenada, precipitación de lluvia, tipo de suelo, tipo de vegetación, uso del suelo, etc., pero a medida que la información es más completa disminuye la utilización de métodos sintéticos para calcular la frecuencia de inundación.

Para jerarquizar alternativas se requiere de indicadores técnicos, económicos y sociales de las obras o acciones factibles para controlar inundaciones, en principio es necesario calcular los beneficios y costos generados por las medidas de control con el fin de proporcionar elementos para la toma de decisiones de realizar acciones que eviten o reduzcan los daños causados por las inundaciones.

5.2. Determinación de beneficios y costos de alternativas⁴³

Los beneficios que se obtienen con los proyectos de control de inundaciones son las pérdidas que se evitan con la construcción de obras o la realización de acciones que controlen los volúmenes de agua excedentes que perjudican a las zonas agrícolas, urbanas o industriales. Los costos se determinan de acuerdo con los gastos de inversión, operación, conservación y mantenimiento que requieren las medidas adoptadas para solución de los problemas de inundación.

⁴³ Notas formuladas con base en; James L. D. and Lee R.R. (1972) Economics water resources planning y Eckstein Otto (1964). Explotación de Recursos Hidráulicos.

Las pérdidas dependen de la frecuencia con que los ríos se desbordan por ausencia de obras de protección y su importancia está en función de la altura a la cual el nivel de agua rebasa las orillas del río, que está en función del gasto máximo de agua (m³/seg.) en un momento dado. Una gran parte de las corrientes fluviales no cuentan con registros de grados de inundación, debido a esto se plantea la necesidad de manejar datos incompletos con fórmulas que incluyen parámetros como el tamaño y forma de la cuenca arenada, precipitación de lluvia, tipo de suelo, tipo de vegetación, uso del suelo, etc., pero a medida que la información es más completa disminuye la utilización de métodos sintéticos para calcular la frecuencia de inundación.

Los beneficios son iguales a los daños que se evitan con la realización de obras o acciones para el control de inundaciones, que se pueden clasificar en tres tipos: directos, indirectos e intangibles.

5.2.1 Beneficios directos

Son los daños materiales que se evitarían con la construcción de obras o implantación de medidas de control de avenidas, daños debidos a la acción directa de las inundaciones, cuyas consecuencias inmediatas entorpecen el proceso productivo en zonas urbanas, agrícolas e industriales.

- En zonas habitadas, los daños son causados a casas, calles, vehículos, muebles, equipos, terrenos, árboles, edificios.
- En zonas comerciales, los daños son resentidos por empresas industriales y comerciales por pérdidas en equipos, depósitos, plantas, transporte, abastecimientos y otros recursos.
- Daños a obras públicas tales como iglesias, escuelas, parques, carreteras, puentes, presas, edificios, redes de agua potable y alcantarillado, líneas eléctricas, de teléfono, etc.
- Pérdidas agrícolas en cosechas, ganado, silos, en productos derivados del ganado, en los costos de replantar, deterioro del suelo, etc.

En proyectos de control de inundaciones los ingresos del mercado no pueden servir para la determinación del beneficio, ya que en el caso de que el usuario no pague no se le quitará el servicio, sin embargo, si la comunidad actuara racionalmente estaría dispuesta a pagar, al menos, el costo de las reparaciones necesarias después de las inundaciones que se evitan. Es igual al valor de la protección y se puede usar como una medida del beneficio si se da por hecho que se repararían todos los daños.

i) Daños en zonas urbanas

Para estimar los daños potenciales en zonas urbanas, es necesario considerar los cambios en el uso del suelo a través del tiempo y relacionarlos con la frecuencia de inundaciones, para ello deberá utilizar lo siguiente:

- Utilizar modelos de economía regional para proyectar el crecimiento urbano durante el período de análisis
- Delimitar fronteras físicas de las corrientes de agua para realizar un análisis hidrológico con base en el cual se deberán simular inundaciones.
- Localizar cada estructura con dimensiones, contenido y valor económico dentro de la zona en estudio.
- Elaborar una curva de daños contra gastos máximos de la estructura y como resultado final se deberá contar con una curva de daños contra probabilidad de ocurrencia.

ii) Daños en zonas agrícolas

La estimación de daños agrícolas se hace con base en los costos de operación y compra de insumos que realiza el agricultor, los cuales deben ser costos y valores de oportunidad que son los más apropiados para el análisis económico. Al valor de la producción producido bajo las mejores condiciones se le restan los costos de producción con los que se obtiene el ingreso neto del agricultor en óptimas condiciones (Us.). Cuando ocurren inundaciones el agricultor incrementa sus costos de producción por limpieza de su propiedad, por replantar, por usar más fertilizantes, etc., luego, el ingreso neto del agricultor (valor de la producción menos costos de producción) se reduce (Uc), por tanto la pérdida en la agricultura es igual a la disminución en el ingreso neto de los agricultores que se representa como: Daño = Us - Uc, es decir:

Utilidad Neta de Producción de Cultivos inundados es igual a:

$$\begin{array}{r} \text{Valor de la Producción de Cultivos} \quad Vp \\ \text{menos (-)} \\ \text{Costo de Producción de Cultivos} \quad Cp \\ \text{menos(-)} \\ \text{Costos de reparaciones, limpias, desazolves} \\ \text{y gastos adicionales por la inundación.} \end{array}$$

$$\text{Daño} = \text{Ingreso neto agrícola (sin inundación)} - \text{Valor de la producción (con inundación)} - \text{Costos de producción (con inundación)} \quad (5.1)$$

Un caso extremo es cuando el valor de la producción es nulo, entonces el valor del daño agrícola sería:

$$\text{Daño} = \text{Ingreso neto (sin inundación)} + \text{Costos de producción (con inundación)} \quad (5.2)$$

De acuerdo a lo anterior, el daño es aproximadamente igual al valor de la producción (sin inundación) cuando la pérdida es total y la inundación se presenta en el momento de la cosecha. Sin embargo, es necesario considerar que los daños varían en función del instante en el cual se presenta la inundación, ya que si las avenidas inundan los terrenos antes de la siembra, es posible que los daños sean nulos o que representen un gran beneficio, sobre todo en zonas de temporal, al humedecer el suelo y elevar los niveles freáticos. A medida que los cultivos crecen el daño puede ser mayor, ya que los costos se incrementan.

Es necesario conocer las probabilidades de inundación al menos en las diferentes estaciones del año, con el fin de calcular el daño esperado anual por cultivo. Por ejemplo, si el maíz tiene un ingreso neto anual (Ia) de 6,000 S/ha. sin inundaciones y que el ingreso neto esperado con inundaciones (If) es, si se presenta en primavera, 2,000 S/ha. en verano 3,000 S/ha, en otoño 4,000 S/ha; y en invierno 5.000

S/ha. la probabilidad de ocurrencia de inundaciones en primavera es del 40%; en verano, 30%. en otoño. 15%; y en invierno 15%; luego, el daño esperado sería:

Daño = (Ia - If) (Probabilidad de ocurrencia de inundaciones)

Daño = 0.40 (6,000 - 2,000) + 0.30 (6,000 - 3,000) + 0.15 (6,000 - 4,000) + 0.15(6,000 - 5,000)

Daño = 1,600 + 900 + 300 + 150

Daño = 2,950 S/ha.

5.2.2 Beneficios indirectos

Son las pérdidas económicas netas en mercancías y servicios causados a la nación con la interrupción de los negocios, de la industria, el comercio, del tráfico, de las comunidades y de otras actividades, tanto dentro como fuera de la zona inundada y el costo de las actividades que obliga a emprender la inundación, tales como las medidas de emergencia que se toman para combatir la inundación, los socorros y los cuidados que se presentan a las víctimas, así como su rehabilitación. Lo anterior puede desglosarse de la manera siguiente:

- Pérdida de mercancías y servicios en la zona por el cese de la producción.
- Pérdida de salarios y de otros ingresos
- Pérdida de depósitos y almacenes por deterioro
- Incremento de costos en operaciones comerciales por elevación de gastos de transporte
- Costos en la evacuación, de alojamiento temporal, de trabajos de emergencia, socorro y cuidados prestados a las víctimas de la inundación.

La estimación de los beneficios indirectos presenta serias dificultades, ya que es necesario un análisis de la cadena que va del productor al consumidor, que es el que sufre los efectos sucesivos a causa de una inundación, para determinar en qué punto los efectos son nulos. Las pérdidas en comercios e industrias son iguales a las ganancias que dejarán de percibir al paralizar su producción por causa de las inundaciones. Los obreros de la región que se quedan sin trabajo a causa de la inundación, considerarán que el valor de la protección contra las inundaciones es igual al valor de los salarios perdidos. La reducción de la protección y de los pagos a los factores es una pérdida de renta nacional que no puede ser compensada con ninguna otra partida.

Se acostumbra, calcular factores de pérdidas indirectas en función de las pérdidas directas y algunos valores que se presentan en la bibliografía del tema son los siguientes

:

Factores de valoración de pérdidas indirectas

| Según Otto Eckstein ⁴⁴ | |
|--|--|
| Clase de Daños | Pérdidas Indirectas/ Pérdidas Directas |
| Daños industriales incluso servicios | 1.2 |
| Daños urbanos: comerciales, residenciales y públicos | 1.5 |
| Daños rurales | 0.2 |
| Carreteras, ferrocarriles | 1.0 |
| Según James and Lee ⁴⁵ | |
| Daños residenciales | 1.15 |
| Daños en comercios | 1.37 |
| Daños en industrias | 1.45 |
| Pérdidas en utilidades | 1.10 |
| Daños en propiedades públicas | 1.34 |
| Pérdidas en agricultura | 1.10 |
| Daños en carreteras | 1.25 |
| Daños en vías de ferrocarril | 1.23 |

5.2.3 Beneficios intangibles

Son los beneficios que no se pueden valorar monetariamente y en control de inundaciones se refieren básicamente a la disminución de las muertes provocadas por las inundaciones, al mejoramiento en el bienestar y a la seguridad de la población, el mejoramiento en las condiciones sanitarias y a la protección contra las epidemias. El valor de estos beneficios consiste en un juicio, con respecto al cual no se puede prescribir ningún principio objetivo.

5.3 Costos de infraestructura, operación y mantenimiento.

Se deberán cuantificar los costos que se requieren para la realización del proyecto estructural o no estructural constituidos por las inversiones en la construcción de infraestructura hidráulica y gastos de operación y mantenimiento del proyecto.

5.4 Obtención de indicadores de evaluación⁴⁶.

Se cuenta con los métodos empírico y cuantitativo para el análisis de alternativas. El empírico consiste en que se incorporan diferentes elementos subjetivos para la toma de decisiones, mientras que en el cuantitativo se trata de medir con mayor detalle los efectos de las alternativas mediante el uso de técnicas numéricas.

⁴⁴ Eckstein Otto. Explotación de los Recursos Hidráulicos. Año 1964.

⁴⁵ James L.D. and Lee R.R. . Economics Water Ressources Developing. Año 1972.

⁴⁶ Gittinger J. Price (1999). Análisis Económico de Proyectos Agrícolas. Ed. Tecnos

Indicadores

Económicos

- Valor Presente de Beneficios Netos
- Relación Beneficio Costo
- Tasa Interna de Retorno

Cualitativos

- Mejoramiento en la salud
- Mejoramiento ambiental
- Pérdida de vidas

A partir del proceso de generación de alternativas y de la cuantificación de sus consecuencias, beneficios y costos, se utilizan diferentes criterios para la elección de la alternativa óptima, entre los cuales se pueden mencionar entre los métodos cuantitativos el Valor Anual Presente, Relación Beneficio Costo y la Tasa Interna de Rendimiento; entre los métodos empíricos se puede mencionar el método de objetivos múltiples.

5.4.1. Valor anual equivalente

Los costos totales de una alternativa se componen de una inversión inicial que corresponde a una fecha determinada y de una serie de costos anuales que se desembolsan durante la vida útil del proyecto. Asimismo también se producen beneficios anualmente y al final de la vida útil se podrá tener un valor de rescate. El criterio del Valor Anual Equivalente consiste en convertir el flujo de beneficios netos, que son iguales a los beneficios brutos menos los costos, a una anualidad equivalente y la fórmula es la siguiente:

$$A = -P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + \sum_{t=1}^n \left[\frac{(B_t - C_t)}{(1+i)^t} \right] \left[\frac{i(1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \right] + F \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (5.3)$$

donde.

- A : valor Anual Equivalente
- P : inversión Inicial
- B^t : beneficio bruto en el año t
- C^t : costo en el año t
- F : valor de rescate
- n : número de años de vida del proyecto
- i : tasa de recuperación

$$\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] ; \text{ factor de recuperación de capital} \quad (5.4)$$

Cuando la anualidad (A) resultante es positiva, se recomienda la aceptación del proyecto, ya que los beneficios actualizados son mayores a los costos actualizados, y en el caso de varias alternativas se seleccionará la que produzca el mayor valor equivalente anual.

5.4.2. Valor Presente de Beneficios Netos

Este criterio consiste en determinar la equivalencia en el tiempo presente de los beneficios anuales netos futuros, generados por el proyecto y su comparación con la inversión inicial.

$$VPBN = -P + \sum_{t=i}^n \left(\frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \right) \quad (5.5)$$

donde:

- VPBN ; valor presente de beneficios netos
- P ; inversión Inicial
- B t ; beneficio Bruto en el año t
- Ct ; costo en el año t
- (Bt - Ct) ; beneficio neto anual en el año t
- n ; número de años de vida del proyecto
- i ; tasa de recuperación

En este caso se deberá seleccionar aquel proyecto donde el valor presente neto sea máximo.

5.4.3. Relación Beneficio Costo

Este criterio es importante desde el punto de vista social, ya que es un indicador que relaciona la producción total con los recursos empleados para lograrlo y se obtiene al dividir el valor de la producción entre los costos totales involucrados. La fórmula que se utiliza es la siguiente:

$$B / C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B^t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (5.6)$$

Donde:

- B t ; beneficio en el año t
- C t ; costo en el año t
- n ; número de años del proyecto
- i ; tasa de recuperación

En este caso se recomiendan las alternativas con mayor relación beneficio costo, la cual debe ser mayor a la unidad.

5.4.4 Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno es aquella para la cual el valor presente neto es igual a cero, para su cálculo se actualizan los beneficios y los costos de manera que su suma sea igual, considerándose el horizonte económico o la vida útil del proyecto. Esta tasa se obtiene por aproximaciones sucesivas y deberá ser mayor a la de actualización para que el proyecto sea atractivo. La fórmula es la siguiente:

$$\sum_{t=0}^n \frac{B^t}{(1+i)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad (5.7)$$

donde:

- B t ; beneficio en el año t
- C t ; costo en el año t
- i ; tasa interna de retorno

En términos económicos, la tasa interna de rendimiento representa el porcentaje o la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión. Se recomiendan aquellas alternativas que obtengan la tasa de rendimiento máxima. Como una aplicación de los indicadores para jerarquizar proyectos de control de inundaciones, en el siguiente apartado se desarrollan dos metodologías utilizando los conceptos presentados.

5.5 Metodologías para evaluar proyectos de control de inundaciones

Se describen dos metodologías para jerarquizar las alternativas a partir de lo cual se forma un marco de referencia para tomar decisiones de realizar proyectos para prevenir inundaciones, con base en el conocimiento de las alternativas de control asociadas con los daños que se evitan al regularse los gastos máximos de avenidas y en función de los costos de cada uno de los proyectos.

Se presenta en primer término una metodología que se basa en un análisis probabilístico de la ocurrencia de los daños, con el fin de determinar el riesgo asociado a diferentes medidas de control de inundaciones. Como segundo término se describe una forma de jerarquizar alternativas considerando objetivos múltiples en la cual es posible incluir indicadores intangibles y de difícil valoración como la el riesgo de pérdidas humanas.

5.5.1 Modelo probabilístico para selección de alternativas⁴⁷

Con la finalidad de formar un marco de referencia a partir del cual se puedan tomar decisiones de inversión para control de inundaciones, se propone una metodología que puede utilizarse para conocer la consecuencia e importancia de varias alternativas de control asociadas con gastos máximos de avenidas. La información requerida para este procedimiento es fundamentalmente topográfica, hidrológica, daños, costos de cada alternativa así como la estimación de otros beneficios asociados al control de inundaciones

⁴⁷ Esta metodología se fundamenta en la técnica expuesta por Eckstein Otto en "Explotación de los Recursos Hidráulicos" y por James E.D. and Lee R.R. en "Economics Water Resources Developing, complementada con criterios de optimización por Guntoro A y Trejo C.V., referencia bibliográfica

Este modelo se propone para una evaluación económica de los proyectos, consiste en encontrar los daños asociados para diferentes alternativas de control con lo cual se conocen los riesgos que se tendrían al tomarse la decisión del tamaño o tipo de proyecto que se realizaría. La selección de la alternativa óptima se formula con base en la aplicación del criterio económico beneficio- costo. El modelo propuesto se basa en la esperanza de beneficios que se obtienen al controlar una avenida ordinaria y selecciona la alternativa óptima aplicando criterios económicos tales como: máxima relación beneficio/costos, máximos beneficios netos y máxima tasa interna de retorno. La metodología se describe en los siguientes pasos

i) Gastos máximos y su probabilidad de ocurrencia:

Se requiere conocer los registros históricos de avenidas máximas a fin de analizarlos estadísticamente y obtener la relación de gastos máximos y su probabilidad de ocurrencia. Generalmente se aplica la función de Gumbel, Nash o Levediev, su forma puede ser el esquema que se presenta en la Figura 5.1.

ii) Gastos máximos y niveles de inundación

Se obtiene una curva para la relación entre los gastos máximos y la altura sobre el nivel del mar, a partir de la información histórica de los gastos máximos y los niveles alcanzados, se aplican modelos de simulación de inundaciones considerando las características físicas e hidrológicas de la cuenca con lo que se estiman los niveles que alcanza el agua en la zona inundable dados diferentes gastos máximos. Ver Figura 5.2

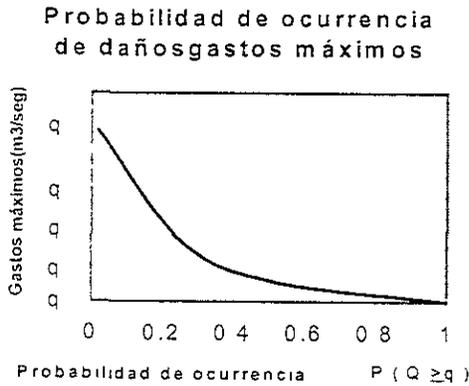


Figura 5.1

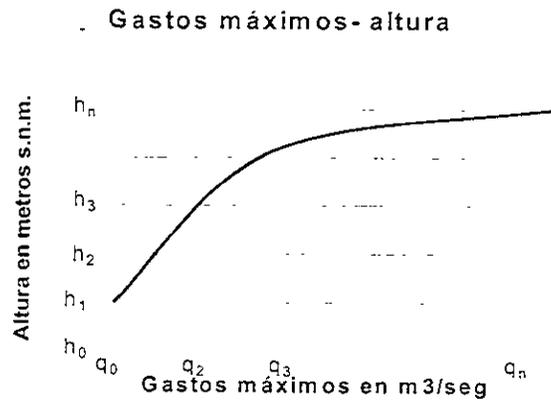


Figura 5.2

iii) Niveles de inundación y sus daños

De acuerdo con los registros históricos de niveles de inundación, así como con los daños causados se obtiene una nueva relación, sin embargo, se deben estimar los daños potenciales para lo que se requiere considerar la situación actual y desarrollo futuro de la región y mediante los resultados de la aplicación de modelos de simulación de inundaciones se obtienen los daños asociados a diferentes niveles de inundación. Se elabora una gráfica que muestra la función de daños contra alturas sobre el nivel del mar obtenida por medio de investigación directa de la zona y de registros históricos. En la Figura 5.3 se muestra.

iv) Gastos máximos y sus daños

Con la información obtenida de las dos relaciones anteriores mostradas en las Figuras 5.2 y 5.3 se forma una combinación de la que se obtiene la relación de gastos máximos y daños, ya que para una determinada altura de inundación (h) existe un gasto máximo (q) y un daño (D) de la forma siguiente: A partir de las relaciones obtenidas se obtiene la curva de daños contra gastos máximos de acuerdo con la siguiente tabla.

Gastos máximos y daños

| Nivel de Inundación H | Gasto Máximo Q | Daño D |
|-----------------------|----------------|--------|
| H1 | Q1 | D1 |
| H2 | Q2 | D2 |
| H3 | Q3 | D3 |
| .. | .. | .. |
| Hn | Qn | Dn |

La figura 5.4 muestra los resultados de la estimación de daños asociados a niveles de control.

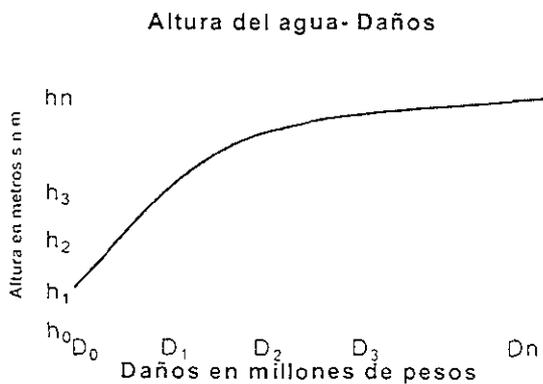


Figura 5.3

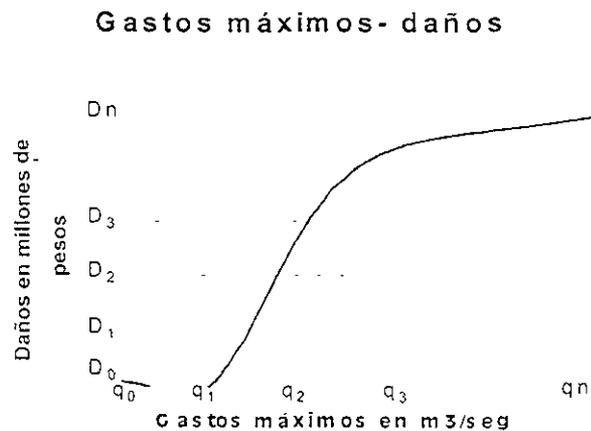


Figura 5.4

v) Daños y su probabilidad de ocurrencia sin obra de protección.

Con las relaciones mostradas en las figuras 5.1 y 5.4. se obtiene una nueva relación que son los daños y su probabilidad de ocurrencia de acuerdo con la siguiente tabla que se muestra en la figura 5.5.

