



**MÉXICO**  
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA

**CONAGUA**  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA  
GERENCIA DE AGUAS SUPERFICIALES E INGENIERÍA  
DE RÍOS

PROGRAMAS CONTRA CONTINGENCIAS HIDRÁULICAS POR  
ORGANISMOS DE CUENCA Y PARA LAS PRINCIPALES  
CIUDADES DEL PAÍS (ETAPA 1)  
SGT-GASIR-DF-15-OP-01-RF-AD-CC

PROGRAMA CONTRA CONTINGENCIAS HIDRÁULICAS  
PARA LA ZONA URBANA DE HUEJUTLA DE LOS REYES,  
HIDALGO.  
REGIÓN HIDROLÓGICA ADMINISTRATIVA IX,  
GOLFO NORTE



Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Programa Contra Contingencias Hidráulicas para la  
Zona Urbana de Huejutla de Los Reyes, Hidalgo

Región Hidrológico-Administrativa IX,  
Golfo Norte



## Contenido

1.	Introducción .....	1
2.	Gestión integrada de crecientes .....	2
2.1	La perspectiva a largo plazo .....	4
2.2	Políticas y estrategias de gestión integrada de crecientes .....	5
2.3	Declaratoria de Desastre Natural por fenómenos hidrometeorológicos.....	8
2.4	Matriz de análisis de las leyes estatales de protección civil .....	10
2.5	Instituciones involucradas en la gestión de crecientes .....	12
2.5.1	Atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos. ....	14
3.	Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables .....	19
3.1	Identificación de zonas potencialmente inundables.....	19
3.2	Socioeconómica.....	20
3.3	Fisiográfica, meteorológica e hidrológica.....	20
3.3.1	Subcuencas de aportación .....	20
3.3.2	Relieve.....	22
3.3.3	Uso de Suelo.....	23
3.3.4	Edafología.....	24
3.3.5	Precipitación.....	25
3.3.6	Escurrimiento .....	29
3.4	Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación .....	30
3.5	Descripción de inundaciones históricas relevantes .....	32
3.6	Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales existentes 32	
3.7	Identificación de actividades actuales en las planicies de inundación .....	32
4.	Diagnóstico de las zonas inundables.....	34
4.1	Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas.....	34
4.2	Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana .....	36
4.3	Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes.....	37

4.4	Identificación de los actores sociales involucrados en la gestión de crecidas ....	38
4.5	Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones .....	38
4.6	Identificación y análisis de la coordinación entre instituciones involucradas en la gestión de crecidas.....	41
5.	Evaluación de riesgos de inundación .....	44
5.1	Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema .....	44
5.1.1	Cálculo de las lluvias de diseño .....	44
5.1.2	Construcción de tormentas hipotéticas .....	45
5.1.3	Modelo lluvia-escorrimento .....	46
5.1.4	Resultados.....	47
5.2	Modelo hidráulico .....	48
5.2.1	Procesamiento del modelo digital de elevaciones .....	49
5.2.2	Infraestructura.....	51
5.3	Simulación en las condiciones actuales .....	52
5.4	Resultados.....	56
5.5	Estimación de la severidad .....	62
5.6	Análisis de los resultados .....	66
6.	Recomendaciones generales de medidas estructurales y no estructurales .....	71
7.	Esquema de seguimiento de la ejecución del programa.....	73
7.1	Programa de ejecución de medidas no estructurales.....	74
7.2	Programa de ejecución de medidas estructurales .....	75
	GLOSARIO .....	76
	REFERENCIAS.....	82



## Lista de figuras

Figura 2.1. Gestión integrada de crecidas.....	3
Figura 3.1 Ubicación del área de estudio en la RHA Golfo Norte .....	19
Figura 3.2 Zona urbana de Huejutla de Los Reyes, Hidalgo. ....	21
Figura 3.3 Subcuencas.....	22
Figura 3.4 Relieve.....	23
Figura 3.5 Uso de suelo.....	24
Figura 3.6 Edafología.....	25
Figura 3.7 Estaciones climatológicas convencionales.....	26
Figura 3.8 Estaciones Meteorológicas Automáticas .....	27
Figura 3.9 Hietograma medio en la ciudad/cuenca Huejutla, Hgo. ....	28
Figura 3.10 Número de escurrimiento por subcuenca. ....	30
Figura 3.11. Ríos principales en la ciudad/cuenca de Huejutla de Los Reyes, Hidalgo.....	31
Figura 4.1 Densidad de estaciones climatológicas convencionales.....	35
Figura 4.2. Propuesta de red de monitoreo en la ciudad/cuenca de Huejutla, Hgo. ....	36
Figura 4.3. Marginación en la zona urbana de Huejutla de los Reyes, Hgo.....	40
Figura 5.1. Lluvias de diseño (24 horas) en la cuenca de la zona urbana Huejutla, Hidalgo. .....	44
Figura 5.2 Distribución de la lluvia (100 años) a partir de una tormenta histórica en la Zona Urbana.....	45
Figura 5.3. Hietograma de lluvia efectiva de 100 años para el área de modelación incluida la Zona Urbana.....	46
Figura 5.4. Esquema del modelo hidrológico en la plataforma HEC-HMS.....	47
Figura 5.5. Hidrogramas para 100 años de periodo de retorno de cuatro subcuencas. ....	48
Figura 5.6. Entradas consideradas a la zona de modelación de la zona urbana de Huejutla, Hgo. ....	49
Figura 5.7. Perfil longitudinal sin errores considerables.....	50
Figura 5.8. Perfil longitudinal con errores considerables .....	50
Figura 5.9. Imagen de Google y trazo de ríos.....	51
Figura 5.10. Incorporación de la “batimetría” del cauce en la malla del IBER.....	51



Figura 5.11 Variación del coeficiente de rugosidad en la zona de Huejutla, Hgo. ....	55
Figura 5.12. Esquema del modelo hidráulico. ....	56
Figura 5.13. Mapa de tirantes máximos para un Tr de 2 años. ....	57
Figura 5.14. Mapa de velocidades máximas para un Tr de 2 años. ....	57
Figura 5.15. Mapa de tirantes máximos para un Tr de 5 años. ....	58
Figura 5.16. Mapa de velocidades máximas para un Tr de 5 años. ....	58
Figura 5.17. Mapa de tirantes máximos para un Tr de 10 años.....	59
Figura 5.18. Mapa de velocidades máximas para un Tr de 10 años.....	59
Figura 5.19. Mapa de tirantes máximos para un Tr de 50 años.....	60
Figura 5.20. Mapa de velocidades máximas para un Tr de 50 años.....	60
Figura 5.21. Mapa de tirantes máximos para un Tr de 100 años.....	61
Figura 5.22. Mapa de velocidades máximas para un Tr de 100 años.....	61
Figura 5.23 Diagrama de Dorrigo. ....	62
Figura 5.24 Código de colores para elaborar mapas de severidades.....	62
Figura 5.25. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 2 años.....	64
Figura 5.26. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 5 años.....	64
Figura 5.27. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 10 años.....	65
Figura 5.28. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 50 años.....	65
Figura 5.29. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años.....	66
Figura 5.30 Ubicación de secciones para el análisis de resultados. ....	67
Figura 5.31 Hidrogramas en las secciones 1 y 2 para un periodo de retorno de 5 años..	67
Figura 5.32 Cota de agua en la sección 2 para un periodo de retorno de 5 años. ....	68
Figura 5.33. Hidrogramas en las secciones 1 y 2 para un periodo de retorno de 100 años. .....	68
Figura 5.34 Cota de agua en la sección 2 para un periodo de retorno de 100 años .....	69
Figura 5.35 Mapa de tirantes máximos para un período de retorno de 100 años.....	70
Figura 6.1 Relación costo-beneficio de opciones de gestión de inundaciones.....	72
Figura 7.1 Proceso de gestión del riesgo.....	73
Figura 7.2 Esquema de seguimiento de medidas no estructurales.....	74

Figura 7.3 Esquema de seguimiento de una medida estructural..... 75

## Lista de tablas

Tabla 2.1 Estrategias y opciones para la gestión de crecientes.....	6
Tabla 2.2 Matriz de análisis de la Ley de Protección Civil del Estado de Hidalgo.....	10
Tabla 2.3 Instituciones involucradas en la GIC .....	14
Tabla 3.1 Características generales de las subcuencas. ....	20
Tabla 3.2 Uso de suelo.....	24
Tabla 3.3 Edafología.....	25
Tabla 3.4 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio. ....	25
Tabla 3.5 Lluvia máxima en 24 horas por estación climatológica.....	28
Tabla 3.6 Descripción de los cuatro grupos de suelo .....	29
Tabla 3.7 Características generales de los ríos principales.....	31
Tabla 3.8 Características generales de las obras de protección .....	32
Tabla 4.1 Valores mínimos recomendados .....	34
Tabla 4.2 Densidad de estaciones climatológicas en el área de estudio .....	34
Tabla 4.3 Dimensiones e indicadores del Índice de Marginación Urbana por AGEB, 2010. .....	39
Tabla 4.4 Información complementaria por indicador y tipo de población. ....	39
Tabla 4.5 Información complementaria de las manzanas urbanas de la localidad de Huejutla de Reyes, Hgo.....	41
Tabla 5.1 Lluvias, en mm, para una duración igual al tc de cada subcuenca .....	45
Tabla 5.2 Características generales de las avenidas de entrada. ....	48
Tabla 5.3 Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning n de acuerdo con el uso del suelo. ....	54

## 1. Introducción

México está expuesto cotidianamente a episodios hidrometeorológicos severos, como huracanes, ciclones y precipitaciones intensas que, si bien contribuyen de manera positiva a incrementar el almacenamiento de agua de las presas y lagos, también provocan daños a la población, a la infraestructura, a los servicios y a los sistemas de producción.

Entre 1980 y 2007, las lluvias intensas afectaron a más de ocho millones de personas y ocasionaron daños económicos superiores a los 130 mil millones de pesos. En este periodo, los ciclones *Stan* e *Isidore* fueron los que afectaron al mayor número de personas, mientras *Emily*, *Stan* y *Gilbert*, ocasionaron los mayores daños económicos.

El mayor impacto histórico y la propensión futura a inundaciones se concentra en 17 entidades federativas, que acumulan el 62% de la población nacional, entre las que se encuentran el Estado de México, el Distrito Federal, Veracruz, Tabasco y Chiapas. No obstante, las inundaciones no se presentan sólo en las áreas con precipitaciones abundantes: también ocurren en zonas bajas, áreas urbanas e incluso en zonas áridas.

En la actualidad, la atención a inundaciones carece de acciones efectivas como la alerta oportuna sobre riesgos por fenómenos hidrometeorológicos extremos, el desarrollo de planes de prevención, la construcción de obras de protección, el mantenimiento de la infraestructura, y la coordinación interinstitucional, entre las más relevantes, lo que acentúa la vulnerabilidad de las poblaciones que habitan en condiciones de precariedad.

Dadas las condiciones actuales y con el fin de atender anticipadamente los impactos de la ocurrencia de estos eventos, y con ello minimizar los daños provocados por las inundaciones, el Lic. Enrique Peña Nieto – Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos– en enero del 2013, instruyó la puesta en marcha del Programa Nacional de Prevención contra Contingencias Hidráulicas (PRONACH) para proteger a la población, a sus bienes y zonas productivas. En una primera etapa, la Conagua procedió a la formulación de programas de medidas de prevención y mitigación contra inundaciones para cada organismo de cuenca con una visión integral dentro de la Gestión Integrada de Crecidas (GIC). Bajo este mismo enfoque, y como parte de una segunda etapa, el interés se centra en la atención a las zonas urbanas del país, en programas que contemplan la ejecución de acciones medioambientales, de planeación urbana, prevención, alerta temprana y protocolos de emergencia, elementos y estrategias necesarias para evitar la pérdida de vidas humanas ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos severos.

En este documento se presenta el *Programa Contra Contingencias Hidráulicas para la Zona Urbana de Huejutla de Reyes, Hidalgo*, perteneciente a la Región Hidrológico-Administrativa IX, Golfo Norte. Contiene la caracterización de la zona urbana, considerando los aspectos económicos, sociales y ambientales, el diagnóstico de la problemática existente, un análisis de riesgo en el que se encuentra la población y zonas productivas. Finalmente se presenta una propuesta de acciones que ayuden a prevenir y mitigar los daños causados por inundaciones.

## 2. Gestión integrada de crecientes

Los fenómenos hidrometeorológicos extremos como lluvias torrenciales y ausencia de precipitaciones constituyen componentes de la variabilidad climática que se manifiestan como inundaciones y sequías, y que pueden llegar a causar estragos socioeconómicos y ambientales en diversos grados. Pérdidas de vidas y bienes; migraciones humanas y animales masivas; degradación del medio ambiente; y escasez de alimentos, energía, agua y afectaciones en otras necesidades básicas son ejemplos de ello.

La necesidad de mitigar los efectos de la sequía y las inundaciones fue planteada desde el 2002 en el Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible –celebrada en Sudáfrica<sup>1</sup>– en la que la comunidad internacional se comprometió a adoptar un enfoque integrado e integrador para hacer frente a la gestión de riesgos y a la vulnerabilidad, incluidas la prevención, la atenuación, la preparación, la respuesta y la recuperación.

En Hyogo, Japón<sup>2</sup> (2005) se definió un Marco de Acción con objetivos estratégicos hacia una integración más eficaz de las consideraciones sobre los riesgos de desastre en las políticas, los planes y los programas de desarrollo sostenible, en los que la prevención, la atenuación, la preparación y la reducción de la vulnerabilidad son elementos centrales, al igual que la creación y el fortalecimiento de instituciones, de mecanismos y de capacidad a todos los niveles.

El marco de acción para la reducción de desastres post 2015 resultante de la Conferencia de Sendai, Japón<sup>3</sup> (2015) incorpora el compromiso para la reducción sustantiva de la mortalidad y una disminución de los damnificados y pérdidas económicas por desastres para el año 2030, así como un descenso de los daños de infraestructura crítica y servicios básicos, entre ellos la salud y la educación.

De acuerdo al documento conceptual “Gestión integrada de crecientes”, No. 1047 en su edición 2009 y al Programa Asociado de Gestión de crecidas (WMO – GWP), plantear los problemas de la gestión de inundaciones en forma aislada resulta necesariamente en un enfoque limitado y poco sistemático. Por ello, la GIC procura cambiar el paradigma del enfoque fragmentado tradicional y fomenta la utilización eficiente de los recursos de la cuenca fluvial como un todo, empleando estrategias para mantener o aumentar la productividad de las llanuras de inundación, al tiempo que se adoptan medidas de protección contra las pérdidas causadas por las inundaciones.

La Gestión Integrada de Crecientes (GIC) abarca el desarrollo de recursos hídricos y de la tierra en una cuenca fluvial con miras a optimizar los beneficios de las llanuras inundables, reduciendo con ello al mínimo la pérdida de vidas humanas y de bienes. Aplicar la GIRH para conseguir un desarrollo sostenible tiene como objetivo mejorar, de forma duradera, las condiciones de vida de todos los habitantes en un entorno que goce de equilibrio, seguridad y libertad de elección. Este tipo de gestión requiere integrar los sistemas naturales y humanos, así como los de la gestión de tierras y la explotación de recursos hídricos.

Por otro lado, al igual que la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), la GIC contempla un enfoque participativo abierto, transparente, integrador y comunicativo, que

---

<sup>1</sup> Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, 2002.

<sup>2</sup> Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres, 2005

<sup>3</sup> Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres, 2015.

alienta la participación de usuarios, los encargados de la planificación y las instancias normativas en todos los niveles. Este esfuerzo de este tipo requiere de la descentralización del proceso de la toma de decisiones y abarca amplias consultas con la población, así como la participación de las partes interesadas en las actividades de planificación y aplicación.



Figura 2.1. Gestión integrada de crecidas

La instrumentación en México de la GIRH y la GIC se establece en función de compatibilizar el uso del recurso agua para la generación de energía eléctrica y el control de inundaciones para evitar daños en centros de población y áreas productivas. El manejo de las crecientes actualmente se basa en la operación anticipada de las presas para control de avenidas antes del arribo de un evento hidrometeorológico severo. En este manejo la comunicación entre el meteorólogo y el hidrólogo es crítica con el fin de evaluar escenarios y determinar el más probable, con el objeto de manejar las crecientes con la anticipación que otorga el pronóstico de la precipitación.

### Reparto de competencias institucionales

En materia de riesgos y desastres, la responsabilidad de su atención local recae en el municipio. No obstante, entre el municipio, el estado y la federación, existe un lógico reparto de competencias institucionales. En el orden federal se cuenta con la Ley General de Protección Civil que en su artículo 4 fracción I señala que las políticas públicas en materia de protección civil, se ceñirán al Plan Nacional de Desarrollo y al Programa Nacional de Protección Civil, identificar, analizar los riesgos como sustento para la implementación de las medidas de prevención y mitigación, entre otras. El Artículo 7 fracción I de la misma Ley de referencia, señala que le corresponde al Ejecutivo Federal en la materia, asegurar el correcto funcionamiento del Sistema Nacional y dictar los lineamientos generales para coordinar las labores de protección civil en beneficio de la población, sus bienes, fracción II de la incorporación de la Gestión Integral de Riesgos, fracción III del Proyecto de Presupuestos de Egresos de la Federación de cada Ejercicio Fiscal, fracción IV emitir la declaratoria de emergencia o desastre de origen natural. Artículo 9 señala que se deberá realizar la organización, políticas públicas de protección civil en forma coordinada entre los tres órdenes de Gobierno (Federal, Estatal y Municipal).

Po otro lado, está la Ley General de Asentamientos Humanos que en su Artículo 1 fracción I señala que se deber establecer la concurrencia de la Federación, Entidades Federativas y Municipios, para la ordenación y regulación de los asentamientos humanos en el territorio nacional. El Artículo 6 señala que le corresponde a la Federación en materia de ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y de desarrollo urbano de los centros de población que tiene el Estado, serán ejercidos en forma concurrente entre los

tres niveles de gobierno (Federal, Estatal y Municipal) dentro del ámbito de competencia que se señala en nuestra Carta Magna.

El Manual para el control de inundaciones en el Artículo 1.5 hace alusión a Planes de desarrollo de emergencias de control de inundaciones de protección civil a atención a la Salud, señala que se desarrolla las actividades por CONAGUA en sus jurisdicciones hidrológicas administrativas en los planes de protección civil, apegados al Sistema Nacional de Protección Civil.

A nivel estatal se cuenta con las Leyes de Protección Civil de los Estados.

A nivel municipal la Ley General de Asentamientos Humanos, Artículo 9 fracción I, señala que corresponde a los Municipios, formular, aprobar y administrar los planes o programas municipales de desarrollo urbano de los centros de población, evaluar su cumplimiento, fracción V señala el de proponer la fundación de centros de población.

## 2.1 La perspectiva a largo plazo

Diversas estimaciones coinciden en prever, hacia finales del siglo XXI, incrementos de la temperatura a nivel mundial, de dos a cuatro grados centígrados. Entre los escenarios generados por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), se espera que dicho aumento en la temperatura impacte de manera significativa el ciclo hidrológico, generando mayor variabilidad en patrones tradicionales de precipitación, humedad del suelo y escurrimiento, entre otras afectaciones o anterior dificultará la actividad de otros sectores económicos que dependen de la disponibilidad de los recursos hídricos, como la producción alimentaria, generación de energía y conservación ambiental, además del suministro de agua potable y saneamiento. Por tanto, los desastres, tanto en número como en sus consecuencias previsiblemente se incrementarán como resultado del cambio climático (Conagua, 2012).

Para encarar esta problemática, es indispensable entonces desarrollar estrategias de adaptación que consideren el agua como un eje toral en un enfoque multisectorial.

En el análisis de los desastres, se encuentra que los daños estimados como porcentajes del PIB son significativamente mayores en países subdesarrollados, lo que puede acentuarse de continuar la tendencia global a la concentración de la población en localidades urbanas. Sequías, inseguridad alimenticia, temperaturas extremas, inundaciones, incendios forestales, infestaciones de insectos, movimientos de tierra – entre otros– asociados a situaciones de origen hidrológico, granizadas y huracanes, representan una porción significativa de los daños estimados ocasionados por desastres, lo que significó en 2009 daños por 35,409 millones de dólares, el 85% del total ocasionados por todo tipo de desastres.

Al gestionar los actuales riesgos de las inundaciones y al planificar el futuro, se debe encontrar un equilibrio entre enfoques de sentido común, que minimizan los impactos mediante una mejor gestión urbana y el mantenimiento de la infraestructura para la mitigación de las inundaciones y enfoques con visión de futuro que anticipen y defiendan contra las futuras amenazas de inundaciones construyendo nueva infraestructura o redefiniendo radicalmente el entorno urbano. Para tomar decisiones sobre la priorización apropiada de los esfuerzos de gestión de las inundaciones se requiere de una comprensión de los riesgos por inundación presentes y futuros (K, Jha, A et al. 2012).

Como el riesgo de inundaciones evoluciona con el tiempo, los diseñadores de políticas públicas también deben explorar cómo las decisiones se modifican a la luz del clima

cambiante. Los procesos de toma de decisiones deben incorporar información sobre los modelos utilizados para proyectar el cambio climático a distintas escalas y se deberá comprender las incertidumbres relacionadas con estos resultados.

## 2.2 Políticas y estrategias de gestión integrada de crecientes

El Documento del Programa Nacional Hídrico (PNH) 2013-2018 responde a la problemática actual y a la visión de largo plazo con la definición de seis objetivos orientados para avanzar en la solución de los desafíos identificados y en el logro de la sustentabilidad y la seguridad hídrica:

Objetivo 1. Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua

Objetivo 2. Incrementar la seguridad hídrica ante sequías e inundaciones

Objetivo 3. Fortalecer el abastecimiento de agua y el acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento

Objetivo 4. Incrementar las capacidades técnicas, científicas y tecnológicas del sector.

Objetivo 5. Asegurar el agua para el riego agrícola, energía, industria, turismo y otras actividades económicas y financieras de manera sustentable.

Objetivo 6. Consolidar la participación de México en el contexto internacional en materia de agua.

Particularmente los dos primeros contemplan estrategias y acciones que preparan a la sociedad mexicana a fin de que pueda afrontar en mejores condiciones los posibles efectos del cambio climático, tanto en aquellas zonas donde existe la probabilidad de disminución de los regímenes pluviales como en aquellas donde se pueden intensificar los patrones de lluvia y provocar inundaciones catastróficas.

En esta visión, la GIC interviene de manera importante, promoviendo un enfoque integrado de gestión de los recursos suelo y agua de una cuenca fluvial en el marco de la GIRH, y tiene como finalidad maximizar los beneficios netos de las planicies de inundación y reducir al mínimo las pérdidas de vidas y de infraestructura causadas por los desastres derivados de las inundaciones.

Los elementos rectores de la GIC son:

- Gestión del ciclo hidrológico en su conjunto
- Gestión integrada de la tierra y de los recursos hídricos
- Gestión integrada de riesgos
- Adopción de la mejor combinación de estrategias
- Garantía de un enfoque participativo

Los dos primeros elementos pueden agruparse en un solo concepto, *Gestión de la cuenca hidrológica*, en este elemento se propone tomar en cuenta lo siguiente:

- Dimensionar las crecientes (pequeñas, medianas e importantes)
- Identificar aspectos positivos de las crecientes. Es decir usar las llanuras de inundación en la agricultura, acuicultura, recarga de acuíferos, etc.



- Gestionar todo tipo de crecientes y no sólo las que llegan a un nivel máximo para la aplicación de medidas de protección.
- Identificar zonas que se puedan sacrificar para almacenar agua con el fin de proteger áreas críticas.
- Gestionar crecientes en las ciudades, en donde se considere el suministro de agua potable, aguas residuales y el vertido residual, así como la evacuación de los escurrimientos superficiales.
- Considerar en los programas para inundaciones urbanas el control tanto de la cantidad de agua proveniente de las tormentas como la contaminación de las mismas.

El tercer elemento, **Gestión integrada de riesgos**, ofrece alternativas para evitar que un peligro se transforme en desastre. La gestión de riesgos de crecientes consiste en una serie de medidas sistemáticas para un periodo de preparación, respuesta y recuperación y debe formar parte de la GIRH. Las medidas adoptadas dependen de las condiciones de peligro del entorno social, económico y físico. Los resultados de este proceso continuo de gestión de riesgos pueden ser divididos en:

- Medidas para disminuir el riesgo de desastres a largo plazo (prevención), eliminando o reduciendo sus causas como la exposición o el grado de vulnerabilidad. Las estrategias son tendientes a evitar que los desastres se produzcan.
- Medidas de preparación, hacen referencia a las actividades que tienen por objeto alistar a la sociedad y a sus instituciones para responder adecuadamente ante la eventualidad de que se presente un fenómeno capaz de desencadenar un desastre. Su objeto es asegurar una respuesta apropiada en caso de necesidad, incluyendo alertas tempranas oportunas y eficaces, así como evacuación temporal de la población y bienes de zonas amenazadas.
- Medidas de respuesta o atención de la emergencia, comprende la movilización social e institucional necesaria para salvar vidas y bienes una vez que el fenómeno ya se ha presentado. Incluye la recuperación de la comunidad después del desastre, con tareas de reconstrucción.

Las medidas adoptadas dependen de las condiciones de peligro del entorno social, económico y físico y se centran principalmente en reducir la vulnerabilidad.

El cuarto elemento, **Adopción de la mejor combinación de estrategias**, propone para la selección de estrategias o combinación de estrategias, considerar tres factores correlacionados: el clima, las características de la cuenca y las condiciones socioeconómicas de la zona, Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Estrategias y opciones para la gestión de crecientes

Estrategia	Opciones
Reducir las inundaciones	Presas y embalses
	Diques, malecones y obras de contención
	Desviación de avenidas
	Ordenación de cuencas

Estrategia	Opciones
	Mejoras a los canales
Reducir la vulnerabilidad a los daños	Regulación de las planicies de inundación
	Políticas de desarrollo y reaprovechamiento
	Diseño y ubicación de las instalaciones
	Normas para viviendas y construcciones
	Protección de elementos situados en zona inundable
	Predicción y alerta de crecientes
Atenuar los efectos de las inundaciones	Información y educación
	Preparación en caso de desastres
	Medidas de recuperación después de la inundación
	Seguro contra inundaciones
Preservar los recursos naturales de las llanuras de inundación	Determinación de zonas y regulación de las planicies de inundación

El quinto elemento, *Garantía de un enfoque participativo*, recomienda tomar en cuenta lo siguiente:

- La población debe participar en todos los niveles de la toma de decisiones.
- Se debe alentar la participación de usuarios y responsables de la planificación y las instancias normativas de todos los niveles, bajo el siguiente enfoque:
  - Abierto, transparente, integrador y comunicativo.
  - Descentralización del proceso de la toma de decisiones y debe incluir la realización de amplias consultas con la población.
  - Colaboración de representantes de todos los ámbitos afectados, de las diferentes áreas geográficas de la cuenca fluvial (aguas arriba y aguas abajo).
- Definir objetivos y responsabilidades de todos los actores involucrados en la gestión de crecientes.
- Transformar las alertas en medidas preventivas.
- Participantes de todos los sectores, especializados en diversas disciplinas, deben colaborar en el proceso y llevar a cabo las tareas necesarias para apoyar la aplicación de los planes de atenuación de los efectos de los desastres y de la gestión de los mismos: con un enfoque de abajo-hacia arriba y de arriba-hacia abajo.
- Definir las fronteras geográficas y límites funcionales de todas las instituciones involucradas en la gestión de crecientes.
- Promover la coordinación y la cooperación por encima de las barreras funcionales y administrativas.

Bajo este contexto se formula el Programa Contra Contingencias Hidráulicas para la Zona Urbana de Huejutla de Reyes, Hidalgo, con el objetivo de plantear medidas preventivas tendientes a disminuir los daños provocados por las inundaciones en la ciudad. El ámbito

urbano constituye la unidad de planeación en la que se evaluará el riesgo para identificar zonas potencialmente inundables, se propondrá el uso adecuado de llanuras de inundación, se evaluará y se seleccionarán las mejores medidas para disminuir los daños (prevaliendo acciones no estructurales por encima de las estructurales), se incluirá a todos los actores involucrados en la gestión de las crecidas, definiendo fronteras geográficas y límites funcionales para evitar traslape de tareas antes, durante y después de que ocurra la inundación.

Sin embargo, para la aplicación efectiva del concepto de GIC es necesario disponer de un entorno propicio en términos de política, legislación e información; una clara definición de los papeles y las funciones institucionales; e instrumentos de gestión que permitan proceder de forma eficaz a la formulación de normas, seguimiento y cumplimiento de las leyes<sup>4</sup>.

### **2.3 Declaratoria de Desastre Natural por fenómenos hidrometeorológicos**

En estado de emergencia por desastres naturales, los Gobiernos pueden verse obligados a utilizar fondos que habían sido previamente destinados a proyectos fundamentales de desarrollo económico, y esto, en el largo plazo, puede impactar negativamente el proceso de desarrollo y crecimiento económico de los países.

Los Gobiernos son cada vez más conscientes que el riesgo fiscal derivado de desastres naturales no puede seguir siendo ignorado. México se encuentra en la vanguardia de iniciativas encaminadas al desarrollo de un marco integral en gestión del riesgo de desastres, incluyendo el uso efectivo de mecanismos de financiamiento del riesgo y aseguramiento para manejar el riesgo fiscal derivado de los desastres. El Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) fue establecido por el Gobierno Federal de México en el marco de su estrategia de gestión integral del riesgo con el propósito de apoyar actividades de emergencia, recuperación y reconstrucción después de la ocurrencia de un desastre.

El FONDEN fue originalmente creado como un programa dentro del Ramo 23 del Presupuesto de Egresos de la Federación de 1996, y se hizo operacional en 1999 cuando se emitieron sus primeras Reglas de Operación. Los recursos del FONDEN originalmente se destinaban únicamente a la realización de actividades ex post de rehabilitación y reconstrucción de (i) infraestructura pública de los tres órdenes de gobierno - federal, estatal y municipal; (ii) vivienda de la población de bajos ingresos; y (iii) ciertos elementos del medio ambiente, tales como selvas, áreas naturales protegidas, ríos, y lagunas.

En la actualidad, el FONDEN está compuesto por dos instrumentos presupuestarios complementarios: el Programa FONDEN para la Reconstrucción y el Programa Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN), y sus respectivos fideicomisos. El instrumento original, y aún el más importante del FONDEN es el Programa FONDEN para la Reconstrucción. Sin embargo, en reconocimiento de la necesidad de promover el manejo proactivo del riesgo, el gobierno de México comenzó, a inicios de los años 2000, a asignar recursos específicamente destinados a actividades preventivas. Aunque los recursos para la prevención siguen siendo significativamente menores que para la reconstrucción, el gobierno Mexicano continúa dirigiendo esfuerzos a la transición de un enfoque del financiamiento del riesgo post-desastre a la gestión del riesgo financiero ante a los desastres. La ejecución de los recursos financieros de los 2 instrumentos del FONDEN (de

---

<sup>4</sup> Gestión Integrada de Crecidas: Documento Conceptual, Organización Meteorológica Mundial, 2009

reconstrucción y de prevención) se realiza a través del Fideicomiso FONDEN y del Fideicomiso Preventivo (FIPREDEN), cuya institución fiduciaria en ambos casos es BANOBRAS, un banco de desarrollo del Gobierno de México.

El proceso para acceder y ejecutar los recursos del programa FONDEN para la Reconstrucción permite un equilibrio entre la necesidad del desembolso inmediato de los fondos ante la ocurrencia de un desastre y aspectos de rendición de cuentas y de transparencia. La Secretaría de Gobernación (SEGOB) es la instancia responsable del procedimiento de acceso a los recursos del FONDEN y de la emisión de las declaratorias de desastre natural. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público es la instancia responsable de los recursos del FONDEN.

El FONDEN cuenta con un Sistema electrónico y automatizado en línea que utiliza tecnología e información de punta en el proceso de acceso a los recursos, tales como la captura en una plataforma de información geográfica de fotografías geo-referenciadas de todos los activos públicos afectados y que serán sujetos de apoyo para asegurar la eficacia y exactitud del proceso de evaluación y cuantificación de los daños sufridos por un determinado desastre natural. SEGOB revisa en el Sistema en línea que las solicitudes de recursos señalen de manera detallada las acciones que se llevarán a cabo, así como el costo requerido para la reparación de la infraestructura y viviendas dañadas.

Consecutivamente, SEGOB remite el expediente a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y le solicita convoque a sesión del comité técnico del fideicomiso FONDEN para que éste autorice los recursos los cuales quedan etiquetados en el Fideicomiso FONDEN en una subcuenta específica por cada programa de reconstrucción. Los recursos son transferidos por BANOBRAS (en su carácter de institución fiduciaria) de estas subcuentas a las empresas proveedoras de servicios de reconstrucción, previa presentación de las facturas de avance de la ejecución de las obras. Los recursos del FONDEN financian 100% los costos de reconstrucción de activos federales y 50 por ciento de los activos locales.

A través de la estrecha colaboración existente entre la Secretaría de Gobernación y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el FONDEN ha podido establecer una sólida relación entre sus áreas técnicas y financieras en el manejo de desastres naturales.

Por otro lado, el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED) actúa como el área técnica enfocada en la reducción del riesgo y trabaja estrechamente con el FONDEN, el vehículo financiero para la administración de desastres.

El procedimiento de acceso a los recursos del FONDEN es el siguiente:

- a) El titular del Ejecutivo de la Entidad Federativa solicita opinión sobre el desastre natural a la Instancia Técnica Facultada (ITF).
- b) La ITF realiza el dictamen.
- c) De resultar positivo se instala el Comité de Evaluación de Daños.
- d) Por subcomités se evalúan daños.
- e) Se solicitan apoyos parciales inmediatos.
- f) Se solicita la declaratoria de Desastre Natural.
- g) Se presenta ante la SEGOB y la SHCP la evaluación de daños.
- h) Se emite la declaratoria de Desastre Natural.
- i) Los subcomités de evaluación de daños presentan documentación, fotografías, carga en el sistema web de evidencias, se elabora una división de obras y se firman anexos.

- j) El servidor público facultado solicita ante la unidad política federal los anticipos.
- k) Se notifica a las Entidades Federativas la autorización de recursos.
- l) Se elabora el programa de obras y acciones calendarizado y se realiza el seguimiento de obras.

## 2.4 Matriz de análisis de las leyes estatales de protección civil

La ley vigente de Protección Civil del Estado de Hidalgo con sus más recientes reformas fue publicada en el Diario Oficial en 2001. El objeto de la ley es establecer las normas, criterios y principios, a que se sujetarán los programas, políticas y acciones de protección civil; las bases para la prevención, mitigación, auxilio y recuperación ante la presencia de un fenómeno perturbador de origen natural o humano; los mecanismos para implementar las acciones de prevención, auxilio y recuperación para la salvaguarda de las personas, sus bienes y el entorno, el funcionamiento de los servicios vitales y sistemas estratégicos, en los casos de emergencia y desastre; las bases de integración y funcionamiento de los Sistemas Estatal y Municipales de Protección Civil; y, las normas y principios para fomentar la cultura de la protección civil y de la autoprotección de los habitantes del Estado.

La entidad cuenta con un Instituto Estatal de Protección Civil que tiene a su cargo la organización, coordinación y operación del Sistema Estatal, con facultades normativas, ejecutivas, de coordinación y sancionatorias en materia de protección civil. Presta servicios de asesoría y capacitación en materia de protección civil, a las dependencias y entidades de la administración pública estatal y municipal y a los sectores privado y social.

Los programas de protección civil a cargo del Ejecutivo Estatal y de los gobiernos municipales tienen el carácter preventivo, informativo, de auxilio a la población civil y de restablecimiento de servicios públicos básicos, en caso de emergencia o desastre.

En la Tabla 2.2 se muestra los aspectos que son considerados en la Ley de Protección Civil del Estado de Hidalgo.

Tabla 2.2 Matriz de análisis de la Ley de Protección Civil del Estado de Hidalgo.

Lo que incluye	Lo que omite
Desastres tecnológicos	Clasificación de riesgos
Establece la Protección Civil (PC) nivel estatal	Transferencia de la primera responsabilidad al municipio
Establece la PC nivel municipal	Declaratoria de emergencia
Promotor de estudios e investigaciones	Declaración de estado de alerta
Promueve cultura de PC	Declaratoria de desastre
Reconoce grupos voluntarios	Declaratoria de desastre natural
Registro de grupos voluntarios	Publicación de declaratoria de emergencia
Promueve la capacitación en PC	Publicación de declaratoria de desastre
Promueve realización de simulacros	Declaratoria de fin de emergencia
Integración de Atlas de Riesgo a nivel estatal	Coordina apoyos externos nacionales e internacionales
Integración de Atlas de Riesgo a nivel municipal	Coordinación con otras entidades
Promueve la difusión de programas de PC	Requisita
Financiamiento institucional	Solicitud de declaratoria de desastre ante Gobernación

Lo que incluye	Lo que omite
Catálogo de recursos humanos	Establece existencia de albergues
Coordinar sistemas de comunicación	Elaboración de peritajes de causalidad
Cualquier persona puede denunciar riesgos	Actualizar el Atlas de Riesgos
Promueve lugares para construcción de viviendas seguras	Posibilidad de solicitar Plan DNIII-E
PC coordina al H. Cuerpo de Bomberos	Puede recibir donaciones
Establecimiento de centros de acopio	Evaluación <i>expost</i>
	Revisar y opinar sobre asentamientos humanos irregulares
	Apoyos para reubicación
	Programas especiales de PC
	Promueve cultura de prevención
	Declaración de área de protección
	Los medios de comunicación obligados a difundir programas de PC
	Fondo estatal o municipal para la atención de desastres
	La Conagua forma parte del consejo estatal
	Otras leyes que toquen temas de PC
	Posibilidad de creación de órganos especiales de PC para algún tipo de emergencia
	Programa de premios y estímulos de PC
	Edad mínima para director de PC
	Rutas de evacuación para discapacitados
	Las universidades son parte de PC
	Centro de operaciones móvil
	Policía ecológico
	Constancia de factibilidad de PC para nuevos asentamientos
	Cuotas para servicios de PC
	Estudios para definir albergues en el estado
	Contratación de seguros contra desastres
	Invitación a los medios de comunicación a las sesiones del consejo estatal
	Carta de corresponsabilidad
	Requisitos de medidas de evacuación
	Centros regionales permanentes de PC
	Vigila destino final de desechos sólidos
	Autoridad para decidir ubicación de un refugio temporal
	Declaratoria de zonas de riesgo, para reubicación

## 2.5 Instituciones involucradas en la gestión de crecientes

En el Gobierno Federal, la Secretaría de Gobernación y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales son las agencias gubernamentales directamente responsables en la administración y atención de crecidas e inundaciones, a través de la Dirección General de Protección Civil y la Comisión Nacional del Agua, respectivamente, ambas agencias tienen su contraparte en los Estados de la República, además para el caso de la Comisión Nacional del Agua existente 13 regiones hidrológico-administrativas.

Otras de las principales dependencias involucradas son: Secretaría de la Defensa Nacional, Secretaría de Marina, Secretaría de Seguridad Pública, Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Secretaría de Salud, Secretaría de Educación, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, Comisión Federal de Electricidad, Secretaría de Turismo, Cruz Roja, entre otros.

Es importante mencionar que el pasado mes de abril de 2013, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el ACUERDO por el que se crea la Comisión Intersecretarial para la Atención de Sequías e Inundaciones, el cual señala en el ARTÍCULO PRIMERO, que se crea con carácter permanente la Comisión Intersecretarial para la atención de sequías e inundaciones, que tiene por objeto la coordinación de acciones entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en sus tres niveles, relativas al análisis de riesgos y la implementación de medidas de prevención y mitigación de fenómenos meteorológicos extraordinarios y los efectos que éstos generan, tales como sequías e inundaciones.

Como puede verse a través de esta Comisión el Gobierno Federal pretende lograr que todas las Secretarías involucradas, la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Nacional del Agua trabajen de forma coordinada entre ellas y con los gobiernos estatales y municipales, en beneficio de la población. A continuación, se muestran los tres niveles de gobierno involucrados, así como las instituciones internacionales.

### Internacionales

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) desde su creación ha participado de forma excepcional e importante en la seguridad y el bienestar de la humanidad. En el marco de los programas de la OMM y bajo su dirección, los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales contribuyen sustancialmente a la protección de la vida humana y los bienes frente a los desastres naturales, a la salvaguardia del medio ambiente y a la mejora del bienestar económico y social de todos los sectores de la sociedad en esferas como la seguridad alimentaria, los recursos hídricos y el transporte. Además, fomenta la colaboración entre los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales y favorece la aplicación de la meteorología a los servicios meteorológicos para el público, la agricultura, la aviación, la navegación, el medio ambiente, las cuestiones relacionadas con el agua y la atenuación de los efectos de los desastres naturales.

La Asociación Mundial del Agua (GWP por sus siglas en inglés) es una red internacional abierta a todas las organizaciones que tienen que ver con la gestión de los recursos hídricos. Fue creada en 1996 con el objetivo de promover la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH).

El Programa Asociado de Gestión de Inundaciones, que se conoce por sus siglas en inglés como APFM, es una iniciativa conjunta de la OMM y de la GWP. El Programa promueve el

concepto de gestión integrada de inundaciones, y cuenta con respaldo financiero de los Gobiernos de Japón y los Países Bajos.

El Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO, reconoció que la gestión adecuada de los peligros relacionados con el agua es un factor esencial para el desarrollo humano y socioeconómico sustentable, y en particular para la atenuación de la pobreza. La iniciativa internacional, comprende la gestión de riesgos y las emergencias, análisis de riesgos múltiples; bases de datos para evaluar el riesgo; modelación hidrológica, hidráulica y económica; cartografía de riesgos por inundaciones; medidas estructurales y no estructurales; la gobernabilidad y participación, reformas institucionales, pronósticos y alerta anticipada y sistemas de alerta, comunicación efectiva, vigilancia y respuesta a las alertas.

El Centro Internacional para la Gestión de los Desastres y Riesgos relacionados con el Agua (ICHARM por sus siglas en inglés), auspiciado por la UNESCO, fue creado en 2006. El ICHARM se encarga de los desastres relacionados con el agua, como las inundaciones y las sequías, que son los mayores desafíos que se necesita superar para garantizar un desarrollo humano sostenible y la reducción de la pobreza.

#### **Federales:**

- Corresponde al Ejecutivo Federal en materia de protección civil, por conducto de la Secretaría de Gobernación, a través de la Coordinadora Nacional de Protección Civil.
- Comité Científico asesor sobre el Fenómeno Perturbador de carácter Hidrometeorológico, integrado por personal de la UNAM, CFE, CONAGUA, IMTA, U. de Guadalajara, SNEAM, CENAPRED.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público para efectos de transferir a los estados los recursos económicos con el objeto de afrontar los riesgos en materia de gestión integral de inundaciones.
- El Congreso de la Unión (Cámara de diputados y Cámara de Senadores).
- Secretaría de la Función Pública, hasta en tanto no se publique en el Diario Oficial de la Federación la Comisión Anticorrupción.
- En su caso, conjuntamente con los tres niveles de gobierno, Federal, Estatal y municipal.

#### **Estatales:**

- El Ejecutivo Estatal (Gobernador) o también llamado mandatario estatal.
- Protección civil estatal.
- El Jefe de Gobierno, en el caso del Distrito Federal, así como los Jefes Delegacionales, en el ámbito de competencia de cada uno.
- Las áreas de protección civil del Distrito Federal, así como de sus delegaciones.
- En su caso, conjuntamente con los tres niveles de gobierno, Federal, Estatal y municipal.

#### **Municipales:**

- El Presidente Municipal
- El Cabildo
- Protección civil municipal



- En su caso, conjuntamente con los tres niveles de gobierno, Federal, Estatal y municipal.

### 2.5.1 Atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos.

En la Tabla 2.3 se presentan las atribuciones de las instituciones involucradas con la atención a fenómenos hidrometeorológicos en el orden federal.

Tabla 2.3 Instituciones involucradas en la GIC

Instituciones	Nivel	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Gobernación (SEGOB)	Federal	5FXXIV,XXVII	Fracción XXIV, coordinar a las diversas dependencias y entidades que, por sus funciones, deban participar en las labores de auxilio, en caso de desastres o emergencias. Fracción XXVII, coordinar las acciones de Seguridad Nacional y establecer políticas de Protección Civil. Reglamento Interior D.O.F. 2/04/2013.
Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)	Federal	28FXXXVI,38 FVII	Reglamento Interior.- DOF.- 17-10-2011.- Artículo 28 fracción XXXVI. Proponer directivas orientadas a la prevención y control de desastres en asuntos de su competencia.- Artículo 38 fracción VII. Planear, dirigir y coordinar el trabajo de ingenieros en beneficio de la Secretaría y de la población civil, en casos de desastres y demás necesidades públicas.
Secretaría de Marina (SEMAR)	Federal	16FX,2FX	Reglamento Interior: DOF.-31-12-2012.- Artículo 16 fracción X.- Corresponde a la Dirección General de Investigación y Desarrollo.- Obtener procesar y difundir información meteorológica y de fenómenos oceánicos y atmosféricos, coordinando lo que proceda con el Servicio Meteorológico Nacional. Ley Orgánica de la Armada de México. DOF 31/12/2012.- Artículo 2 fracción X.- El de realizar actividades de investigación científica, oceanográfica, meteorológica, biológica y de los recursos humanos, actuando por sí sólo o en coordinación con otras instituciones nacionales o extranjeras, o en coordinación con dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 30 fracción XXI.- Participar y llevar a cabo las acciones que le corresponda dentro del marco del Sistema Nacional de Protección Civil para la prevención, auxilio, recuperación y apoyo a la población en situaciones de desastre.
Secretaría de Gobernación.- Comisionado nacional de seguridad.	Federal	38FI	Reglamento Interior.- DOF 2-04-2013.- Artículo 38 fracción I.- Proponer al Secretario las Políticas, programas y acciones tendientes a garantizar la seguridad pública de la Nación y de sus habitantes, así como coordinar y supervisar su ejecución e informar sobre sus resultados. Reglamento del Servicio de Protección Federal.-DOF 9/112/2008.- Facultades del Comisionado.- Artículo 10 fracción VIII.- Apoyar la participación de las instituciones públicas federales en la implementación de programas de vigilancia y custodia, protección civil y prevención del delito, en los términos de las disposiciones aplicables.

Instituciones	Nivel	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)	Federal	6FIV, 31FI	Reglamento interior. Artículo 6 fracción IV.- Coordinar, conjuntamente con la Secretaría de Desarrollo Social en el ámbito de su competencia, el otorgamiento de las autorizaciones de acciones e inversiones convenidas con los gobiernos locales y municipales tratándose de planeación nacional y regional. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 31 fracción XVI.- Normar, autorizar y evaluar los programas de inversión pública de la Administración Pública Federal.
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)	Federal	18 FI	Fracción I. Realizar la planeación necesaria para configurar estrategias, programas, proyectos y acciones para el desarrollo social.
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Federal	31FXI, XXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 32 BIS fracción XI.- Evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de desarrollo que le presenten las Secretarías públicas sociales y privadas, resolver sobre los estudios de riesgo ambiental, así como sobre los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica . Fracción XXI.- Dirigir los estudios, trabajos y servicios meteorológicos, climáticos, hidrológicos y geohidrológicos, así como el Sistema Meteorológico Nacional, y participar en los convenios internacionales sobre la materia.
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	Federal	9Inciso a) FXL	Ley de Aguas Nacionales.- Artículo 9 inciso a).- Fracción XL.- Participar en el Sistema Nacional de Protección Civil y apoyar en la aplicación de los planes y programas de carácter federal para prevenir y atender situaciones de emergencias, causadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos.
Secretaría de Energía (SENER)	Federal	33FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 33 fracción I.- Establecer y conducir la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energética, el ahorro de energía, entre otras acciones y en términos de las disposiciones aplicables, correctivas, realizar y promover programas, proyectos, estudios e investigación sobre las materias de su competencia.
Secretaría de Economía (SE)	Federal	34FIX	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 34 fracción IX.- Participar con las Secretarías de Desarrollo Social, de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en la distribución y comercialización de productos y el abastecimiento de los consumos básicos de la población.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)	Federal	35FI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 35 fracción I.- Formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo rural, a fin de elevar el nivel de vida de las familias que habitan en el campo en coordinación con las dependencias competentes.- Fracción II.- Promover el empleo en el medio rural, así como establecer programas y acciones que tiendan a fomentar la productividad y la rentabilidad de las actividades económicas rurales.

Instituciones	Nivel	Artículos	Atribuciones
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	Federal	36FII XXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 36 fracción II.- Regular, inspeccionar y vigilar los servicios públicos de correos y telégrafos y sus servicios diversos; conducir la administración de los servicios federales de comunicación eléctricas y electrónicas y su enlace con los servicios similares públicos concesionados, con los servicios privados de teléfono, telégrafos e inalámbricos y con los estatales y extranjeros, así como del servicio público de procesamiento remoto de datos. Fracción XXI.- Construir y conservar los caminos y puentes federales, incluso los internacionales; así como las estaciones y controles de autotransporte federal.
Secretaría de Educación Pública (SEP)	Federal	38FXXI	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 38 fracción XXI.- Conservar, proteger y mantener los monumentos arqueológicos, históricos y artísticos que conforman el patrimonio cultural de la Nación, atendiendo las disposiciones legales en la materia.- Referencia normativa.- Artículo 2.- Ley Federal sobre monumentos y zonas arqueológicas: El de utilidad pública, la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos y de las zonas de monumentos.
Secretaría de Salud (SS)	Federal	39fi	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 39 fracción I.- Establecer y conducir la política nacional en materia de asistencia social, servicios médicos y salubridad general, con excepción de lo relativo al saneamiento del ambiente; y coordinar los programas de servicios a la salud de la Administración Pública Federal, así como los agrupamientos por funciones y programas a fines, en su caso, se determinen.
Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)	Federal	41 fi INCISO A Y B	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 41 fracción I.- Impulsar en coordinación con las entidades estatales y municipales, la planeación y el ordenamiento del territorio nacional para su máximo aprovechamiento, con la formulación de políticas que armonicen: inciso a).- El crecimiento o surgimiento de asentamientos humanos y centros de población, inciso b).- la planeación habitacional y del desarrollo de viviendas.
Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal (CJEF)	Federal	43FII	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.- Artículo 43 fracción II.- Someter a consideración y, en su caso, firma del Presidente de la República todos los proyectos de iniciativa de leyes y decretos que se presenten al Congreso de la Unión o a una de sus cámaras, así como a la Asamblea de Representantes del Distrito Federal, y darle opinión sobre dichos proyectos.
<b>ÓRGANOS DESCENTRALIZADOS</b>			
Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (CORETT)	Federal	2FII	Decreto de creación: Promover la adquisición y enajenación de suelo y reservas territoriales para el desarrollo urbano y la vivienda en coordinación con otras dependencias y entidades federales, con los gobiernos de los estados con la participación de sus municipios, y del Distrito Federal, así como en concertación con los sectores social y privado particularmente con los núcleos agrarios.