Probabilidad de ocurrencia de daños

| Gasto máximo Q | Probabilidad de ocurrencia $P(q > q)$ | Daños D |
|-------------------|--|------------|
| Q1 | P1 | D1 |
| Q2 | P2 | D2 |
| .. | .. | .. |
| Qln | Pln | Dn |

vi) Daños y su probabilidad de ocurrencia para diferentes alternativas de control de inundaciones

Con la información obtenida en la figura anterior se deben generar alternativas de control de inundaciones y a medida que los gastos máximos son regulados los daños serán menores. Para obtener esta relación es necesario realizar simulaciones para cada alternativa y obtener su curva correspondiente. Para el caso de una presa de control de avenidas será necesario analizar el funcionamiento de vasos para un determinado tránsito de avenidas, así como una determinada altura de cortina, dimensión del vertedor y la capacidad del cauce aguas abajo y a partir de lo anterior se podrán generar las alternativas de proyecto que sean necesarias. Asimismo, se podrán considerar todas las variantes posibles, tales como la ampliación del cauce, modificaciones a planes de desarrollo urbano e industrial, cambios de localización de las comunidades afectadas, cambios en el uso del suelo, obras de protección, acciones de alerta a la población, construcción de obras para conservación del suelo, etc. Con lo anterior será posible obtener lo siguiente:

Probabilidad de ocurrencia de daños para diferentes alternativas de control

| Probabilidad de ocurrencia $P(D > d)$ | Alternativa 1 sin proyecto de protección | | Alternativa 2 sin proyecto de protección | | Alternativa 3 sin proyecto de protección | | Alternativa 4 sin proyecto de protección | |
|--|---|---------------|---|---------------|---|---------------|---|---------------|
| | Costo del proyecto | Daño probable |
| P1 | C1 | D11 | C2 | D12 | C3 | D13 | C4 | D14 |
| P2 | C1 | D21 | C2 | D22 | C3 | D23 | C4 | D24 |
| .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Pn | C1 | Dn1 | C2 | Dn2 | C3 | Dn3 | C4 | Dn4 |

de acuerdo con lo anterior se tiene que para una determinada

$$P1 < Pi < Pn \quad (5.8)$$

$$Di1 > Di2 > Di3 > Di4 \quad (5.9)$$

A partir de la curva de daños y su probabilidad de ocurrencia se pueden obtener otras curvas que consideren obras de regularización de avenidas, de tal manera que los daños disminuyen a medida que los gastos máximos son controlados en mayor proporción. Se obtiene la relación daños y su probabilidad de ocurrencia como resultado de combinar las curvas de los pasos i) y iv). En la Figura 5.6 se muestran los datos correspondientes.

El costo y daños asociados a cada alternativa de control de inundaciones se obtienen del valor presente considerando una tasa de recuperación (i). Los daños de una determinada alternativa son iguales al área correspondiente de la curva Daños-Probabilidad de ocurrencia que represente la Esperanza de Daños y por lo tanto el riesgo de que se presenten daños dada la decisión de realizar una determinada alternativa o proyecto.

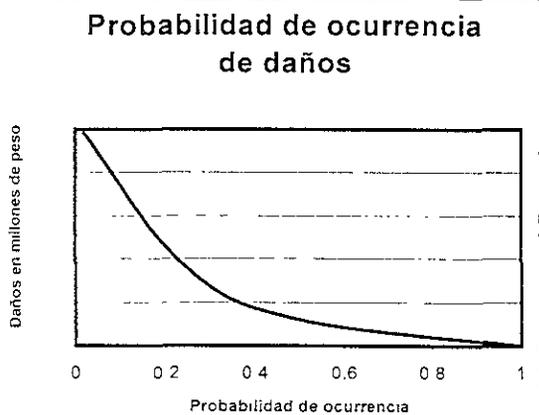


Figura 5.5

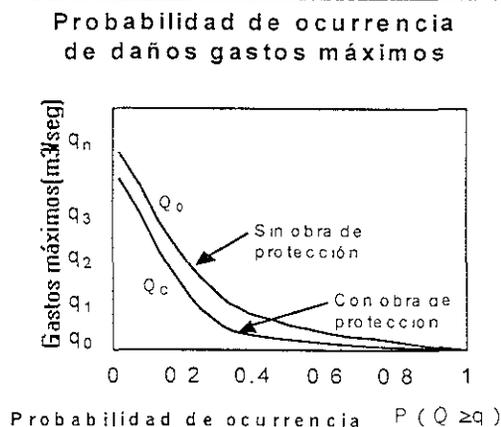


Figura 5.6

vii) Gastos máximos y beneficios netos

En el caso de control de inundaciones se puede considerar que la reducción de daños es igual a los beneficios que se obtendrán al aplicarse la alternativa seleccionada, por lo tanto se obtendrá la tabla siguiente:

Gastos máximos y beneficios netos

| Número de alternativa | Gasto máximo a controlar q | Valor presente costo de la alternativa | Valor presente de esperanza de daños o beneficios |
|-----------------------|------------------------------|---|---|
| 1 | q_1 | $\sum_{t=0}^n C_{1t} \frac{1}{(1+i)^t}$ | $\sum_{t=0}^n D_1 \frac{1}{(1+i)^t}$ |
| 2 | q_2 | $\sum_{t=0}^n C_{2t} \frac{1}{(1+i)^t}$ | $\sum_{t=0}^n D_2 \frac{1}{(1+i)^t}$ |
| 3 | q_3 | $\sum_{t=0}^n C_{3t} \frac{1}{(1+i)^t}$ | $\sum_{t=0}^n D_3 \frac{1}{(1+i)^t}$ |
| 4 | q_4 | $\sum_{t=0}^n C_{4t} \frac{1}{(1+i)^t}$ | $\sum_{t=0}^n D_4 \frac{1}{(1+i)^t}$ |

Se obtiene una gráfica a partir de las curvas vi), ya que cada alternativa de control, para un gasto máximo a controlar tiene asociado un costo de proyecto y un respectivo beneficio; luego, a partir de

una tasa de descuento dada se obtienen costos y beneficios actualizados para cada alternativa de control.

En las relaciones anteriores se tiene que:

$$(B_c - C_c) > (B_i - C_i) \quad (5.10)$$

$$(B_c - C_c) > (B_j - C_j) \quad (5.11)$$

A partir de los datos que contiene la Figura 6.7 se puede encontrar la alternativa óptima en función del máximo valor presente de beneficios netos, que es la diferencia entre los beneficios brutos y los costos actualizados; este punto óptimo es en el que los incrementos marginales de costos y beneficios actualizados son iguales tal como se muestra en la figura 6.7 o sea donde:

$$\frac{B_j - B_c}{q_j - q_c} = \frac{C_j - C_c}{q_j - q_c} \quad (5.12)$$

viii) Determinación de la avenida máxima a controlar

Se pueden obtener curvas en las cuales se observa cual es la avenida máxima a controlar maximizando los beneficios netos que corresponden al punto en que los incrementos marginados de costos y beneficios son iguales. Esta figura muestra cual sería el gasto de la avenida máxima a controlar maximizando la relación beneficio / costo. Se puede representar como la Figura 5.8.

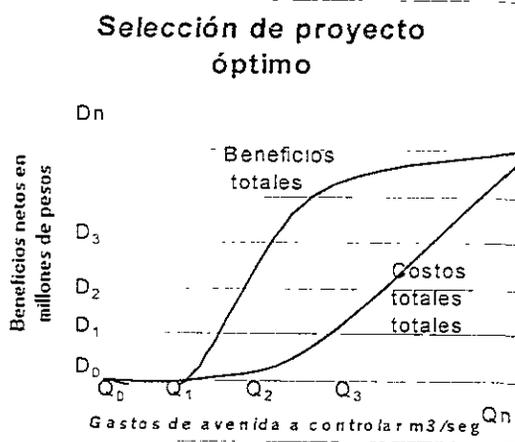


Figura 5.7

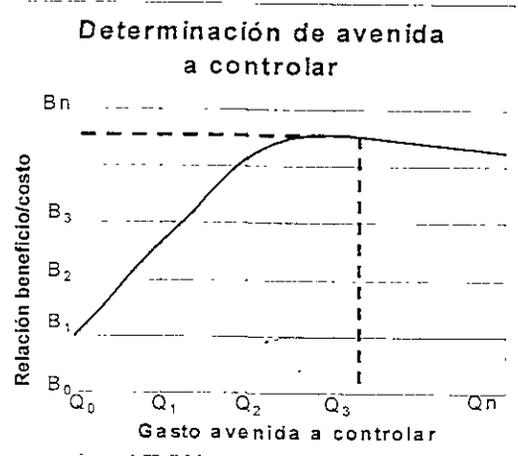


Figura 5.8

Las consideraciones presentadas son fundamentalmente de carácter económico, ya que de acuerdo con los indicadores propuestos produce más beneficios evitar inundaciones en un campo de fresas que proteger la misma superficie sembrada de maíz que sustenta un número muy grande de familias; también con estos criterios es preferible o prioritario evitar daños en una industria mecanizada que en las viviendas de cartón de miles de familias. El problema que se debe plantear es ¿Cuáles son las

implicaciones sociales y no sólo económicas que puede traer consigo una inundación en caso de realizar obras de control de avenidas? y ¿Cuántos y quiénes son los afectados?, ya que el desempleo, la falta de alimentos y vivienda de mucha gente es un problema más grave para cada país que la pérdida de infraestructura.

Por lo tanto, un análisis más completo debe enfocarse al estudio de la situación de las familias que sufren las consecuencias de las inundaciones, algunos indicadores socioeconómicos que pueden ser un reflejo de lo anterior son: número de familias afectadas, coeficientes de emigración, dieta alimenticia, enfermedades número de hectáreas de cultivo por familia, estructura de la producción, ingreso per-cápita, empleo y desempleo. Con objeto de considerar la problemática planteada anteriormente en el siguiente apartado se propone otra metodología que tiene en cuenta en forma subjetiva otros indicadores que son necesarios para la toma de decisiones.

5.5.2 Modelo de objetivos múltiples

Este modelo consiste en jerarquizar alternativas o proyectos sumando diferentes unidades, ya que es posible convertirlos en una sola unidad homogénea mediante consideraciones y equivalencias dadas en función de la preferencia de un decisor o grupo de decisores, del logro de un objetivo específico con respecto a otro. Los indicadores de los proyectos de control de avenidas e inundaciones pueden ser de tipo técnico, económico, social, financiero, administrativo o político y para una mejor ilustración de la metodología se incluyen en el cuadro siguiente algunos indicadores específicos para proyectos de control de avenidas e inundaciones.

Matriz de indicadores de alternativas

| Alternativas | Valor presente (Millones de pesos) | Tasa de rendimiento interno % | Costo equivalente anual (millones de pesos) | Relación beneficio costo B/C | Número de familias afectadas por año | Número de empleos afectados por año | Reducción de emigración (habitante por año) |
|----------------|------------------------------------|-------------------------------|---|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| P ₁ | A ₁₁ | A ₁₂ | A ₁₂ | | A _{1j} | | A _{1n} |
| P ₂ | A ₂₁ | A ₁₂ | A ₂₂ | | A _{2j} | | A _{2n} |
| P ₃ | A ₃₁ | A ₂₂ | A ₃₂ | | A _{3j} | | A _{3n} |
| · | · | · | · | · | · | · | · |
| P _i | A _{i1} | A ₁₂ | A ₁₂ | | A _{ij} | | A _{in} |
| · | · | · | · | · | · | · | · |
| P _m | A _{m1} | A _{m2} | A _{m2} | | A _{mj} | | A _{mn} |

Los valores de la matriz anterior plantean un problema para su jerarquización ya que el logro de algunos de sus objetivos se contraponen entre sí, por ejemplo el minimizar el número de afectados por año estará en contraposición al objetivo específico de minimizar el costo ya que a medida en que el proyecto cubra más las posibilidades de inundación tendrá un costo mayor y viceversa, asimismo la reducción de la emigración estará en función de la seguridad de que no habrá inundaciones lo cual sólo podrá garantizarse con obras de defensa de gran magnitud y de costos elevados

A partir de la matriz de indicadores se obtiene una nueva matriz de rangos, que consiste en dar una puntuación de 10 al indicador más favorable y de 0 al menos favorable, posteriormente los demás indicadores se prorrataan entre 0 y 10 y así como indicador tendrá un determinado valor $0 < R_{ij} < 10$ por lo que la matriz de rangos quedará de la forma siguiente.

Cuando los objetivos específicos tengan todos la misma preferencia $R_{ij} = R_{mj}$ para el decisor o grupo de decisores entonces los proyectos más favorables serán aquellos que sumen una mayor puntuación en los rangos o sea que:

Pi será preferible a Pm sólo si

$$\sum_{j=1}^n R_{ij} > \sum_{j=1}^n R_{mj} \quad (5.13)$$

o sea que:

$$K_i > K_m$$

Matriz de rangos de los proyectos

| Objetivos específicos | Maximizar valor presente neto | Maximizar tasa de rendimiento interno | Minimizar costo equivalente anual | Minimizar relación beneficio costo | Minimizar número de familias afectadas | Minimizar número de empleos afectados | Minimizar reducción de emigración | Suma de rangos |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| P ₁ | R ₁₁ | R ₁₂ | R ₁₃ | . | R _{1j} | . | R _{1n} | $K_1 = \sum_{j=1}^n R_{1j}$ |
| P ₂ | R ₂₁ | R ₂₂ | R ₂₃ | . | R _{2j} | . | R _{2n} | $K_2 = \sum_{j=1}^n R_{2j}$ |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| P _i | R _{i1} | R _{i2} | R _{i3} | . | R _{ij} | . | R _{in} | $K_i = \sum_{j=1}^n R_{ij}$ |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| P _m | R _{m1} | R _{m2} | R _{m3} | . | R _{mj} | . | R _{mn} | $K_m = \sum_{j=1}^n R_{mj}$ |

Existe el caso en que para el decisor o grupo de decisores el logro de ciertos objetivos es más importante que otros, luego entonces se puede resolver el problema de jerarquización obteniendo un factor que pondere las preferencias de un objetivo específico con respecto a otro y así sucesivamente hasta encontrar los factores de ponderación de todos los objetivos.

Para la formulación de proyectos de control de avenidas e inundaciones es posible que los objetivos fundamentales sean: evitar pérdidas humanas, que está en función del número de familias afectadas por año o asimismo la reducción de la emigración, por lo tanto los factores de estos objetivos serán mayores que los demás, pero la cuantificación de qué tanto son preferibles ya sea el doble, el triple, etc., deberá determinarlo el decisor, de esta forma se tiene la siguiente matriz.

A partir de los valores de la matriz de rangos ponderados se obtiene la jerarquización de proyectos y que los que tengan mayor puntuación sean los más favorables, de acuerdo a los criterios definidos por el decisor o grupo de decisores, es decir:

Pi es preferible a Pm sólo si:

$$\sum_{j=1}^n F_j R_{ij} > \sum_{j=1}^n F_j R_{mj} \quad (5.14)$$

Matriz de rangos ponderados

| Objetivos específicos Proyectos | Maximizar valor presente neto | Maximizar tasa de rendimiento interno | Minimizar costo equivalente anual | Maximizar relación beneficio costo | Minimizar número de familias afectadas | Minimizar número de empleos afectados | Minimizar reducción de emigración | Suma de rangos ponderados |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| | Factor de ponderación | | | | | | | |
| | F1 | F2 | F3 | | Fj | | Fn | |
| P ₁ | F ₁ R ₁₁ | F ₂ R ₁₂ | F ₃ R ₁₃ | . | F _j R _{1j} | . | F _n R _{1n} | $\sum_{j=1}^n F_j R_{1j}$ |
| P ₂ | F ₁ R ₂₁ | F ₂ R ₂₂ | F ₃ R ₂₃ | . | F _j R _{2j} | . | F _n R _{2n} | $\sum_{j=1}^n F_j R_{2j}$ |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| P _i | F ₁ R _{i1} | F ₂ R _{i2} | F ₃ R _{i3} | . | F _j R _{ij} | . | F _n R _{in} | $\sum_{j=1}^n F_j R_{ij}$ |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| P _m | F ₁ R _{m1} | F ₂ R _{m2} | F ₃ R _{m3} | . | F _j R _{mj} | . | F _n R _{mn} | $\sum_{j=1}^n F_j R_{mj}$ |

5.6 Programación de inversiones para control de inundaciones

5.6.1 Planteamiento del problema

Contar con varios proyectos que deben realizarse para solucionar los problemas de control de avenidas e inundaciones y las restricciones de presupuesto que no permiten ejecutar todas las acciones al mismo tiempo plantea la necesidad de utilizar técnicas de optimización o simulación para asignar inversiones a programas o proyectos que alcancen en forma más eficiente y eficaz los objetivos planteados para el control de avenidas e inundaciones.

Es común que un proyecto esté formado por diferentes subproyectos que deben jerarquizarse para su realización, con objeto de obtener mayores resultados, determinando la secuencia y monto de la inversión en el tiempo y por subproyecto, de acuerdo con los recursos disponibles y el mejor logro del objetivo general.

Para la solución del problema de asignación de inversiones existen diferentes métodos matemáticos, con lo que se obtienen resultados satisfactorios que son de gran utilidad para la toma de decisiones de inversión⁴⁸. En forma general se obtienen los proyectos que deben ejecutarse, el año en que deben iniciarse y terminarse, los montos que deben asignarse por año y el período de análisis, de tal forma que se cumpla con las restricciones de presupuesto, empleo, beneficios, etc.

En México se han implantado diferentes modelos para programar inversiones, con la finalidad de resolver el problema de optimización de inversiones en proyectos hidráulicos⁴⁹; entre ellos se pueden mencionar:

- Modelo de programación entera.
- El modelo de la mochila
- Modelo de optimización para un programa de inversiones
- Modelo de programación de inversiones formulado por el método de la programación dinámica
- Modelo para programar proyectos en distintos períodos
- Modelo para jerarquización de inversiones por áreas de inversión.

A continuación se presenta el planteamiento teórico de un modelo de programación de inversiones, aplicando la programación lineal entera.

Modelo de programación lineal entera⁵⁰

Cuando se cuenta con varios proyectos que contribuyen a la protección de una misma región, se presenta el problema de decidir cuáles proyectos deben construirse, en qué orden y cuando deben

⁴⁸ Prawda Juan (2000) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones. Volumen 1 Métodos Determinísticos.

⁴⁹ Carrillo Interian William Alberto (1998). Modelo para la Jerarquización y Selección de Proyectos en Estudio para el Control de Inundaciones. Tesis. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

⁵⁰ Comisión Nacional del Agua (2000). Políticas y Lineamientos para la Programación de Inversiones. Documento interno. Gerencia de Programación y Presupuesto. Subdirección General de Programación. Este modelo se tiene implantado en la Gerencia de Programación y Presupuesto de la Subdirección General de Programación de la Comisión Nacional del Agua.

iniciarse. En principio se debe analizar cada proyecto individual, técnica, económica y socialmente. Posteriormente, deben determinarse sus relaciones para formar conjuntos de proyectos para seleccionar aquel grupo que de una manera integral ofrezca las mayores ventajas en cuanto a beneficios y costos para la zona considerando restricciones- si las hay- de presupuesto, tiempo, daños máximos en zonas especiales, etc.

El modelo considera los niveles de recursos presupuestarios previstos, tanto de fuentes externas como del presupuesto nacional, así como diferentes cronogramas de ejecución, entre normales y más lentos, según las características de cada proyecto, tal como se muestra en el siguiente esquema. La función objetivo que se maximiza es la suma del valor presente de los beneficios netos atribuibles a las inversiones del programa, VPBN, descontado al 12%, coincide con las políticas adoptadas para el subsector. Sin embargo, subsisten los mismos criterios básicos que todos los proyectos sean factibles según los criterios tradicionales, tanto económicos como técnicos y financieros, puesto que éstos se aplican de antemano, previa la aplicación del modelo.

Matriz de inversiones anuales requeridas para variantes de proyecto

| Proyectos | Variante de ejecución | Año de inicio del proyecto | Inversiones requeridas por variante de proyecto | | | |
|-------------------|-----------------------|----------------------------|---|--------------------|-------------------------------|---------------------|
| | | | Años | | | |
| i | j | k | 1 | 2 | 1 | 15 |
| | 1 | 1,2, ...,15 | C _{1,1,1} | C _{1,1,2} | C _{1,1,1} | C _{1,1,15} |
| 1 | 2 | 1,2, ...,15 | C _{1,2,1} | C _{1,2,2} | C _{1,2,1} | C _{1,2,15} |
| | 3 | 1,2, ...,15 | C _{1,3,1} | C _{1,3,2} | C _{1,3,1} | C _{1,3,15} |
| | 1 | 1,2, ...,15 | C _{2,1,1} | C _{2,1,2} | C _{2,1,1} | C _{2,1,15} |
| 2 | 2 | 1,2, ...,15 | C _{2,2,1} | C _{2,2,2} | C _{2,2,1} | C _{2,2,15} |
| | 3 | 1,2, ...,15 | C _{2,3,1} | C _{2,3,2} | C _{2,3,1} | C _{2,3,15} |
| . | . | | . | . | . | . |
| 1 | | | C _{i,j,1} | C _{i,j,2} | C _{i,j,1} | C _{i,j,15} |
| . | . | | . | . | . | . |
| | 1 | 1,2, ...,15 | C _{m,1,1} | C _{m,1,2} | C _{m,1,1} | C _{m,1,15} |
| m | 2 | 1,2, ...,15 | C _{m,2,1} | C _{m,3,2} | C _{m,2,1} | C _{m,2,15} |
| | 3 | 1,2, ...,15 | C _{m,3,1} | C _{m,3,2} | C _{m,3,1} | C _{m,3,15} |
| Presupuesto anual | | | P1 | P2 | P1 | P15 |

P1. Techo financiero en el año 1 para su distribución en el conjunto de proyectos

C_{i,j,k,l}. Inversión en el año l para el proyecto i en su variante de ejecución j habiendo iniciado su ejecución en el año k.

El proceso se fundamenta en el conjunto de estudios específicos que se elaboran para cada proyecto de la cartera que compone el universo. Esta información se emplea en el cálculo de los indicadores básicos, Tasa Interna de Retorno, TIR, Valor Presente de Beneficios Netos, VPBN, número de beneficiarios y su ingreso. Estos indicadores, junto con el costo económico de inversión ajustado a precios de cuenta constituyen el principal insumo del modelo, o sea la base para la comparación objetiva de proyectos de diferente índole, tamaño y localización geográfica. El esquema siguiente muestra las diferentes variables del modelo.

Modelo Matemático de Optimización Lineal Entera

Función Objetivo:

Valor Presente de Beneficios Netos

$$\text{Maximizar } Z = \sum_{i=1}^m \text{VPBN}$$

Restricciones: $\sum_{i,j,k} C_{ijk} \cdot X_{ijk} \leq PI$; $\sum_{i,k} X_{ijk} = 1$

El requerimiento anual de los proyectos incluidos en el programa de inversión, no será mayor que el techo financiero para ese año

Donde:

VPBN = Valor presente de Beneficios Netos del proyecto

X_{ijk} = Variable de decisión; si vale uno, el proyecto iniciará su ejecución en el año (k); y si vale cero no iniciará.

C_{ijk} = Inversión necesaria en el año l para el proyecto i, variable de ejecución j, inicio en el año k.

PI = Techo financiero en el año (l)

Los resultados de la aplicación del modelo de programación de inversiones, consisten en la determinación del conjunto de proyectos que deben iniciarse, continuarse, terminarse o diferirse en un año determinado, de acuerdo con techos financieros anuales previstos, así como la información de las inversiones requeridas, el año en que se deben aplicar y los beneficios que se obtendrán. La siguiente tabla muestra esquemáticamente la presentación de inversiones y beneficios.

Programa de inversiones y beneficios

| Proyectos i | Inversiones y Beneficios | Año de inicio del proyecto k | Inversiones anuales por proyecto | | | |
|----------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------|------------------------|--------------|
| | | | Años 1 - 15 | | | |
| | | | 1 | 2 | 1 | 15 |
| 1 | Inversión | 1,2, ...,15 | $C_{1,1,1}$ | $C_{1,1,2}$ | $C_{1,1,1}$ | $C_{1,1,15}$ |
| | Beneficio | 1,2, ...,15 | $B_{1,1,1}$ | $B_{1,1,2}$ | $B_{1,1,1}$ | $B_{1,1,15}$ |
| 2 | Inversión | 1,2, ...,15 | $C_{2,1,1}$ | $C_{2,1,2}$ | $C_{2,1,1}$ | $C_{2,1,15}$ |
| | Beneficio | 1,2, ...,15 | $B_{2,1,1}$ | $B_{2,1,2}$ | $B_{2,1,1}$ | $B_{2,1,15}$ |
| · | · | · | · | · | · | · |
| .. | .. | .. | · | · | · | · |
| i | Inversión | | $C_{i,j,1}$ | $C_{i,j,2}$ | $C_{i,j,1}$ | $C_{i,j,15}$ |
| | Beneficio | | $B_{i,j,1}$ | $B_{i,j,2}$ | $B_{i,j,1}$ | $B_{i,j,15}$ |
| · | · | | · | · | · | · |
| .. | .. | | · | · | · | · |
| m | Inversión | 1,2, ...,15 | $C_{m,1,1}$ | $C_{m,1,2}$ | $C_{m,1,1}$ | $C_{m,1,15}$ |
| | Beneficio | 1,2, ...,15 | $B_{m,1,1}$ | $B_{m,1,2}$ | $B_{m,1,1}$ | $B_{m,1,15}$ |

Como resultado del análisis del programa del mediano plazo, se formulan recomendaciones para la terminación de proyectos en el periodo analizado, entre las cuales se tienen: el fortalecimiento del proceso de construcción en obras prioritarias, complementación de estudios y proyectos de alternativas para continuar el proceso de construcción de infraestructura hidráulica y diferimiento de algunas acciones no prioritarias.

Consiste en formular una función objetivo a maximizar con variables de decisión asociados a los beneficios correspondientes a cada alternativa de inicio de cada proyecto, con restricciones presupuestarias por cada año. Con la variable decisión se acepta o rechaza el inicio del proyecto. El planteamiento del modelo es el siguiente:

$$\text{Max } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{m_i} B_{ij} \cdot X_{ij} \quad (5.15)$$

Donde:

- B_{ij} Beneficio de la alternativa de iniciar el proyecto i en el año j
- m_i Número de alternativas de inicio del proyecto i
- m Número de proyectos
- X_{ij} Variable de decisión de aceptar o rechazar la alternativa de iniciar el proyecto i en el año j
- C_j Inversión en el periodo de la alternativa de inicio el proyecto i en el año j

Las restricciones son:

- Las inversiones por cada año deberán ser menores o iguales al presupuesto correspondiente o sea:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} C_{tj} \cdot X_{ij} \leq P_t \quad (5.16)$$

Para $t = 1, 2, \dots, T$

- No más de una alternativa de inicio de cada proyecto puede ser seleccionada

$$\sum_{j=1}^{m_i} X_{ij} \leq 1 \quad (5.17)$$

Para $i = 1, 2, \dots, N$

Las variables de decisión asociadas a cada alternativa deberán ser cero o uno. Cero para rechazar la alternativa de inicio del proyecto i en el año j y uno para aceptar el inicio del proyecto i en el año j o sea.

$$X_{ij} : 0 \text{ ó } 1 \text{ para } i = 1, 2, \dots, N$$

Además de las restricciones anteriores se pueden agregar otras, por ejemplo:

Asignar un mínimo de inversión en una región determinada, con lo que se tendrá lo siguiente:

$$\sum_{i \in R} \sum_j R_{i,j} X_{i,j} \geq D \quad (5.18)$$

$R_{i,j}$; Inversiones del proyecto i en la alternativa de iniciarlo en el año j y perteneciente a la región R

D ; Mínimo de inversión requerida.

Generar un mínimo de empleos por programas de inversiones en una región o país.

$$\sum_{i \in R} \sum_j E_{i,j} X_{i,j} \geq E \quad (5.19)$$

E ; Mínimo de empleos directos generados

i, j ; Empleos directos generados por el proyecto i en su alternativa de inicio en el año j

La solución al modelo se puede hacer utilizando el método simples, ramificación y acotamiento o cualquier otro para programación lineal entera.

5.6.3 Ejemplo de programación de inversiones

Se tienen cuatro proyectos de los cuales se cuenta con la información de las inversiones requeridas para su ejecución así como de los beneficios netos generados. En dos de ellos se presentan tres diferentes ritmos para su ejecución, lento, normal y rápido y en los dos restantes proyectos se presentan dos ritmos de ejecución lento y normal. Se considera que los programas solo tienen dos posibilidades de inicio en su ejecución; en el año 1 o el año 2. El presupuesto anual disponible es de 200 millones de pesos. En la tabla siguiente se muestran las características para cada proyecto de acuerdo con el programa que se utiliza, en este caso, LINDO⁵¹, para su solución y su descripción es la siguiente:

- En la primera columna se incluye el nombre del proyecto, el año de inicio y el tipo de ritmo
- En la segunda columna se incluye el total de la suma de valores de beneficios netos de los proyectos, que se incluyen en la solución, a los que se da el valor 1 si el proyecto se selecciona en la solución y 0 en el caso de que el proyecto no integre la solución óptima.
- En la tercera columna se muestran los valores de beneficios netos correspondientes a cada proyecto y a sus alternativas.
- La cuarta columna se utiliza como apoyo, en conjunto con la última columna para mostrar la restricción de que $x \leq 1$.
- De la quinta columna a la quinceava columna se muestran los costos anuales de cada alternativa.
- En la última columna se establece la condición restrictiva de que cada variable $x \leq 1$.

⁵¹ Mathur Kamlesh y Solow Daniel (1996). Investigación de Operaciones. Editorial Prentice Hall

- Se supone una disponibilidad de 200 millones de pesos por año para su asignación al programa de inversiones.
- El programa óptimo se compone de proyectos cuya suma de beneficios netos corresponde al valor máximo de entre todas las combinaciones de las alternativas, de tal forma que las inversiones requeridas por los proyectos seleccionados por año, sean menores al presupuesto establecido, que en este caso es de 200 millones de pesos por año.

En la parte inferior de la tabla principal se muestran dos tablas en la primera de ellas se presentan las condiciones restrictivas de las alternativas en las cuales para cada proyecto sólo se debe seleccionar como solución una o ninguna alternativa. En el caso de los dos primeros proyectos se tiene 6 alternativas para cada uno, tres ritmos de ejecución y dos posibilidades de inicio y en el caso de los dos proyectos 3 y 4 se tiene solo cuatro alternativas, dos ritmos de ejecución y dos posibilidades de inicio. En la segunda tabla inferior derecha se muestran las sumas anuales de requerimientos de inversión totales para los proyectos que integran el programa el cual debe ser menor al presupuesto anual disponible que en este caso es de 200 millones de pesos..

Alternativas de Programas de Inversiones

| Alternativa Proyecto Año inicio Ritmo | Suma de Valor Presente de Beneficios Netos | Valor Presente Beneficios Netos Millones Pesos | Proyecto | Programa de Inversiones (Millones de pesos) | | | | | | | | | | | Condicion Restrictiva $X \leq 1$ | | |
|---|--|--|-------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|
| | | | | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 | | | |
| | 3141 810207 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROY1AIR1 | 1 | 307 | 1 | 48.267 | 83.66 | 92.62 | | | | | | | | | | | =<= |
| PROY1AIR2 | 1 | 283 | 1 | 35.05 | 35.05 | 64.13 | 90.35 | | | | | | | | | | =<= |
| PROY1AIR3 | 1 | 248 | 1 | 17.119 | 31.8 | 36.57 | 60 | 46.58 | 32.489 | | | | | | | | =<= |
| PROY1A2R1 | 1 | 274 | 1 | | 48.27 | 83.66 | 92.62 | | | | | | | | | | =<= |
| PROY1A2R2 | 1 | 252 | 1 | | 35.05 | 35.05 | 64.13 | 90.35 | | | | | | | | | =<= |
| PROY1A2R3 | 1 | 222 | 1 | | 17.12 | 31.8 | 36.57 | 60 | 46.582 | 32.49 | | | | | | | =<= |
| PROY2AIR1 | 1 | 232 | 1 | 19.471 | 60.05 | 71.41 | 68.65 | 42.43 | | | | | | | | | =<= |
| PROY2AIR2 | 1 | 207 | 1 | 17.509 | 38.38 | 51.26 | 62.61 | 42.09 | 32.986 | 17.18 | | | | | | | =<= |
| PROY2AIR3 | 1 | 158 | 1 | 7.548 | 14.36 | 15.66 | 19.49 | 27.15 | 32.961 | 55.49 | 37.52 | 27.15 | 24.676 | | | | =<= |
| PROY2A2R1 | 1 | 207 | 1 | | 19.47 | 60.05 | 71.41 | 68.65 | 42.427 | | | | | | | | =<= |
| PROY2A2R2 | 1 | 185 | 1 | | 17.51 | 38.38 | 51.26 | 62.61 | 42.09 | 32.99 | 17.18 | | | | | | =<= |
| PROY2A2R3 | 1 | 141 | 1 | | 7.548 | 14.36 | 15.66 | 19.49 | 27.146 | 32.96 | 55.49 | 37.52 | 27.146 | 24.676 | | | =<= |
| PROY3AIR1 | 1 | 72 | 1 | 28.345 | 44.49 | 44.49 | 87.99 | 156.6 | 156.56 | | | | | | | | =<= |
| PROY3AIR2 | 1 | 55 | 1 | 6.491 | 9.605 | 36.45 | 65.44 | 81.54 | 94.986 | 89.02 | 66.11 | 45.52 | 23.247 | | | | =<= |
| PROY3A2R1 | 1 | 64 | 1 | | 28.35 | 44.49 | 44.49 | 87.99 | 156.56 | 156.6 | | | | | | | =<= |
| PROY3A2R2 | 1 | 49 | 1 | | 6.491 | 9.605 | 36.45 | 65.44 | 81.544 | 94.99 | 89.02 | 66.11 | 45.523 | 23.247 | | | =<= |
| PROY4AIR1 | 1 | 51 | 1 | 3.246 | 8.049 | 17.4 | 15.32 | | | | | | | | | | =<= |
| PROY4AIR2 | 1 | 47 | 1 | 2.123 | 11.06 | 13.58 | 9.215 | 8.033 | | | | | | | | | =<= |
| PROY4A2R1 | 1 | 45 | 1 | | 3.246 | 8.049 | 17.4 | 15.32 | | | | | | | | | =<= |
| PROY4A2R2 | 1 | 42 | 1 | | 2.123 | 11.06 | 13.58 | 9.215 | 8.033 | | | | | | | | =<= |
| Restricción para opciones de ritmo | | | Suma Inversiones | 185.17 | 521.7 | 780.1 | 922.6 | 883.4 | 754.36 | 511.7 | 265.3 | 176.3 | 120.59 | 47.923 | | | |
| Ritmos | Condicion | Restriccion | Restriccion | <= | Not <= | Not <= | Not <= | Not <= | Not <= | Not <= | Not <= | Not <= | Not <= | Not <= | Not <= | Not <= | Not <= |
| 6 | Not <= | 1 | Presupuesto Anual | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| 6 | Not <= | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Not <= | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Not <= | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |

El programa óptimo se obtiene aplicando técnicas de programación lineal entera en la que el objetivo, de función, es el de maximizar el Valor Presente Neto representado por la suma del valor presente beneficios netos de cada proyecto seleccionado, con restricciones de que cada variable es igual o menor a uno. El número de opciones de ritmos de ejecución, es igual o menor a uno, por proyecto. El resultado se muestra a continuación, el cual se obtuvo con la aplicación del paquete LINDO en su versión What's The Best. Los proyectos seleccionados son PROY1A1R1; PROY2A1R1; PROY3A2R2; PROY4A1R1. El Valor Presente de Beneficios Netos es igual a: 638.628 Millones de pesos. Los resultados se muestran en la siguiente tabla en la cual se incluyen solo los proyectos que conforman la solución, que consiste en:

PROY1A1R1; proyecto 1, inicio año 1, ritmo de ejecución 1 y beneficio neto 307 millones de pesos.
 PROY2A1R1; proyecto 2, inicio año 1, ritmo de ejecución 1 y beneficio neto 232 millones de pesos
 PROY3A2R2; proyecto 3, inicio año 2, ritmo de ejecución 2 y beneficio neto 49 millones de pesos
 PROY4A1R1; proyecto 4, inicio año 1, ritmo de ejecución 1 y beneficio neto 51 millones de pesos
 Suma total de beneficios netos 638 millones de pesos.

Programa de Inversiones Óptimo

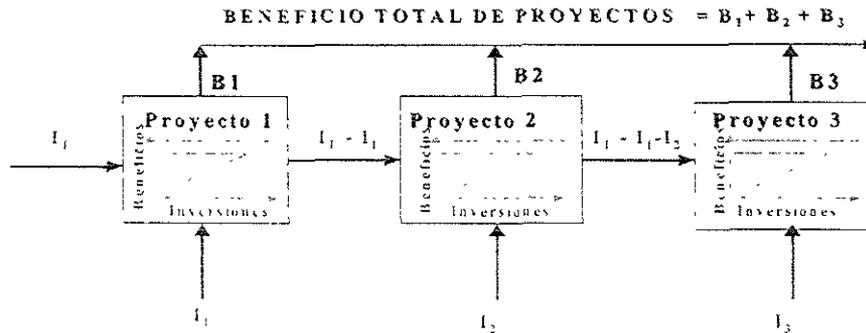
| Alternativa | Suma de Valor | Valor Presente | Proyecto | Programa de Inversiones | | | | | | | | | | | Condición |
|------------------------------------|---------------|----------------|-------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------------|
| Proyecto Año inicio Ritmo | Presente de | Beneficios | seleccionado | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 | Año 11 | Restricción |
| | Beneficios | Netos | | | | | | | | | | | | | |
| | Netos | Millones Pesos | | | | | | | | | | | | | |
| | 638.628563 | | | | | | | | | | | | | | |
| PROY1A1R1 | 1 | 307 | 1 | 48.267 | 83.66 | 92.62 | | | | | | | | | ≤ |
| PROY2A1R1 | 1 | 232 | 1 | 19.471 | 60.05 | 71.41 | 68.65 | 42.43 | | | | | | | ≤ |
| PROY3A2R2 | 1 | 49 | 1 | | 6.491 | 9.605 | 36.45 | 65.44 | 81.544 | 94.99 | 89.02 | 66.11 | 45.523 | 23.247 | ≤ |
| PROY4A1R1 | 1 | 51 | 1 | 3.246 | 8.049 | 17.4 | 15.32 | | | | | | | | ≤ |
| Restricción para opciones de ritmo | | | Suma Inversiones | 70.984 | 158.3 | 191 | 120.4 | 107.9 | 81.544 | 94.99 | 89.02 | 66.11 | 45.523 | 23.247 | |
| Ritmos | Condición | Restricción | Restricción | ≤ | ≤ | ≤ | ≤ | ≤ | ≤ | ≤ | ≤ | ≤ | ≤ | ≤ | |
| 1 | ≤ | 1 | Presupuesto Anual | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | |
| 1 | ≤ | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | ≤ | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | ≤ | 1 | | | | | | | | | | | | | |

5.6.3 Modelo de programación dinámica⁵²

La programación dinámica es una técnica de optimización que resuelve ciertos problemas de programación lineal y no lineal y que tiene las siguientes características. Deben expresarse en forma secuencial, dividirse en etapas en un número finito o infinito, contarse, en cada etapa, con una política de decisión, poder identificar uno o más estados en cada etapa, y definir una función de beneficio y de costo. Desglosando el problema de programación dinámica en etapas se tienen diversas variables en una secuencia de problemas en que cada uno de los cuales incorpora una o varias variables. Lo anterior puede representarse de la siguiente forma esquemática.

1. ⁵² Este modelo se presenta en el libro "El Enfoque de Sistemas". Ed. Limusa. Año 1980 de Gerez y Grijalva.

Esquema de Asignación de inversiones



La función objetivo del modelo es la siguiente:

$$f_n(I_n) \text{ Max } [(B_n(I_n, D_n) + f_{n-1}(I_{n-1}))] \quad n = 1, 2 \dots n-1, n$$

$$D_n$$

con la condición inicial

$$f_0(I_0) = 0$$

I_n : inversión máxima que se puede aplicar en el enésimo proyecto ($n = 1, 2, \dots, n$) y corresponde a la variable de estado.

D_n : variable de decisión en el proyecto enésimo que está en el conjunto de decisiones de inversión que se pueden tomar en el proyecto enésimo. El rango de la decisión de invertir es desde 0 hasta I_n .

$B_n(I_n, D_n)$: Beneficio del proyecto enésimo al invertirse en él la cantidad de D_n

R_i : Función de transformación univaluada que hace que.

$$I_i = R_i(I_i, D_i) \quad (5.20)$$

Las restricciones son las siguientes:

La inversión en cada proyecto no puede ser negativa

$$I_i \geq 0 \quad \text{para toda } i = 0, 1, \dots, n \quad (5.21)$$

La inversión máxima que se puede invertir es T

$$\sum_{i=0}^n D_i \leq T \quad (5.22)$$

La aplicación del modelo supone que se tiene la información del techo financiero total que se puede distribuir en los proyectos y la relación de lo que corresponde en beneficios a cada inversión por proyecto. De acuerdo con las variables anteriores, el problema que se plantea es el siguiente:

$$B_i = B_i (I_i, D_i) \text{ beneficio del proyecto;} \quad (5.23)$$

$$B_t = \sum_{i=1}^n B_i (I_i, D_i) \text{ suma de beneficios de los proyectos} \quad (5.24)$$

Luego se tiene que:

$$B = B (I_n, D_1, D_2, \dots, D_i, \dots, D_n) \quad (5.25)$$

La optimización consiste en encontrar los valores de las variables de decisión D_1, D_2, \dots, D_n que para un valor dado I_n del estado inicial maximicen o minimicen la función del beneficio B de todos los proyectos. El algoritmo de solución consiste en encontrar el máximo o mínimo de la función beneficio por etapas; así tendremos que en la primera etapa para cada valor posible de I , la función beneficio tiene un valor óptimo, que se encuentra optimizando esta función con relación a la variable de decisión d , es decir:

$$f_1(I_1) = \text{Max}_{D_1} B_1 (I_1, D_1) \quad (5.26)$$

en donde:

$f_1(I_1)$; beneficio óptimo

Para la segunda etapa se tiene que el beneficio es el siguiente:

$$B_1 (I_1, D_1) + B_2 (I_2, D_2) \quad (5.27)$$

Luego el valor óptimo de la segunda etapa será:

$$\text{Max}_{D_1, D_2} [B_1 (I_1, D_1) + B_2 (I_2, D_2)] \quad (5.28)$$

Beneficio para la primera y segunda etapa:

$$\text{Max}_{D_1, D_2} [B_2 (D_2, I_2) + f_1 (I_1)] \quad (5.29)$$

En esta etapa se busca el óptimo respecto a D_2 .

5.6.4 Ejemplo de programación dinámica

Cuando se cuenta con varios proyectos que contribuyen a la protección de una misma región se presenta el problema de decidir cuáles proyectos deben construirse; para resolver lo anterior se debe analizar cada proyecto individual, técnica, económica y socialmente. Posteriormente, deben

determinarse sus relaciones para formar conjuntos de proyectos y seleccionar aquel grupo que de una manera integral ofrezca las mayores ventajas en cuando a beneficios y costos para la zona considerando restricciones, si las hay, de presupuesto, tiempo de ejecución y daños máximos en zonas específicas.

Con base en el esquema presentado de la programación dinámica, tenemos que la función objetivo es:

$$f_n(I_n) = \text{Max} [B_n(I_n, D_n) + f_{n-1}(I_{n-1})] \quad (5.30)$$

con la condición inicial de

$$f_0(I_0) = 0 \quad (5.31)$$

Sujeta a las restricciones de

$$I_i > 0 \text{ para toda } i = 0, \dots, n \quad (5.32)$$

(Inversión no negativa)

$$\sum_{j=0}^n D_j < T \quad (\text{inversión máxima posible es } T) \quad (5.33)$$

El problema de optimización es determinar los montos de inversión D_1, D_2, \dots, D_n que para un valor dado I_n del estado inicial maximicen la función de la suma de beneficios de todos los proyectos. La solución se plantea mediante la aplicación de un algoritmo que consiste en encontrar el máximo de la función beneficio por etapas. Se presentan dos cuadros que incluyen la secuencia para solucionar el problema de optimización. El primer cuadro representa el análisis para el primer proyecto. El segundo corresponde a la metodología general para el análisis de las etapas posteriores. Como resultado se obtiene una matriz formada por los valores de D_1, D_2, \dots, D_m que maximizan el beneficio del conjunto de proyectos.

La solución se presenta en una matriz que comprende de n columnas y sus renglones dependen del número de combinaciones de inversión que producen el beneficio óptimo para cada posibilidad de inversión I_i donde $I_i < T$ por tanto la matriz puede formarse por $(T+1)$ renglones, cuando no se repitan combinaciones hasta $1+2 \dots + (T+1)$ renglones. Esta cantidad es igual a $[(t+1) \cdot (T+2)]$ de acuerdo con lo anterior, el método no es apropiado para aplicarse cuando T y N son muy grandes.