Instituciones	Nivel	Artículos	Atribuciones
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)	Federal	14 BIS 2FVII	Ley de Aguas Nacionales.- Atribuciones.- Artículo 14 BIS 3 fracción VII.- Realizar por sí o a solicitud estudios y brindar consultorías especializadas en materia de hidráulica, hidrología, control de calidad del agua, de gestión integrada de los recursos hídricos.
Comisión Federal de Electricidad (CFE)	Federal	10FII	Estatuto Orgánico: El de atender los aspectos técnicos operativos relacionados con la generación, transmisión, transformación, control y distribución de energía eléctrica.
INSTITUCIONES INVOLUCRADAS			
Secretaría de Marina - Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (SEMAR-CICESE)	Federal	5FXXI	Reglamento interior, aquellas otras facultades que con ese carácter le confieran expresamente las disposiciones legales, y le asigne el Presidente de la República.
Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	Federal	2, 251FI	Ley del IMSS., DOF.- 31-03-2007.- Artículo 2.- Tiene como finalidad garantizar el derecho a la salud, la asistencia médica, la prestación de los medios de subsistencia y los servicios sociales necesarios para el bienestar individual y colectivo, así como el otorgamiento de una pensión que, en su caso y previo cumplimiento de los requisitos legales, será garantizado por el Estado. Artículo 251 fracción i.- Administrar los seguros de riesgos de trabajo, enfermedades y materiales, invalidez y vida, guardería y prestaciones sociales, salud para la familia, adicionales y otros, así como prestar los servicios de beneficios colectivos que señale esta Ley.
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE)	Federal	4FII,23FVI	Ley del ISSSTE.-DOF.-28-05-2012.- Artículo 4 fracción II, inciso d).- Préstamos personales extraordinarios para damnificados por desastres naturales.- Estatuto Orgánico artículo 23 fracción VI.- El de resolver bajo su inmediata responsabilidad los asuntos urgentes del instituto, a reserva de informar a la Junta sobre las acciones y los resultados obtenidos.
Distribuidora de Conasupo (DICONSA)	Federal	2.1	Reglas de Operación, el de contribuir a mejorar la nutrición como una capacidad básica de la población que habita en localidades rurales. 2.2. Abastecer localidades rurales de alta y muy alta marginación con productos, en forma eficaz y oportuna.
Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)	Federal	109FI	El de investigar los peligros, riesgos y daños producidos por agentes perturbadores que puedan dar lugar a desastres integrando y ampliando los conocimientos de tales acontecimientos, en coordinación con las dependencias y entidades responsables.
Petróleos Mexicanos (PEMEX)	Federal	4FII	Estatuto Orgánico de Petróleos Mexicanos, el de emitir a propuesta del Comité correspondiente las políticas y lineamientos en materia de, inciso f).- Programar y proyectos, contratación de terceros experto independiente, prelación entre los proyectos de gran magnitud alta prioridad y otros proyectos relevantes, así como los criterios para definir los casos y la etapa de la fase de los proyectos y programas de inversión de los

Instituciones	Nivel	Artículos	Atribuciones
			organismos subsidiarios que deberán ser aprobados por el Consejo de Administración, previo acuerdo del Consejo de Administración del Organismo Subsidiario correspondiente.
Desarrollo Integral de la Familia (DIF)	Federal	4FXXV	Estatuto Orgánico: Promover la atención y coordinación de las acciones de los distintos sectores sociales que actúen en beneficio de aquellos, en el ámbito de su competencia, en casos de desastres como inundaciones, terremotos, derrumbes, explosiones, incendios, y otros de naturaleza similar por los que se causen daños a la población, el organismo, sin perjuicio de las atribuciones que en auxilio de los damnificados lleve a cabo otras dependencias y entidades.
Universidad Autónoma de México (UNAM)	Federal	1	La Universidad Nacional Autónoma es una corporación pública-organismo descentralizado del estado - dotada de plena capacidad jurídica y que tiene por fines impartir educación superior para formar profesionales, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad; organizar y realizar investigaciones principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con la mayor amplitud posible, los beneficios de la cultura.
Cruz Roja Mexicana	Internacional , Federal	2. 8	Decreto presidencial del 21 de febrero de 1910, en su estatuto, artículo 2 inciso 8) el de proponer a mejorar la salud, prevenir las enfermedades y aliviar los sufrimientos espirituales y corporales, desarrollando al efecto toda acción humanitaria tendiente a estos fines, de acuerdo con sus posibilidades, las leyes y demás disposiciones legales vigentes en el país. La Cruz Roja debe considerar como auxiliar de los poderes públicos, la conformidad con el Convenio de Ginebra del 6 de julio de 1908, con el decreto firmado por el Presidente de los Estados Unidos Mexicanos el 21 de febrero de 1910.
Bomberos	Federal	3FVI	Señala que por auxilio se entenderá a las acciones destinadas primordialmente a salvaguardar la vida de las personas, sus bienes y la planta productiva y a preservar los servicios públicos y el medio ambiente, ante la presencia de un agente destructivo, en donde los agentes destructivos son los fenómenos de carácter hidrometeorológico que puede producir riego, emergencias o desastres. Para efectos de la presente Ley que nos ocupa, los cuerpos de seguridad pública en los Estados de la República Mexicana, por lo general son: Policía Preventiva Estatal, Protección civil y Bomberos, ya que estos están adheridos al Sistema Nacional de Protección Civil, independientemente de su normatividad que los rija en sus estados.

### 3. Caracterización de la cuenca y de las zonas inundables

El área de estudio se encuentra localizada en tres municipios; Chalma y Chiconamel pertenecientes al estado de Veracruz, y Huejutla de los Reyes perteneciente al estado de Hidalgo. La mayor superficie de la cuenca, más del 95%, queda comprendida en el Estado de Hidalgo y el resto en el Estado de Veracruz. La zona urbana queda comprendida en su totalidad en el municipio de Huejutla de los Reyes, Hgo.

Administrativamente se localiza en la Región Hidrológico-Administrativa IX Golfo Norte, Figura 3.1. Perteneciente a la región hidrológica No.26Pánuco y de acuerdo con la delimitación oficial con fines de la estimación de la disponibilidad de agua superficial se ubica en la cuenca denominada Río Tempoal 1.

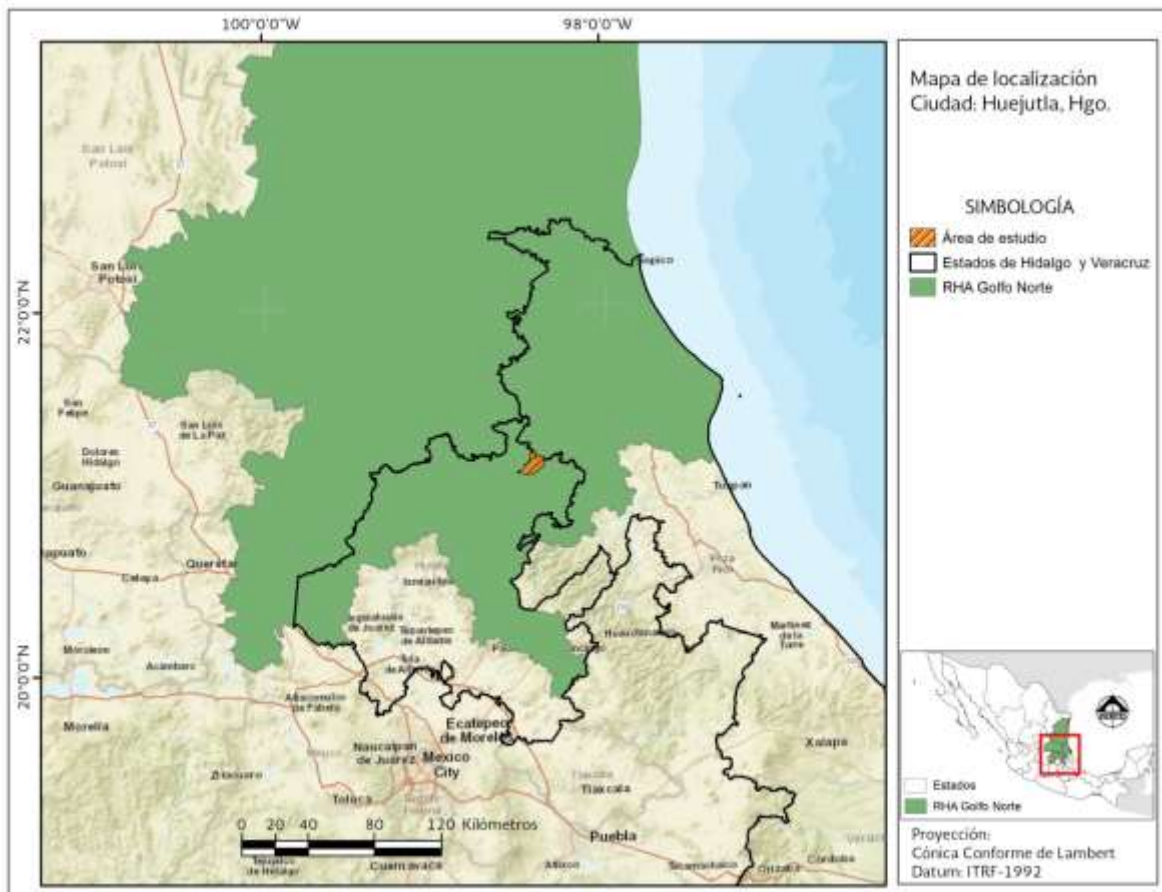


Figura 3.1 Ubicación del área de estudio en la RHA Golfo Norte

#### 3.1 Identificación de zonas potencialmente inundables

De acuerdo con la información de las áreas potencialmente inundables provenientes del mapa de Agroasemex con periodo de retorno de 40 años no se identifican zonas susceptibles a inundarse dentro de la cuenca de estudio.

### 3.2 Socioeconómica

Huejutla de los Reyes es la ciudad cabecera del Municipio de Huejutla de los Reyes, Hidalgo, que cuenta con una población de 40,015 habitantes de acuerdo a los datos del Censo de Población y Vivienda 2010, de los cuales 4,411 son menores de 5 años y 2,966 mayores de 60. Se contabilizan 1,050 personas con capacidades limitadas. En relación a la escolaridad, el grado promedio es de 10.05 años. La población económicamente activa asciende a 16,492 habitantes, y en materia de salud 13,679 no tienen derecho a servicios de salud. Del total de viviendas (11,968), 911 tienen piso de tierra y 8,540 cuentan con servicios.

### 3.3 Fisiográfica, meteorológica e hidrológica

El área de estudio tiene una superficie total de 119.45 km<sup>2</sup> y la zona urbana una extensión de 10.86 km<sup>2</sup>, Figura 3.2.

#### 3.3.1 Subcuencas de aportación

Con el fin de analizar la aportación de escurrimientos a la zona urbana se subdivide la cuenca de estudio en cuatro subcuencas principales. Sus principales características se presentan en la Tabla 3.1 y su delimitación en la Figura 3.3.

Tabla 3.1 Características generales de las subcuencas.

Num	Nombre de la subcuenca	Área [km <sup>2</sup> ]	tr [h]
1	Calmanila	47.08	1.7
2	Tecoloco Alto	17.55	2.2
3	Las Palomitas	14.50	0.9
4	Los Sabinos	16.13	1.2
	Polígono a modelar (incluida la zona urbana)	24.19	
	Total	119.45	

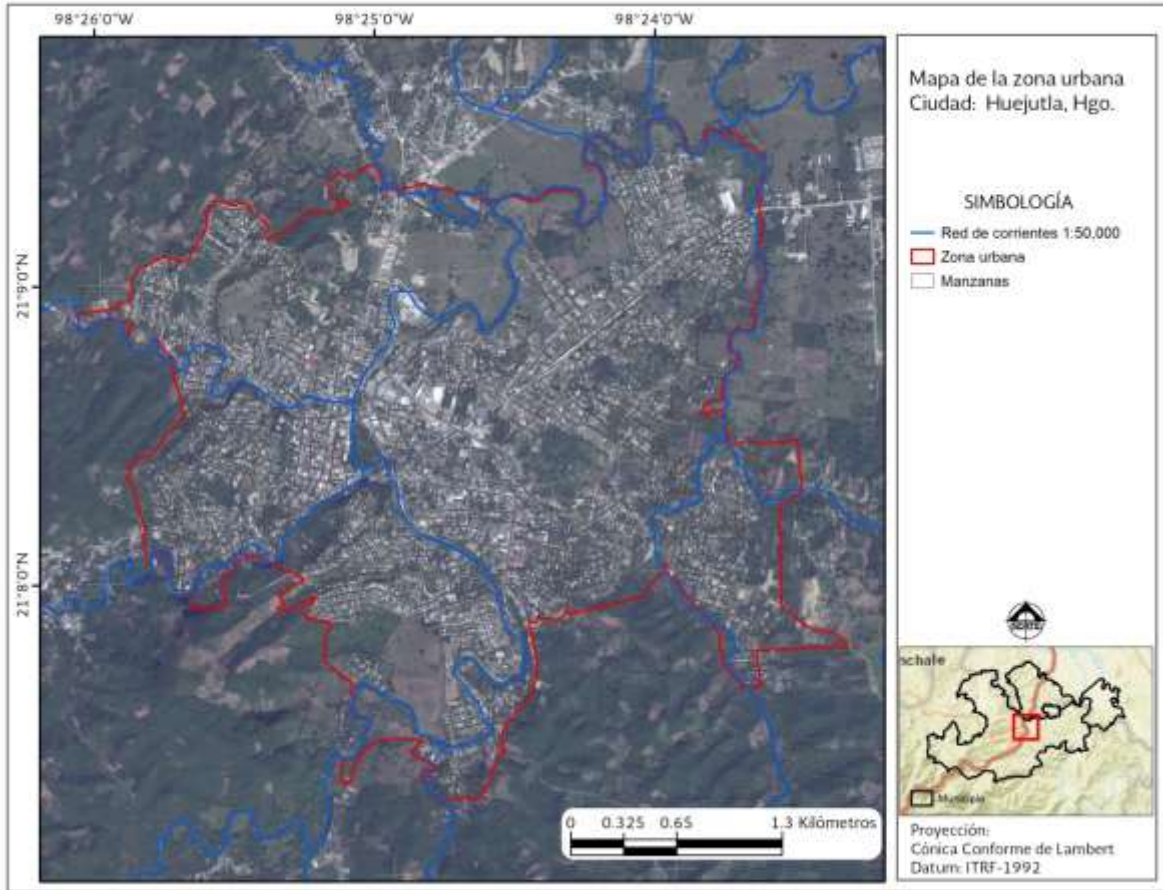


Figura 3.2 Zona urbana de Huejutla de Los Reyes, Hidalgo.



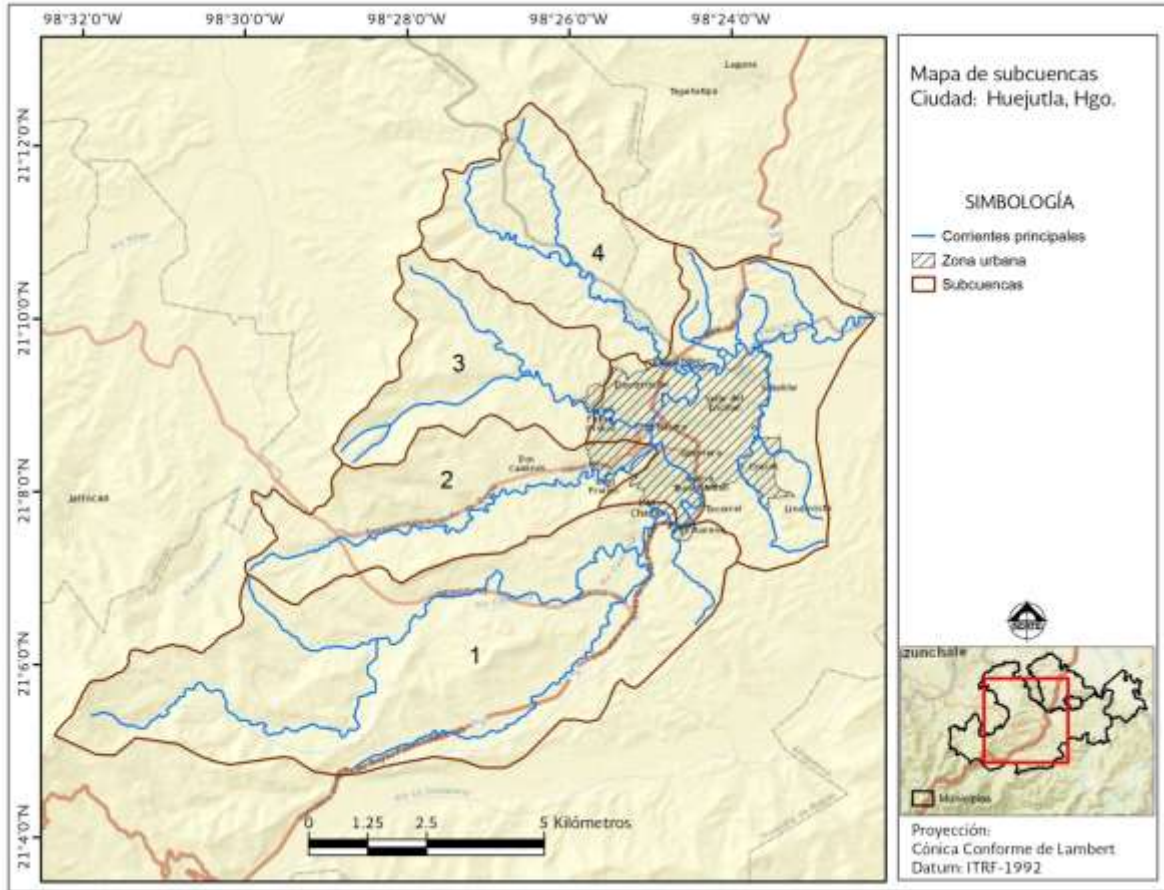


Figura 3.3 Subcuencas.

### 3.3.2 Relieve

La elevación más alta se presenta en la subcuenca Calmanila con un valor de alrededor de 1000 msnm, seguida de la subcuenca Palomitas en donde se presenta un valor de 600 msnm. En el área urbana la elevación más alta se presenta en la zona norte con un valor de 160 msnm, en la parte central se tiene una cota de 130 y a la salida del río principal se tiene la cota más baja de 120 msnm, Figura 3.4.

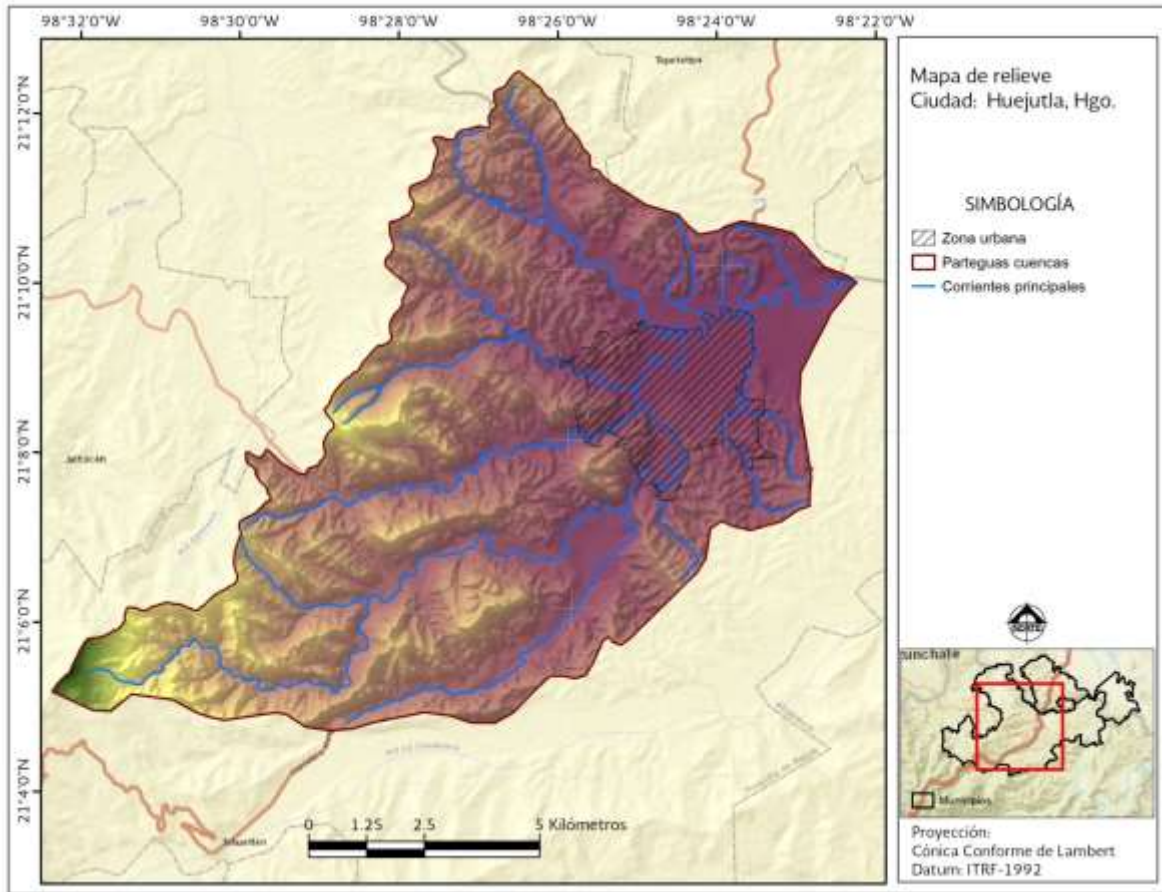


Figura 3.4 Relieve.

### 3.3.3 Uso de Suelo

En la cuenca el uso de suelo predominante es la agricultura combinada con pastizal, abarcando 72% de la superficie total de la cuenca. En la Figura 3.5 se muestra la distribución del uso de suelo en toda la cuenca y en la Tabla 3.2 el porcentaje que representa cada uso de suelo.

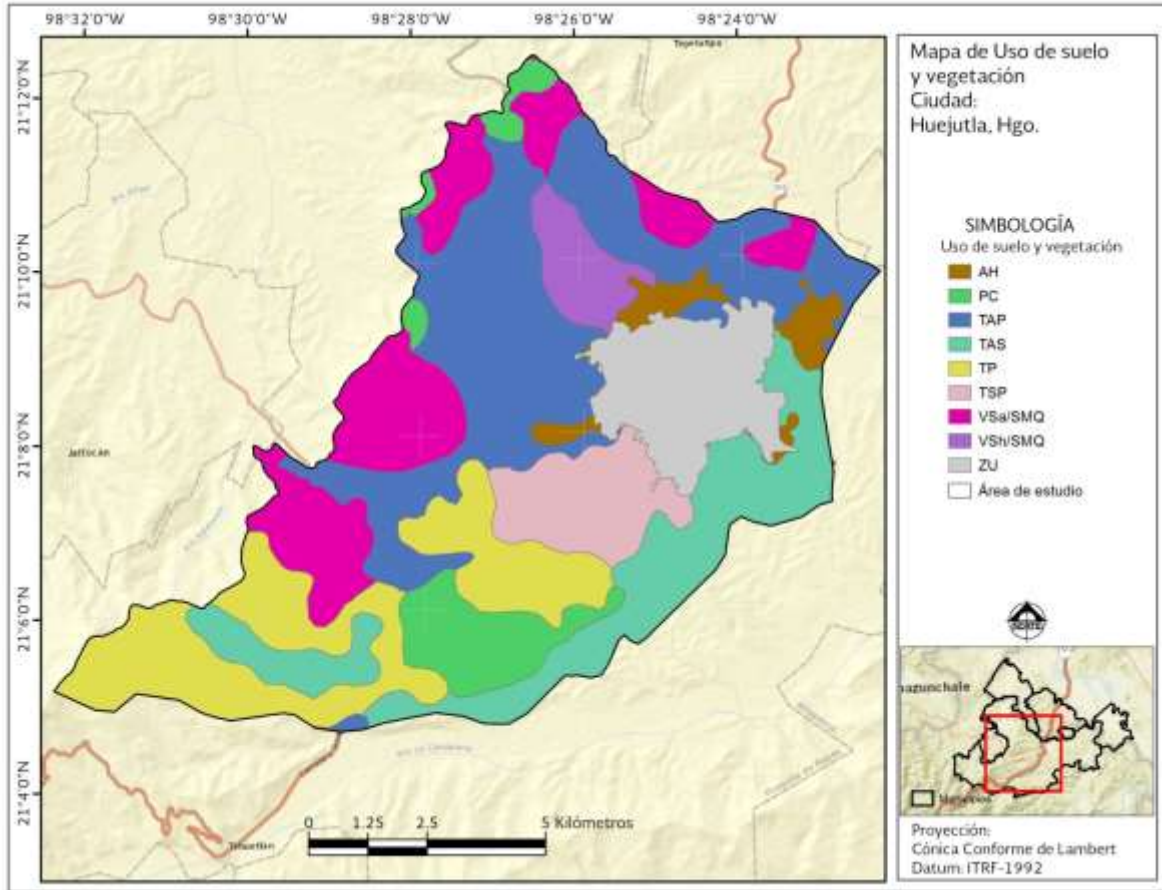


Figura 3.5 Uso de suelo

Tabla 3.2 Uso de suelo

Descripción	Clave	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje del área total
Pastizal cultivado	PC	8.12	6.8%
Agricultura de temporal	TAP,TAS,TP,TSP	77.74	65.1%
Selva mediana subperennifolia	VSa/SMQ, VSh/SMQ	21.90	18.3%
No aplicable	AH	0.84	0.7%
Área urbana	ZU	10.86	9.1%
<b>Total</b>		<b>119.46</b>	<b>100.00%</b>

### 3.3.4 Edafología

Con respecto al tipo de suelo se observa que el suelo primario predominante es el Podzol que representa el 68.7% del área total de la cuenca. El suelo Podzol pertenece al grupo de suelo hidrológico B lo que significa que puede presentarse escurrimiento moderado en la cuenca. En la Figura 3.6 se muestra la distribución espacial de cada tipo de suelo y en la Tabla 3.3 el porcentaje respectivo.