Análisis de la primera área de inversión

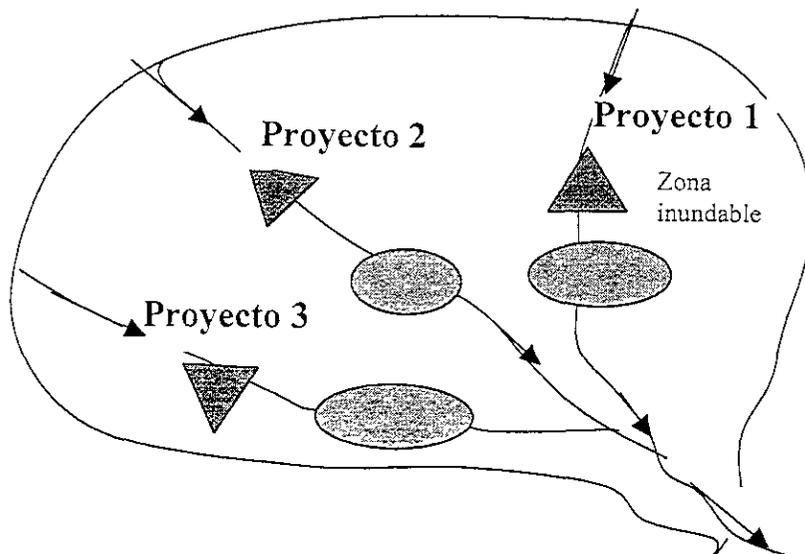
| Posibilidades de inversión | Opciones de inversión | Beneficios | Beneficio óptimo | Valor de D_1^* que produce el beneficio óptimo |
|----------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|--|
| I_1 | $D_1 I_1$ | $f_1 (D_1)$ | $f_1 (D_1^*)$ | $D_1^* (I_1)$ |
| 0 | 0 | $f_1 (0)$ | Max $f_1 (D_1^* (0))$ | $D_1^* (0)$ |
| 1 | 0 | $f_1 (0)$ | Max $f_1 (D_1^* (1))$ | $D_1^* (1)$ |
| | 1 | $f_1 (1)$ | | |
| 2 | 0 | $f_1 (0)$ | Max $f_1 (D_1^* (2))$ | $D_1^* (2)$ |
| | 1 | $f_1 (1)$ | | |
| | 2 | $f_1 (2)$ | | |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | ⋮ | ⋮ | | |
| T | 0 | $f_1 (0)$ | Max $f_1 (D_1^* (T))$ | $D_1^* (T)$ |
| | 1 | $f_1 (1)$ | | |
| | 2 | $f_2 (2)$ | | |
| | ⋮ | ⋮ | | |
| | T-1 | $f_1 (T-1)$ | | |
| | T | $f_1 (T)$ | | |

Analisis de la K-ésima etapa

| Calidad de inversión del proyecto K | Valor posible de d_k | Beneficio de la etapa k | Posibilidad de inversión de los k-1 proyectos | Beneficio óptimo de las etapas anteriores | Valor de las decisiones óptimas de las etapas anteriores | Beneficio acumulado | Beneficio óptimo de la etapa k | Valores de $D^* \dots DK$ que producen el beneficio óptimo | Número máximo de combinaciones de inversión que producen el beneficio óptimo |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|---|---|--|-----------------------------------|---|--|--|
| k | $d_k (l_k)$ | $f_k (d_k)$ | $l_k - d_k$ | $f_{k-1} (l_k - d_k)$ | $D^*_{0,1} \dots + D^*_{0,k-1}$ | $f_k (d_k) + f_{k-1} (l_k - d_k)$ | | | |
| 0 | 0 | $f_k (0)$ | 0 | $f_{k-1} (0)$ | $D^*_{0,1} \dots + D^*_{0,k-1}$ | $f_k (0) + f_{k-1} (0)$ | Para cada l_k , se elige el beneficio entre los beneficios acumulados de todas las decisiones | Para cada posibilidad de inversión l_k se eligen las combinaciones de decisiones de inversión que hacen que se alcance el beneficio óptimo | 1 |
| 1 | 0 | $f_k (0)$ | 1 | $f_{k-1} (1)$ | $D^*_{1,1} \dots + D^*_{1,k-1}$ | $f_k (0) + f_{k-1} (1)$ | | 2 | |
| 1 | 1 | $f_k (1)$ | 0 | $f_{k-1} (0)$ | $D^*_{0,1} \dots + D^*_{0,k-1}$ | $f_k (1) + f_{k-1} (0)$ | | 3 | |
| 2 | 0 | $f_k (0)$ | 2 | $f_{k-1} (2)$ | $D^*_{2,1} \dots + D^*_{2,k-1}$ | $f_k (0) + f_{k-1} (2)$ | | 4 | |
| 2 | 1 | $f_k (1)$ | 1 | $f_{k-1} (1)$ | $D^*_{1,1} \dots + D^*_{1,k-1}$ | $f_k (1) + f_{k-1} (1)$ | | M | |
| | 2 | $f_k (2)$ | 0 | $f_{k-1} (0)$ | $D^*_{0,1} \dots + D^*_{0,k-1}$ | $f_k (2) + f_{k-1} (0)$ | | | |
| | 0 | $f_k (0)$ | M | $f_{k-1} (M)$ | $D^*_{M,1} \dots + D^*_{M,k-1}$ | $f_k (0) + f_{k-1} (M)$ | | | |
| | 1 | $f_k (1)$ | M-1 | $f_{k-1} (M-1)$ | $D^*_{M-1,1} \dots + D^*_{M-1,k-1}$ | $f_k (1) + f_{k-1} (M-1)$ | | | |
| | M | $f_k (M)$ | 0 | $f_{k-1} (0)$ | $D^*_{0,1} \dots + D^*_{0,k-1}$ | $f_k (M) + f_{k-1} (0)$ | | | |

5.6.2 Ejemplo de programación de inversiones en proyectos de control de inundaciones⁵³

Se deben asignar 3 millones de pesos en tres proyectos de control de avenidas en una cuenca hidrográfica, se cuenta con la información de cuantos beneficios netos se producen en cada uno de los proyectos por cada unidad de inversión que se aplicaría, además se considera que los proyectos son independientes y que cada inversión adicional de un millón produce un incremento en beneficios. Los conceptos del problema son los siguientes. Las asignaciones por condiciones del problema solo deben asignarse en números enteros



- X_i = Nivel de inversión en el proyecto i
- $F(X_i)$ = Beneficio del proyecto i debido a la inversión X_i
- $Q(X_i)$ = Gasto a controlar (m³/seg) con una inversión X_i
- D_i = Decisión del nivel de inversión en la i -ésima área

Proyecto 1; Gastos de avenidas a controlar- Inversión- Beneficios netos

Para cada nivel de control de avenidas máximas se tiene un dimensionamiento de la obra de control que corresponde a un costo determinado.

| Gráfica Gasto-Inversión | | Gráfica Gasto-Beneficios netos | | Gráfica Inversión-Beneficio neto | |
|--|--|--|---|---|---|
| Gasto máximo a controlar (m ³ /seg) | Inversión (miles de millones de pesos) | Gasto máximo a controlar (m ³ /seg) | Beneficios netos (miles de millones de pesos) | Función de beneficio (miles de millones de pesos) | Beneficios netos (miles de millones de pesos) |
| Q1(0) | 0 | Q1(0) | 0 | f1(0) | 0 |
| Q1(1) | 1 | Q1(1) | 3 | f1(1) | 3 |
| Q1(2) | 2 | Q1(2) | 4 | f1(2) | 4 |
| Q1(3) | 3 | Q1(3) | 7 | f1(3) | 7 |

⁵³ Adaptación de un ejemplo del libro de Enfoque de sistemas de Gerez V. Y Grijalva M. Editorial Limusa 1976.

Proyecto 2; Gastos de avenidas a controlar- Inversión- Beneficios netos

Este proyecto corresponde a otro sitio de la cuenca y cuenta con costos y beneficios para cada nivel de control de inundaciones o de avenidas.

| Gráfica Gasto-Inversión | | Gráfica Gasto-Beneficios netos | | Gráfica Inversión-Beneficio neto | |
|-----------------------------------|--|-----------------------------------|---|---|---|
| Gasto máximo a controlar (m3/seg) | Inversión (miles de millones de pesos) | Gasto máximo a controlar (m3/seg) | Beneficios netos (miles de millones de pesos) | Función de beneficio (miles de millones de pesos) | Beneficios netos (miles de millones de pesos) |
| Q2(0) | 0 | Q2(0) | 0 | F2(0) | 0 |
| Q2(1) | 1 | Q2(1) | 2 | F2(1) | 2 |
| Q2(2) | 2 | Q2(2) | 4 | F2(2) | 4 |
| Q2(3) | 3 | Q2(3) | 6 | F2(3) | 6 |

Proyecto 3; Gastos de avenidas a controlar- Inversión- Beneficios netos

| Gráfica Gasto-Inversión | | Gráfica Gasto-Beneficios netos | | Gráfica Inversión-Beneficio neto | |
|-----------------------------------|--|-----------------------------------|---|---|---|
| Gasto máximo a controlar (m3/seg) | Inversión (miles de millones de pesos) | Gasto máximo a controlar (m3/seg) | Beneficios netos (miles de millones de pesos) | Función de beneficio (miles de millones de pesos) | Beneficios netos (miles de millones de pesos) |
| Q32(0) | 0 | Q2(0) | 0 | F2(0) | 0 |
| Q3(1) | 1 | Q2(1) | 3 | F2(1) | 3 |
| Q3(2) | 2 | Q2(2) | 5 | F2(2) | 5 |
| Q3(3) | 3 | Q2(3) | 6 | F2(3) | 6 |

Solución

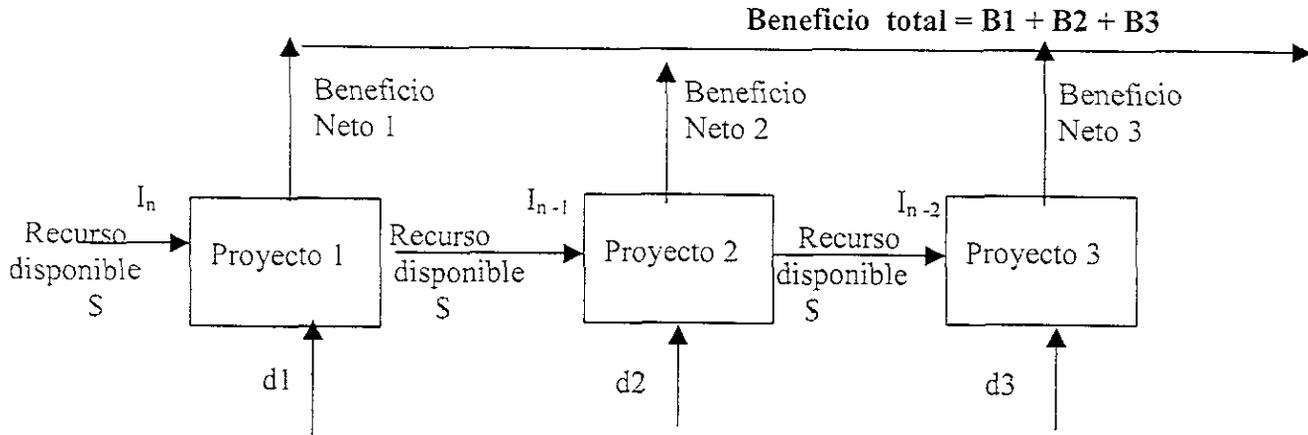
La función objetivo consiste en maximizar los beneficios netos resultantes de la combinación de todos los proyectos, o sea:

$$\text{Maximizar } f(x) = \sum_{i=1}^n f_i(d_i)$$

La restricción es tan solo que la suma de inversiones no rebase el presupuesto total, por lo tanto se tiene que:

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq 3 \text{ miles de millones}$$

Lo anterior se puede esquematizar de la siguiente manera:



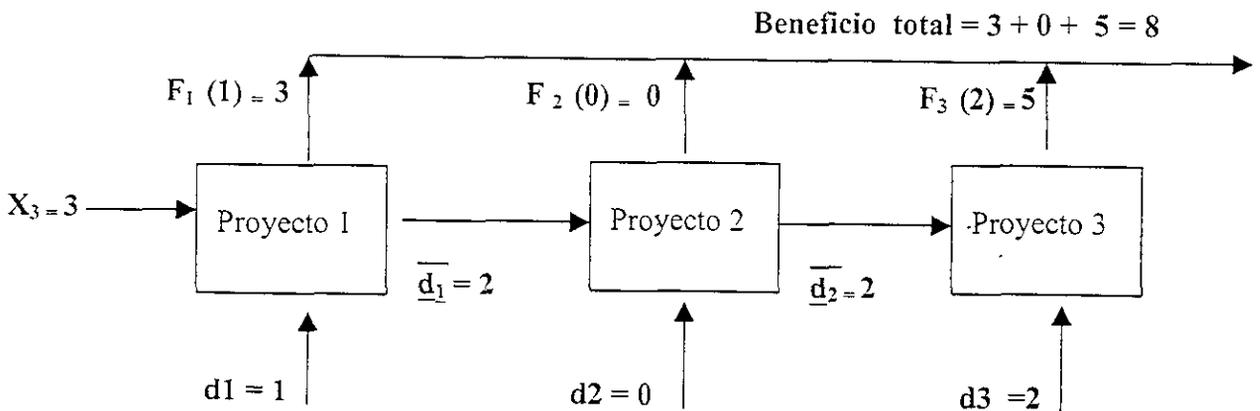
El árbol de decisiones muestra todas las combinaciones posibles de los tres proyectos en cuanto a su inversión, considerando un recurso disponible de 3 miles de millones de pesos. La solución es aquella que maximiza los beneficios netos y en este caso son dos los valores máximos iguales a 8, luego entonces se tiene que las inversiones que optimizan los beneficios netos son:

1a solución $X_1 = 1 \quad X_2 = 0 \quad X_3 = 5 \quad f(x) = 8$

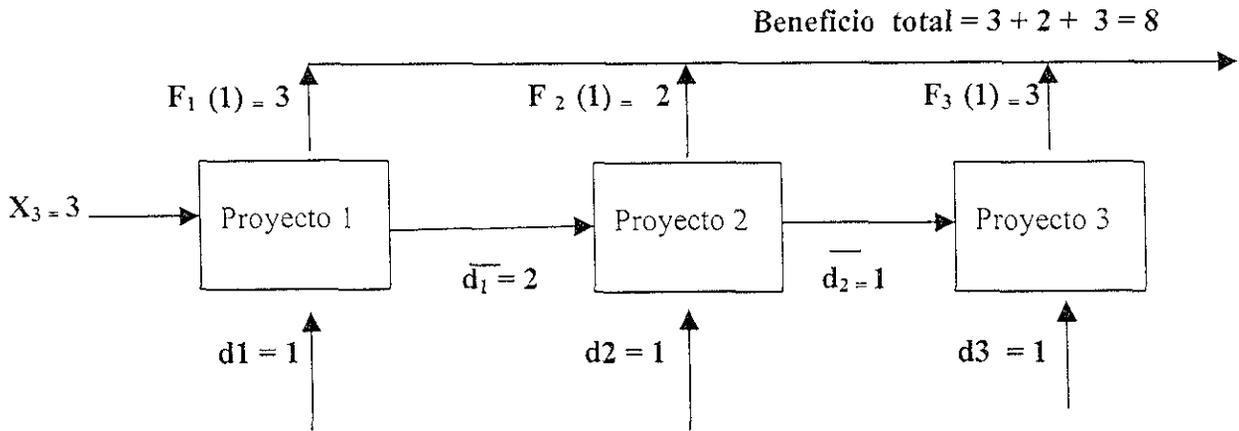
2a solución $X_1 = 1 \quad X_2 = 1 \quad X_3 = 1 \quad f(x) = 8$

En un esquema se tiene lo siguiente:

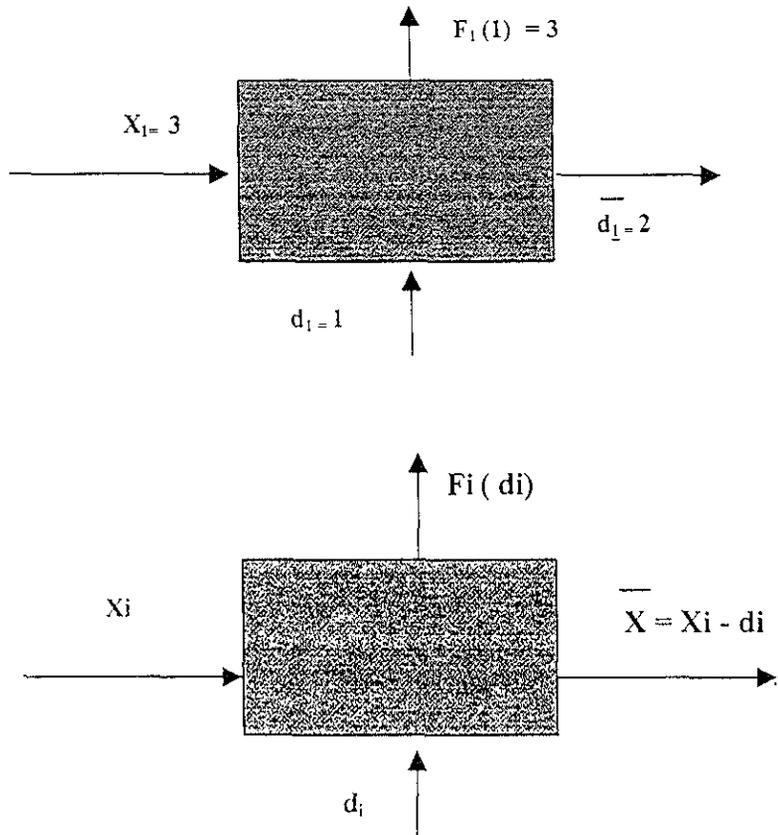
Primera solución



Segunda solución



Si el proyecto 1 utiliza solo 1 miles de millones, luego se tiene que el beneficio del proyecto 1 es de $f_1(1) = 3$. o sea que:



$$3 \geq d_1 + d_2 + d_3$$

$$X_1 - d_1 \geq 0$$

$X_1 \geq d_1$ No se puede gastar en un proyecto mas de los recursos disponibles

| Alternativas de solución | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|
| Inversión proyecto 1 | Beneficio Proyecto 1 | Inversión proyecto 2 | Beneficio Proyecto2 | Inversión proyecto3 | Beneficio Proyecto 3 | Resultado s |
| | | | | 0 | $F_3(0)=0$ | 0 |
| | | | | 1 | $F_3(1)=3$ | 3 |
| | | | | 2 | $F_3(2)=5$ | 5 |
| | | | | 3 | $F_3(3)=6$ | 6 |
| 0 | $F_1(0)=0$ | 0 | $F_2(0)=0$ | 0 | $F_3(0)=0$ | 0 |
| | | 1 | $F_2(1)=2$ | 1 | $F_3(1)=3$ | 5 |
| | | 2 | $F_2(2)=4$ | 2 | $F_3(2)=5$ | 7 |
| | | 3 | $F_2(3)=6$ | 0 | $F_3(0)=0$ | 4 |
| | | | | 1 | $F_3(1)=3$ | 7 |
| 1 | $F_1(1)=3$ | 0 | $F_2(0)=0$ | 0 | $F_3(0)=0$ | 3 |
| | | 1 | $F_2(1)=2$ | 1 | $F_3(1)=3$ | 6 |
| | | 2 | $F_2(2)=4$ | 2 | $F_3(2)=5$ | 8 |
| 2 | $F_1(2)=4$ | 0 | $F_2(0)=0$ | 0 | $F_3(0)=0$ | 5 |
| | | 1 | $F_2(1)=2$ | 1 | $F_3(1)=3$ | 8 |
| 3 | $F_1(3)=7$ | 2 | $F_2(2)=4$ | 0 | $F_3(0)=0$ | 7 |
| | | 0 | $F_2(0)=0$ | 0 | $F_3(0)=0$ | 4 |
| | | 1 | $F_2(1)=2$ | 1 | $F_3(1)=3$ | 7 |
| | | 0 | $F_2(0)=0$ | 0 | $F_3(0)=0$ | 6 |
| | | 0 | $F_2(0)=0$ | 0 | $F_3(0)=0$ | 7 |

El esquema muestra las diferentes soluciones al problema en donde se observa que dos de ellas tienen un valor total de beneficios netos de de 8.

Los métodos de programación de inversiones, ilustrados, son útiles para el caso de contar con una cartera de proyectos que se encuentren con estudios de factibilidad económica, social, técnica y especialmente cuenten con los estudios hidrológicos que garanticen que las acciones contribuirán a los objetivos establecidos y que además los recursos financieros estén limitados.

Capítulo Seis

Estudio de casos

6.1 Aplicación de metodología de objetivos múltiples para selección de alternativas para control de inundaciones⁵⁴. Proyecto de control de inundaciones en Río Silao

Se presenta un estudio de caso con la finalidad de ejemplificar la aplicación de modelos basados en la teoría de objetivos múltiples que son un apoyo importante en la formulación de proyectos y toma de decisiones para la realización de proyectos de control de avenidas e inundaciones.

6.1.1 Planteamiento del problema

Se presentan los análisis que se realizaron para la formulación y ejecución de un proyecto de control de inundaciones en el estado de Guanajuato con fines de ejemplificar el método de evaluación por objetivos múltiples. El río Silao en el estado de Guanajuato presentaba condiciones de desbordamiento frecuentes en diferentes lugares a lo largo de su cauce provocando inundaciones que perjudicaban pequeñas comunidades donde se asentaban alrededor de 5,000 habitantes y zonas agrícolas establecidas en una extensión máxima de 4,000 hectáreas.

Los impactos negativos de las inundaciones consistían en pérdidas en la producción agrícola, erosión de las áreas cultivables, obstrucción a la circulación por las vías de comunicación durante las inundaciones y en ciertas ocasiones existía un mayor índice de enfermedades debido a la contaminación del agua para consumo humano. Con base en los registros estadísticos en las áreas inundables y en una serie de encuestas y análisis de la información estatal, municipal y de los afectados, se estimaron los daños en las siembras de la región, y los gastos máximos registrados en la región inundable:

Las pérdidas representaban una disminución en el ingreso familiar muy importante para los habitantes del área inundable; los daños se cuantificaron con base en la falta de producción agrícola a causa de inundaciones en cultivos de maíz, frijol, fresa, alfalfa y cebolla. La industria regional se afectaba en su rendimiento con la falta de producción agrícola y con los problemas de transporte que se presentaban durante las épocas de inundación; los habitantes del área, además de los efectos psicológicos y sociales que provocaba el fenómeno, también deben realizar trabajos para protegerse de los excedentes de agua mediante obras de limpia y desazolve.

6.1.2 Determinación de alternativas de solución

Con base en la información obtenida de las encuestas sobre daños en la zona y en los estudios básicos como la topografía, hidrología, socioeconomía, geología y otros, se identificaron las siguientes alternativas de solución al problema que generan las inundaciones en el área de estudio:

- No realizar acciones para controlar inundaciones

⁵⁴ Adaptación de un caso real para fines de presentación de la metodología de objetivos múltiples

- Construir bordos a lo largo del río que eviten el desbordamiento de la corriente
- Construir una presa de control de avenidas
- Construir una presa de control de avenidas y bordos a lo largo del río
- Reglamentar el uso del suelo en la zona inundable y relocalizar los asentamientos humanos
- Reglamentar el uso del suelo y relocalizar las áreas productivas
- Reglamentar el uso del suelo en la zona inundable y relocalizar los asentamientos humanos y las áreas productivas
- Implantar medidas de alerta en la población

6.1.3 Estimación de impactos de las alternativas para cada objetivo específico

De acuerdo a los datos disponibles de la zona inundable y utilizando costos índice se obtuvieron indicadores para cada alternativa que miden en forma cualitativa y cuantitativa el impacto para diferentes objetivos del control de inundaciones, lo que se muestra en la Tabla 7.1 a partir de lo que se aplica el método de rangos ponderados, que se fundamenta en la teoría de objetivos múltiples, para seleccionar la alternativa óptima.

Impacto en objetivos de control de inundaciones

| Alternativas para control de inundaciones | Objetivos específicos | | | | |
|--|--|-------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------|
| | Evitar pérdidas de producción agrícola | Evitar pérdidas Humanas | Mejoramiento del medio ambiente | Generación de empleos | Costo actualizado |
| P1 No realizar acciones | Mala | Mala | Mala | Mala | 442 |
| P2 Construcción bordos | Excelente | Muy buena | Buena | Buena | 287 |
| P3 Construcción de presas | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | 180 |
| P4 Construcción de presas y bordos | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente | 278 |
| P5 Reglamentar el uso del Suelo y relocalizar Asentamientos humanos | Mala | Excelente | Buena | Mala | 351 |
| P6 Reglamentar uso del Suelo y relocalizar Áreas productivas agrícolas | Mala | Mala | Regular | Mala | 562 |
| P7 Reglamentar uso del Suelo y relocalizar Asentamientos humanos y áreas productivas agrícolas | Mala | Excelente | Regular | Mala | 913 |
| P8 Implantar medidas de Alerta | Mala | Excelente | Mala | Regular | 5 |

Tabla 6.1

6.1.4 Evaluación y selección de alternativa óptima

Para seleccionar la alternativa más recomendable que maximice en su conjunto los beneficios esperados se requiere, en primer lugar, homogeneizar los valores dados a los impactos de la Tabla B.1, conforme a la preferencia de cada decisor o grupos de decisores, ya que en ciertos casos el logro de un objetivo tiene más importancia que otro, en el caso de control de inundaciones es obvio que evitar pérdidas humanas es un objetivo específico que tiene más alta prioridad en comparación a la disminución de daños materiales. En la Tabla 7.2 se define la equivalencia de los diferentes indicadores de evaluación seleccionados de tal forma de reducirlos a una sola unidad mediante la cual sea posible la comparación entre las alternativas de solución.