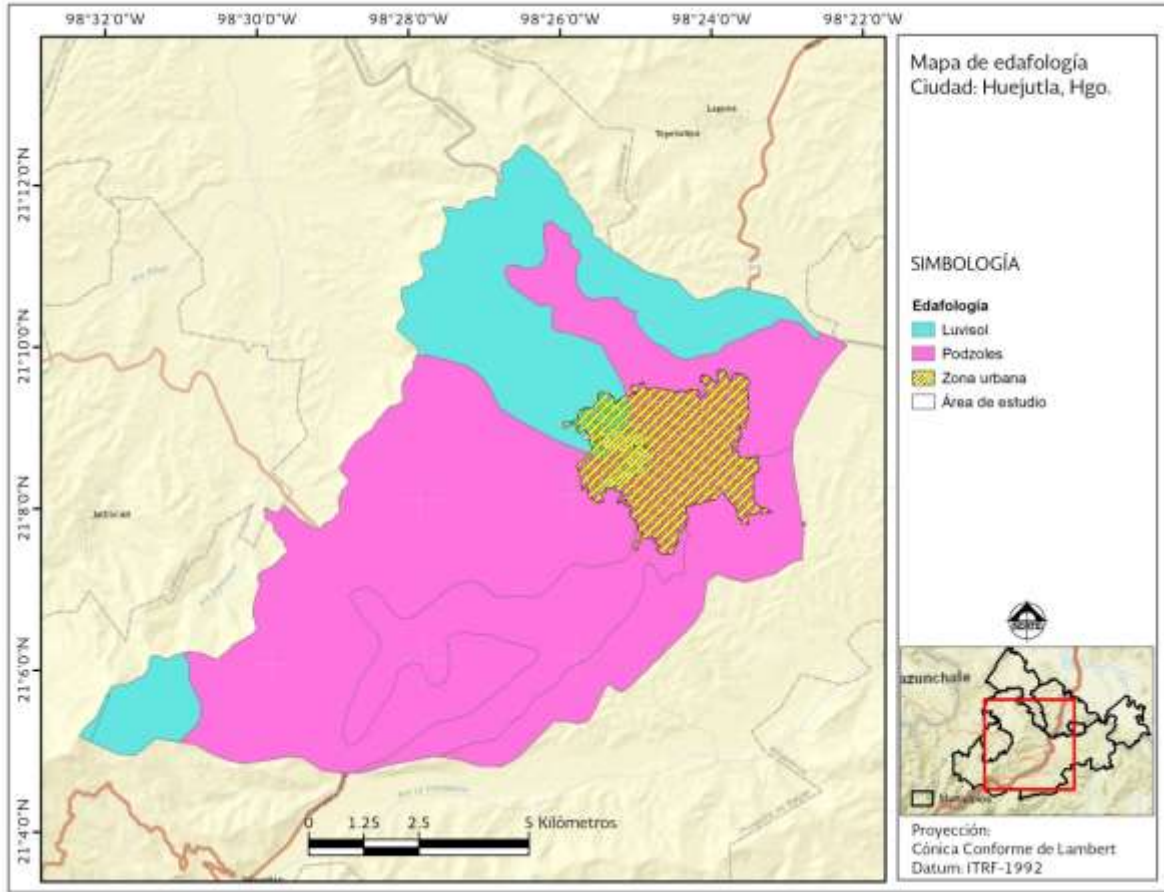


Figura 3.6 Edafología

Tabla 3.3 Edafología

Suelo primario	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje del área total
Luvisol	26.49	22.2%
Podzol	82.11	68.7%
Área Urbana	10.86	9.1%
<b>Total</b>	<b>119.46</b>	<b>100.00%</b>

### 3.3.5 Precipitación

En la cuenca de estudio la red de monitoreo hidrometeorológica es escasa, solo existen tres estaciones meteorológicas convencionales ubicada dentro de la zona urbana con longitud de registros adecuada, Tabla 3.4 y Figura 3.7. Existe una Estación Meteorológica Automática (EMA) localizada en la parte baja de la zona urbana cercana a la salida de la cuenca, Figura 3.8.

Tabla 3.4 Estaciones Climatológicas dentro de la zona de estudio.

Clave	Nombre	Situación (CLICOM)	Periodo Inicio	Periodo Fin	Años con Información	Años completos	Años posibles de completar	Años perdidos
13011	Huejutla, Huejutla	Operando	1969-1	2014-12	46	36	8	2
13137	Tehuatlan, Huejutla	Operando	1981-6	2013-11	30	15	4	11
13140	Jaltocan, Jaltocan	Operando	1982-1	2013-9	31	16	11	4
21134	Los Molinos, Atlaxco	Suspendida	1964-1	1968-10	5	2	0	3

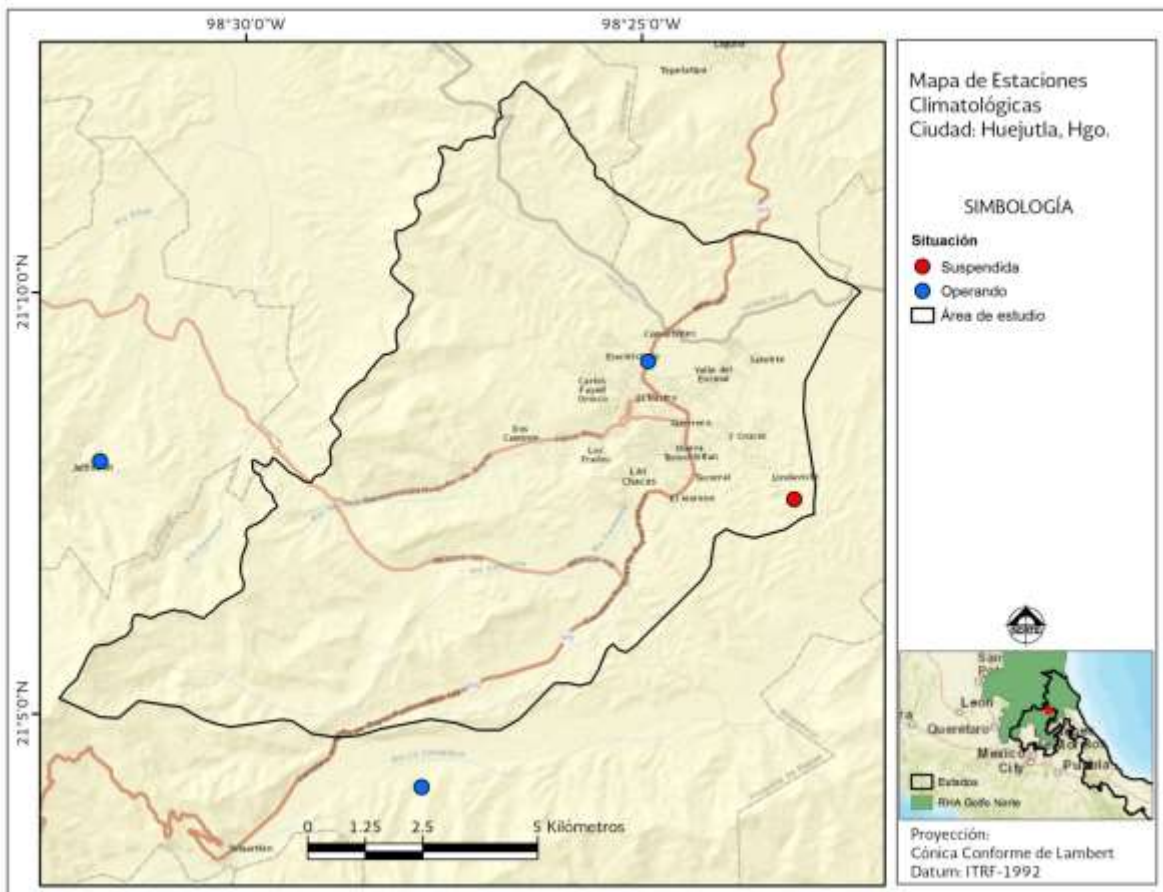


Figura 3.7 Estaciones climatológicas convencionales

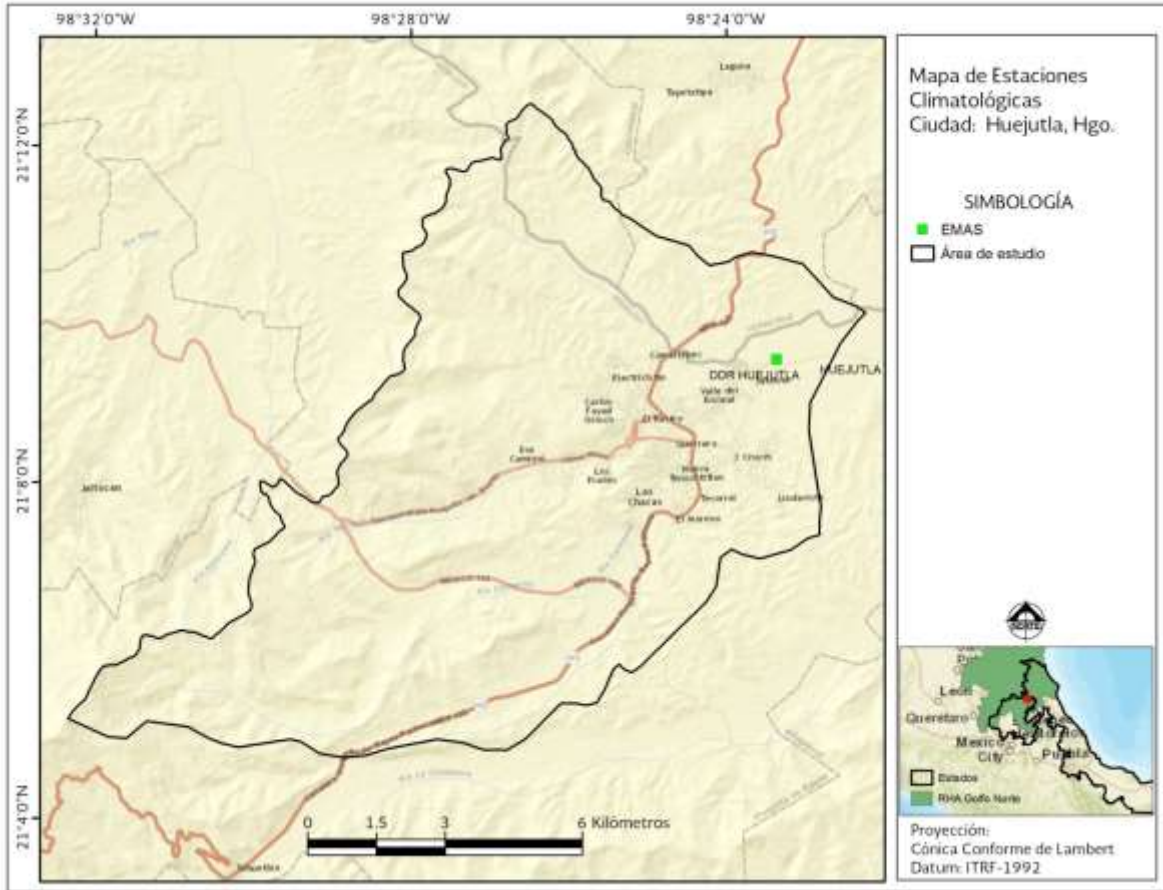


Figura 3.8 Estaciones Meteorológicas Automáticas

La precipitación media anual, considerando las tres estaciones convencionales en operación es de 1,533 mm. La distribución media mensual se muestra en la Figura 3.9. Las lluvias máximas anuales por estación se presentan en la Tabla 3.5.

Precipitación media mensual 1969-2012

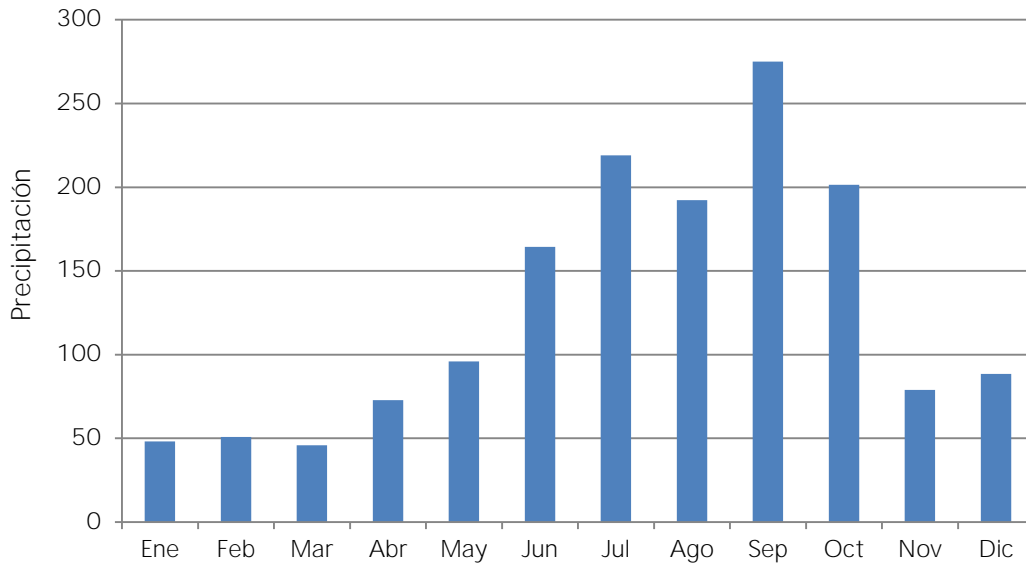


Figura 3.9 Hietograma medio en la ciudad/cuenca Huejutla, Hgo.

Tabla 3.5 Lluvia máxima en 24 horas por estación climatológica

Año	13011	13137	13140	Año	13011	13137	13140
1969	97.0			1992	126.0	64.0	200.0
1970	139.0			1993	88.0		136.0
1971	101.0			1994	69.6	55.0	114.0
1972	163.0			1995	93.0		123.5
1973	98.0			1996	154.1		91.0
1974	205.0			1997	218.4	55.0	264.0
1975	93.0			1998	100.2	236.0	133.5
1976	124.0			1999	191.5	139.0	
1977	81.0			2000	138.0	85.0	
1978	95.0			2001	96.5	100.0	
1979	91.0			2002	100.1	96.8	116.0
1980	120.0			2003	84.3		114.0
1981	168.0	152.0		2004	94.0		158.0
1982	62.5	100.1	76.8	2005	111.2		36.0
1983	87.0	111.4		2006	177.8		152.5
1984	202.0	145.0	264.0	2007	154.3	174.8	141.0
1985	111.0		100.0	2008	169.0	154.3	140.0
1986	65.0		100.0	2009	169.0	48.0	152.0
1987	119.0		192.0	2010	145.0	118.5	229.0
1988	143.0		101.0	2011	129.0	68.0	197.0
1989	98.5		245.0	2012	65.0	67.0	85.9
1990		60.0	73.0	2013	165.0	40.0	243.0

Año	13011	13137	13140	Año	13011	13137	13140
1991	203.0	100.0	397.0	2014			
				Max	13011	174.8	243.0
				Min	62.5	48.0	36.0

### 3.3.6 Escurrimiento

Dentro de la zona urbana y subcuencas de aportación no se localizaron estaciones hidrométricas, en operación.

Para la estimación del escurrimiento en la cuenca, se aplicó el método lluvia- escurrimiento del Soil Conservation Service (SCS), en donde uno de los parámetros básicos es el Número de escurrimiento (N), el cual depende exclusivamente del uso del suelo y cobertura vegetal, y del tipo de suelo. Para el cálculo del N fue necesario clasificar el tipo de suelo en los cuatro grupos de suelo hidrológicos, los cuales se listan en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Descripción de los cuatro grupos de suelo

Grupo de suelo	Textura del suelo
A	Arenas con poco limo y arcilla; suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcilla.
D	Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables.

Con los suelos clasificados por grupos y el tipo de cobertura vegetal y su uso, se obtienen los valores de número de escurrimiento para cada subcuenca, Figura 3.10.



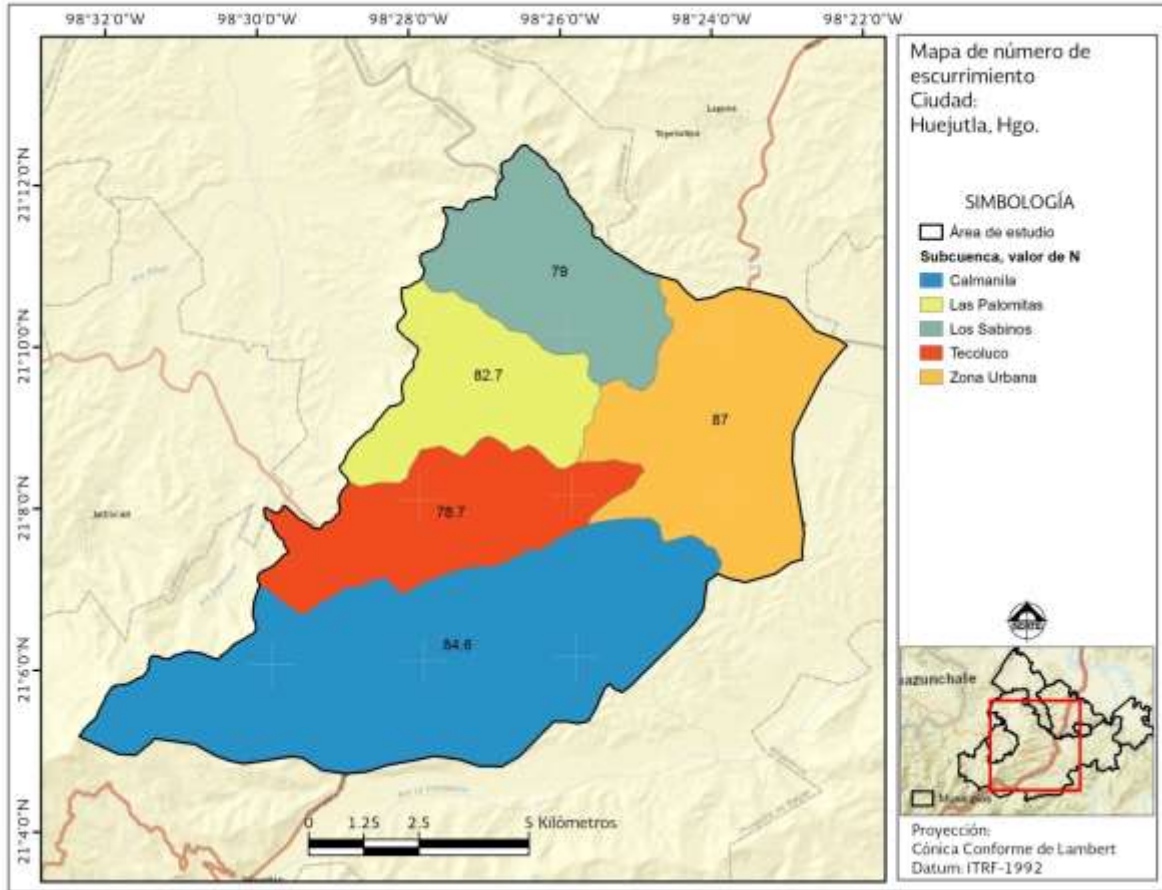


Figura 3.10 Número de escurrimiento por subcuenca.

### 3.4 Características geomorfológicas de los cauces y planicies de inundación

El río principal es el denominado Río Tecoloco que ingresa por la parte suroeste a la zona urbana con una longitud, desde su origen hasta la confluencia con el Río Calmanila, de 12.74 km. El Río Calmanila se origina en la localidad Ahuatitla con una longitud desde su origen hasta la confluencia con el Río Tecoloco de 24.34 km. El principal afluente del Río Calmanila por la margen derecha es el Río Tecacalax, otro cauce que se le une por la margen derecha, fluyendo de sur a norte es el Arroyo Rancho La Güera que nace cerca de la localidad del mismo nombre. Los afluentes principales por la margen izquierda son los ríos Las Palomitas y Los Sabinos que entran por la parte noroeste de la ciudad, Figura 3.11. La longitud total de cauces dentro de la ciudad de Huejutla de Los Reyes es de aproximadamente 20.0 km.

En la Tabla 3.7 se muestran algunas características generales de los ríos principales.

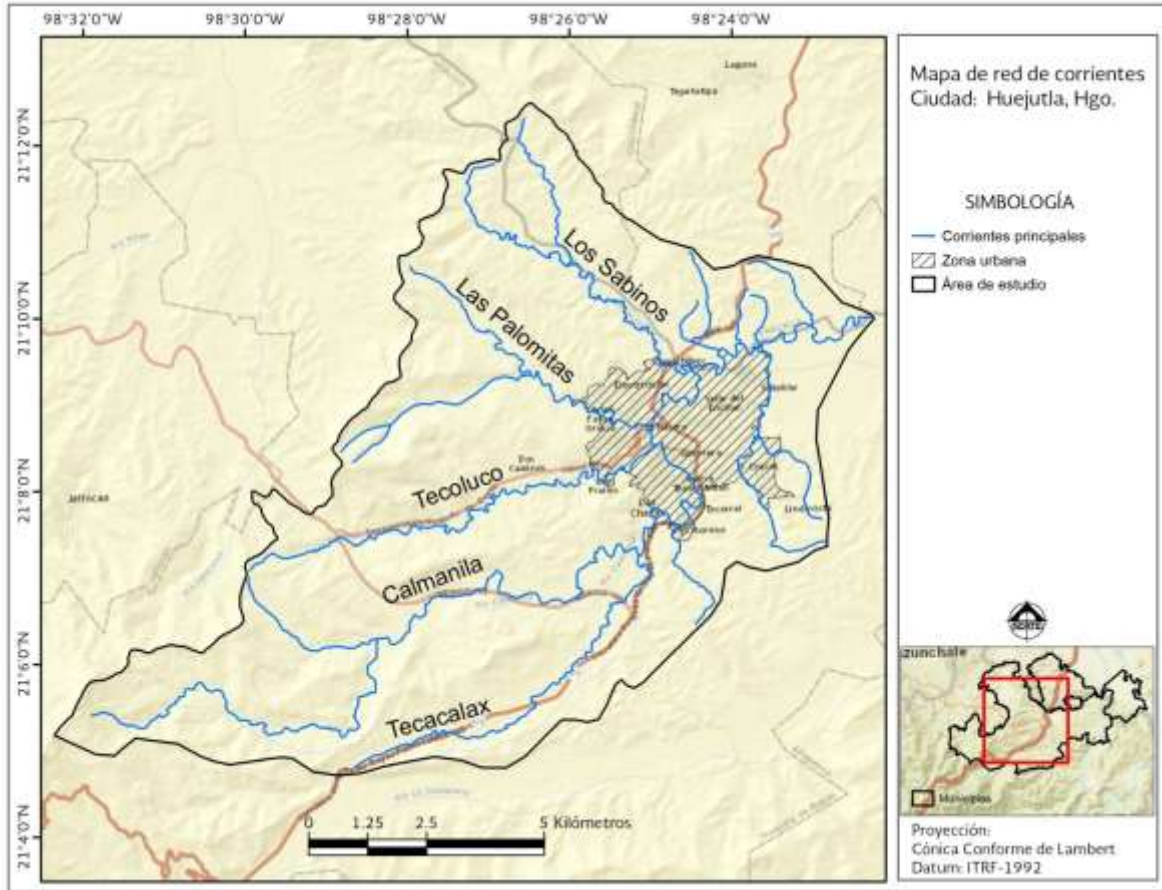


Figura 3.11. Ríos principales en la ciudad/cuenca de Huejutla de Los Reyes, Hidalgo.

Tabla 3.7 Características generales de los ríos principales

Nombre del Río	Longitud [km]	Pendiente	$t_c$ [h]	Comentarios
Tecoloco	23.611	0.01732	3.61	La longitud se considera hasta la salida de cuenca, así como el $t_c$ .
Calmanila	24.345	0.0340	2.85	La longitud se considera hasta la confluencia con el Río Tecoloco así como el $t_c$ .
Tecacalax	9.810	0.0162	1.88	La longitud se considera hasta la confluencia con el Río Calmanila, así como el $t_c$ .
Las Palomitas	8.528	0.0215	1.52	La longitud se considera hasta la confluencia con el Río Tecoloco, así como el $t_c$ .
Los Sabinos	11.208	0.0175	2.0	La longitud se considera hasta la confluencia con el Río Tecoloco, así como el $t_c$ .
Rancho La Güera	7.034	0.0159	1.47	La longitud se considera hasta la confluencia con el Río Calmanila, así como el $t_c$ .

### 3.5 Descripción de inundaciones históricas relevantes

De acuerdo con notas periodísticas, en la temporada de lluvias suelen presentarse inundaciones severas en la cabecera municipal, como la del 2010 (3 de julio) que dejó como saldo que diversas calles de las periferias del mercado local, como las Avenidas México y Sonora, quedaran completamente inundadas. Así como los Fraccionamientos Los Prados y Valle del Encinal inundados en el año 2009.

En julio de 2015 una intensa lluvia y granizada dejó daños materiales e inundaciones en diversos puntos del municipio. En el mes de septiembre de 2015 varios de los ríos del municipio se desbordaron y generaron inundaciones. Una de las zonas más afectadas fue el Centro Histórico y las salidas del municipio. El agua causó inundaciones leves en la zona del Mercado Municipal, así como en las calles 2 abril, Allende, Juárez y 5 de Mayo. El agua ingresó a 18 viviendas y subió aproximadamente 30 centímetros. La tromba que azotó la parte serrana del municipio de Los Reyes ocasionó que se desbordará el río principal del municipio. Las notas de los periódicos locales señalan que una tromba similar se presentó hace 13 años, pero no se encontró más información al respecto.

### 3.6 Obras de protección contra inundaciones y acciones no estructurales existentes

De acuerdo con el Inventario Nacional de Obras de Protección 2008 (INOPCI) se identifican algunas obras de protección en la zona de estudio, en el Río Tecoloco y en el Río Las Palomitas, cerca de la confluencia con el Río Tecoloco, Tabla 3.8.

Se desconoce si existe vigilancia hidrológica o algún protocolo de prevención de inundaciones. Lo que se conoce es que Protección Civil Municipal realiza recorridos en comunidades y colonias de alto riesgo manteniendo constante monitoreo y vigilancia ante cualquier llamado de auxilio que haga la población y se coordina con la Policía Estatal y los bomberos del cuerpo municipal. Además, tiene identificados lugares para ser utilizados como albergues.

Tabla 3.8 Características generales de las obras de protección

Río	Obra	Objetivo
Tecoloco	Muro de contención (zona sur)	Evitar inundaciones
	Muro de contención y plantilla (zona sur)	Evitar inundaciones
	Revestimiento de taludes (MD)	Evitar erosión
	Rectificación (1ra. Etapa)	Aumentar la capacidad hidráulica
	Muro de contención (área centro)	Evitar inundaciones
	Muro de contención y diversas estructuras (área centro)	Evitar inundaciones
	Rectificación (1ra. Etapa, área centro)	Aumentar la capacidad hidráulica
Palomitas/ Tahuizan	Muro de contención y plantilla (cerca de la confluencia con el Río Tecoloco)	Evitar erosión en los márgenes.

No se dispone información relacionada con la infraestructura hidráulica en la zona urbana como alcantarillas, terraplenes carreteros y puentes.

### 3.7 Identificación de actividades actuales en las planicies de inundación

En las zonas identificadas como planicies de inundación que de manera frecuente presentan problemas de inundación, no se dispone de información relacionada con alguna actividad productiva que se lleve a cabo en dichas áreas.



## 4. Diagnóstico de las zonas inundables

### 4.1 Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas

La red mínima de estaciones permite evitar deficiencias graves en el desarrollo y gestión de los recursos hídricos, la Organización Meteorológica Mundial (OMM)<sup>5</sup> recomienda establecer un mínimo de estaciones climatológicas bajo las consideraciones presentadas en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Valores mínimos recomendados

Unidad fisiográfica	Superficie en km <sup>2</sup> /estación	
	Pluviómetros	Pluviógrafos
Costa	900	9,000
Montaña	250	2,500
Planicie interior	575	5,750
Montes/ondulaciones	575	5,750
Áreas urbanas	-	10 a 20

Si el criterio se aplica a toda la cuenca de estudio, se cumple el criterio de densidad mínima de estaciones porque se cuenta con una estación meteorológica ubicada en la parte baja. Sin embargo, como se observa en la Figura 4.1 la única estación se ubica en la zona urbana y obviamente al evaluar la densidad de estaciones por subcuenca conforme a los criterios de la OMM encontramos que la red no es suficiente, Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Densidad de estaciones climatológicas en el área de estudio

No	Subcuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Unidad fisiográfica	Cumple
1	Calmanila	47.08	Montaña	No
2	Tecoloco	17.55	Montaña	No
3	Las Palomitas	14.50	Montaña	
4	Los Sabinos	16.13	Montaña	No
	Polígono de modelación (incluye a la zona urbana)	24.19	Área urbana	Si

En la cuenca de estudio la red de monitoreo hidrológica no es suficiente, se requiere por lo menos una estación hidrométrica; en la confluencia del Río Tecacalax con el Río Calmanila. Adicionalmente, se requieren dos estaciones meteorológicas: una en la parte alta de la subcuenca Calmanila en la localidad Coamila y otra en la parte alta de la subcuenca Las Palomitas en la localidad Hueynali. En la Figura 4.2 se muestra la ubicación de las estaciones mencionadas anteriormente.

<sup>5</sup>Organización Meteorológica Mundial (OMM). Guía de prácticas hidrológicas. Sexta edición, 2011.

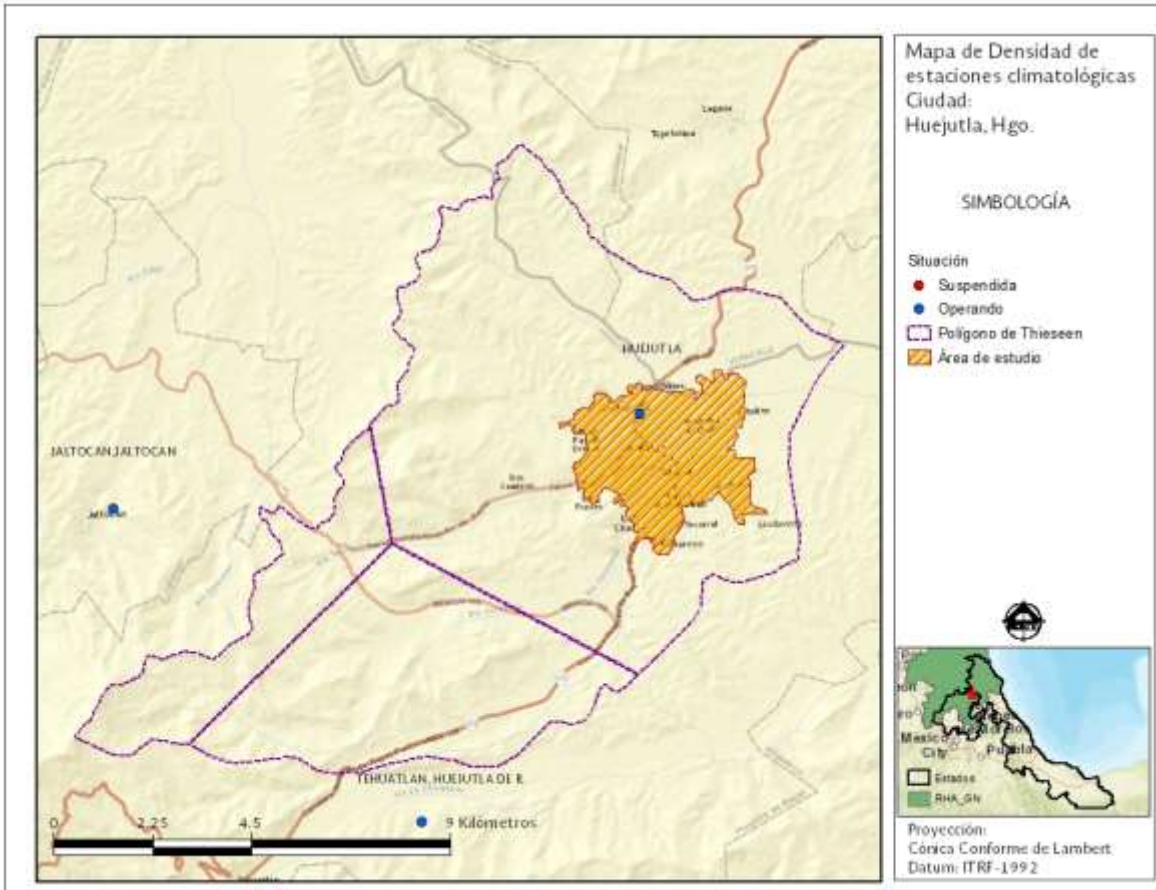


Figura 4.1 Densidad de estaciones climatológicas convencionales

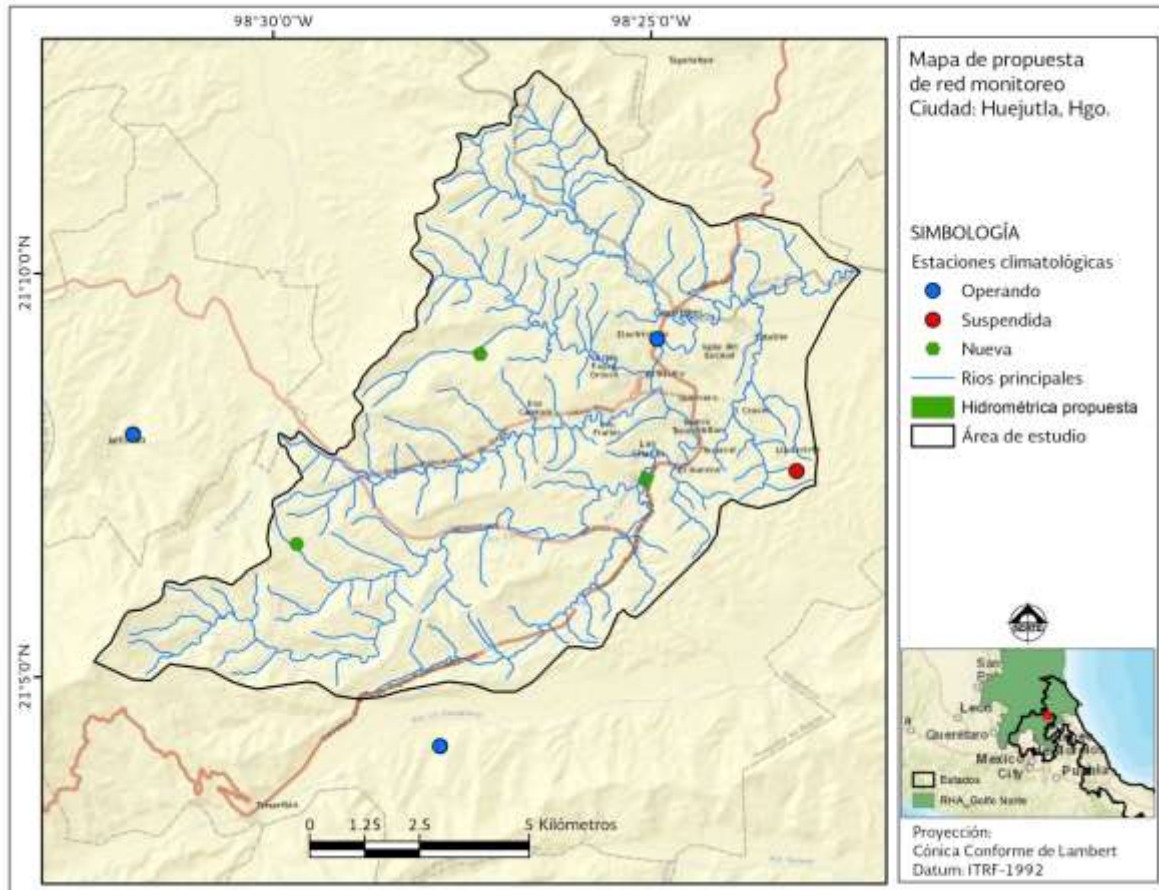


Figura 4.2. Propuesta de red de monitoreo en la ciudad/cuenca de Huejutla, Hgo.

#### 4.2 Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana

No se dispone de modelos de pronóstico de avenidas ni de sistemas de alerta temprana. La Dirección local se apoya en los boletines meteorológicos de pronóstico elaborados por el Servicio Meteorológico Nacional de la Conagua.

Las herramientas meteorológicas de pronóstico con que se cuenta son las siguientes:

- Portal interactivo hidrometeorológico para todo el país para formación de ciclones tropicales.
- Imagen de satélite interpretada del país.
- Pronóstico meteorológico general para el país.
- Pronóstico extendido a 96 horas.
- Aviso de tiempo significativo en México.
- Mapa de áreas con potencial de tormentas para el país.
- Aviso de Tiempo Severo. Pronóstico a muy corto plazo.
- Estimación de lluvias con satélite a Tiempo Real para todo el país (acumulados en 24 horas o cada 3 horas).

### 4.3 Funcionalidad de las acciones estructurales y no estructurales existentes

#### Acciones estructurales

No se cuenta con información para evaluar la funcionalidad de las obras hidráulicas para el control de inundaciones existentes y descritas en la Tabla 3.7.

#### Acciones no estructurales

De las acciones no estructurales relacionadas al problema de las inundaciones se llevan a cabo actividades relacionadas con limpieza de cauces y revisión de taponamientos en las alcantarillas y puentes de cruce carretero en la zona urbana. No obstante, en la mayoría de los casos se trata de acciones aisladas próximas a la temporada de lluvias, pero no se perciben como parte de un plan de mayor alcance en el rubro de la educación y la cultura de la prevención y el cuidado del ambiente, en donde se inscriben situaciones de inundaciones.

Es un hecho que a pesar de ser actividades que tienen impacto principalmente en medios de comunicación locales, o nacionales si es que están inscritas en campañas de alcance nacional, es limitada la participación comunitaria y de alguna manera pasiva. Ello también debido a que las campañas de reforestación, limpieza de calles y cauces no suelen incluir mecanismos de evaluación de su impacto, por ejemplo, en la modificación de hábitos negativos. Falta entonces, evaluar los impactos de las campañas e inscribirlas en planes de educación y cultura ambiental y de prevención de riesgos. Una sociedad más educada será más consciente y tendrá más elementos para coadyuvar a la prevención y reducción de los riesgos a las inundaciones.

Dentro de la educación y la cultura ambiental y de la prevención a situaciones como las inundaciones, se encuentran actividades como la capacitación y la impartición de cursos y talleres. Sin embargo, éstos son escasos –o por lo menos no hay mucha información sobre ellos– y en ocasiones suelen dirigirse a la población en general. Haría falta considerar aspectos como grupos de edad, sectores, ubicación, entre otros, para definir sus contenidos.

Por otro lado, es necesario que en el ámbito urbano exista una visión y un compromiso de multi-actores en el que estén representados e involucrados los distintos órdenes de gobierno, autoridades locales, sociedad civil organizada, empresas, la academia e instituciones de investigación, al igual que voluntarios. Si se acepta el hecho de que el riesgo es una construcción social e histórica, los actores que la conforman, deberán jugar un papel activo y su representación ser real y efectiva. Pero más aún, si se acepta que la vulnerabilidad va de la mano con la pobreza, con deplorables condiciones de vida y con falta de oportunidades para superar esa condición, entonces será necesario actuar sobre los procesos que incrementan la vulnerabilidad de las poblaciones urbanas.

En el ámbito urbano, éstos están estrechamente ligados a aspectos de planificación, de desarrollo urbano, de ordenamiento territorial y de herramientas legales e institucionales que las hagan posibles social, política y financieramente. Por ello, difícilmente se pueden desligar aspectos de la gestión urbana –y ambiental, social, de vivienda– de la producción social de las condiciones de riesgo y de un eventual desastre. Es entonces dentro de la dinámica de la gestión urbana donde deben analizarse los riesgos a las inundaciones en zonas urbanas.



#### **4.4 Identificación de los actores sociales involucrados en la gestión de crecidas**

De acuerdo con el OCGN la población está representada en los Consejos de Cuenca, sin embargo no se identifica un área de contingencias frente a inundaciones en donde se incluya explícitamente la participación de la población.

Los desastres son procesos sociales complejos, en los que la participación ciudadana constituye un elemento clave antes, durante y posterior a su ocurrencia. No obstante, su actuación parece estar al margen del marco de la actuación gubernamental, o desdibujada, limitándose a denunciar y exigir más de la intervención gubernamental.

La participación comunitaria en acciones previas a las inundaciones, en general en la sociedad mexicana, se constriñe a la participación en campañas de limpieza de cauces y arroyos que atraviesan la ciudad antes del inicio de la temporada de lluvias, entre otro tipo de acciones. No obstante, esta participación es muy limitada, ya que por lo general se reduce a grupos comunitarios específicos: alumnado de centros de enseñanza, habitantes de colonias próximas a los ríos, simpatizantes de grupos políticos o funcionarios públicos, por mencionar algunos.

Durante las inundaciones, la participación comunitaria se expresa en forma de denuncia, protesta y exigencia a las autoridades correspondientes, por lo general a las más próximas. En esta etapa, más que de participación organizada activa y propositiva, se observa la reacción de quienes resultaron afectados y que buscan ser visibles ante las autoridades competentes para ser considerados posteriormente como sujetos de apoyo y así lograr obtener algo a cambio de sus pérdidas.

Posterior a las inundaciones, en lo que en la declaratoria de desastres se denomina etapa de reconstrucción, la sociedad civil intensifica su presencia en el mismo sentido que en la etapa anterior, es decir, en la denuncia y la exigencia a los actores gubernamentales, a quienes considera son los responsables de la situación. No obstante, a otro nivel de participación comunitaria, operan otros mecanismos al margen de la acción gubernamental como las organizaciones vecinales, redes familiares, grupos solidarios y similares que posibilitan a nivel familiar y vecinal reestablecer la normalidad tras el impacto de situaciones como las inundaciones.

#### **4.5 Identificación de la vulnerabilidad a las inundaciones**

Es ampliamente aceptado que las condiciones de la población mexicana no son homogéneas, y que al interior de ella existen desigualdades que los hacen más o menos vulnerables a los impactos que representan peligro o riesgo y que pueden decantar en un desastre. La vulnerabilidad urbana estará en función de la situación que caracterice a cada grupo de población en todas y cada una de las dimensiones en las que ésta se compone; a saber, física, económica, social, cultural, entre otras. Analizar las condiciones de vulnerabilidad de los grupos afectados es clave para comprender el proceso de construcción de situaciones de riesgo.

En este sentido, se puede establecer una conexión entre vulnerabilidad y marginación, si se considera que ésta última se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. De acuerdo a CONAPO, las comunidades marginadas enfrentan escenarios de elevada vulnerabilidad

social cuya mitigación escapa del control personal o familiar (CONAPO, 2011 y 2012), pues esas situaciones no son resultado de elecciones individuales, sino de un modelo productivo que no brinda a todos las mismas oportunidades.

En la literatura especializada se encuentran diversas propuestas para estimar la vulnerabilidad, las cuales están en función de factores diversos, entre ellos el tipo de impacto al que se es vulnerable. Para el caso que nos ocupa, sería la vulnerabilidad a inundaciones. El análisis que aquí se presenta tiene como base el Índice de Marginación Urbana (IMU) correspondiente al 2010 y se complementa con el uso de variables socioeconómicas resultantes del Censo de Población y Vivienda 2010 por manzana urbana que no están representadas en el IMU. De acuerdo a INEGI, el IMU es una medida-resumen que permite diferenciar AGEB urbanas del país según el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, a los servicios de salud, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes, Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Dimensiones e indicadores del Índice de Marginación Urbana por AGEB, 2010.

Dimensión	Indicador
Educación	% Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela
	% Población de 15 años o más sin educación básica completa
Salud	% Población sin derechohabencia a los servicios de salud
	% Hijos fallecidos de las mujeres de 15 a 49 años de edad
Vivienda	% Viviendas particulares habitadas sin drenaje conectado a la red pública o fosa séptica
	% Viviendas particulares habitadas sin excusado con conexión de agua
	% Viviendas particulares habitadas sin agua entubada dentro de la vivienda
	% Viviendas particulares habitadas con piso de tierra
	% Viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento
Bienes	% Viviendas particulares habitadas sin refrigerador

Fuente: Estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, *Censo de Población y Vivienda 2010*.

Como complemento a las dimensiones consideradas por el IMU, a saber, educación, salud, vivienda y bienes, se consideran tres más: ingresos, composición demográfica y discapacidad, con las variables de población desocupada para la primera dimensión, población menor de 5 años y mayor de 65 para la segunda y población con limitación en la actividad, que comprende limitaciones de movilidad, visual, auditiva, de comunicación y mental, para la última, Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Información complementaria por indicador y tipo de población.

Indicador	Variable
Ingresos	Población desocupada
Composición sociodemográfica	Población menor de 5 años
	Población mayor de 65 años
Discapacidad	Población con limitación en la actividad

En relación al IMU 2010 por manzana, el mapa de la localidad de Huejutla muestra grados de marginación de medios a muy altos, concentrándose estos últimos en la zona conurbada. Es en la parte central de la ciudad donde la marginación es media. Ello significa que existen condiciones desfavorables en cuanto a la educación, los ingresos por trabajo y las características de la vivienda, que se traduce en insuficiencia de servicios, precariedad en el empleo, bajos niveles adquisitivos y deficientes condiciones de la vivienda y, por ende, a una mayor vulnerabilidad a las inundaciones.

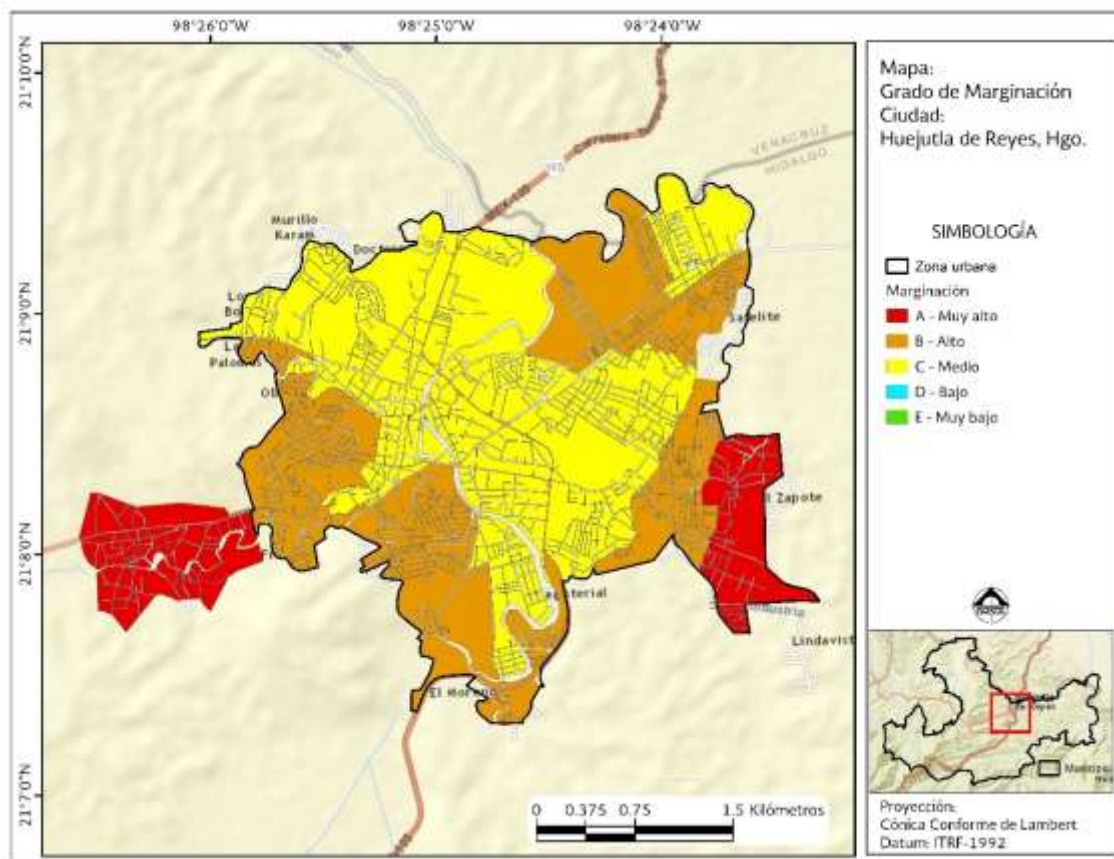


Figura 4.3. Marginación en la zona urbana de Huejutla de los Reyes, Hgo.

Lo que muestran los datos estadísticos complementarios relacionados a situaciones de vulnerabilidad por inundaciones, es que un 11.1% de la población tiene menos de 5 años, un 3.9 es mayor a 65 años y un 1.8 presenta limitaciones en la actividad<sup>6</sup>, sumando 16.8% de población con condiciones vulnerables ante eventos súbitos como las inundaciones. Ello traducido en promedio indica que hay 7.1 adultos mayores por manzana y 3.4 tienen limitaciones en la actividad<sup>7</sup>. En cuanto a la desocupación laboral de estas manzanas, el

<sup>6</sup> INEGI considera dentro de este rubro dificultades para caminar, moverse, subir o bajar; incapacidad para vestirse, bañarse o comer; incapacidad para poner atención o aprender cosas sencillas.

<sup>7</sup> Los datos corresponden solamente a aquellas manzanas que tienen información.

promedio por manzana es de 2.3 personas; sin embargo, es necesario tener el dato presente como indicador que influye en el nivel de vida material de las personas, Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Información complementaria de las manzanas urbanas de la localidad de Huejutla de Reyes, Hgo.

	Población total	Población menor a 5 años	Población mayor a 65 años	Población con limitación en la actividad	Población desocupada
<b>Totales</b>	40,015	4,447	1,580	760	493
<b>Promedio</b>	96.7	s/d	7.1	3.4	2.3
<b>Porcentaje</b>	100	11.1	3.9	1.8	1.2

Por otro lado, la vulnerabilidad a las inundaciones de la ciudad/cuenca de Huejutla de Los Reyes, Hgo., de acuerdo con la metodología presentada en el PRONACCH del OCGN (1ra. Versión) al considerar variables socioeconómicas es tipo Alto, con un índice de peligro Alto.

#### 4.6 Identificación y análisis de la coordinación entre instituciones involucradas en la gestión de crecidas

Como se señala en el PRONACCH del OCGN (1ra. Versión) uno de los componentes de la Gestión Integrada de Crecidas es garantizar la participación de todos los actores involucrados en la gestión, definiendo y respetando fronteras geográficas y límites funcionales administrativos de todas las instituciones involucradas y promoviendo la coordinación y la cooperación por encima de las barreras funcionales.

Ante un posible evento de inundación el municipio, a través de la Dirección de Protección Civil, debe poner en marcha su protocolo de atención antes, durante y después de la ocurrencia del evento, coordinándose con autoridades municipales del sector salud, seguridad, bomberos, educativo, agua y transporte, así como con el cuerpo de bomberos y la población. Además, se debe mantener una comunicación frecuente con Protección Civil Estatal para que en caso de no disponer de suficientes recursos humanos y económicos se solicite y se reciba ayuda Estatal.

A nivel nacional aún se identifican algunas problemáticas en relación a la actuación de instancias gubernamentales de diferente orden de gobierno, dentro y fuera del sistema de protección civil. Cooperación y coordinación entre instituciones resultan ser dos pilares sobre los que se cimientan la mayoría de los problemas que incrementan los daños por inundaciones:

- La organización institucional sigue estando fragmentada y no existe una instancia que atienda en su justa dimensión la complejidad y las diferentes dimensiones que conforman la ocurrencia de las inundaciones, es decir, no sólo lo técnico, sino la integralidad y transversalidad de estos fenómenos.
- Continúa existiendo una atención mayormente enfocada a las acciones de corte estructural, faltando una política que busque el balance entre las medidas estructurales y no estructurales para prevenir y atenuar el impacto de los fenómenos extremos.
- Se ha identificado pero no se ha hecho nada para solucionar la carencia de una unidad administrativa que vigile la aplicación de Ley de Aguas y las consecuencias coercitivas de su incumplimiento en cuanto a invasión de cauces y asentamientos en zonas de riesgo.
- Existen pendientes legales aún no resueltos como la imposibilidad de la aplicación de la ley en cuanto a la invasión de zonas federales por la inexistencia de denuncias. En otros casos, la propiedad federal no se puede comprobar a causa de documentos

extraviados. Después de 10 años de permanencia en una zona invadida se da la prescripción positiva a favor del propietario.