Equivalencia de indicadores

| Impacto | | Equivalencia 0 Rij 10 |
|-------------|--|--------------------------|
| Cualitativo | Cuantitativo Costo Millones de pesos | |
| Excelente | 0 - 200 | 10 |
| Muy buena | 201 - 400 | 8 |
| Buena | 401 - 600 | 6 |
| Regular | 601 - 800 | 4 |
| Mala | Mayor a 800 | 2 |

Tabla 6.2

Con base en la tabla de equivalencia de los valores dados a cada impacto se obtiene una nueva matriz de rangos ponderados, tabla B.3, que tiene la característica de que sus elementos son homogéneos y pueden sumarse, lo que se muestra en la última columna de la matriz. Para el caso en que todos los objetivos específicos tienen la misma preferencia, la decisión óptima es aquella que suma la mayor puntuación y que en este caso la alternativa número tres es la que resulta con mayor puntuación. La alternativa tres consiste en la construcción de una presa de control de avenida y de acuerdo con la tabla B.3 se tiene:

$$\sum_{j=1}^5 R_{3j} = 10 + 10 + 10 + 10 + 10 = 50$$

$$\sum_{j=1}^5 R_{ij} \leq \sum_{j=1}^5 R_{3j}$$

para todo $i \neq 3$

Por lo tanto la alternativa de construir una presa es la opción seleccionada.

Matriz de rangos de alternativas

| Alternativas de control de inundaciones | Objetivos específicos | | | | | |
|---|--|-------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| | Evitar pérdidas de producción agrícola | Evitar pérdidas Humanas | Mejora miento del medio ambiente | Generación de empleos | Costo actualizado | Suma de rangos |
| P1 No realizar acciones | 2 | 2 | 2 | 2 | 6 | 14 |
| P2 Construcción de bordos | 10 | 8 | 6 | 6 | 8 | 38 |
| P3 Construcción de presas | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 50 |
| P4 Construcción de presas y bordos | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 48 |
| P5 Reglamentar el uso del Suelo y relocalizar asentamientos humanos | 2 | 10 | 6 | 2 | 8 | 28 |
| P6 Reglamentar el uso del suelo y relocalizar áreas productivas agrícolas | 2 | 2 | 4 | 2 | 6 | 16 |
| P7 Reglamentar el uso del suelo y relocalizar asentamientos humanos y áreas productivas agrícolas | 2 | 10 | 4 | 2 | 2 | 20 |
| P8 Implantar medidas de alerta | 2 | 10 | 2 | 4 | 10 | 28 |

Tabla 6.3

Cuando los objetivos específicos tienen diferente preferencia para el decisor, será necesario, en primer término, determinar un cuadro de equivalencias entre los diferentes objetivos; a partir de lo cual se puede obtener un nuevo valor de indicadores que sean homogéneos y que incorporen las preferencias del decisor o grupo de decisores que en este ejemplo se definen de acuerdo con lo siguiente:

- Evitar pérdidas humanas es el objetivo con más alta prioridad y tiene un grado de preferencia relativo de 2
- Evitar pérdidas de producción agrícola tiene un grado de preferencia relativo de 1
- Lograr un mejoramiento del medio ambiente de la región tiene un grado de preferencia relativo de 1
- Lograr un mayor número de empleos en la zona tiene un grado de preferencia relativo de 0.5
- Lograr un menor costo del proyecto tiene un grado de preferencia relativo de 0.5

Con los criterios anteriores se calcula una nueva matriz de rangos ponderados que incorporen las preferencias del decisor y, de acuerdo a la tabla con los nuevos valores, se obtiene que la alternativa recomendable también para este criterio es la 3 que consiste en la construcción de una presa de control de avenidas y la suma de valores ponderados fue la siguiente:

$$\sum_{j=1}^5 R_{3j} = 10 + 20 + 10 + 5 + 5 = 50$$

De donde

$$\sum_{j=1}^5 R_{3j} = 50 \geq \sum_{j=1}^5 R_{1j} \quad \text{para todo } i \neq 3$$

Matriz de rangos ponderados

| Alternativas de control de inundaciones | Objetivos específicos | | | | | |
|---|--|-------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| | Evitar pérdidas de producción agrícola | Evitar pérdidas humanas | Mejoramiento del medio ambiente | Generación de empleos | Costo actualizado | Suma de rangos |
| | F1= 1 | F2= 2 | F3= 1 | F4= 0.5 | F5= 0.5 | |
| P1 No realizar acciones | 2 | 4 | 2 | 1 | 3 | 12 |
| P2 Construcción de bordos | 10 | 16 | 6 | 3 | 4 | 39 |
| P3 Construcción de presas | 10 | 20 | 10 | 5 | 5 | 50 |
| P4 Construcción de presas y bordos | 10 | 20 | 10 | 5 | 4 | 49 |
| P5 Reglamentar el uso del suelo y relocalizar asentamientos humanos | 2 | 20 | 6 | 1 | 4 | 33 |
| P6 Reglamentar el uso del suelo y relocalizar áreas productivas agrícolas | 2 | 4 | 4 | 1 | 3 | 14 |
| P7 Reglamentar el uso del suelo y relocalizar asentamientos humanos y áreas productivas agrícolas | 2 | 20 | 4 | 1 | 1 | 28 |
| P8 Implantar medidas de alerta | 2 | 20 | 2 | 2 | 5 | 31 |

Tabla 6.4

6.2 Aplicación de metodología probabilística para selección de alternativas para control de inundaciones⁵⁵. Proyecto de control de inundaciones en Río Mocorito.

Se presenta un resumen ejecutivo sobre la formulación y evaluación de un proyecto estructural para control de inundaciones en el río Mocorito del estado de Sinaloa. Tiene como fuentes de información documentos elaborados con base en el estudio de factibilidad para el control y encauzamiento del río, realizado por la Comisión Nacional del Agua y apuntes de seminarios del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. El proyecto se desarrolla sólo para ilustrar la aplicación metodológica probabilística para la evaluación de proyectos de control de inundaciones.

6.2.1 Descripción de la problemática

Las fuertes precipitaciones que se han presentado en la cuenca del río Mocorito, producto de los ciclones, han ocasionado en algunos años generación de avenidas extraordinarias causando inundaciones y severos daños a la poblaciones de Guamuchil, Angostura, Ahuey y otras, además de afectar los cultivos del distrito de riego. Dos ciclones específicamente, han provocado grandes daños. en 1981 el ciclón "Lidia" que generó una avenida del orden de los 5 900 m³/s y en 1982 el ciclón "Paulina" que ocasionó gastos de 13,000 m³/s. Esta avenida fue superior al gasto de diseño de la presa Eustaquio Buelna, 8,500 m³/s.

En 1972 inició su operación la presa Eustaquio Buelna, que se localiza aguas arriba de la Ciudad de Guamuchil sobre el río Mocorito. A partir de su construcción aguas debajo de la presa, el cauce del río se ha azolvado del tal manera que en algunos tramos su trazo ha desaparecido, esto ocasiona que cuando haya desfuegos en la presa, especialmente por el vertedor de excedencias, agua abajo se produzcan inundaciones en los pueblos de Guamuchil, Angostura, Alhuey y otros, afectando a más de 50,000 habitantes, y que se inunden las tierras de cultivo. La situación descrita ha puesto de manifiesto que las inundaciones en centros de población y zonas de cultivo de la zona son frecuentes y que dado el dimensionamiento las avenidas máximas ocurridas, la Presa Eustaquio Buelna, según estimaciones con una avenida máxima con periodo de retorno de 200 años, sobrepasaría la corona de la obra poniéndola en riesgo de colapso.

La presa está localizada al noroeste de la ciudad de Guamuchil y muy cercana a ésta funciona en sistema con la presa Adolfo López Mateos para dominar 41500 ha. de la unidad Mocorito, si bien el reducido potencial del río sólo es suficiente para el riego de 10,000 ha, por lo que los volúmenes adicionales para complementar la demanda se obtienen mediante transferencias de la presa López Mateos, a través del canal principal Humaya. La mencionada presa Eustaquio Buelna es de materiales graduados, con altura máxima de 38m, incluido un bordo libre de 2.35m. Dispone de un vertedor controlado por cuatro compuertas con capacidad máxima de descarga de 2040 m³/seg. Hasta el sitio de la presa Eustaquio Buelna (Guamuchil), el río Mocorito tiene una cuenca de 1641 km², localizados todos en el estado de Sinaloa, habiéndose registrado un gasto máximo de esta corriente de 13000 m³/seg, superior a la avenida de diseño de dicha presa. Existe en dicha corriente. Aguas arriba de Eustaquio Buelna, la posibilidad de erigir una segunda presa de almacenamiento en el sitio denominado "piedra labrada", pudiendo así contribuir al control del río en una porción de cuenca de 625 km².

⁵⁵ El estudio de caso fue elaborado por la Comisión Nacional del Agua y fue adaptado por personal técnico del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua para su utilización en apuntes del seminario "Sistema de apoyo para el análisis de proyectos de control de inundaciones" impartido en Cuernavaca Mor. en el año 2000.

Los estudios básicos que se realizaron para la propuesta de solución a la problemática ocasionada ó que pudiera presentarse en el futuro incluyeron los temas de topografía, uso y tenencia de la tierra, hidrológica, funcionamiento hidráulico del cauce, análisis y selección de alternativas, anteproyecto y su costo, y análisis económicos y financieros.

6.2.2 Determinación de objetivo

Evitar las pérdidas humanas y materiales, mediante la protección contra inundaciones a la población que habita en la zona situada aguas abajo de la presa Eustaquio Buelna.

6.2.3 Propuesta de alternativas de solución

- Avisos a la población sobre los riesgos de inundación para obtener de viva voz la descripción de los diferentes problemas ocasionados por inundaciones y así también sus posibles soluciones y medir el grado de compromiso de autoridades locales y sociedad en general para participar con recursos financieros o mano de obra para la realización de las acciones seleccionadas.
- Formulación de estudios y proyectos para generar las mejores alternativas para protección contra las actuales y potenciales inundaciones, delimitando las zonas susceptibles de inundación y los probables daños en el caso de inundaciones.
- Implantación de acciones estructurales o no estructurales para proteger la población contra los impactos de las inundaciones dando prioridad a aquellas medidas que tengan mayor efecto en el logro de los objetivos establecidos.

6.2.4 Propuesta de Acciones Estructurales

En el estudio de factibilidad del proyecto señalado, se efectuó el análisis de varias alternativas para la resolución de la problemática del riesgo de inundaciones en el río Mocerito. Para el propósito se valoraron los costos de varias alternativas mutuamente excluyentes y con el mismo nivel de protección o disminución de riesgo, resultado de distintas combinaciones de tamaño entre los siguientes elementos:

- Presa Piedra Labrada
- Sobreelevación de la presa Eustaquio Buelna
- Encauzamiento del río Mocerito.

En el estudio se concluye que, para cualquier nivel de protección, en comparación con la sobreelevación de la presa Eustaquio Buelna, la construcción de la presa Piedra Labrada resulta más costosa que las otras alternativas, por lo que se eliminó la posibilidad de construcción de esta presa. Las alternativas de protección seleccionadas para su evaluación resultaron conformadas por diferentes combinaciones entre diferentes elevaciones de sobreelevación de la presa Eustaquio Buelna y el encauzamiento del río Mocerito. Se describen datos relevantes del estudio de factibilidad para el efecto de ilustrar la metodología de evaluación, para lo cual se intieren o estiman algunos elementos

i. Uso de la tierra

El estudio de uso de la tierra tuvo como objetivo identificar en las márgenes del río Mocorito, tanto los predios que pudieran resultar afectado a consecuencia de las obras, como las que se localizan en las áreas que resultan siniestradas como efecto de las inundaciones ocasionadas por los derrames de la presa Eustaquio Buelna.

Uso del Suelo

| Concepto | Superficie (ha) |
|---|-----------------|
| Agricultura y riego | 4476 |
| Pastizal y acahual | 823 |
| Pastizal | 619 |
| Acahual | 217 |
| Frutales | 89 |
| Zona urbana | 593 |
| Zona federal de ríos | 479 |
| Zona federal de estructuras (drenes, canales y caminos) | 506 |
| Totales | 7802 |

Tabla 6.5

ii. Gastos probables

El estudio hidrológico determinó cuáles son las avenidas que para diferentes períodos de retorno se presentarían en el río Mocorito a la altura de la presa Eustaquio Buelna, de acuerdo con la tabla. La avenida máxima probable tiene un pico de 18 mil m³/seg y un volumen de 510 millones de m³, superiores a los considerados en el diseño de la presa Eustaquio Buelna.

Gastos máximos probables

| Periodo de retorno (años) | Gasto máximo (m ³ /seg) | Volumen (Hm ³) |
|---------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 10 | 3500 | 100 |
| 100 | 8400 | 238 |
| 1000 | 13200 | 374 |
| 10000 | 18000 | 510 |

Tabla 6.6

iii. Funcionamiento de la presa Eustaquio Buelna en condiciones actuales.

Como lo señala el estudio, en el océano Pacífico se registran hasta seis ciclones anuales y en 53 años de registro, 19 de ellos perturbaron la zona de estudio causando crecientes en el río Mocorito. Las simulaciones de funcionamiento del sistema de vasos Adolfo López Mateos y Eustaquio Buelna muestran que en la presa Eustaquio Buelna pueden ocurrir entre 9 y 11 derrames en 50 años, por lo que se estima que las avenidas que actualmente causan derrames son de cinco años o de un mayor periodo de retorno. A partir de este periodo se simula el funcionamiento de la presa Eustaquio Buelna según sus condiciones actuales; los resultados se muestran en la Tabla 8.7 se concluye que

para periodos de retorno inferiores a 30 años es recomendable y factible regular las avenidas a un gasto de control de 100 m³/s, para las avenidas con periodo de retorno entre 30 y 650 años serían controlados con gastos variables hasta de 2156 m³/s, y finalmente, para avenidas superiores a 11200 m³/s, equivalentes a periodos de retorno superiores a los 650 años, el nivel del agua sobrepasaría la corona de la presa originando su colapso, lo que se expresa en la tabla con un signo de α . en la columna correspondiente al gasto de control.

Funcionamiento de la presa en condiciones actuales

| Periodo de retorno (años) | Gasto Máximo (m ³ /s) | Gasto de control (m ³ /s) |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 5 | 2000 | 100 |
| 9 | 3300 | 100 |
| 19 | 4800 | 100 |
| 30 | 6250 | 100 |
| 80 | 7750 | 1263 |
| 150 | 9200 | 1567 |
| 220 | 10200 | 1764 |
| 650 | 11200 | 2156 |
| 1200 | 13600 | α |
| 2200 | 15100 | α |
| 5000 | 16500 | α |
| 10000 | 18000 | α |

Tabla 6.7

iv. Daños ocasionados por las inundaciones

A partir de una investigación directa, mediante la correlación entre las superficies inundadas y el correspondiente gasto de desfogue de la presa que ocasiona dicha superficie inundada, se derivaron estimaciones de los daños que se causan a los diferentes elementos afectados, en los términos de la tabla. Al igual que estas cifras, todas las monetarias en este documento se expresan a precios actuales del 2001.

Daños probables según gasto de control

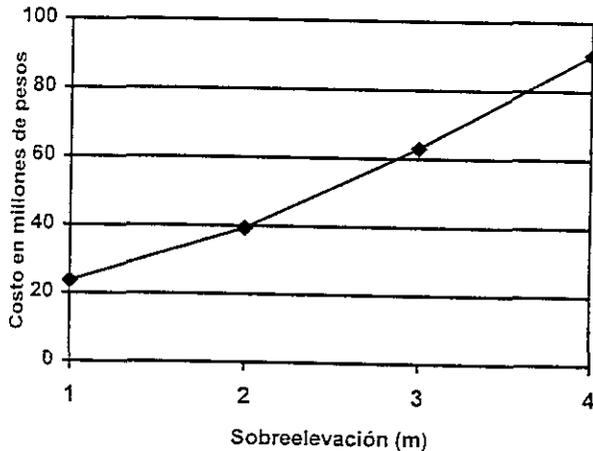
| Gasto (m ³ /s) | Cultivos Superficie (ha) | Cultivos Valor | Canales y drenes | Viviendas | Enseres domésticos | Infraestructura | Suma |
|---------------------------|--------------------------|----------------|------------------|-----------|--------------------|-----------------|----------|
| | | | | | | | |
| 10 | 50 | .574 | 1.966 | 0 | 0 | 0 | 2.777 |
| 50 | 100 | 1.148 | 3.933 | 0 | 0 | 0 | 5.672 |
| 100 | 180 | 2.069 | 7.081 | 0 | 0 | 0 | 10.251 |
| 200 | 1200 | 13.808 | 47.206 | 18.579 | 5.291 | 0 | 90.393 |
| 300 | 7000 | 80.558 | 275.373 | 18.929 | 5.405 | 0 | 408.985 |
| 400 | 11500 | 132.344 | 452.399 | 75.118 | 21.538 | 0 | 728.214 |
| 500 | 14000 | 161.117 | 550.747 | 75.118 | 21.538 | 0 | 865.562 |
| 3000 | 56000 | 771.054 | 2202.989 | 300.468 | 86.160 | 0 | 3592.773 |
| & | 56000 | 771.054 | 2202.989 | 300.468 | 86.161 | 352.938 | 3933.910 |

Cifras en millones de pesos, a precios actuales del 2001

Tabla 6.8

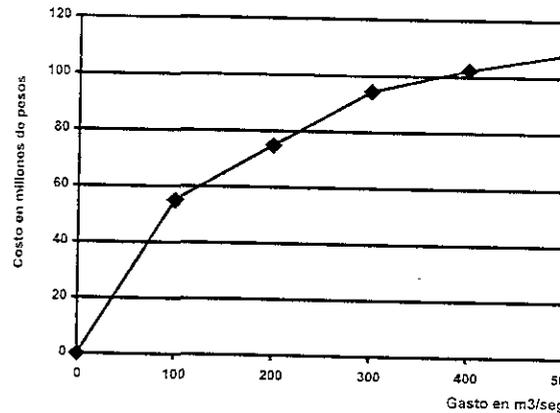
Los costos de sobre-elevación de la presa y los costos de encauzamiento para diferentes niveles de control, se presentan en la siguientes gráficas.

Sobreelevación de la presa Eustaquio Buelna para capacidades entre 0 y 500 m³/s



Gráfica 6.1

Costo del encauzamiento del río Mocorito



Gráfica 6.2

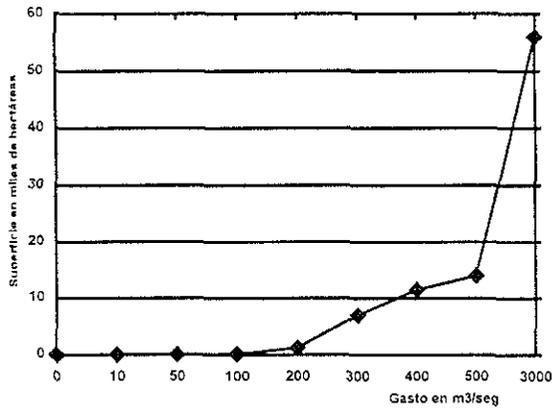
Para ilustrar la metodología para la evaluación de proyectos de control contra inundaciones se utilizaron los datos del apartado anterior, en algunos casos fue necesario establecer hipótesis sobre elementos requeridos para la aplicación de la metodología que no están explícitos en el estudio de factibilidad del proyecto.

7.2.5 Valoración de daños.

Agropecuarios

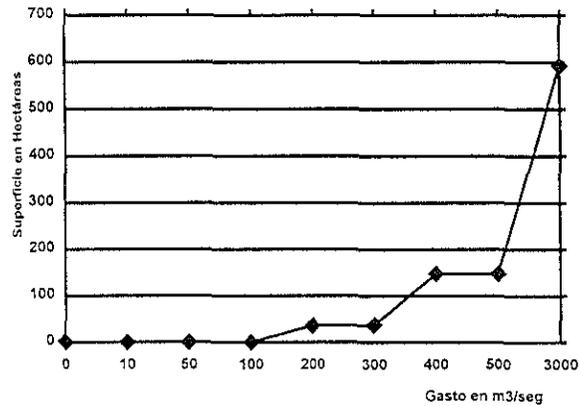
Se ilustraron las estimaciones de superficies agrícolas inundadas, así como las respectivas estimaciones sobre el monto que ocasionarían dichas inundaciones. Según se desprende de dichos datos, se estimó que por cada hectárea inundada se presentarían daños por 11,487 pesos, que de acuerdo con los propios datos contenidos en el estudio, corresponde al valor total promedio de la producción por hectárea sembrada.

Superficies agrícolas inundadas



Gráfica 6.3

Superficies urbanas inundadas



Gráfica 6.4

La estimación de los daños agrícolas, es una función de la superficie inundada, aplicándole un factor correspondiente a las características de los cultivos y a la severidad de las inundaciones típicas. En el estudio de factibilidad se ha asumido implícitamente que este factor es igual a uno, o sea que la totalidad de la cosecha se pierde con el evento. Sin embargo, para ilustrar la aplicación aquí se ha adoptado un valor de 0.6, a sabiendas de que es necesario efectuar un análisis regional para establecer valores de este parámetro. De esta forma, los valores de los daños en las superficies agrícolas inundadas para cada periodo de retorno, se multiplican por el valor de la producción de 11,487 pesos, a precios de cuenta, y por 0.6.

ii Urbanos

Los daños urbanos se identifican en el estudio de factibilidad, Tabla 6.8, como los de viviendas y enseres domésticos, que se presentan con avenidas superiores a los 200 l/s. Para una aplicabilidad general del método se requiere estimar la superficie de uso urbano afectada por cada periodo de retorno, lo cual no se hizo explícitamente en el estudio de factibilidad, sino que el valor del daño se asoció directamente se asoció a cada avenida. Por esta razón, para efectos de ilustración metodológica se asumió un comportamiento de la superficie inundada en los términos de la ilustración, para luego aplicar el factor para la valoración de los daños urbanos e industriales. Para el propósito, el valor de los bienes urbanos muebles e inmuebles se estimó en 166,404 pesos por hectárea destinada a este uso.

Nuevamente se deduce del estudio de factibilidad que el factor K_u utilizado en la expresión $D_u = K_u * V_u$, fue igual a uno, o sea que los daños son equivalentes a la totalidad del valor de los bienes inundados. En este caso de aplicación, se adoptó un valor más realista, de 0.4 debiéndose resaltar la necesidad de derivar valores regionales del parámetro K_u .

iv Industriales y de servicios.

Para el caso de aplicación no se registran daños a bienes industriales y de servicios. Sin embargo, el formato de la metodología es similar al de los bienes urbanos.