- No se tiene un sistema institucional para elaborar un catálogo de proyectos y programas que atiendan los problemas de los fenómenos extremos de manera integral. El presupuesto para la atención de los problemas generados por la ocurrencia crónica de los fenómenos extremos en el país es limitado e insuficiente y una buena parte del presupuesto asignado se dedica a la reconstrucción de infraestructura dañada y atención de emergencias.
- Falta de coordinación en planes y programas en las dependencias gubernamentales.
- Falta de coordinación entre los actores que otorgan licencias de construcción en zonas de riesgo; duplicación de funciones y atribuciones, lo que se traduce en vacíos en la actuación y fincamiento de responsabilidades.
- Los recursos económicos son insuficientes para la elaboración de estudios y la falta de comunicación entre instancias inhibe que los estudios puedan ser coordinados y complementarios.
- No hay un dimensionamiento del personal profesional y especializado que se requiere para atender los fenómenos extremos ni programas en curso que atiendan las carencias de personal calificado.



## 5. Evaluación de riesgos de inundación

Cuando se incorpora la probabilidad de inundación a los mapas de áreas inundables, dicha información se transforma en mapas de peligro por inundación. En estos mapas de peligro se describen aquellas peculiaridades del suceso que lo pueden convertir en más o menos dañino. Por ejemplo, las profundidades y la velocidad del agua, la permanencia del agua o la carga de transporte de sólidos.

En los mapas de peligro se pueden identificar los distintos elementos (áreas agrícolas, carreteras, centros industriales, zonas urbanas) que pueden ser afectados por la inundación y a partir ellos, es posible determinar el nivel del potencial de impacto de la inundación sobre ellos.

En este capítulo se presenta la metodología y cálculos hidrológico-hidráulicos, para poder evaluar el daño anual esperado para diferentes eventos de diseño.

### 5.1 Estimación de caudales y tormentas de entrada al sistema

La avenida de diseño para una obra hidráulica depende del periodo de retorno para el cual se diseña dicha obra. Para la determinación de la magnitud de la avenida es necesario hacer extrapolaciones a partir de los gastos máximos anuales registrados en el lugar donde se construirá la obra, pues casi siempre el periodo de retorno de diseño es mayor a la longitud del registro en años de gastos máximos anuales. Es evidente que la magnitud y la seguridad hidrológica de la obra dependerán del valor del gasto de diseño.

Sin embargo, cuando no se cuenta con información de escurrimientos en estaciones de aforo, en la cuenca de estudio, es necesario la aplicación de un modelo lluvia-escurrimiento para conocer los gastos en la salida de la cuenca o en cualquier otro sitio de la misma zona. Dicho caso es el que se presenta en la cuenca de estudio.

#### 5.1.1 Cálculo de las lluvias de diseño

La altura de precipitación asociada a los diferentes periodos de retorno con duración igual a 24 horas, producto del Análisis de Frecuencia, se muestra en la Figura 5.1.

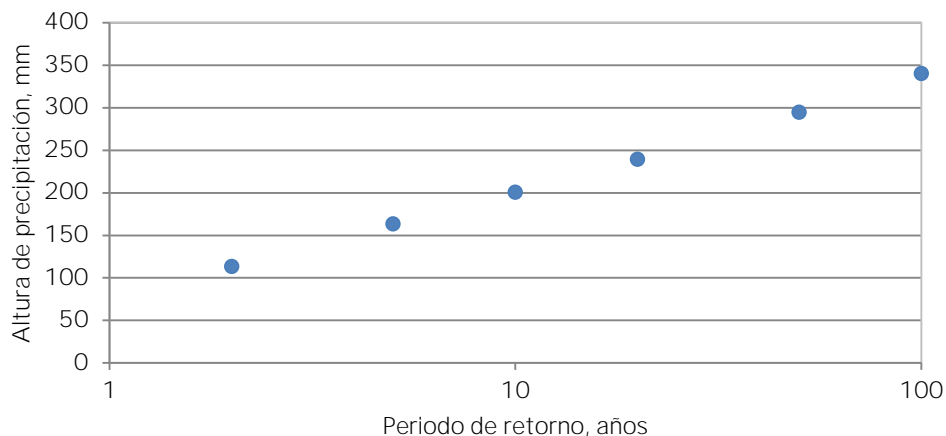


Figura 5.1. Lluvias de diseño (24 horas) en la cuenca de la zona urbana Huejutla, Hidalgo.

### 5.1.2 Construcción de tormentas hipotéticas

A partir de los eventos de lluvia de la Figura 5.1 se obtiene para cada subcuenca de aportación a la zona de simulación, su respectivo hietograma de lluvia considerando el tiempo de concentración de cada una de ellas y la fórmula de Chen (Chen, 1983).

En la tabla 5.1 se presentan las lluvias de diseño consideradas en cada subcuenca y en la zona de simulación que incluye la zona urbana.

Tabla 5.1 Lluvias, en mm, para una duración igual al tc de cada subcuenca

Subcuenca	tc min	Periodo de retorno en años				
		2	5	10	50	100
Los Sabinos	90	58.8	75.8	88.7	118.6	131.5
Las Palomitas	60	50.7	65.4	76.5	102.3	113.3
Tecoloco	90	58.8	75.8	88.7	118.6	131.5
Calmanila	135	67.8	87.4	102.3	136.7	151.5
Área de modelación. Incluye Zona Urbana.	60	50.7	65.4	76.5	102.3	113.3

La magnitud de la lluvia mostrada en la Tabla 5.1 se distribuyó en intervalos de tiempo de 15 min, utilizando la ocurrencia de una tormenta histórica severa registrada en la EMA DDR Huejutla y el tiempo de concentración de cada subcuenca. En la Figura 5.2 se muestra el hietograma de la lluvia de diseño para un tiempo de concentración de 60 min y periodo de retorno de 100 años; es decir, los 113.3 mm en incrementos de 15 minutos.

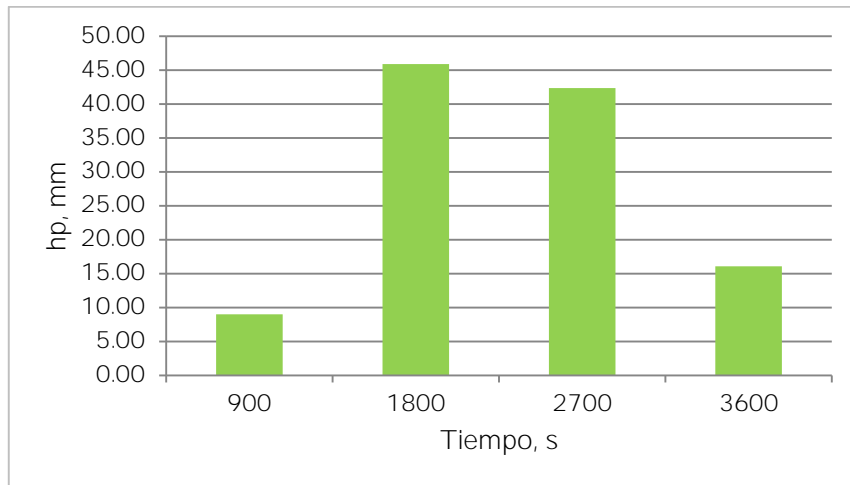


Figura 5.2 Distribución de la lluvia (100 años) a partir de una tormenta histórica en la Zona Urbana.

La lluvia efectiva en unidades de mm/h es la que se incorpora al IBER por lo que se aplica el método del Número de Curva del SCS para su estimación. El Número de Curva  $N$  depende del uso del suelo, de la cobertura vegetal, del tipo de suelo y de la humedad antecedente.

Para estimar el  $N$ , como se mencionó en el apartado 3.3.6, el primer paso es clasificar la edafología de acuerdo con los tipos de suelos hidrológicos que conforman la cuenca, de acuerdo con los grupos descritos en la Tabla 3.6.



El segundo paso, es identificar los usos del suelo y asignar un valor de N obtenido de valores tabulados considerando el tipo de suelo hidrológico. Para éste estudio se utilizaron los valores presentados en CNA, 1987. Dado que hay más de un tipo y uso de suelo en la zona de estudio, se obtiene un valor ponderado.

Con la información de los tipos de suelos predominantes en la zona de estudio, Figura 3.6, la subunidad (húmico, calcárico, etc.) y textura (Fina, Media o Gruesa), así como los usos de suelo, Figura 3.5, se obtiene el Número de Esguimiento por subcuena mostrado en la Figura 3.10.

Con el valor de N (90), la lluvia de diseño asociado al tiempo de concentración y periodo de retorno de 100 años (113.3 mm) y aplicando la ecuación del SCS se obtiene para el área de modelación, incluida la zona urbana, una lluvia efectiva de 85.34 mm que representan la misma magnitud en mm/h. Asimismo, con la misma distribución que se presenta en la Figura 5.2, se obtiene el hietograma de lluvia efectiva mostrado en la Figura 5.3.

El mismo procedimiento se aplica para los periodos de retorno de 2, 5, 10 y 50 años y para cada subcuena.

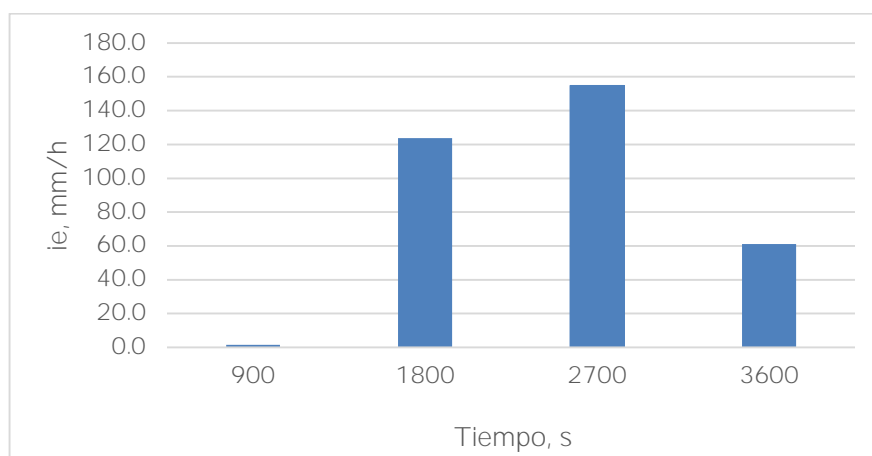


Figura 5.3. Hietograma de lluvia efectiva de 100 años para el área de modelación incluida la Zona Urbana.

### 5.1.3 Modelo lluvia-esguimiento

La transformación de la lluvia en esguimiento se realizó con el software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System), el cual sirve para la simulación hidrológica semidistribuida y fue desarrollado para estimar hidrogramas de salida en una cuena o varias subcuenas, aplicando para ello algunos métodos de cálculo de lluvia efectiva, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión de esguimiento directo.

Los parámetros que se utilizaron en el modelo son los siguientes:

- Modelo de pérdida: Número de curva del SCS,
- Método de transformación de lluvia-esguimiento: Hidrograma unitario del SCS,
- Método para flujo base: ninguno.

En la Figura 5.4 se muestra el modelo hidrológico construido de la zona de estudio, en donde los datos básicos incorporados son: el área de la cuena, Número de Esguimiento,

tiempo de retraso, los hietogramas asociados a una duración igual al tiempo de concentración de cada cuenca y a una frecuencia o periodo de retorno, principalmente.

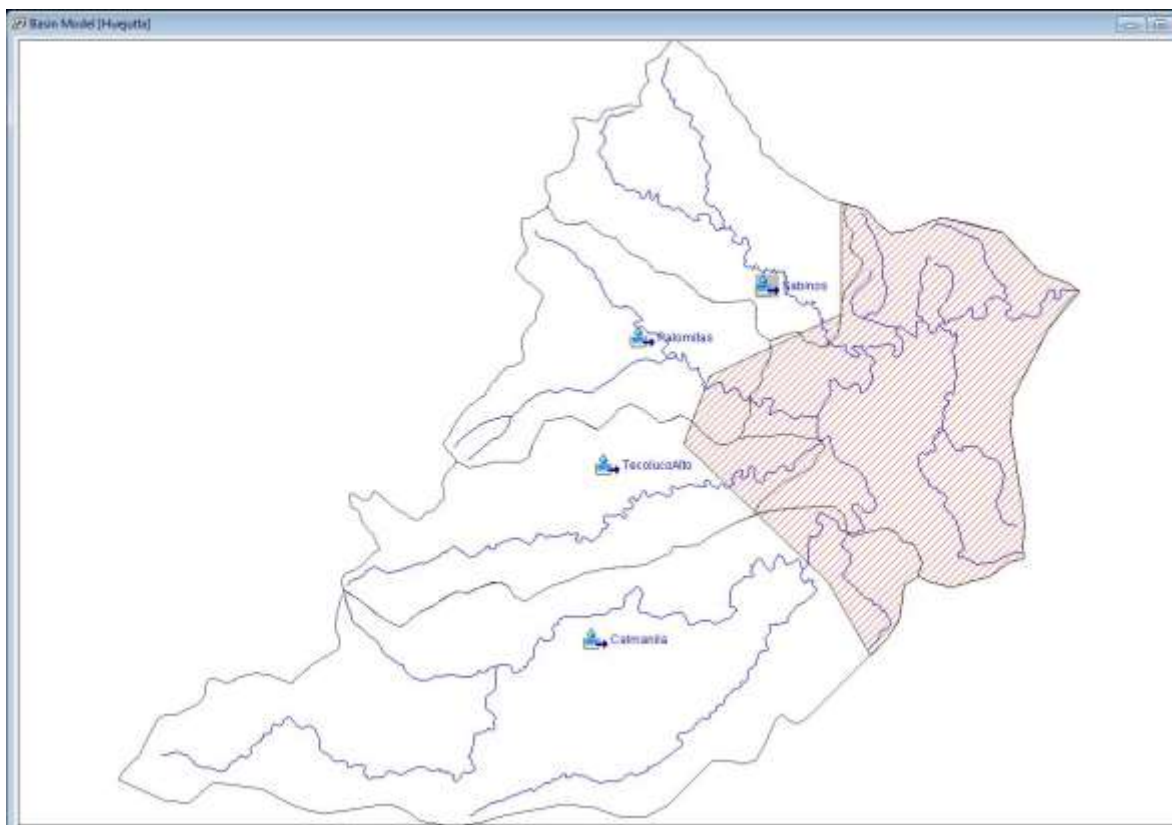


Figura 5.4. Esquema del modelo hidrológico en la plataforma HEC-HMS.

#### 5.1.4 Resultados

En este apartado se muestran las figuras que resumen los resultados obtenidos de la modelación hidrológica, divididos en cuatro salidas. Dichas salidas corresponden a los hidrogramas de ingreso a la zona de modelación (polígono ashurado en rojo mostrado en la Figura 5.4), subcuencas Calmanila, Tecoloco, Las Palomitas y Los Sabinos, respectivamente. En la Figura 5.5 se muestran los hidrogramas para un periodo de retorno de 100 años de las cuatro subcuencas mencionadas, los valores de estos hidrogramas son incorporados al modelo IBER como entradas. Finalmente, en la Tabla 5.2 se presentan los valores de caudal pico y el volumen correspondiente a cada periodo de retorno y a cada subcuenca.

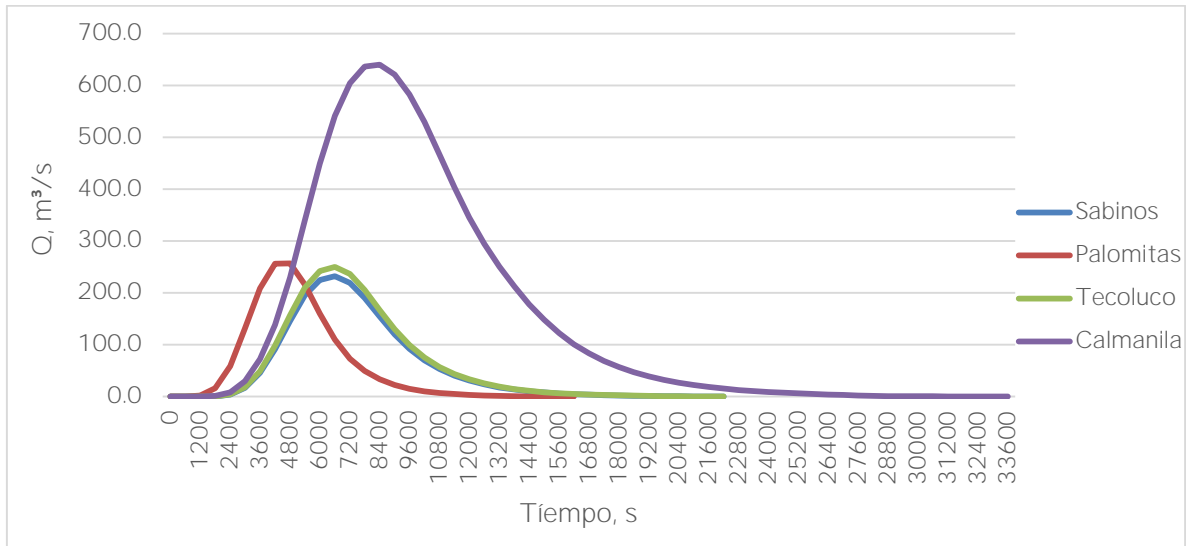


Figura 5.5. Hidrogramas para 100 años de periodo de retorno de cuatro subcuencas.

Tabla 5.2 Características generales de las avenidas de entrada.

Nombre subcuenca	T= 2 años		T= 5 años		T= 10 años		T= 50 años		T= 100 años	
	Qp m³/s	Vol hm³	Qp m³/s	Vol hm³	Qp m³/s	Vol hm³	Qp m³/s	Vol hm³	Qp m³/s	Vol hm³
Los Sabinos	56.8	0.293	93.2	0.483	123.2	0.639	198.1	1.032	231.8	1.210
Las Palomitas	68.5	0.250	108.8	0.403	141.4	0.529	221.3	0.841	256.8	0.982
Tecoloco	60.8	0.313	113.0	0.601	132.4	0.687	213.5	1.112	250.1	1.305
Calmanila	193.9	1.539	292.1	2.311	370.0	2.922	557.5	4.397	640.1	5.049

## 5.2 Modelo hidráulico

Para obtener los mapas de peligro para periodos de retorno de 2, 5, 10, 50 y 100 años por inundaciones fluviales y pluviales de tipo lento (zonas con pendiente pequeña) aplicando técnicas de modelación matemática hidráulica de los flujos de agua somera en dos dimensiones horizontales, se utiliza el modelo bidimensional IBER 2.3.2<sup>8</sup>.

En la Figura 5.6 se muestran las entradas de aportación consideradas en la modelación hidráulica.

<sup>8</sup>Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, M.E., Dolz, J., Coll, A. (2014). "Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos". Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Vol.30(1) pp.1-10

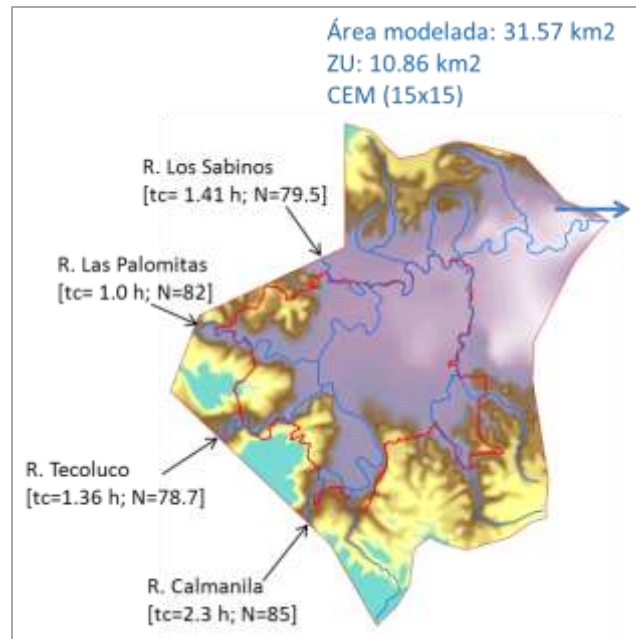


Figura 5.6. Entradas consideradas a la zona de modelación de la zona urbana de Huejutla, Hgo.

### 5.2.1 Procesamiento del modelo digital de elevaciones

El modelo hidráulico de la zona de Huejutla, Hgo., fue elaborado sobre la base de datos del CEM v. 3.0 por lo que fue necesario llevar a cabo una modificación a la información en la zona de sus cauces.

Esta modificación se debió a que la resolución de la información del CEM es de 15 x 15 metros, lo cual la hace demasiado grande para mostrar la configuración de un cauce con anchos menores a estos valores; además que la información del continuo de elevaciones no contiene información de batimetría.

Para lograr el objetivo se siguió la siguiente metodología:

- Se obtuvieron perfiles longitudinales (cota del terreno) tomando como base el trazo digital de los ríos principales en la zona de modelación y el Modelo Digital de Elevación (MDE) con el fin de verificar la dirección adecuada del flujo, Figuras 5.7 y 5.8.
- Se digitalizaron los hombros del cauce de manera aproximada, utilizando la fotografía satelital de algún servidor de mapas disponible (Google) para definir un ancho, Figura 5.9.
- Usando álgebra de mapas, se corrigen las elevaciones de los cauces y se obtiene la batimetría del cauce en un archivo de imagen tipo raster, el cual se incorpora en la malla del modelo IBER, Figura 5.10.

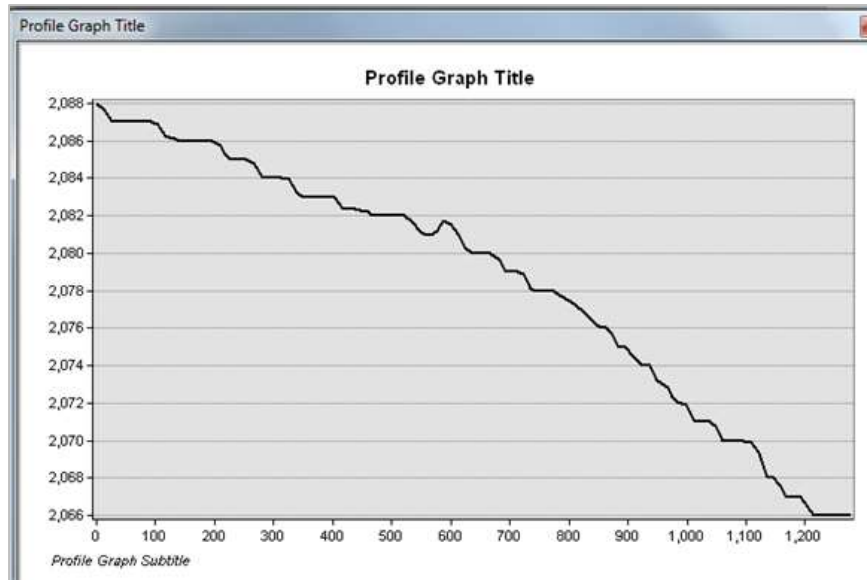


Figura 5.7. Perfil longitudinal sin errores considerables

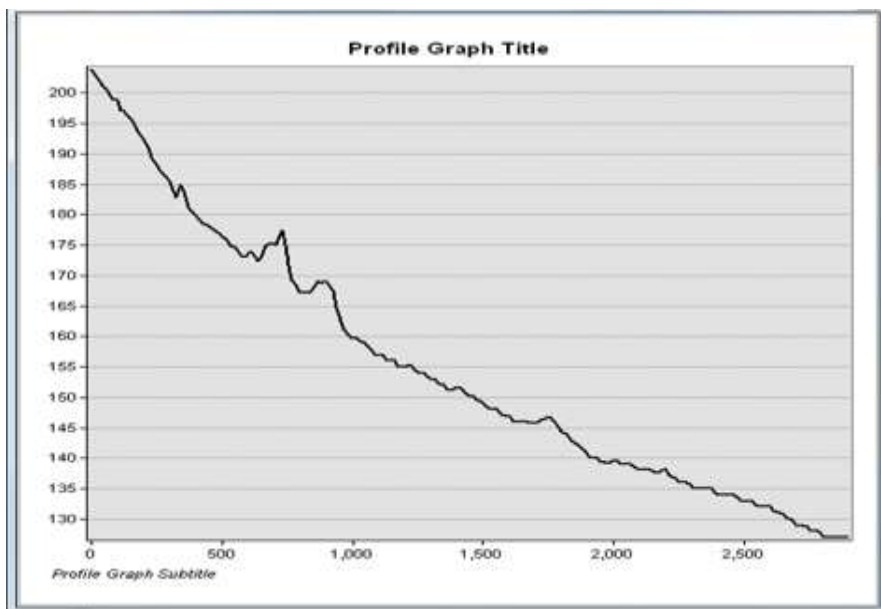


Figura 5.8. Perfil longitudinal con errores considerables



Figura 5.9. Imagen de Google y trazo de ríos.