V Otros daños y otros beneficios del proyecto

En el proyecto que nos ocupa, los daños a la infraestructura de riego y de servicios son los más importantes por su monto. Se considera apropiada la forma utilizada en el estudio de factibilidad, en el sentido de estimar los daños de estos bienes en función de la superficie agrícola de riego inundada, de acuerdo con la misma función de la gráfica 6.2. Se estima un valor de la infraestructura de riego de alrededor de 118,017 pesos por ha. y un factor de 0.33 para aplicar la expresión referida en el anexo, por lo que nuevamente cabe señalar la necesidad de inferir valores regionales de estos parámetros.

Adicionalmente, se ha determinado que, ante el colapso de la presa Eustaquio Buelna, resultaría dañada la infraestructura de servicios de transporte y otros bienes, con un valor de 344.616 millones de pesos. Los daños relativos a la infraestructura de riego se consignan convencionalmente en el apartado de servicios, en tanto que en el apartado de intangibles se han señalado los daños indirectos, correspondientes a suspensión de servicios y actividades económicas, y costos de prevención y alertamiento, estimados en el 15% del total de daños directos, si bien sería apropiado disponer de un análisis por tipo de componente agrícola, urbana o de servicios para proponer una aplicación generalizada del método. En el estudio de factibilidad del proyecto no se consideraron este tipo de daños indirectos.

6.2.6 Indicadores de rentabilidad económica del proyecto

De acuerdo con los criterios de diseño de presas de almacenamiento, el proyecto mínimo técnicamente factible consiste en sobreelevar la presa Eustaquio Buelna hasta el nivel en que se regule la avenida con un periodo de retorno de 10,000 años, lo que corresponde a una sobreelevación de 3.20 m, considerando un gasto de control de desfogue de 2500 m³/s. A partir de esta alternativa mínima factible, mayores niveles de protección se logran mediante la combinación de sobreelevación de la presa Eustaquio Buelna o de encauzamiento del río Mocerito.

El costo marginal de sobreelevación de la presa para lograr un nivel adicional de protección es siempre menor que el costo marginal de encauzamiento del río Mocerito para lograr el mismo nivel de protección, por lo que las alternativas factibles por mínimo costo corresponden a sucesivos incrementos en la capacidad de control del río. Lo anterior es válido hasta una capacidad de control de la presa de 100 m³/s. Por lo que también habrá de considerarse la alternativa de encauzar la corriente con esta capacidad, así como las alternativas de sobreelevar al máximo la presa y encauzar el río con mayores capacidades para obtener mayores niveles de protección. Los costos correspondientes a cada alternativa de tamaño se consignan en la tabla 6.5

Costos de sobreelevación de presa

| Alternativa | Sobreelevación Presa (m) | Encauzamiento (m ³ /s) | Costos (millones de S) | | |
|-------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------|---------|
| | | | Sobreelevación | Encauzamiento | Total |
| 1 | 3.20 | 0 | 68.701 | 0 | 68.701 |
| 2 | 3.63 | 0 | 68.701 | 0 | 68.701 |
| 3 | 3.90 | 0 | 68.701 | 0 | 68.701 |
| 4 | 3.20 | 100 | 68.701 | 54.681 | 123.382 |
| 5 | 3.63 | 100 | 79.464 | 54.681 | 134.145 |
| 6 | 3.90 | 100 | 90.361 | 54.681 | 145.042 |
| 7 | 3.90 | 500 | 90.361 | 108.182 | 198.543 |
| | 3.90 | 2500 | 90.361 | 324.547 | 414.908 |

Tabla 6.9

A su vez, cada alternativa genera diferentes niveles de protección a las riberas del río Mocorito, en la forma en que se resume en el siguiente cuadro. Es de hacer notar que los datos correspondientes a las alternativas 1,2,4 y 5 no fueron explícitamente planteadas en el estudio de factibilidad, por lo que los datos de gastos de inundación fueron inferidos de otras alternativas.

Periodo de retorno- Gastos m3/seg.

| Periodo de retorno (años) | Gastos (m3/s) de inundación para cada alternativa : | | | | | | | |
|---------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|---|
| | Alternativas | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 5 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 150 | 210 | 100 | 100 | 110 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 220 | 750 | 500 | 481 | 650 | 400 | 381 | 381 | 0 |
| 650 | 2976 | 2728 | 2480 | 2876 | 2628 | 2380 | 1880 | 0 |
| 1200 | 3290 | 3016 | 2742 | 3190 | 2916 | 2642 | 1942 | 0 |
| 2200 | 3457 | 3169 | 2881 | 3357 | 3069 | 2781 | 2281 | 0 |
| 5000 | 3595 | 3296 | 2996 | 3495 | 3196 | 2896 | 2396 | 0 |
| 10000 | 3822 | 3503 | 3185 | 3922 | 3403 | 3085 | 2585 | 0 |

Tabla 6.10

En el anexo se muestran los cálculos sobre los daños que se presentarían para cada periodo de retorno de cada alternativa.

Indicadores de evaluación

| Alternativa | Sobreelevación presa (m) | Encauzamiento (m ³ /s) | Costos | | | VP de la esperanza de daños | | VPBN |
|-------------|--------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|-----------------------------|--------------|----------|
| | | | Año 1 | Año 2 | VP | Sin proyecto | Con proyecto | |
| 1 | 3.2 | 0 | 68.701 | | 61.341 | 1099.756 | 28.516 | 1009.897 |
| 2 | 3.63 | 0 | 79.464 | | 79.952 | 1099.756 | 24.948 | 1003.855 |
| | 3.9 | 0 | 90.361 | | 80.680 | 1099.756 | 23.312 | 995.763 |
| 4 | 3.2 | 100 | 61.691 | 61.691 | 104.260 | 1099.756 | 21.939 | 973.556 |
| 5 | 3.63 | 100 | 67.073 | 67.073 | 113.355 | 1099.756 | 18.402 | 967.993 |
| 6 | 3.9 | 100 | 72.521 | 72.521 | 122.564 | 1099.756 | 16.766 | 960.424 |
| 7 | 3.9 | 500 | 99.272 | 79.272 | 167.773 | 1099.756 | 13.591 | 918.391 |
| 8 | 3.9 | 2500 | 207.454 | 207.454 | 350.609 | 1099.756 | 0 | 749.146 |

Tabla 6.11

En la aplicación de la metodología propuesta para la evaluación de los proyectos de control de inundaciones, la alternativa recomendable para su ejecución es la número uno que consiste en la sobreelevación mínima de la presa Eustaquio Buelna para evitar su desbordamiento con periodos de retorno menores a los 10,000 años. Esta alternativa tiene una alta relación beneficio-costo, de 17.4. Se evitan las pérdidas correspondientes a una inundación por derramamiento del volumen almacenado en la presa. Las inversiones adicionales a esta incremento de nivel no son rentables en términos de los daños evitados.

Conclusiones y Recomendaciones

La planeación estratégica es un quehacer científico, no puede ser una práctica puramente empírica desconectada del rigor lógico y de la objetividad propia de la ciencia, formular planes estratégicos adecuados, es un desafío para los planificadores del desarrollo de México. La planeación estratégica implica, trabajo en equipo, en red, colectivo e interdisciplinario. Es un instrumento para generar estrategias, proyectos y programas racionales para alcanzar, mejores niveles de bienestar social y económico, es una prueba de mejoramiento en la capacidad de desarrollo organizacional y de solidaridad de las instituciones, en torno al trabajo colectivo, para afrontar los retos que implica la solución a la problemática que plantea la demanda de mejores y más servicios de la población. Es una actitud estimulante para la inteligencia y de responsabilidad ante el país.

Implantación de la Planeación Estratégica

i. Conclusiones

Desarrollar el tema de la planeación estratégica para control de inundaciones muestra que dada la situación actual, si no se toman las medidas adecuadas de México, existe una alta probabilidad de que se presenten desastres cada día mayores que afecten a la población, cuya prevención requiere un desarrollo organizacional de la administración pública, en este caso de la Comisión Nacional del Agua, que fortalezca la planeación, implantación, control y seguimiento de acciones para evitar y disminuir los daños causados por las inundaciones. Se observa que los esquemas teóricos desarrollados para la planeación estratégica fortalecen el vínculo del desarrollo organizacional de las instituciones, con el quehacer y proceso en el que se aportan elementos fundamentales para la consecución de los objetivos, misión y visión de las organizaciones.

ii. Recomendación

De acuerdo con las atribuciones que marca la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento a la Comisión Nacional del Agua, en lo correspondiente a la protección contra inundaciones de centros de población y áreas productivas, se recomienda que la institución fortalezca su organización y con base en la formulación de un plan estratégico para prevenir y controlar los impactos de las inundaciones, fomente la participación de todos los integrantes de la institución en cada una de las etapas del proceso de planeación, ejecución e implantación y logro de resultados así como la coordinación con otras dependencias federales, estatales y sociedad en general, para control de inundaciones. Es importante destacar que el proceso requiere del establecimiento y evaluación permanente del avance mediante los índices de gestión y monitoreo que fije el plan y el programa de acciones correspondiente.

Problemática de inundaciones

iii. Conclusiones

Las inundaciones es un fenómeno provocado por un elemento natural como la precipitación en abundancia. sin embargo sus consecuencias tienen efectos sociales y económicos de gran importancia. en la población. que en ocasiones el grado de desastre rebasa las fronteras estatales y en

ocasiones nacionales, dado lo cual, estas situaciones deben atenderse principalmente por el gobierno federal en coordinación con estados, municipios y la sociedad en general ya que el agua se genera en las cuencas hidrográficas que no se circunscriben a las divisiones políticas sino que las corrientes fluyen de acuerdo con la topografía.

La ocurrencia de inundaciones tiene como consecuencia dos situaciones contrarias, por una parte benefician a gran parte de los territorios inundados en los cuales los terrenos se humedecen y propician la siembra de cultivos y en consecuencia la producción y productividad agrícola, y por otra, provocan daños materiales y humanos cuando se presentan volúmenes de agua en forma repentina, principalmente cuando existen asentamientos humanos en zonas inundables.

En México, coinciden la mayoría de los analistas y expertos del tema, existe una fuerte vinculación entre el crecimiento demográfico y el aumento en la vulnerabilidad de los ecosistemas actuales a consecuencia del efecto destructivo que tienen los volúmenes de agua cuando se vuelcan sin control. En los países en vía de desarrollo se han asentado núcleos de pobladores en zonas de riesgo de inundación provocado principalmente por el incremento de los flujos migratorios de la población del campo a la ciudad que tiene su origen en la implantación de políticas económicas que no apoyan el desarrollo del medio rural y que por otra parte favorecen el desarrollo de los servicios en los centros de población. Esta situación origina que los grupos de población rural que llegan a las ciudades buscando mejores condiciones de vida, con condiciones generalmente de pobreza extrema, se asientan en los cauces federales de ríos y arroyos que cruzan las ciudades, exponiendo su vida para el caso de una inundación repentina.

iv. Recomendación

La solución para evitar que los desastres se incrementen en el futuro, a causa de inundaciones, es que el sector público fortalezca, impulse y coordine la participación de la sociedad en la búsqueda e implantación de acciones. La organización técnica que debe aportar la mayor cantidad de elementos para la planeación y prevención de desastres por inundaciones, es la Comisión Nacional del Agua, que es la única autoridad del agua, después del Ejecutivo Federal, de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, que actualmente cuenta entre sus áreas estratégicas con el Servicio Meteorológico Nacional, con los mejores expertos en estudios y análisis hidrológicos y con la excelencia de personal altamente especializado en la planeación, construcción, operación y administración de proyectos hidráulicos. Esto fundamenta el que la Comisión mejore sustancialmente su integración, coordinación interna y administración para lograr en el futuro mejores condiciones de vida para la población, en lo correspondiente al control de inundaciones.

Políticas de gobierno

v. Conclusiones

La solución a la problemática de las inundaciones se fundamenta en atacar de inmediato algunos efectos que se presentan como el incremento de asentamientos humanos en zonas con riesgo de inundación, así como el mejoramiento de los sistemas de alertamiento y medición de fenómenos hidrometeorológicos, mediante el fortalecimiento de la planeación, ejecución, administración, gestión y coordinación de acciones entre los gobiernos federal, estatales y municipales y grupos locales para prevenir los impactos negativos de las inundaciones.

vi. Recomendaciones

El gobierno federal debe fortalecer políticas y lineamientos para ejecutar acciones que disminuyan los riesgos de afectaciones y evitar que se incremente la vulnerabilidad de los ecosistemas ante la presentación de fenómenos hidrometeorológicos, como las siguientes:

- Impulsar la instrumentación de programas y acciones en cuencas hidrológicas tanto para medir la cantidad y calidad del recurso agua como para pronosticar las direcciones y velocidades de los huracanes y ciclones y mejorar sustancialmente los sistemas de alertamiento para prevenir a la población.
- Ejecutar acciones para incrementar las medidas de conservación y uso del suelo en las cuencas hidrológicas para evitar en lo posible su deforestación y el arrastre del suelo por las corrientes de agua que se presentan en áreas desprotegidas.
- Integrar una unidad de coordinación al interior de la Comisión Nacional del Agua, que responda en forma integral al problema de inundaciones en los aspectos de planeación, estudio, proyectos, administración para prevenir y controlar las inundaciones buscando en todo momento una capacitación adecuada del personal que realiza estas actividades.
- Implantar acciones fundamentadas en esquemas de planeación estratégica con estrategias que logren disminuir los probables daños a la población mediante la realización de acciones de previsión para evitar las consecuencias dañinas de los fenómenos hidrometeorológicos extremos.
- Prevenir los daños futuros de las inundaciones mediante la identificación de los sitios con riesgo de inundación, en los centros de población, y se haga una comunicación adecuada para que los habitantes tomen las medidas para evitar consecuencias graves.
- Incrementar sustancialmente los recursos financieros del sector público para implantar acciones de planeación y ejecución de medidas estructurales y no estructurales, con base en un plan estratégico, para controlar inundaciones.

Formulación de estrategias y proyectos

vii. Conclusiones

Esta parte de la planeación estratégica representa la actividad más importante, de los dirigentes de la institución, para obtener los mejores resultados en el logro de objetivos planteados en la organización en estudio. En el caso de inundaciones es de vital importancia analizar con especial cuidado esta etapa porque las alternativas se pueden diferenciar en altos y bajos costos de tal forma que una buena selección de estrategia para solución de la problemática puede ahorrar grandes cantidades de recursos y con ello obtener los resultados esperados.

Los proyectos hidráulicos deben formularse, mediante un proceso de análisis integral de la cuenca hidrográfica de la que formen parte, ya que a partir de estudios hidrológicos se cuantifican los diferentes volúmenes de los flujos del agua entre las diferentes partes de una cuenca hidrográfica. En el caso de formulación de proyectos estructurales para control de inundaciones es muy importante conocer los vínculos entre los diferentes cuerpos de agua; arroyos, ríos, lagunas, presas y zonas inundables ya que la ejecución de obras estructurales de control impactan el funcionamiento de las corrientes, que integran la cuenca hidrológica; por ejemplo; en el caso de encauzamientos y rectificación de cauces se incrementarían la velocidad y volumen del agua en zonas más bajas de las corrientes, este efecto de las corrientes, debe analizarse detenidamente. En el caso de ejecución de

obras estructurales para proteger centros de población, se debe tener en cuenta que se disminuye la probabilidad de inundación, pero por otra parte en el caso de una avenida superior o la de diseño de la obra, las consecuencias pueden ser mucho más graves ya que una falla estructural puede representar mayores volúmenes de agua con mayor velocidad y su efecto destructivo será muy superior al que se presentaría sin protección.

viii. Recomendaciones

Se debe impulsar con base en un desarrollo organizacional adecuado y en estrategias que impacten en el logro de los objetivos establecidos, la realización de estudios y proyectos estructurales y no estructurales que apoyen el proceso de planeación de acciones para prevenir y disminuir en lo posible los efectos negativos de las inundaciones en la población. El proceso debe contener las siguientes etapas; definición de la problemática, determinación de objetivos a realizar, selección de estrategias y metas para lograr los objetivos y la preparación de proyectos que integran las estrategias las cuales deben ser propuestos dentro de las mejores soluciones integrales al problema.

En el proceso de formulación de proyectos es importante la identificación del objetivo y metas que se desean lograr. A partir de lo cual el director o coordinador del proceso de formulación, con la participación de todos los elementos que inciden en la solución de la problemática, debe seleccionar las estrategias más adecuadas, que en el caso de inundaciones, es necesario explorar exhaustivamente la implantación de proyectos estructurales y no estructurales ó administrativos. Estos últimos de manera general resultan menos costosos y en ciertos casos son de gran impacto en evitar daños a la población.

Evaluación

ix. Conclusiones

Las técnicas de evaluación se requieren para obtener indicadores que cuantifiquen el grado de aportación del proyecto a la sociedad y economía. Adicionalmente los indicadores de evaluación son fundamentales para jerarquizar las acciones y estrategias, y a partir de ello tomar decisiones de ejecutar inversiones de acuerdo con los objetivos nacionales de desarrollo.

x. Recomendaciones

Se propone que para todos los proyectos se apliquen los dos métodos presentados en este trabajo el que se basa en la probabilidad de ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos y aquel que utiliza rangos ponderados para evaluar proyectos con objetivos múltiples ya que en este tipo de problemática se tienen beneficios difíciles de medir, como la pérdida de vidas. A partir de los valores obtenidos se podrán jerarquizar las acciones y así también las inversiones.

Programación

xi. Conclusiones

Dada la escasez de recursos financieros, las técnicas de programación son útiles para buscar la mejor asignación de recursos en función del objetivo establecido, sin embargo su aplicación requiere

información confiable en lo correspondiente a indicadores que determinen las aportaciones socioeconómicas de los proyectos al objetivo establecido.

xii. Recomendaciones

Se debe fomentar la utilización de técnicas de optimización para asignar de la mejor manera los recursos disponibles y optimizar la utilización de recursos materiales, humanos y financieros para la consecución de los fines de la organización, en este caso, se propone el uso de herramientas matemáticas como la programación lineal y programación dinámica que aportan criterios y elementos para la formulación de programas que impacten en forma mas importante en el logro de los objetivos y visión de la institución.

Corolario

La selección de acciones de solución requiere de un diagnóstico de la situación actual, del posible escenario futuro sin acciones, de establecer claramente los objetivos específicos en cada región hidrológica para, con ello, seleccionar aquellas estrategias y proyectos que sean más adecuados para dar solución al problema planteado. Como resultado del análisis que se presenta en este documento se propone utilizar el esquema de planeación estratégica, debido a que dicho instrumento fortalece los vínculos entre el desarrollo de una organización institucional y sus acciones, en este caso de servicio, para proteger a la población contra los efectos nocivos de las inundaciones, tomando en consideración que la población debe estar preparada para protegerse contra las inundaciones y que para lograrlo se deberán implantar una serie de acciones para conseguir la situación ideal de mínimos riesgos.

En el desarrollo de este trabajo ha quedado claro que la aplicación de un proceso de planeación estratégica es fundamental para seleccionar las mejores estrategias para lograr, los impactos más importantes de acuerdo con los objetivos establecidos previamente y que se asegura también que el diagnóstico de la organización da elementos para elaborar los planes estratégicos con una mayor realidad para solucionar la problemática planteada mediante el reforzamiento de las fortalezas y oportunidades y del conocimiento y atención para evitar las debilidades y amenazas de la institución.

Bibliografía

1. Ackoff Russell L. (2000) Planificación de la Empresa del Futuro. Editorial Limusa.
2. Ackoff Russell L. (2000) El Arte de Resolver Problemas. Editorial Limusa.
3. Ackoff Russell L. (1981) Rediseñando el Futuro. Editorial Limusa.
4. Acle Tomassi Alfredo (1990). Planeación Estratégica y Control Total de Calidad Editorial Grijalvo.
5. Acosta Flores J. (1977). Teoría de Decisiones en el Sector Público y en la Empresa privada. Rd. R.S.I.
6. Azpurua y Gabaldon. (1986) Recursos Hidráulicos y Desarrollo. Editorial Tecnos.
7. Bergmann Hellmuth, Boussard Jan-Marc. (1976) Guide de L'Évaluation Économique des Projects D'Irrigation. Organisation de Cooperation et de Development Économiques. París.
8. Borson Richard ((1982). Investigación de Operaciones. Ed. Mc. Graw Hill.
9. Buendía Servín de la Mora. (1998) Planeación Estratégica. Tesis. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.
10. Calderón Hernán y Roitman Benito (1973). Notas sobre formulación de proyectos. ILPES.
11. Carrillo Interian William Alberto (1998). Modelo para la Jerarquización y Selección de Proyectos en Estudio para el Control de Inundaciones. Tesis. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.
12. Centro de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM (1980,1978) Apuntes del Curso de Control de Inundaciones.
13. CETENAL (1976). La información cetenal en el auxilio de damnificados, evaluación de daños y planes de reconstrucción en zonas de desastres.
14. CETENAL (1976). La información cetenal en la planeación del desarrollo económico.
15. CETENAL (1976). La información cetenal en la planeación, proyecto y construcción de presas y bordos.
16. Comisión Federal de Electricidad (1980). Manual de Obras Civiles. A.1.10. Avenida de Diseño. A.1.11. Predicción de Avenidas. A.1.7. Tormenta de Diseño. A.1.8. Tránsito de Avenidas en Vasos.
17. Comisión Nacional del Agua (dic. 1999). Planeación Estratégica en la Comisión Nacional del Agua.
18. Comisión Nacional del Agua (1997). Estrategias del Sector Hidráulico.
19. Comisión Nacional del Agua (1997). Los Escenarios a Largo Plazo del Papel del Agua en la Producción de Alimentos. Documento interno. Gerencia de Estudios para el Desarrollo Hidráulico Integral. Subdirección General de Programación.
20. Comisión Nacional del Agua (1999). Gerencia de Estudios para el Desarrollo Hidráulico Integral. Metodología para la Jerarquización de Proyectos de Protección Contra Inundaciones. Caso para la Aplicación de la Metodología propuesta para la Evaluación de Proyectos. Documento Interno.
21. Comisión Nacional del Agua (2000). Políticas y Lineamientos para la Programación de Inversiones. Documento interno. Gerencia de Programación y Presupuesto. Subdirección General de Programación.
22. Coss Bu Raúl (1985). Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión. Ed. Limusa
23. Domínguez Mora Ramón (1996). Evaluación de Proyectos. Capítulo 24 del Manual de Ingeniería de Ríos. Series del Instituto de Ingeniería. 577.
24. Eckstein Otto (1964). Explotación de Recursos Hídricos.
25. Fontaine Ernesto (1999) Evaluación Social de Proyectos. Editorial Alfa Omega.

26. Fuentes Zenón Arturo (1995). El pensamiento sistémico caracterización y principales corrientes. Serie Cuadernos de Planeación y Sistemas. DEPFI. Facultad de Ingeniería UNAM
27. Fuentes Zenón Arturo y Sánchez Guerrero Gabriel, (1995). Metodología de la Planeación Normativa. Serie Cuadernos de Planeación y Sistemas. DEPFI. Facultad de Ingeniería UNAM
28. Gerez y Grijalva, (1980). El enfoque de sistemas. Ed. Limusa. Año 1980.
29. Gittinger J. Price (1999). Análisis Económico de Proyectos Agrícolas. Ed. Tecnos.
30. González Brambila Noemí, (1998). Metodología de un Visión Estratégica de la Planeación Estratégica. Tesis. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.
31. González Claudia, (1999). Metodología para una Visión Estratégica. Tesis. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.
32. Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social, (1978). Guía para la presentación de Proyectos. Editorial Siglo Veintiuno.
33. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (1999), Sistema de Apoyo para el Análisis de Proyectos de Control de Inundaciones.
34. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (2000) Apuntes de Planeación Estratégica e Hipercompetencias de los Diplomados de Alta Dirección Avanzada y de Dirección Estratégica.
35. James L.D. and Lee R.R. (1972). Economics water resources planning.
36. Magaña R Víctor O., Pérez José Luis, Conde Cecilia, Gay Carlos y Medina Socorro. El fenómeno de el niño y la oscilación del sur (enos) y sus impactos en México. Departamento de Meteorología General. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México.
37. Mathías Sachse (1998). Planeación estratégica en Empresas Públicas. Editorial Trillas.
38. Mathur Kamlesh y Solow Daniel (1996). Investigación de Operaciones. Editorial Prentice Hall
39. Mintzberg Henry, Brian Quin James (). Planeación Estratégica. Editorial Prentice Hall.
40. Mital K.V. (1984). Métodos de Optimización. Editorial Limusa.
41. Nacional Financiera (1998). Guía para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión.
42. NAFINSA (1983). Apuntes del Curso de Evaluación Social de Proyectos de Inversión.
43. Nations Unies (1976). La planifications a long terme de la gestion des ressources en eau. Volume I./III Nations Unies. New York.
44. Nations Unies (1976). Méthodes Rationnelles de Planification de la Lutte Contre les Inondations dans L'Aménagement des Bassins Fluviaux. Nations Unies. New York.
45. Ochoa Rosso Felipe (1997), Método de los Sistemas. Serie Cuadernos de Planeación y Sistemas. DEPFI. Facultad de Ingeniería UNAM.
46. Organisation de Cooperation et de Development Économiques OCDE (1978). L'Appreciation et l'évaluation de projets de developpement.
47. Organisation de Cooperation et de Developpement Économiques. OCDE. Paris (1979). Evaluer des projets sociaux dans le pays en developpement.
48. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, (1996) . Hacia una Agricultura Tecnificada. Documento de Trabajo.
49. Osborne David, Gaebler Ted (1994). Un Nuevo modelo de gobierno. Como transforma el espíritu empresarial al sector público. Editorial Guernika.

50. Poder Ejecutivo Federal (1992). Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.
51. Poder Ejecutivo Federal (1995). Programa Hidráulico 1995-2000.
52. Poder Ejecutivo Federal (1999). Reglamento Interior de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
53. Porter (1998). Estrategia Competitiva, Editorial CECSA.
54. Prawda Juan (2000) Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones. Volumen 1 Métodos Determinísticos.
55. Roel Rodríguez Santiago (1998) Estrategias para un Gobierno Competitivo. Como lograr administración pública de calidad. Un nuevo paradigma. Ediciones Castillo.
56. Rosengaus Michel (Dic 2000). Huracanes, Revista Tláloc de la Asociación Mexicana de Hidráulica.
57. Secretaría de Recursos Hidráulicos (1976). Pequeños Almacenamientos.
58. Serna Gómez Humberto (2000) Gerencia Estratégica . 3R Editores.
59. Steiner G. (1991). Planeación Estratégica. Lo que todo director debe saber. Editorial Continental.
60. Trejo D. Clemente y Güitrón Alberto. Modelo Probabilístico para el Dimensionamiento Óptimo de una Obra para el Control de Avenidas. Revista Recursos Hidráulicos.

Anexo A

Estadísticas Sociodemográficas

Número de localidades y población por tamaño de la localidad según entidad federativa, 1995

| Entidad federativa | Número de localidades (por tamaño) | | | | Población | | | |
|---------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | 1 a 499 habitantes | 500 a 2 499 habitantes | 2 500 a 14 999 habitantes | 15 000 y más habitantes | 1 a 499 habitantes | 500 a 2 499 habitantes | 2 500 a 14 999 habitantes | 15 000 y más habitantes |
| Total | 184 731 | 13 580 | 2 346 | 481 | 10 603 942 | 13 550 833 | 12 370 086 | 54 633 429 |
| Aguascalientes | 1 670 | 121 | 12 | 5 | 65 264 | 122 472 | 54 710 | 620 274 |
| Baja California | 4 411 | 100 | 28 | 6 | 79 998 | 102 654 | 165 860 | 1 763 628 |
| Baja California Sur | 2 834 | 35 | 10 | 4 | 42 278 | 36 881 | 56 354 | 239 981 |
| Campeche | 2 527 | 109 | 23 | 4 | 83 654 | 101 667 | 117 572 | 339 623 |
| Coahuila | 4 733 | 132 | 26 | 19 | 128 522 | 127 904 | 115 852 | 1 801 497 |
| Colima | 1 090 | 39 | 13 | 5 | 31 034 | 41 010 | 76 316 | 339 668 |
| Chiapas | 18 909 | 1 063 | 115 | 15 | 1 016 995 | 985 399 | 607 022 | 975 370 |
| Chihuahua | 13 353 | 187 | 32 | 11 | 363 091 | 191 262 | 188 025 | 2 051 159 |
| Distrito Federal | 463 | 5 | 12 | 19 | 21 098 | 4 048 | 96 074 | 8 367 787 |
| Durango | 6 164 | 279 | 36 | 5 | 279 813 | 278 968 | 190 436 | 682 531 |
| Guanajuato | 7 980 | 913 | 86 | 28 | 606 916 | 863 718 | 431 051 | 2 504 883 |
| Guerrero | 6 531 | 803 | 102 | 15 | 545 467 | 776 275 | 480 520 | 1 114 305 |
| Hidalgo | 3 722 | 650 | 76 | 15 | 472 076 | 637 508 | 391 950 | 610 939 |
| Jalisco | 11 406 | 448 | 133 | 34 | 524 556 | 482 912 | 812 573 | 4 171 135 |
| México | 3 299 | 1 137 | 295 | 55 | 468 146 | 1 221 262 | 1 465 571 | 8 552 985 |
| Michoacán | 8 744 | 746 | 152 | 23 | 597 386 | 775 775 | 820 593 | 1 676 850 |
| Morelos | 987 | 114 | 66 | 14 | 66 822 | 136 512 | 385 187 | 854 141 |
| Nayarit | 2 377 | 208 | 34 | 8 | 112 089 | 219 683 | 177 607 | 387 323 |
| Nuevo León | 5 804 | 80 | 26 | 15 | 172 491 | 77 784 | 149 449 | 3 150 390 |
| Oaxaca | 8 682 | 996 | 136 | 12 | 839 248 | 985 160 | 712 960 | 691 527 |
| Puebla | 4 999 | 990 | 205 | 22 | 505 164 | 1 039 301 | 1 098 639 | 1 981 261 |
| Querétaro | 1 801 | 263 | 44 | 4 | 166 971 | 277 692 | 195 816 | 609 997 |
| Quintana Roo | 1 595 | 98 | 15 | 5 | 47 556 | 91 227 | 70 529 | 494 224 |
| San Luis Potosí | 6 651 | 488 | 46 | 8 | 491 266 | 437 645 | 262 853 | 1 008 999 |
| Sinaloa | 6 007 | 457 | 75 | 11 | 362 409 | 447 643 | 369 607 | 1 246 016 |
| Sonora | 8 566 | 187 | 41 | 15 | 200 875 | 186 268 | 229 906 | 1 468 487 |
| Tabasco | 1 950 | 568 | 67 | 12 | 256 159 | 581 356 | 310 879 | 600 375 |
| Tamaulipas | 9 219 | 160 | 32 | 13 | 264 993 | 159 011 | 181 664 | 1 921 660 |
| Tlaxcala | 991 | 118 | 70 | 9 | 39 750 | 137 648 | 377 822 | 328 704 |
| Veracruz | 19 713 | 1 534 | 219 | 48 | 1 368 415 | 1 435 678 | 1 176 355 | 2 756 876 |
| Yucatán | 2 846 | 177 | 70 | 12 | 89 537 | 216 496 | 347 027 | 903 562 |
| Zacatecas | 4 707 | 375 | 49 | 10 | 293 903 | 372 014 | 253 307 | 417 272 |

FUENTE: INEGI. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA, MÉXICO. Censo de Población y Vivienda, 1995.

Anexo B Centros de Población más Inundados

| Inundaciones presentadas y localidades más inundadas en un periodo de 39 años (1950-1988) | | | | | |
|---|--------------|---------------------|------|--------------|-------------|
| Entidad | Inundaciones | Localidad | Núm. | Inundaciones | Habitantes* |
| Aguascalientes | 6 | Aguascalientes | 1 | 4 | 461 |
| Baja California | 50 | Tijuana | 2 | 15 | 536 |
| | | Ensenada | 3 | 14 | 204 |
| | | Mexicali | 4 | 11 | 594 |
| Baja California Sur | 17 | La Paz | 5 | 3 | 148 |
| | | Región todos santos | 6 | 3 | 148 |
| Campeche | 24 | Campeche | 7 | 9 | 207 |
| | | Champotón | 8 | 4 | 56 |
| Chiapas | 46 | Tuxtla Gutiérrez | 9 | 9 | 198 |
| | | Costas de Chiapas | 10 | 6 | 72 |
| Chihuahua | 93 | Ojinaga | 11 | 12 | 29 |
| | | Cd Juárez | 12 | 15 | 629 |
| | | Delicias | 13 | 8 | 91 |
| Coahuila | 93 | Torreón | 14 | 9 | 439 |
| | | Cd. Acuña | 15 | 5 | 51 |
| | | Matamoros | 16 | 7 | |
| | | Parras | 17 | 5 | 47 |
| Colima | 35 | Manzanillo | 18 | 7 | 87 |
| | | Tecomán | 19 | 4 | 80 |
| | | Colima | 20 | 6 | |
| Distrito Federal | 45 | Río Churubusco | 21 | 7 | |
| | | Río San Joaquin | 22 | 4 | |
| Durango | 117 | Durango | 23 | 29 | 372 |
| | | Canatlán | 24 | 18 | 75 |
| Guanajuato | 149 | Celaya | 25 | 12 | 255 |
| | | León | 26 | 12 | 761 |
| | | Irapuato | 27 | 9 | |
| | | Salamanca | 28 | 10 | 185 |
| Guerrero | 118 | Chilpancingo | 29 | 12 | 118 |
| | | Acapulco | 30 | 19 | 488 |
| Hidalgo | 44 | Pachuca | 31 | 5 | 156 |
| | | Tulancingo | 32 | 6 | 23 |
| Jalisco | 202 | Guadalajara | 33 | 32 | 1907 |
| | | La Barca | 34 | 7 | 56 |
| México | 153 | Chalco | 35 | 14 | |
| | | Ecatepec de Morelos | 36 | 11 | 111 |
| | | Naucalpan | 37 | 16 | 1156 |
| Michoacán | 121 | Zamora | 38 | 10 | 133 |
| | | La Piedad | 39 | 9 | 73 |
| Morelos | 30 | Cuernavaca | 40 | 9 | 301 |
| | | Yautepec | 41 | 6 | 36 |

Fuente: Comisión Nacional del Agua (2001) Integración de parámetros para la evaluación de proyectos de control de inundaciones para la programación de inversiones. Estudio a contrato.

Anexo B; Continuación

| Entidad | Inundaciones | Localidad | Núm. | Inundaciones | Habitantes* |
|-----------------|--------------|----------------------|------|--------------|---------------|
| Nayarit | 108 | Santiago Ixcuintla | 42 | 27 | 114 |
| | | Tuxpan | 43 | 11 | 39 |
| | | Tecoala | 44 | 10 | |
| | | Acaponeta | 45 | 8 | |
| Nuevo León | 51 | Monterrey | 46 | 20 | 1342 |
| | | Anahuac | 47 | 4 | 22 |
| Oaxaca | 66 | Juchitan | 48 | 6 | 5 |
| | | Tuxtepec | 49 | 6 | 68 |
| Puebla | 28 | Cd. Serdan | 50 | 4 | |
| | | Puebla | 51 | 5 | 999 |
| | | Tehuacán | 52 | 3 | 136 |
| Querétaro | 28 | Querétaro | 53 | 15 | 369 |
| | | Tequisquiapan | 54 | 3 | |
| Quintana Roo | 9 | Chetumal | 55 | 4 | |
| | | Cozumel | 56 | 2 | 38 |
| San Luis Potosí | 10 | Tamuin | 57 | 5 | 483 |
| Sinaloa | 93 | Culiacán | 58 | 22 | 700 |
| | | Mazatlán | 59 | 14 | 312 |
| | | Guasave | 60 | 11 | |
| Sonora | 262 | Cejeme | 61 | 14 | 299 |
| | | Villa Guaymas | 62 | 14 | 155 |
| | | Etechojoa | 63 | 11 | 78 |
| | | Hermosillo | 64 | 12 | 399 |
| | | Huatabampo | 65 | 12 | 71 |
| Tabasco | 73 | Villahermosa | 66 | 13 | 301 |
| | | Tenosique | 67 | 7 | 46 |
| Tamaulipas | 112 | Tampico | 68 | 26 | 311 |
| | | Matamoros | 69 | 11 | 277 |
| Tlaxcala | 36 | Tlaxcala | 70 | 6 | 42 |
| | | Panotla | 71 | 4 | 16 |
| Veracruz | 417 | Alto Lucero | 72 | 65 | 33 |
| | | Martínez de la Torre | 73 | 16 | 111 |
| | | Coatzacoalcos | 74 | 14 | 228 |
| | | Minatitlán | 75 | 16 | 176 |
| | | Tuxpan | 76 | 15 | 117 |
| | | Nautla | 77 | 13 | |
| | | Poza Rica | 78 | 15 | 202 |
| Yucatán | 12 | Progreso | 79 | 3 | 36 |
| | | Mérida | 80 | 4 | 510 |
| Zacatecas | 33 | Tlaltenango | 81 | 3 | 21 |
| | | Pántfalo Natera | 82 | 2 | 19 |
| | | Pinos | 83 | 2 | 58 |
| Totales | 2,681 | | | 891 | 18,416 |

*Cifras en miles, estimadas por la Dir. Gral. Del Registro Nal. De Poblacion en base al X Censo de Pob. y Viv 1980

Fuente: Comisión Nacional del Agua (2001) Integración de parámetros para la evaluación de proyectos de control de inundaciones para la programación de inversiones. Estudio a contrato

Anexo C

Precipitación en Estados Potencialmente Inundables

| No. | Estado | Volumen llovido (Mm ³) | Area (Km ²) | Precipitación anual por Estado (mm)*** |
|-----|---------------------|------------------------------------|-------------------------|--|
| 1 | Baja California Sur | 12,930 | 73,677 | 175.5 |
| 2 | Campeche | 57,156 | 51,833 | 1,102.7 |
| 3 | Colima | 4,884 | 5,455 | 895.3 |
| 4 | Chiapas | 146,474 | 73,887 | 1,982.4 |
| 5 | Durango | 63,114 | 119,648 | 527.5 |
| 6 | Guanajuato | 18,274 | 30,589 | 597.4 |
| 7 | Guerrero | 72,757 | 63,794 | 1,140.5 |
| 8 | Hidalgo | 18,844 | 20,987 | 835.0 |
| 9 | Jalisco | 69,337 | 80,137 | 851.6 |
| 10 | Estado de México | 20,027 | 21,461 | 933.2 |
| 11 | Michoacán | 49,472 | 59,864 | 826.4 |
| 12 | Nayarit | 28,878 | 27,761 | 1,045.5 |
| 13 | Oaxaca | 143,332 | 95,364 | 1,503.0 |
| 14 | San Luis Potosi | 61,880 | 62,848 | 984.6 |
| 15 | Sinaloa | 46,776 | 58,092 | 805.2 |
| 16 | Sonora | 80,650 | 184,934 | 436.1 |
| 17 | Tabasco | 59,993 | 24,661 | 2,432.7 |
| 18 | Tamaulipas | 61,700 | 79,829 | 1,772.9 |
| 19 | Veracruz | 106,273 | 72,815 | 1,459.5 |
| | Totales | 1,222,751 | 1,207,496 | 1,068.79 |

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Periodo 1941-1997

Fuente: Comisión Nacional del Agua (2001) Integración de parámetros para la evaluación de proyectos de control de inundaciones para la programación de inversiones Estudio a contrato.

Anexo D

Extractos de la Ley de Aguas Nacionales⁵⁶

En este apartado se incluyen extractos de artículos referentes a las atribuciones que otorga la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento a la Comisión Nacional del Agua. Así también se agregan los artículos referentes al control de inundaciones.

ARTICULO 4o.- La autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente o a través de "La Comisión".

ARTICULO 5o.- Para el cumplimiento y aplicación de esta ley, el Ejecutivo Federal promoverá la coordinación de acciones con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, sin afectar sus facultades en la materia y en el ámbito de sus correspondientes atribuciones, asimismo fomentará la participación de los usuarios y de los particulares en la realización y administración de las obras y de los servicios hidráulicos.

ARTICULO 9o.- Son atribuciones de "La Comisión":

I.- Ejercer las atribuciones que conforme a la presente ley corresponden a la autoridad en materia hidráulica, dentro del ámbito de la competencia federal, excepto las que debe ejercer directamente el Ejecutivo Federal;

II.- Formular el programa nacional hidráulico respectivo, actualizarlo y vigilar su cumplimiento;

III.- Proponer los criterios y lineamientos que permitan dar unidad y congruencia a las acciones del gobierno federal en materia de aguas nacionales, y asegurar y vigilar la coherencia entre los respectivos programas y la asignación de recursos para su ejecución;

IV.- Fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado; los de saneamiento, tratamiento y reuso de aguas; los de riego o drenaje y los de control de avenidas y protección contra inundaciones. En su caso, contratar o concesionar la prestación de los servicios que sean de su competencia o que así convenga con terceros;

V.- Administrar y custodiar las aguas nacionales y los bienes nacionales a que se refiere el artículo 113, y preservar y controlar la calidad de las mismas, así como manejar las cuencas en los términos de la presente ley;

VI.- Programar, estudiar, construir operar, conservar y mantener las obras hidráulicas federales directamente o a través de contratos o concesiones con terceros, y realizar acciones para el aprovechamiento integral del agua y la conservación de su calidad;

VII.- Expedir los títulos de concesión, asignación o permiso a que se refiere la presente ley, reconocer derechos y llevar el Registro Público de Derechos de Agua;

VIII.- Conciliar y, en su caso, fungir a petición de los usuarios, como árbitro en la solución de los conflictos relacionados con el agua, en los términos del reglamento de esta ley;

⁵⁶ Poder Ejecutivo Federal. Extractos de artículos de la Ley de Aguas Nacionales.

IX.- Promover el uso eficiente del agua y su conservación en toda las fases del ciclo hidrológico, e impulsar una cultura del agua que considere a este elemento como un recurso vital y escaso;

X.- Ejercer las atribuciones fiscales en materia de administración, determinación, liquidación, cobro, recaudación y fiscalización de las contribuciones y aprovechamientos que se le destinen o en los casos que señalen las leyes respectivas, conforme a lo dispuesto en el Código Fiscal de la Federación;

XI.- Promover y, en su caso, realizar la investigación científica y el desarrollo tecnológico en materia de agua y la formación y capacitación de recursos humanos;

XII.- Expedir las normas en materia hidráulica en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

XIII.- Vigilar el cumplimiento y aplicación de la presente ley, interpretarla para efectos administrativos, y aplicar las sanciones y ejercer los actos de autoridad en la materia que no estén reservados al Ejecutivo Federal;

XIV.- Actuar con autonomía técnica y administrativa en el manejo de los recursos que se le destinen y de los bienes que tenga en los términos de esta ley, así como con autonomía de gestión para el cabal cumplimiento de su objeto y de los objetivos y metas señalados en sus programas y presupuesto;

XV.- Expedir en cada caso, respecto de los bienes de propiedad nacional a que se refiere esta ley, la declaratoria correspondiente, que se publicará en el Diario Oficial de la Federación; y

XVI.- Realizar las demás que señalen las disposiciones legales o reglamentarias.

En lo correspondiente a la Ley de Aguas Nacionales se tienen los siguientes artículos para Control de Avenidas y Protección Contra Inundaciones

ARTICULO 83.- "La Comisión", en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, o en concertación con personas físicas o morales, podrá construir y operar, según sea el caso, las obras para el control 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, conforme a las disposiciones del Título Octavo.

"La Comisión", en los términos del reglamento, clasificará las zonas en atención a sus riesgos de posible inundación, emitirá las normas y recomendaciones necesarias, establecerá las medidas de operación, control y seguimiento y aplicará los fondos de contingencia que se integren al efecto.

ARTICULO 84.- "La Comisión" determinará la operación de la infraestructura hidráulica para el control de avenidas y tomará las medidas necesarias para dar seguimiento a fenómenos climatológicos extremos, promoviendo o realizando las acciones preventivas que se requieran; asimismo, realizará las acciones necesarias que al efecto acuerde su Consejo Técnico para atender las zonas de emergencia hidráulica o afectadas por fenómenos climatológicos extremos, en coordinación con las autoridades competentes.

Anexo E

Conceptos de Fenómenos Hidrometeorológicos⁵⁷

Ciclón: término genérico para designar una inestabilidad atmosférica asociada a un área de baja presión, la cual propicia vientos convergentes en superficie que fluyen en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Se origina sobre las aguas tropicales o subtropicales y se clasifica por su intensidad de vientos en depresión tropical, tormenta tropical y huracán.

Depresión tropical: es un ciclón tropical en el que los vientos máximos sostenidos alcanzan una velocidad menor o igual a 62 kilómetros por hora.

Tormenta tropical: ciclón tropical en el cual los vientos máximos sostenidos alcanzan velocidades entre los 63 y 118 km./h. Las nubes se distribuyen en forma espiral y comienza a desarrollarse un "ojo" pequeño. Cuando un ciclón alcanza esta intensidad, se le asigna un nombre preestablecido por la Asociación Regional IV de la Organización Meteorológica Mundial.

Huracán: ciclón tropical en el cual los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan los 119 km./h. El área nubosa correspondiente cubre una extensión entre los 500 y 900km de diámetro produciendo lluvias intensas. El centro del huracán, denominado "ojo", alcanza normalmente un diámetro que varía entre los 20 y 40 km., sin embargo puede llegar hasta cerca de 100 km. En esta etapa se clasifica de acuerdo a la escala Saffir-Simpson.

Escala Saffir-Simpson

| Categoría | Vientos en km./h |
|-----------|------------------|
| I | 119-153 |
| II | 154-177 |
| III | 178-209 |
| IV | 210-249 |
| V | 250 o mayor |

Nevada: precipitación de cristales de hielo aislados o aglomerados formando copos, provenientes de nubes de tormenta, bajas o medias. Una tempestad de nieve es una perturbación meteorológica en la cual la nevada es intensa y se presenta acompañada a menudo de viento fuerte. El Anexo II describe con mayor precisión los casos que serán relevantes para efectos de estas Reglas de Operación.

Granizada: precipitación de partículas de hielo (granizos), transparentes, parcial o totalmente opacas, de forma esferoidal, cónica o irregular, cuyo diámetro varía generalmente entre 5 y 50 mm, que caen de una nube separadas o aglomeradas en bloques irregulares. El Anexo II describe con mayor precisión los casos que serán relevantes para efectos de estas Reglas de Operación.