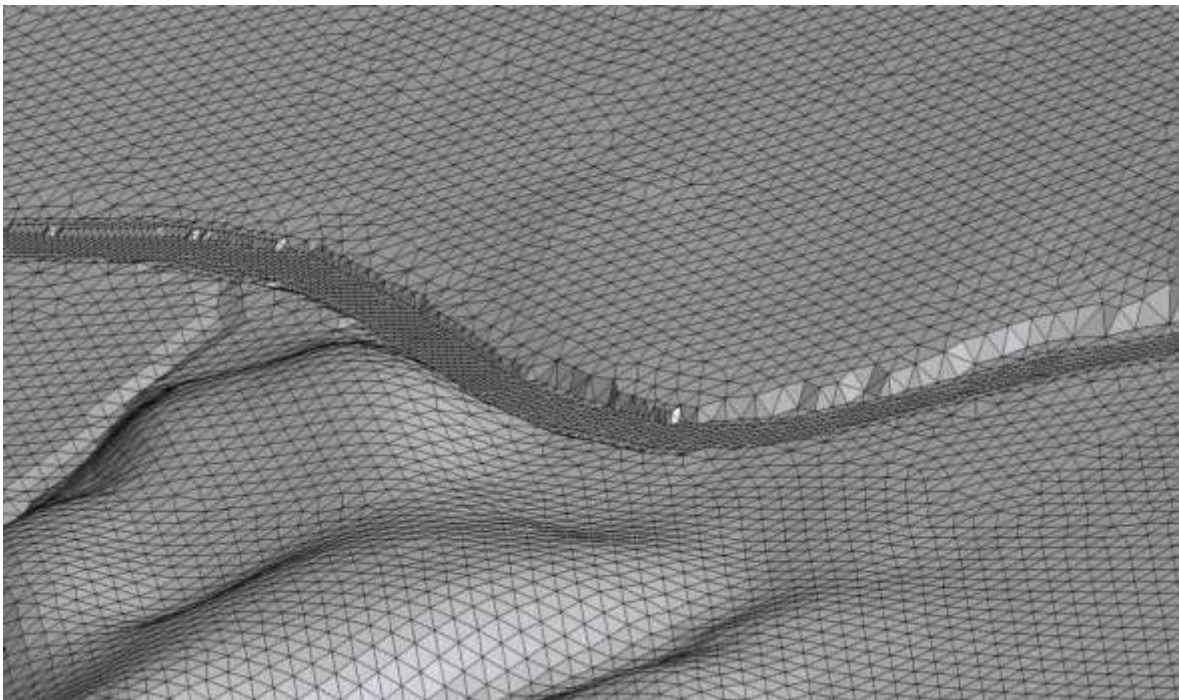


Figura 5.10. Incorporación de la “batimetría” del cauce en la malla del IBER.

### 5.2.2 Infraestructura

En el modelo hidráulico de la zona de Huejutla, Hgo., no se incluyó información de infraestructuras hidráulicas como son: alcantarillas, puentes, diques, etc., debido a que nos dispone de información a detalle para ser incluidos en el modelo.

### 5.3 Simulación en las condiciones actuales

Se realizaron las simulaciones hidráulicas con el uso del programa IBER mediante el módulo hidrodinámico de IBER, el cual resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad bidimensionales, también conocidas como ecuaciones de Saint Venant 2D. Dichas ecuaciones asumen las hipótesis de distribución de presión hidrostática y distribución uniforme de velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios y zonas costeras. La hipótesis de distribución uniforme de velocidad en profundidad se cumple de forma habitual en ríos y estuarios, siempre y cuando no existan procesos relevantes de estratificación debido a diferencias de salinidad, de temperatura o al viento.

Las condiciones de frontera (o de borde) de salida o aguas abajo en el IBER, se especifican en función del tipo de régimen del flujo (crítico/subcrítico y supercrítico) aguas abajo de un tramo en estudio. El primer parámetro que se considera es la pendiente del cauce. En general, los cauces asociados con planicies de inundaciones son aquellos cuya pendiente del colector principal es suave; es decir, que el tirante crítico es menor que el tirante normal. Lo que significa que el perfil de flujo gradualmente variado que se formará sobre ellos es del tipo M. Existen tres tipos de perfil tipo M:

Tipo *M1*. Se dice que se presenta este perfil cuando la variación de la superficie libre del agua (SLA) se registra con valores mayores al tirante normal (y por tanto también al crítico) y el régimen subcrítico.

Tipo *M2*. Este tipo de perfil ocurre cuando la variación de la SLA está entre el tirante normal y el crítico. El régimen del flujo, al igual que en el caso anterior, también es subcrítico.

Tipo *M3*. En este tipo de perfil la SLA tiene variaciones menores al tirante crítico (y por tanto también al normal). El régimen del flujo que se presenta en él es supercrítico.

Dadas las características topográficas de la cuenca-ciudad analizada y que no se consideró en la simulación estructuras de cruce como puentes y alcantarillas, el perfil Tipo *M3* queda descartado como posible condición de frontera. Los dos posibles perfiles (*M1* o *M2*) corresponden a flujo subcrítico, por lo que en ambos casos su cálculo se inicia en la frontera aguas abajo y tienden al valor del tirante normal. El primero, *M1*, inicia con un nivel de agua superior al tirante normal, se presenta cuando aguas abajo, la frontera es un cuerpo de agua o un control que provoca un nivel mayor al tirante normal y termina con un remanso (perfil *M1*). Dicho perfil sería posible cuando exista, aguas abajo, un cuerpo de agua que force el nivel del río. El *M2* inicia en el tirante crítico y se desarrolla hasta alcanzar el tirante normal.

De acuerdo con lo anterior, el perfil seleccionado para ser usado como condición de frontera general en los casos estudiados es el denominado *M2*, el cual parte del tirante crítico y se desarrolla hasta alcanzar el tirante normal. Se seleccionó este perfil debido a que es un perfil corto y tiende rápidamente a las condiciones de flujo establecido, a diferencia del *M1*, el cual puede necesitar varios km para su desarrollo.

Por otro lado, tomando en cuenta la disponibilidad de información topográfica se define el tamaño de las celdas de la malla. Con información del Modelo de Elevación Digital (CEM

de 15x15) se considera una malla de 5x5 en cauces importantes y de 15x15 en el área restante.

En la simulación no se considera topografía en tramos de ríos y/o puentes, ni la operación de estructuras existentes para el control de inundaciones.

Los datos del problema son los siguientes:

- Tiempo máximo de simulación: 32,400 segundos
- Intervalo de resultados: 600 segundos
- Esquema numérico: Primer orden
- Número de Courant-Friedrichs-Lewy: 0.45
- Límite Seco-Mojado: 0.001 m.
- Método de secado: Hidrológico

En la geometría del modelo se incluyeron:

1. Condiciones de contorno como: hidrogramas de entrada y la definición de las salidas
2. Condiciones iniciales de flujo seco
3. Asignación de hietograma de tormenta de diseño: ingreso de lluvia efectiva al modelo
4. En cuanto a la rugosidad, se ha empleado el coeficiente de Manning variable en función de la cobertura de suelo e infraestructura y vivienda existentes.

El coeficiente de Manning ( $n$ ) se emplea en la zona de modelación para estimar la resistencia al flujo que se simula dentro del área urbana. Para definir los distintos valores de  $n$  en toda el área a modelar se utilizó la información vectorial de la capa vectorial de manzanas de INEGI. A cada polígono definido por las manzanas y calles y con apoyo de la imagen de satélite se le asignó un uso de suelo, a partir de los valores sugeridos en Ven Te Chow<sup>9</sup>, en combinación con los valores definidos por defecto en el programa IBER, Tabla 5.3.

---

<sup>9</sup> Chow, Ven Te. Hidráulica de Canales Abiertos. Mc Graw Hill. 2004. Pág. 108.



En la Figura 5.11 se muestra la variación de coeficiente de rugosidad en la zona de modelación.

Tabla 5.3 Valores para el coeficiente de rugosidad de Manning n de acuerdo con el uso del suelo.

Clases	Manning (n)	Fuente
Río angosto < a 30m y recto con matorrales y piedras	0.035	Chow
Río angosto < a 30m y serpenteante con matorrales y piedras	0.060	Chow
Río angosto < a 30m montañoso	0.040	Chow
Río ancho > a 30 m con sección irregular y rugoso	0.040	Chow
Suelo desnudo	0.023	IBER
Pastizales	0.030	IBER
Bosque	0.120	IBER
Playa	0.023	IBER
Matorrales	0.060	Chow
Árboles	0.120	IBER
Vegetación urbana	0.023	IBER
Escasa vegetación	0.080	IBER
Vegetación densa	0.180	IBER
Colectores pluviales	0.017	Chow
No clasificado	0.032	IBER
Calles	0.020	IBER
Industrial	0.100	IBER
Viviendas	0.150	IBER
Cultivos	0.040	Chow
Arbustos	0.060	Chow
Cuerpos de agua	0.070	Chow
Parque	0.120	IBER
Canal concreto	0.020	Chow

Asimismo, se ingresó la lluvia efectiva en la malla de cálculo del modelo hidráulico, para disminuir los procesos de cálculo. El patrón de lluvia que se usó, es el descrito en el apartado 5.1.2. En Figura 5.12 se muestran los puntos de ingreso (hidrogramas Q) al modelo.

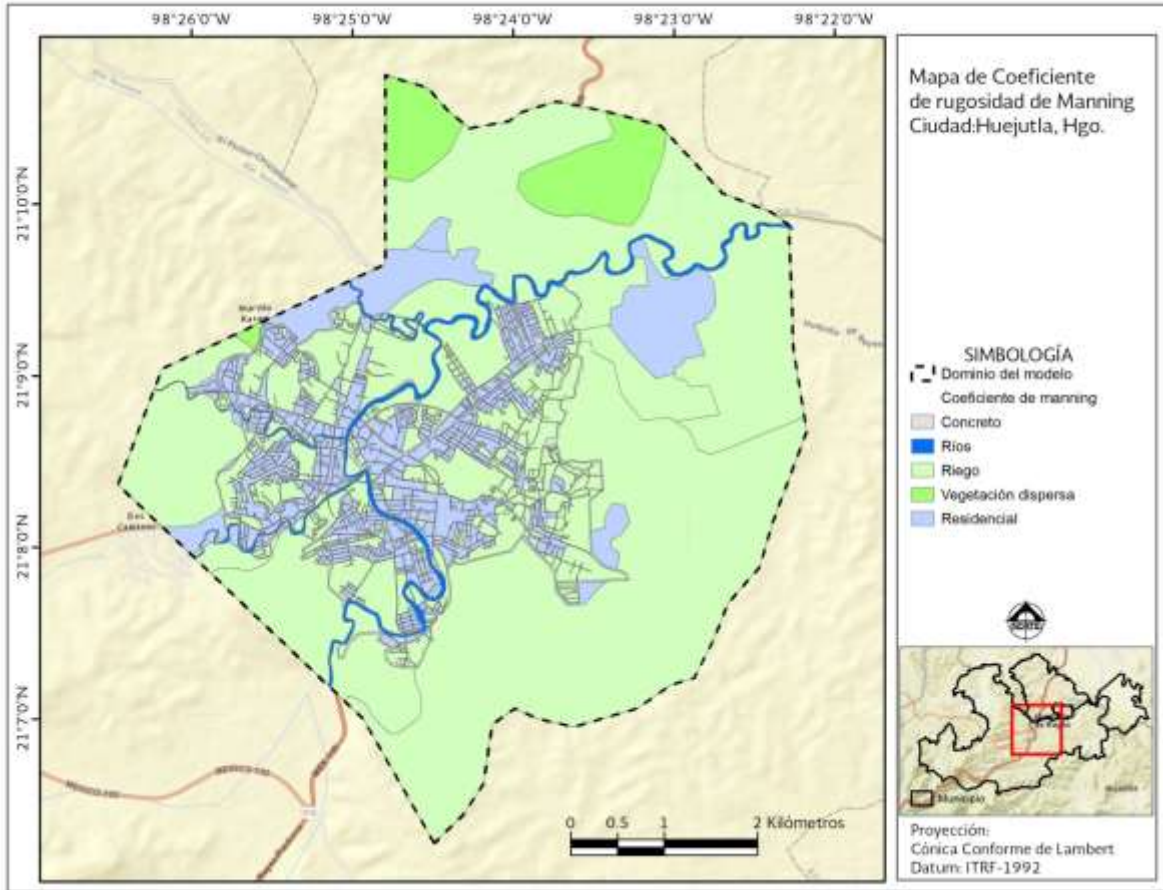


Figura 5.11 Variación del coeficiente de rugosidad en la zona de Huejutla, Hgo.

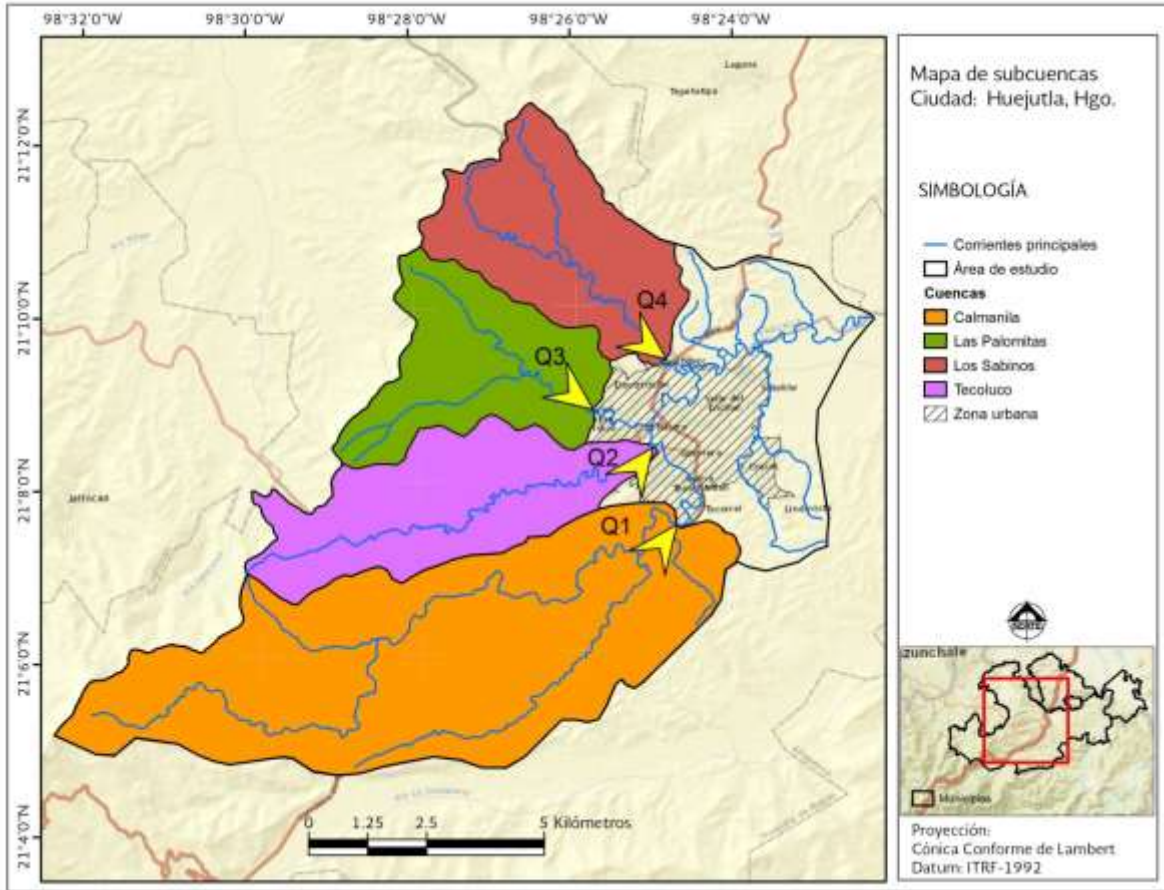


Figura 5.12. Esquema del modelo hidráulico.

#### 5.4 Resultados

Los principales resultados obtenidos con la modelación hidráulica en IBER son alturas de agua, velocidades, así como la extensión de la inundación en la zona urbana. En las Figuras 5.13 a 5.22 se muestran los resultados de tirantes máximos y velocidades máximas por periodo de retorno.

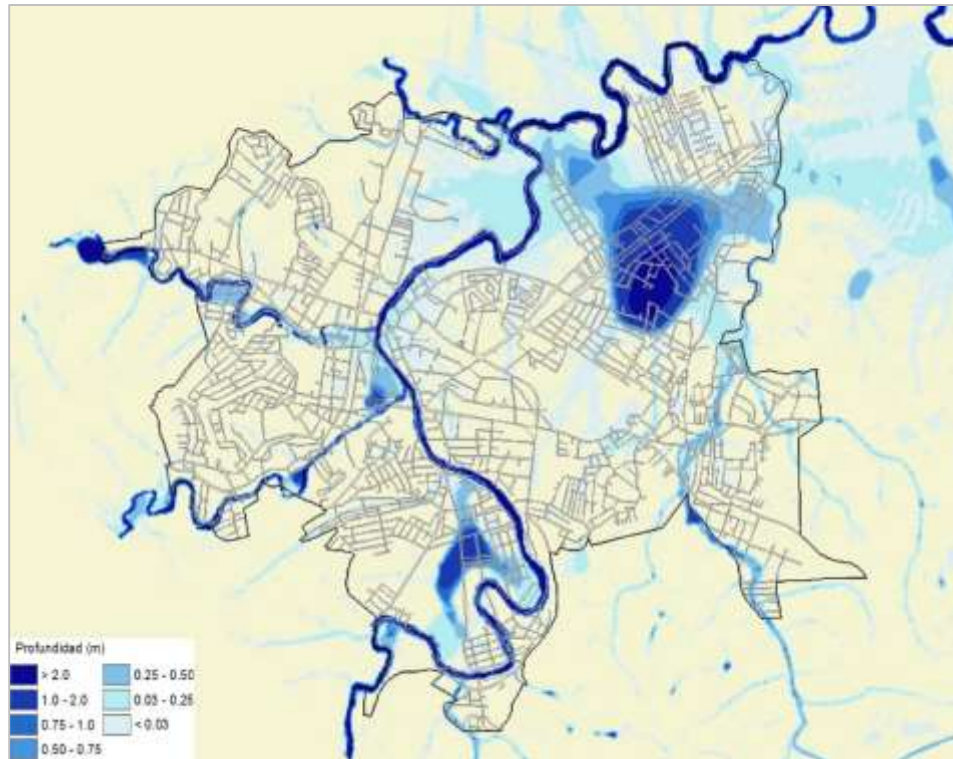


Figura 5.13. Mapa de tirantes máximos para un Tr de 2 años.

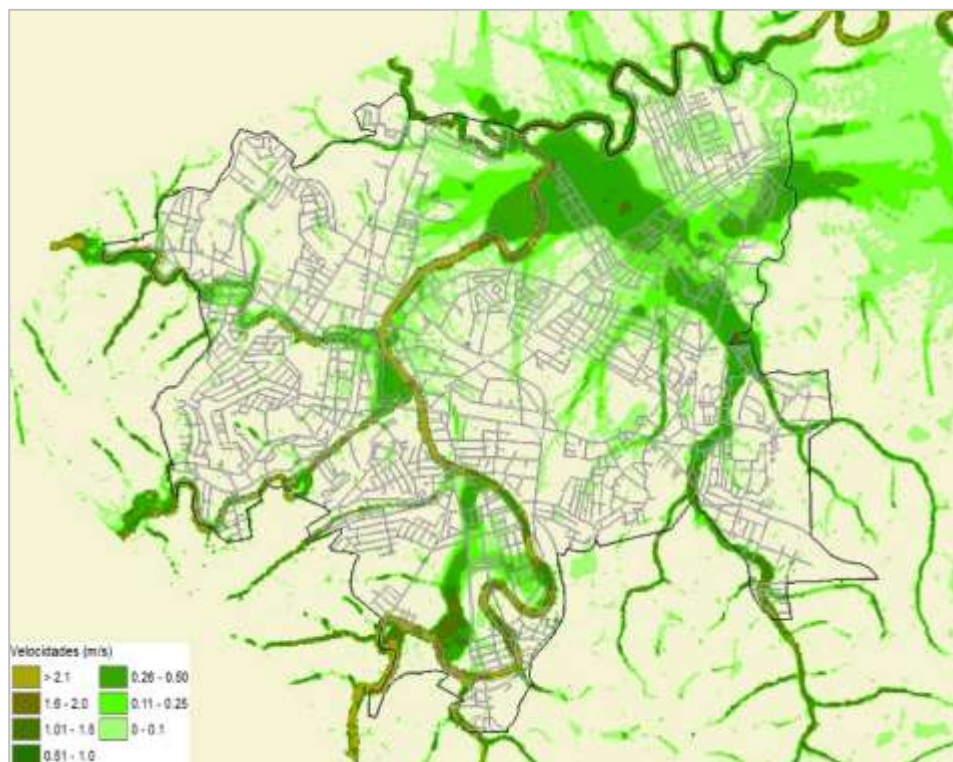


Figura 5.14. Mapa de velocidades máximas para un Tr de 2 años.

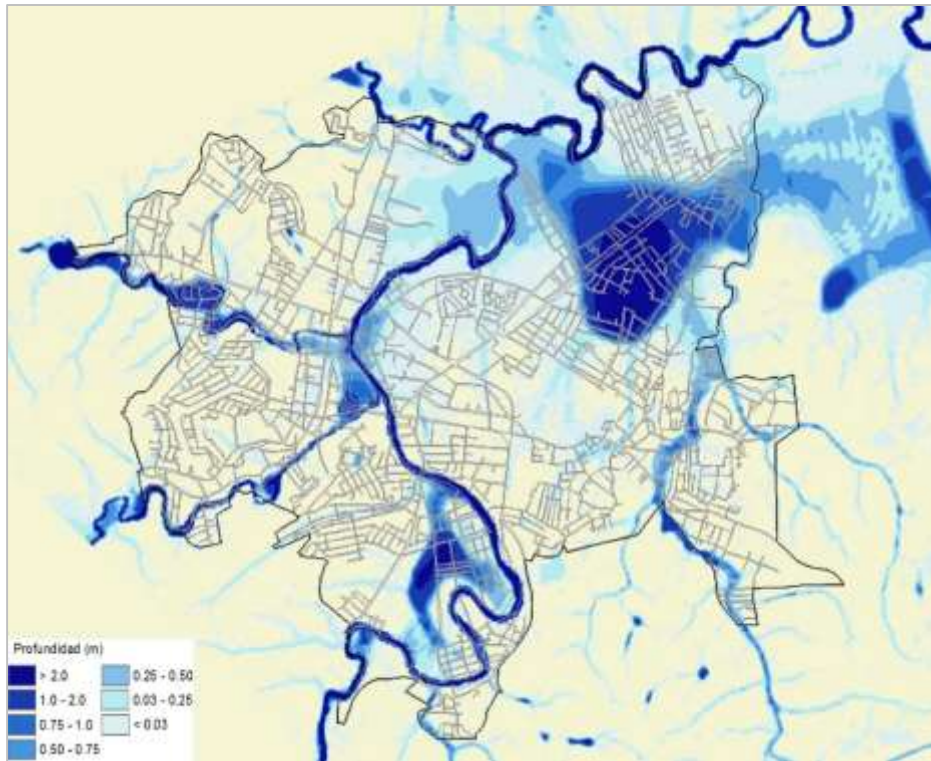


Figura 5.15. Mapa de tirantes máximos para un Tr de 5 años.

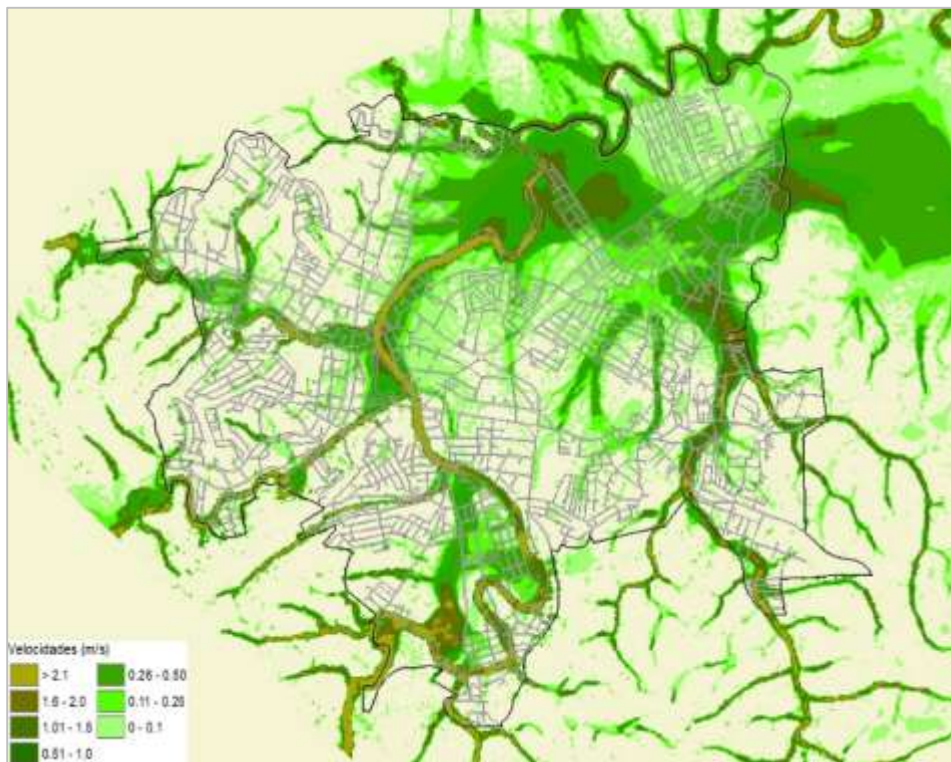


Figura 5.16. Mapa de velocidades máximas para un Tr de 5 años.