Inundación: desbordamiento del agua más allá de los límites normales de un cauce o de una extensión de agua, o acumulación de agua por afluencia en las zonas que normalmente no están sumergidas.

⁵⁷ Diario Oficial de la Federación, 31 de marzo de 1999

Anexo F

Objetivos del Fondo de Desastres Naturales⁵⁸

El Fonden tiene como objetivo atender los efectos de desastres naturales imprevisibles, cuya magnitud supere la capacidad de respuesta de las dependencias y entidades federales así como de las autoridades de las entidades federativas. El Fonden es, por lo tanto, un complemento de las acciones que deben llevarse a cabo para la prevención de desastres naturales. Es por ello que, de forma independiente a la existencia y operación del Fonden, resulta indispensable que las dependencias y entidades federales fortalezcan las medidas de seguridad y de prevención necesarias que ayuden a afrontar de mejor manera los efectos que ocasiona un desastre natural, incluyendo las acciones que permitan dar aviso oportuno y masivo a la población.

Objetivos del Fondo de Desastres Naturales

El Fonden es un mecanismo financiero ágil y transparente para que en la eventualidad de un desastre natural, el Gobierno Federal pueda:

I. Atender, dentro de una determinada zona geográfica, la reparación de daños a la infraestructura pública y bienes públicos no sujetos a aseguramiento;

II. Combatir, y restituir en la medida de lo posible, los siniestros en bosques y áreas naturales protegidas;

III. Apoyar a toda la población afectada dentro de las zonas siniestradas en sus necesidades inmediatas de protección a la vida, salud, alimentación, vestido y albergue;

IV. Apoyar a las familias de bajos ingresos en la mitigación de los daños a su patrimonio familiar y productivo;

V. Apoyar de manera transitoria a dependencias y entidades federales para la reparación de infraestructura asegurada, en tanto éstas reciban los pagos correspondientes de los seguros, de conformidad con la legislación federal aplicable; y

VI. Adquirir equipo y bienes muebles especializados que permitan responder con mayor eficacia y prontitud en la eventualidad de un desastre.

Para lograr lo anterior, la Secretaría con cargo a los recursos del Fonden aportará, dentro de las disponibilidades presupuestarias, recursos adicionales a las dependencias y entidades federales, con objeto de que la atención a un desastre natural no afecte en lo posible a sus programas y proyectos en curso

En consecuencia, a través del Fonden se complementan los esfuerzos realizados por el Sistema Nacional de Protección Civil, los de otras instituciones de prevención y de apoyo a damnificados, así como los de los programas normales de las dependencias y entidades federales relacionados directamente con la atención de desastres.

Por último, el Fonden es un instrumento para promover la cooperación y la corresponsabilidad en la atención de desastres naturales entre el Gobierno Federal y las entidades federativas. Lo anterior, mediante el establecimiento de mecanismos de participación de gasto ante la eventualidad de un desastre, conforme a lo señalado en estas Reglas de Operación. En consecuencia, en forma solidaria, la Secretaría con cargo al Fonden también puede aportar recursos para apoyar a las entidades federativas a fin de atender los daños a la infraestructura pública estatal y municipal, y del Distrito Federal, y a la población damnificada, dentro de los parámetros señalados en estas Reglas de Operación, en la Sección IV del Capítulo VI.

⁵⁸ Diario Oficial de la Federación 31 de marzo de 1999.

Anexo G

Tabla de Daños Provocados por Inundaciones Periodo 1943-1999

Fuente: Centro de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación, 1999, Revista Inundaciones Fascículo 3

1943, Tormenta de invierno, 7-9 Dic., Océano Pacífico

Estados Afectados. Sinaloa

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Se desbordaron 11 ríos, los más importantes fueron el Tamazula, Humaya, Fuerte, Sinaloa y Culiacan. En el río Fuerte en la estación Huites se registró un gasto máximo de 14 376 m³/s el 9 de diciembre

Víctimas y Daños

Número de muertos 27

Daños: La parte norte del estado quedó aislada por tierra y sin comunicación por vía telefónica y telegráfica. 600 personas quedaron sin hogar y las pérdidas económicas ascendieron a más de 144 500 dólares. Dos puentes ferroviarios, algunos tramos del ferrocarril Sud-Pacífico, varias carreteras y casas fueron dañadas. Hubo deslizamiento de tierras. Las pérdidas en la agricultura fueron cuantiosas (estimadas en 2 500 vagones de ferrocarril).

Datos relevantes: Se le consideró en esa época como la inundación más catastrófica en su historia.

1949, Tormenta de invierno 7-26 Dic.

Estados Afectados. Sinaloa y Sonora

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Se desbordaron los ríos Yaqui y Mayo. Sobre el río Yaqui, en la estación El Águila registró un gasto máximo de 5 265 m³/s el 15 de enero. Sobre el río Fuerte en la estación Huites se presentó un gasto máximo de 10 000 m³/s, el 15 de enero. Sobre el río Mayo, en la estación Tres Hermanos se presentó un gasto máximo de 6 390 m³/s, el 14 de enero.

Víctimas y Daños

Número de muertos 10 por ahogamiento, hambre y frío en Sonora

Daños: Más de 35 localidades quedaron inundadas. 150 000 personas quedaron sin hogar en Navojoa. Son 9 000 en Sinaloa. Al menos 9 000 casas fueron dañadas. Dos puentes y varias carreteras quedaron dañadas. Los daños económicos ascendieron a 10 2 millones de dólares. Se perdieron cientos de cabezas de ganado. Muchas localidades quedaron aisladas (se suspendió el servicio de telégrafo y teléfono). El servicio del ferrocarril Sud-Pacífico fue cancelado temporalmente por daños en las líneas férreas. La presa Alvaro Obregón que estaba en construcción, fue destruida en casi su totalidad. Los daños en su estructura fueron valuados en 1 745 millones de dólares.

Datos relevantes: La inundación duró un tiempo excepcionalmente largo. Se dice que los avisos de alerta permitieron la reducción del número de muertos.

1955, Huracanes, Gladis, 1-6 Sept., Hilda, 12-20 Sept., Janet, 22-29 Sept., Océano Atlántico

Estados afectados. Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí, Yucatán y Quintana Roo

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Huracán Gladys. Río Tempoal, gasto máximo 4 002 m³/s, en la estación Tempoal (el 4 de septiembre). Huracán Hilda. Río Tampacón, gasto máximo registrado 4 830 m³/s, en la estación Pujal (el 21 de septiembre). Huracán Janet. Ríos San José, Santiago, Panuco y Tamesí.

Víctimas y Daños

Huracán Gladys. Inundaciones en las zonas bajas de la ciudad de Tampico.

Huracán Hilda. Inundación en la ciudad de Tampico, con una altura de 3.30 m sobre la media marea.

Huracán Janet. La presa San José en el estado de San Luis Potosí fue sobrepasada su capacidad, no se presentó falla en la cortina. Parte de la ciudad de San Luis Potosí se inundó. Un puente que conduce a los poblados de Mezquite y Ahaluco resultó dañado. El desbordamiento del río Santiago destruyó una gran cantidad de viviendas en el poblado de Soledad Díez Gutiérrez, el 30 de septiembre. Inundación en Tampico con un nivel de 5.88 m con un saldo de 40 muertos y 400 heridos. Las pérdidas causadas por los tres huracanes son las siguientes:

En Quintana Roo la ciudad de Chetumal fue destruida y 30 personas fallecieron.

En la región de Tampico se tiene el siguiente recuento:

Personas fallecidas 40. Personas heridas 400.

Cabezas de ganado perdidas 20 000.

Daños materiales a comercios 60 millones de pesos (de 1955) 5 millones de dólares (de 1955).

Daños materiales a industrias 30 millones de pesos (de 1955) 2.5 millones de dólares (de 1955).

Casas destruidas y dañadas en Tampico 3 677.

Casas destruidas y dañadas en Ciudad Madero 2 333.

Área de la zona inundada 6 400 km².

Datos relevantes: Los huracanes afectaron principalmente la cuenca del río Panuco. Provocaron gastos de gran importancia en la región de Soto la Marina, Tuxpan y El Salado. Los daños se debieron a que los huracanes se presentaron en serie uno después de otro.

1960, Ciclón Manzanillo, Océano Pacífico

Estados Afectados. Colima, (en Manzanillo), Jalisco (Puerto Vallarta, Sayula, Cihuatlan)

Victimas y Daños

Provocó mas de 1 500 muertos, 800 en Manzanillo, 400 heridos en Sayula, mas de 1 000 personas damnificadas, 3 barcos mercantiles se fueron a la deriva con toda su carga. 25% de las casas fueron totalmente destruidas en Cihuatlan carreteras dañadas y trenes descarrilados

1960, Tormentas de invierno, 11-19 Ene.

Estados Afectados. Sonora, Sinaloa y Chihuahua

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Se desbordaron los ríos Yaqui, Fuerte, Mayo, Bavispe, Humaya, Tamazula, Culiacan y Papigochic. El río Yaqui en la estación La Junta registró un gasto máximo de $1\ 397\ m^3/s$, el 11 de enero y en la estación El Novillo se registraron $4\ 556\ m^3/s$, el 12 de enero El río Fuerte en la estación Huites registro un gasto máximo de $15\ 000\ m^3/s$, el 12 de enero

Victimas y daños

Numero de muertos: 3, dos de ellos desaparecidos y una persona ahogada

Daños: Cerca de 60 localidades quedaron inundadas, las mas importantes fueron los Mochis, Navojoa, Culiacán y Navolato. El nivel de agua alcanzo 4 metros de altura. 500 casas fueron dañadas en Navojoa, 15 000 familias quedaron sin hogar en Sinaloa y 9 000 en Sonora debido al desbordamiento del río Mayo. Fueron evacuadas más de 22 000 personas. La zona más devastada fue la región del río Fuerte. El ferrocarril Sud-Pacífico sufrió daños, así como 2 puentes y algunas carreteras. Las pérdidas económicas en Sinaloa fueron de 18 815 millones de dólares con 266 550 hectáreas de áreas agrícolas perdidas. En Sonora 15 000 hectáreas quedaron afectadas en el Valle del Yaqui.

Datos relevantes: Los daños más importantes ocurrieron en los estados de Sonora y Sinaloa

1967, Huracán Beulah, 8-23 Sept., Océano Atlántico

Estados Afectados. Tamaulipas, Nuevo Leon, Yucatan y Quintana Roo

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

El Río Santa Catarina, en la estación Monterrey, se registro un gasto máximo de $178\ m^3/s$ el 23 de septiembre

El río Salado, en la estación Rodríguez, registró un gasto máximo de $2\ 632\ m^3/s$ el 23 de septiembre a 37 km al sur de Monterrey, en la estación Manzano, se registró una precipitación diaria de 541 mm.

Victimas y daños

Inundaciones severas en las ciudades de Reynosa y Matamoros. 25 000 damnificados y pérdidas por más de 500 millones de dólares

1967, Huracán Katrina, 29-Ago.-2-Sept., Océano Pacífico

Estados Afectados. Guerrero, Península de Baja California, Sonora y Nayarit

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Sobre el río Balsas, la estación Santo Tomas registro el gasto máximo histórico de $3\ 881\ m^3/s$, el 23 de septiembre

Sobre el río Turbio, en la estación las Adjuntas registró el gasto máximo histórico de $1\ 170\ m^3/s$, el día 13 de septiembre

Sobre el río la Union se registró un gasto máximo de $1\ 400\ m^3/s$, el día 26 de septiembre

Sobre el río Teepam se presentó un gasto de $3\ 550\ m^3/s$, el 26 de septiembre.

Sobre el río Balsas la presa Infiernillo registró un gasto máximo del orden de 20 000 m^3/s , siendo este el gasto máximo histórico en la República Mexicana

Victimas y Daños

Daños en los túncles de la presa Infiernillo por cavitacion

Mas de 30 000 damnificados y 15 muertes

1968, Huracán Tormentas de invierno, Naomi, 10-13 Sept., Océano Pacífico

Estados Afectados. Colima Sinaloa, Durango, Coahuila, Sonora y Chihuahua

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Fueron afectados los ríos presidio, Baluarte Coahuila Sonora y Chihuahua. En muchas estaciones hidrometricas sobre estos rios se registraron gastos maximos historicos en algunos casos fueron mayores a los correspondientes a la envolvente mundial de creager. En la cuenca del río Baluarte se presentaron precipitaciones maximas con un valor de 500 mm día. En la estacion hidrometrica Baluarte se registro un gasto maximo de 14 140 m³/s el día 13 de septiembre.

El río Acaponeta en la estación hidrometrica del mismo nombre se presento un gasto de 16 000 m³/s, el día 13 de septiembre

Víctimas y Daños

50 000 damnificados y 10 muertes, 60 000 ha. de cultivo afectadas. Severas inundaciones en Torreón, Gómez Palacio, Chihuahua y otras ciudades en Jalisco y Sinaloa. Caminos y zonas agricolas dañadas.

1976, Huracán Liza, 25-Sept. 1-Oct., Océano Pacífico

Estados Afectados. Baja California Sur y Sonora

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

En el arroyo el Cajoncito, se presento con una precipitacion de 180 mm en aproximadamente 4 horas. Se calculó un gasto de 950 m³/s con una duracion de 7.5 h. Se produjo una inundacion súbita.

Víctimas y Daños

Inundacion en la Ciudad de La Paz con graves consecuencias en pérdidas de vidas (mas de 600 víctimas) y daños materiales, se debio a la falla de un bordo de proteccion en la ciudad de la Paz. El numero de damnificados fue entre diez y doce mil.

Daños: Se cuantificaron en 60 millones de pesos (3.1 millones de dolares)

1988, Huracán Gilbert, 14-17 Sept., Océano Atlántico

Estados Afectados. Yucatan, Quintana Roo, Campeche, Tamaulipas, Nuevo Leon y Coahuila

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

El río Santa Catarina, en la estación Puente Zaragoza, se registro un gasto máximo de 1 900 m³/s. Se produjo una inundacion subita.

El río San Juan, en la estación Tepehuaje se registro una gasto maximo de 5 880 m³/s.

El río Pesqueira, en la estacion Los Henera se registro un gasto máximo de 900 m³/s.

El río Potosi, en la estación Cabezones se registro un gasto máximo de 6 900 m³/s.

El río Pabillo, en la estación Linares Sur se registro un gasto maximo de 730 m³/s.

El río Camacho en la estacion Linares Norte se registró un gasto maximo de 1 086 m³/s.

El río Camacho, en la estacion San Fernando se registró un gasto máximo de 2 258 m³/s.

En la ciudad de Monterrey se registró una precipitacion máxima diaria de 350 mm el 15 de septiembre.

Se calcula que el huracan Gilberto provocó, en paso por la Republica Mexicana una precipitación total acumulada de aproximadamente 90 000 millones de m³.

Víctimas y Daños

Vientos de hasta 300 km/h en Cozumel con oleaje de hasta 5 m de altura resultaron seriamente dañadas amplias zonas turísticas, agricolas y boscosas. Cobrio 250 vidas humanas. El monto de los daños fue superior al billon de pesos (de 1988). Sobre elevacion del nivel medio del mar cercana a 2.5 m. Los daños por precipitacion pluvial se registraron basicamente en Nuevo Leon, Coahuila y Tamaulipas. El mayor numero de victimas (200 muertos) se registró en la ciudad de Monterrey sobre el río Santa Catarina. Decenas de miles de viviendas afectadas y 150 000 damnificados.

Daños económicos: Quintana Roo: 1 200 000 millones de pesos (de 1988), (570 000 000 dolares), Yucatan: 242 000 millones de pesos (de 1988) (110 000 000 dolares). Nuevo Leon: 195 000 millones de pesos (de 1988) (86 000 000 dolares).

1990-1991, Tormentas de invierno, 26-Dic. 4-Ene

Estados Afectados. Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Chihuahua

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Se desbordaron los ríos Sinaloa, Mayo, Batopilas y Urique. En el río Fuerte en la estacion Hutes se registró un gasto de 11 720 m³/s y drenó 2 150 millones de metros cúbicos en 5 días.

Víctimas y Daños

En Sinaloa 120 comunidades quedaron inundadas con 40 000 personas damnificadas.

En la sierra Tarahumara quedaron inundadas 33 localidades.

En la Paz el 40% de las calles fueron destruidas por la lluvia.

Pérdidas económicas: ascendieron a mas de 50 850 millones de dolares. En el estado de Sonora, 50 000 hectareas cultivadas quedaron totalmente dañadas y en

Sinaloa se perdieron 2 712 millones de dolares en ganado. Murieron 25 000 cerdos, 25 pollos y varios pajaros silvestres por inundacion. Fueron destruidos 160 km de canales de irrigacion. Varios puentes (viales y de ferrocarril) y carreteras sufrieron daños. Tres aeropuertos suspendieron sus vuelos y hubo demoras a lo largo de las lineas de ferrocarril. Las comunidades Tarahumaras quedaron incomunicadas por varios días.

1992, Tormentas de invierno, 15-29 Ene. Océano Pacífico

Estados Afectados, Nayarit

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Se desbordaron los ríos Santiago, San Pedro, Acaponeta y Ameca. El vertedor de la presa Aguamilpa recibió un gasto máximo de 10 000 m³ que sobrepasó el máximo registrado en el sitio (6 700 m³) en 1973

Víctimas y Daños

Número de muertos : 61, 3 de ellos desaparecidos

Daños: Se inundaron más de 70 localidades, algunas de las cuales fueron Tecuala, Tuxpan (la mas afectada), Santiago Ixcuintla, Bahía de Bandejas y San Blas. 100 000 personas quedaron sin hogar. 104 000 hectáreas de áreas agrícolas sufrieron daños y varias carreteras fueron destruidas. La pérdida económica por cabezas de ganado ascendió a los 161 300 dólares

Datos relevantes: Los daños fueron menores gracias a la regulación aportada por la presa en construcción que soportó satisfactoriamente la avenida

1993, Tormentas de invierno, 6 -7 Ene., Océano Pacífico

Estados Afectados, Península de Baja California

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Se desbordaron: los ríos Tijuana y Tecate en Baja California. Los arroyos El Canizo y Matanuco en Baja California Sur. Se presentó una inundación súbita en el Tijuana. El río Tijuana con una precipitación de 100 mm en 4 horas. El arroyo Miraflores, con una precipitación de 316 mm en 15 horas

Víctimas y daños

Número de muertos: más de 20, murieron en la ciudad de Tijuana

Daños: Hubo 10 000 damnificados en la ciudad de Tijuana. Los sistemas de comunicación y las zonas de agricultura fueron severamente dañadas con una pérdida económica de 32 millones de dólares

1993, Tormentas de Invierno, 3-5 Nov., Océano Pacífico

Estados Afectados, Baja California Sur

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Se desbordaron: Los arroyos Miraflores y El Tule. Se produjeron avenidas súbitas en varios ríos. La lluvia máxima registrada en 24 horas fue de 632 mm (más de tres veces el promedio anual de lluvia).

Víctimas y Daños

Número de muertos: 3

Daños: Hubo 10 000 damnificados en los Cabos y San José de los Cabos. Los daños ascendieron a 63 4 millones de dólares. Hubo interrupción de servicios públicos y daños en la infraestructura de puentes, carreteras, tuberías y embarcaciones

1993, Huracán Gert, 17-21 Sept. Océano Atlántico

Estados Afectados, Veracruz, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Río Tamesí en Tamaulipas

En río Panuco registro el gasto máximo de los últimos 20 años

Víctimas y Daños

En el estado de Veracruz resultó dañado por inundaciones con un elevado costo económico. No hubo pérdida de vidas

En el estado de Hidalgo: 35 municipios afectados, 15 decesos; 17 390 damnificados 4 425 viviendas afectadas; 18 carreteras; 68 caminos, 38 puentes, 35 ríos desbordados, 23 sistemas de agua potable, 67 600 hectáreas de cultivo y 361 comunidades incomunicadas. En el estado de San Luis Potosí, 25 decesos, 55 000 damnificados; pérdidas en un 80% de las cosechas. Una gran cantidad de cabezas de ganado se perdieron. En el estado de Tamaulipas se inundaron 22 municipios, colonias en la ciudad de Tampico y 11 colonias en Altamira.

1995, Huracán Ismael, 12-16 Sept., Océano Pacífico

Estados Afectados. Sonora, Sinaloa y Baja California Sur

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Una intensa lluvia se registró sobre Guasave la cual provocó la inundación de algunas áreas por espacio de varias semanas

Víctimas y Daños

En Ahome resultaron destruidas 373 casas por el efecto del viento

Murieron entre 150 y 200 pescadores en Sinaloa

40 embarcaciones fueron hundidas

Se interrumplieron los principales servicios públicos. 24 111 damnificados en Sonora

4 728 casas destruidas y 21 500 hectáreas de cultivo afectadas

1995, Huracán Opal, 27 Sept. 5 Oct. Océano Atlántico

Estados Afectados. Baja California,

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Se desbordaron los ríos Tijuana y Tecate en Baja California Sur. Se presentó una inundación súbita en el río Tijuana. El río Tijuana con una precipitación de 100 mm en 4 horas. El arroyo Muñaflores, con una precipitación de 316 mm en 15 horas

Víctimas y daños

Número de muertos: más de 20, murieron en la ciudad de Tijuana

Daños: Hubo 10 000 damnificados en la ciudad de Tijuana. Los sistemas de comunicación y las zonas de agricultura fueron severamente dañadas con una pérdida económica de 32 millones de dólares.

1995, Huracán Roxana, 8 y 20 de Octubre, Océano Atlántico.

Estados Afectados. Veracruz, Campeche, Tabasco y Quintana Roo

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Se desbordaron los ríos Nautla, Colipa, Actopan, Misantla y Bobos

En Martínez de la Torre se alcanzó el record de lluvia máxima en 24 horas, con valor de 269.9 mm el día 20 de octubre

Lluvia máxima de 25 horas de 204 mm en Tabasco

Vientos máximos de 185 km/h y ráfagas de 215 km/h

Víctimas y daños.

En el estado de Veracruz se evacuaron poblaciones en riesgo entre los municipios de Coatzacoalcos y Tuxpan. La característica particular de este huracán fue su trayectoria irregular ya que regresó y provocó mayores daños. 13 860 personas afectadas. 33331 casas dañadas totalmente

Número de damnificados;

13,860 personas

Daños: 331 casa destruidas

1997, Huracán Pauline, 5y 10 de octubre, Océano Pacífico.

Estados Afectados.

Guerrero y Oaxaca

Ríos desbordados y gastos máximos registrados

Se estimó un escorrentamiento de 340 m³/s en Acapulco, la lluvia máxima en 24 horas fue de 411.2 mm en la estación observatorio Aeropuerto

Víctimas y daños

Número de muertos:

Murieron 228 personas (81 en Oaxaca) y 147 en Acapulco), 165 personas se reportaron desaparecidas (24 en Oaxaca y 141 en Acapulco), 8500 damnificados, 54 000 casas dañadas, 122 282 hectáreas de cultivo dañadas y 80 000 hectáreas de bosques y selva perdidas en Oaxaca. Hubo 20 puentes y carreteras dañadas. Hubo 350 deslizamientos de tierra e interrupción de los servicios públicos

Daños: 54,000 casas dañadas, 122,282 hectáreas de cultivo, 80,000 hectáreas de bosque y selva