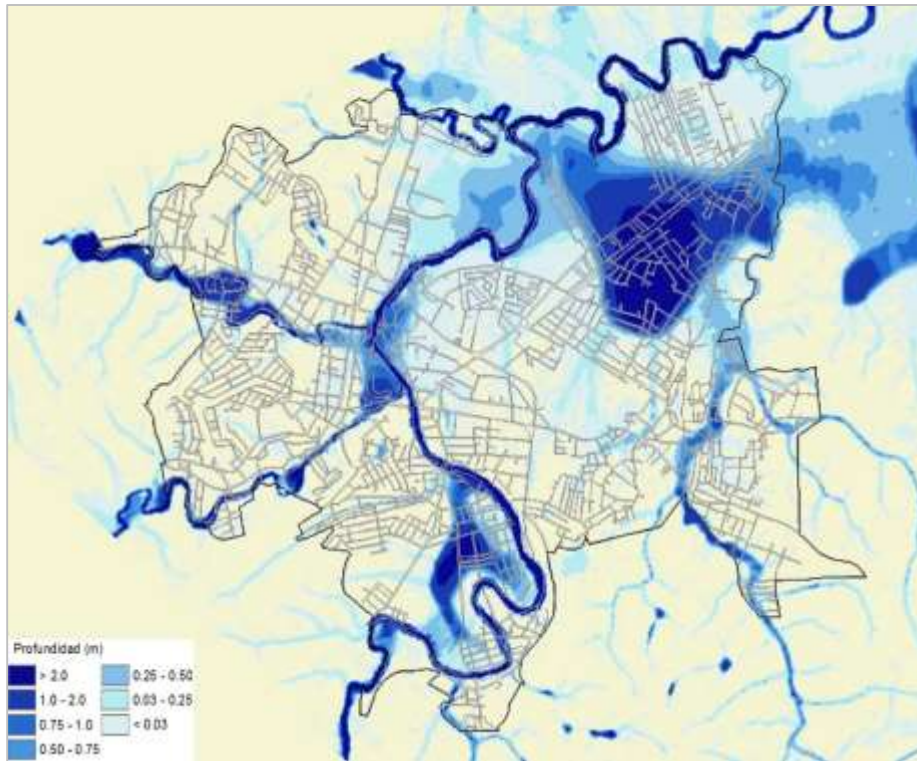


Figura 5.17. Mapa de tirantes máximos para un Tr de 10 años.

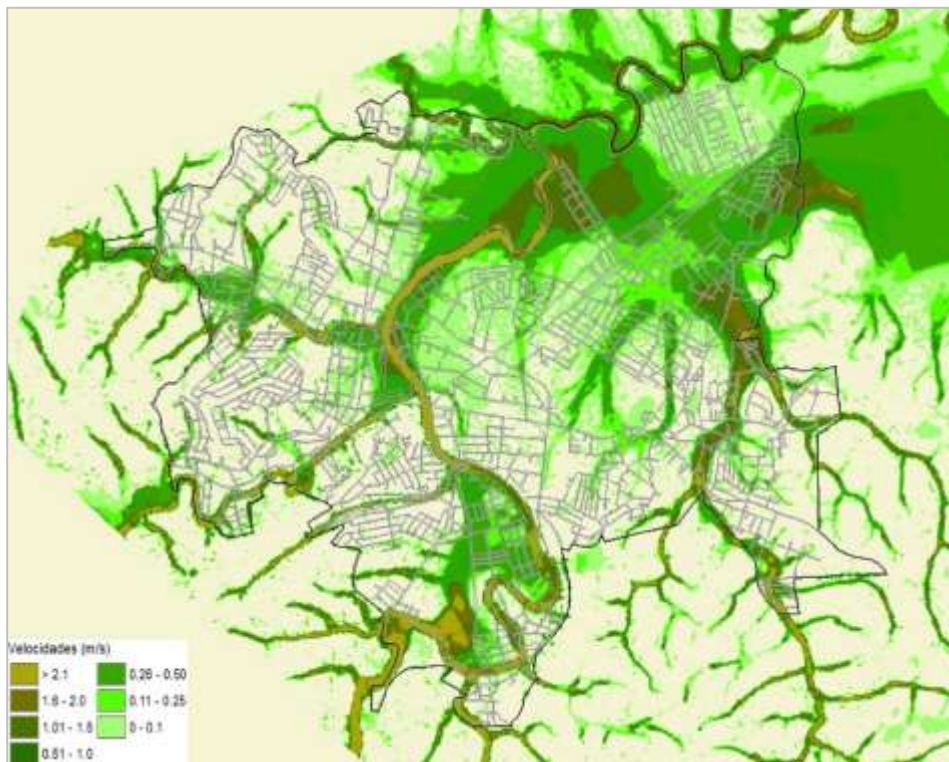


Figura 5.18. Mapa de velocidades máximas para un Tr de 10 años.

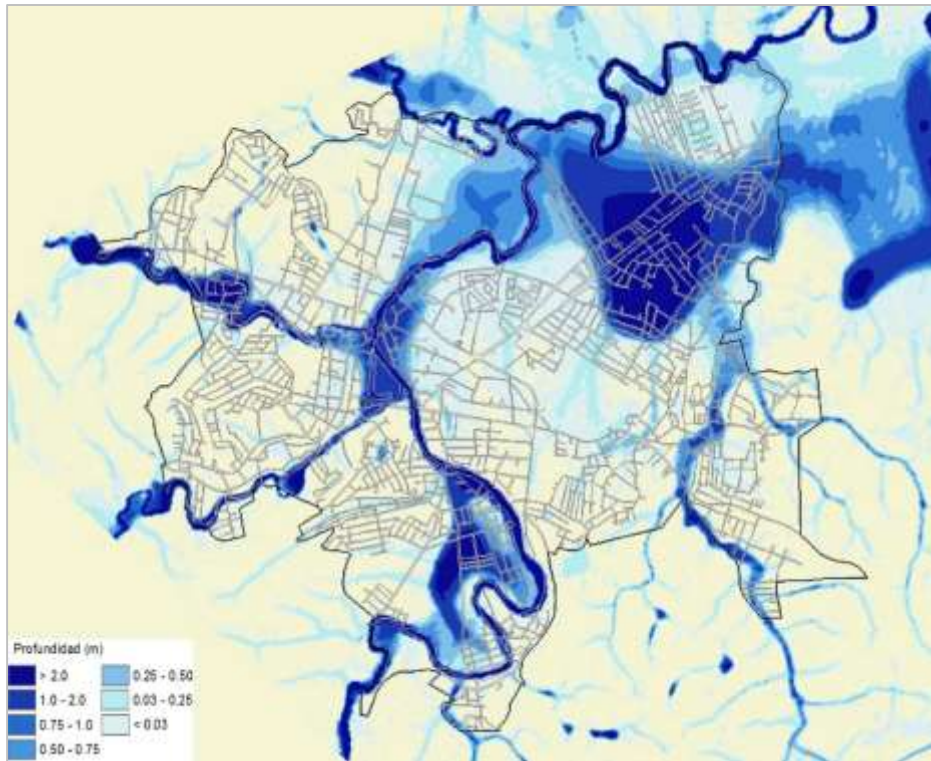


Figura 5.19. Mapa de tirantes máximos para un Tr de 50 años.

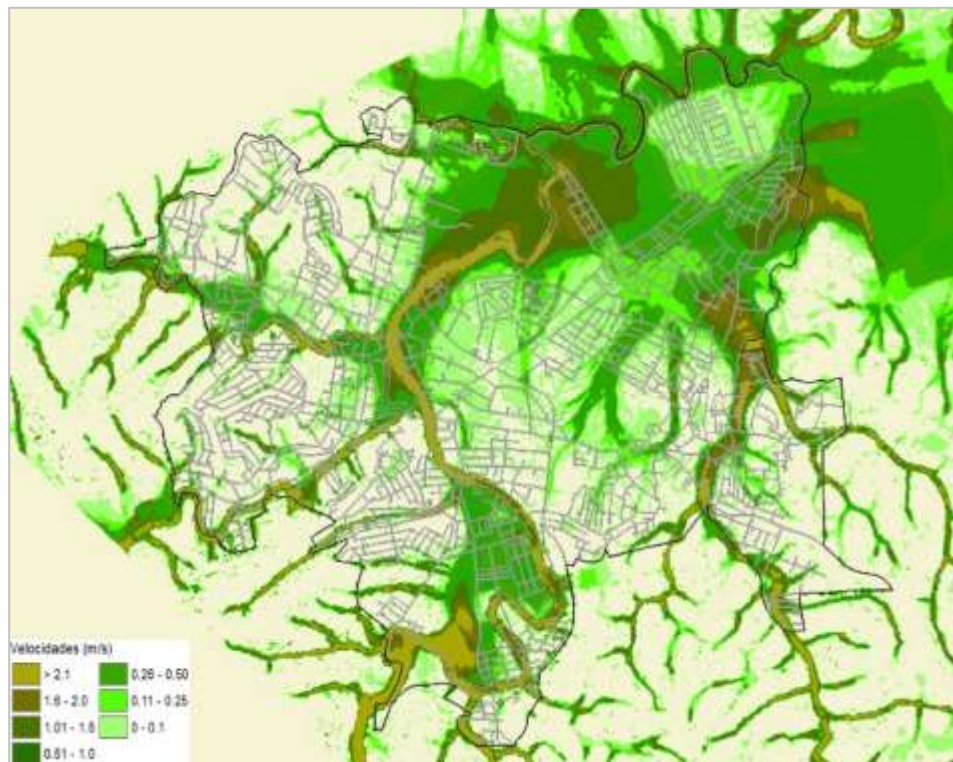


Figura 5.20. Mapa de velocidades máximas para un Tr de 50 años.

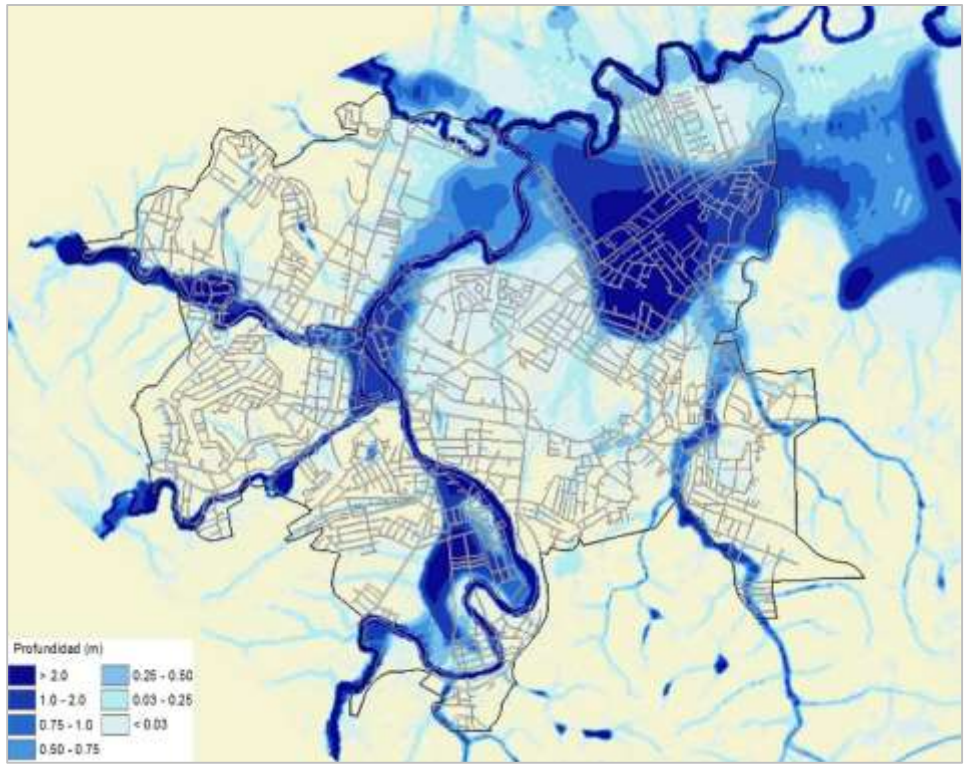


Figura 5.21. Mapa de tirantes máximos para un Tr de 100 años.

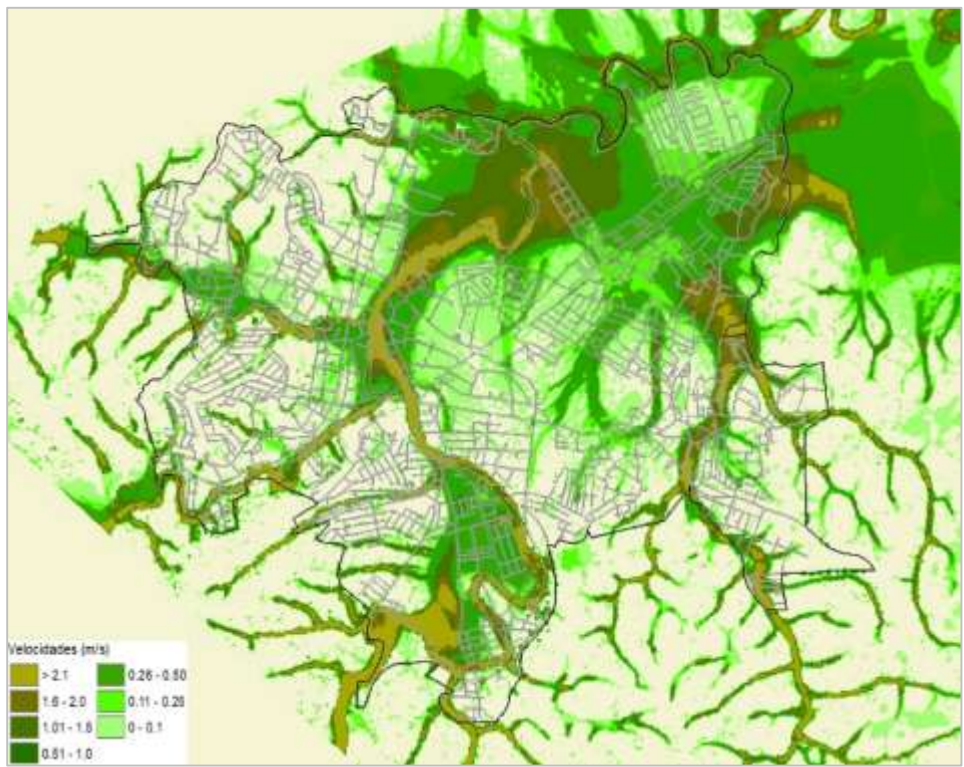


Figura 5.22. Mapa de velocidades máximas para un Tr de 100 años.



## 5.5 Estimación de la severidad

Para definir un grado de severidad en función de la dupla (velocidad, tirante o profundidad) se toma como base el “diagrama de resistencia al vuelco”, mejor conocido como Diagrama de Dorrigo (Paterson, 2007) mostrado en la Figura 5.23. El cual, en función de la velocidad del flujo y del tirante alcanzado por la inundación, permite identificar posibles efectos en cualquier punto de la zona inundada.

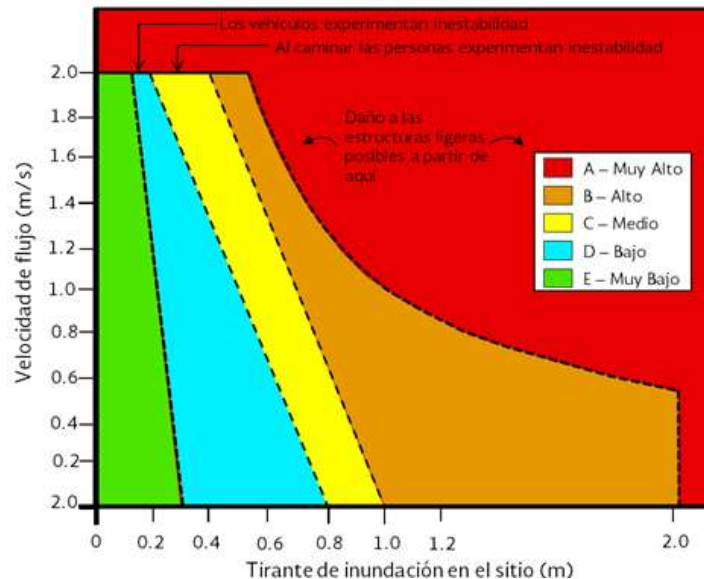


Figura 5.23 Diagrama de Dorrigo.

El Diagrama de Dórrigo presenta un cuadrante coordinado compuesto por la velocidad del flujo ( $v$ ), en el eje de las ordenadas, y el tirante que alcanza la inundación ( $y$ ), en eje de las abscisas, dividido en cinco diferentes regiones, en función de los efectos que pueden llegar a presentarse ante la combinación de las dos variables antes mencionadas, a través de las cuales es posible identificar algunos de los efectos generados por una inundación y, de esa manera, clasificar toda el área inundada en función de la combinación ( $y, v$ ).

Cada región se identifica a través de una letra, de la A a la E, y la “severidad de la inundación” se clasifica a través de un código de colores: el rojo corresponde a severidad muy alta, mientras que el verde a la severidad muy baja. En la Figura 5.24, se observa el criterio adoptado para clasificar la severidad ante una inundación.

Índices de severidad		<i>Letra</i>	<i>Índice</i>	<i>Color</i>
<span style="color: red;">■</span>	Muy alto	<i>A</i>	Muy Alto	Rojo
<span style="color: orange;">■</span>	Alto	<i>B</i>	Alto	Naranja
<span style="color: yellow;">■</span>	Medio	<i>C</i>	Medio	Amarillo
<span style="color: blue;">■</span>	Bajo	<i>D</i>	Bajo	Azul
<span style="color: green;">■</span>	Muy bajo	<i>E</i>	Muy Bajo	Verde

Figura 5.24 Código de colores para elaborar mapas de severidades

El mapa de severidad permite que toda la zona afectada por la inundación sea clasificada en función de los efectos generados por la combinación del tirante y la velocidad estimados a través de la modelación hidráulica. Puede ser útil para restringir aquellas zonas

que no deben ser utilizadas, o bien, reglamentar los usos del suelo que comprometan menos a la población o a la misma infraestructura, en función de esa severidad.

La elaboración de un mapa de severidad por inundación requiere los resultados de un modelo bidimensional (tirantes y velocidades calculadas en cada celda de la zona modelada). Estas variables se almacenan en archivos raster (matrices de valores de velocidad por un lado y matrices de valores de tirantes por el otro), que se conforman a partir de la extracción del valor de ambas variables en cada celda y para cada tiempo de cálculo de la modelación, es decir:

- a. En la primera iteración se genera un archivo con el valor que resulte de cada variable en la matriz de tirantes y en la matriz de velocidades.
- b. En el paso siguiente se compara el resultado obtenido para las variables tirante y velocidad en toda la zona de análisis, con el valor existente (del primer paso de tiempo) en la matriz de tirantes y en la de velocidades y, en caso de que el nuevo valor sea mayor al existente, se sustituye y se guardan las nuevas matrices de tirantes y velocidades.
- c. Para el resto de los pasos de cálculo, y hasta el final de la simulación, se realiza la misma comparación entre el valor obtenido en cada paso de tiempo y los de las matrices de tirantes y velocidades existentes y cada vez que algún nuevo valor sea mayor a su antecesor, se sustituye.
- d. Al final del proceso, la matriz velocidad y la matriz de tirantes contendrán el valor máximo alcanzado por cada variable en la zona de estudio, es decir, representarán la envolvente de tirantes máximos (Figura 5.13) y la envolvente de velocidades máximas (Figura 5.14) por periodo de retorno.
- e. Por último, el mapa de severidades resulta de identificar la pareja de valores  $(y,v)$  para cada elemento de la matriz y verificar en qué zona del Diagrama de Dórrigo se ubica, procediendo a clasificar cada elemento.

En las Figuras siguientes (2.25 a 5.29) se observan los mapas de severidad para los periodos de retorno analizados. Estos mapas pueden ser útiles para que con base en el grado de severidad identificado en las diferentes zonas que conforman el área de estudio, se definan posibles usos de suelo con el fin de minimizar los daños que puedan presentarse en ellas.

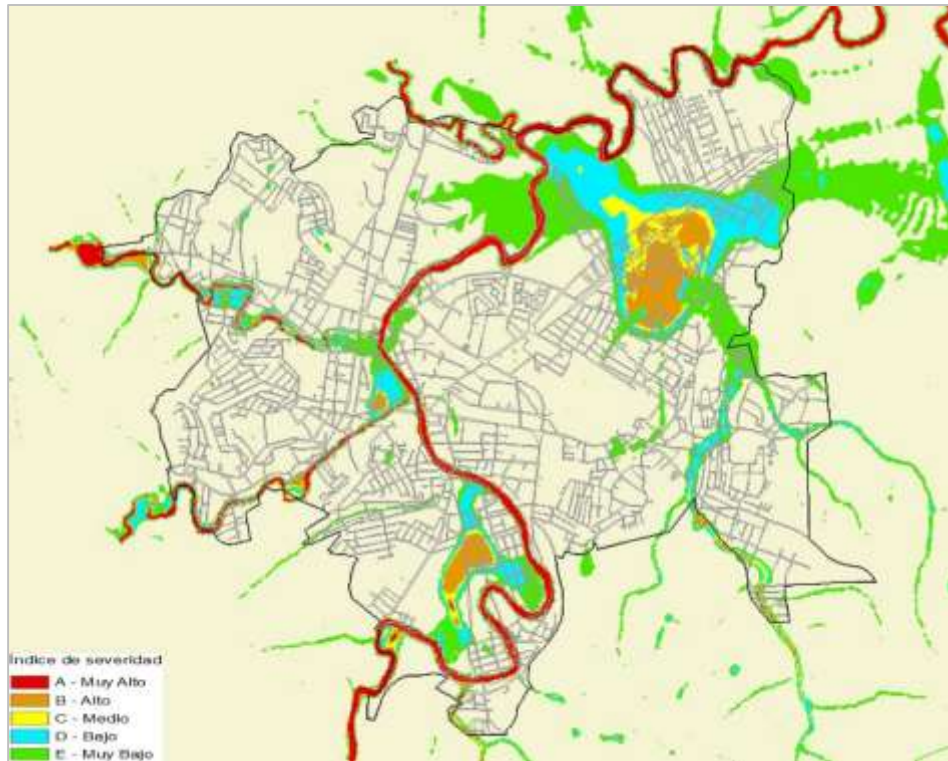


Figura 5.25. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 2 años.

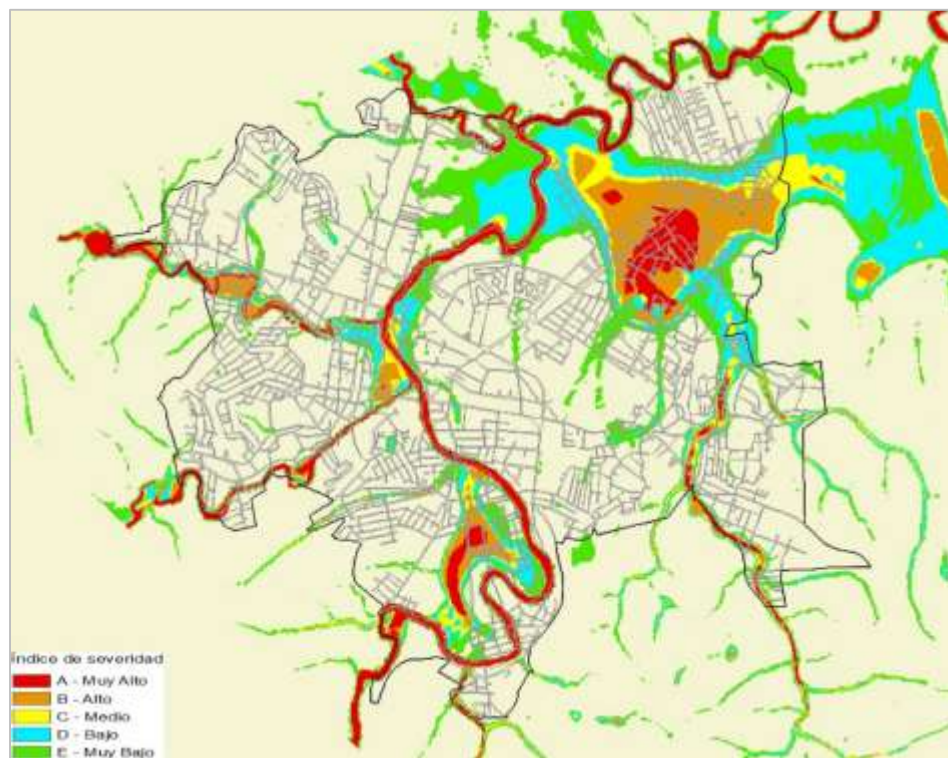


Figura 5.26. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 5 años.

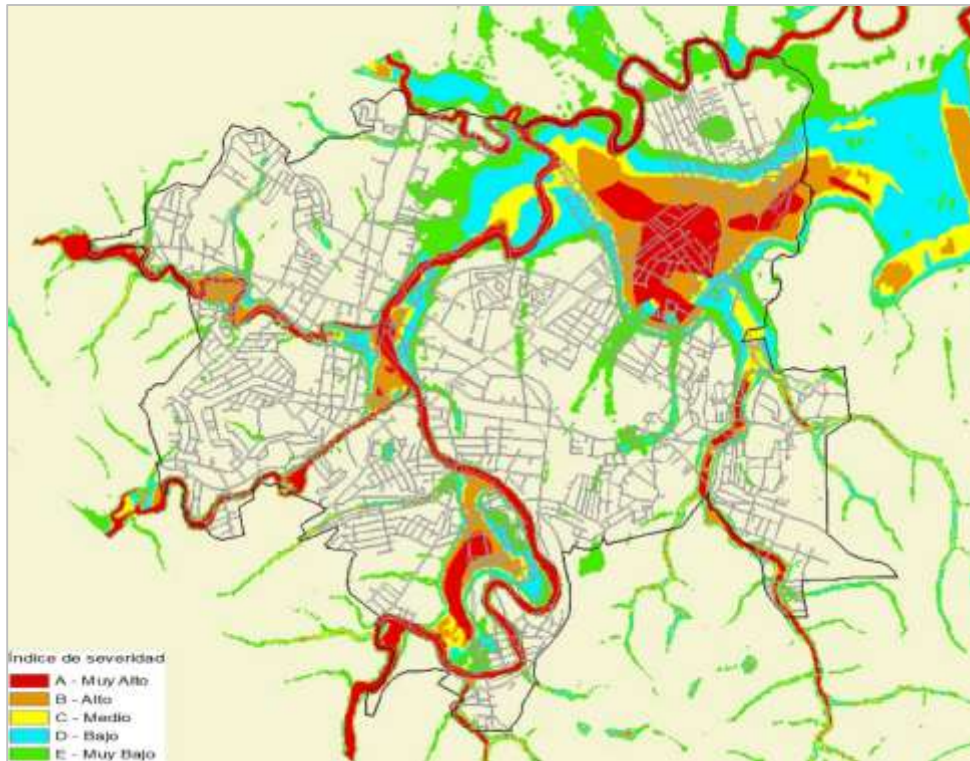


Figura 5.27. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 10 años.

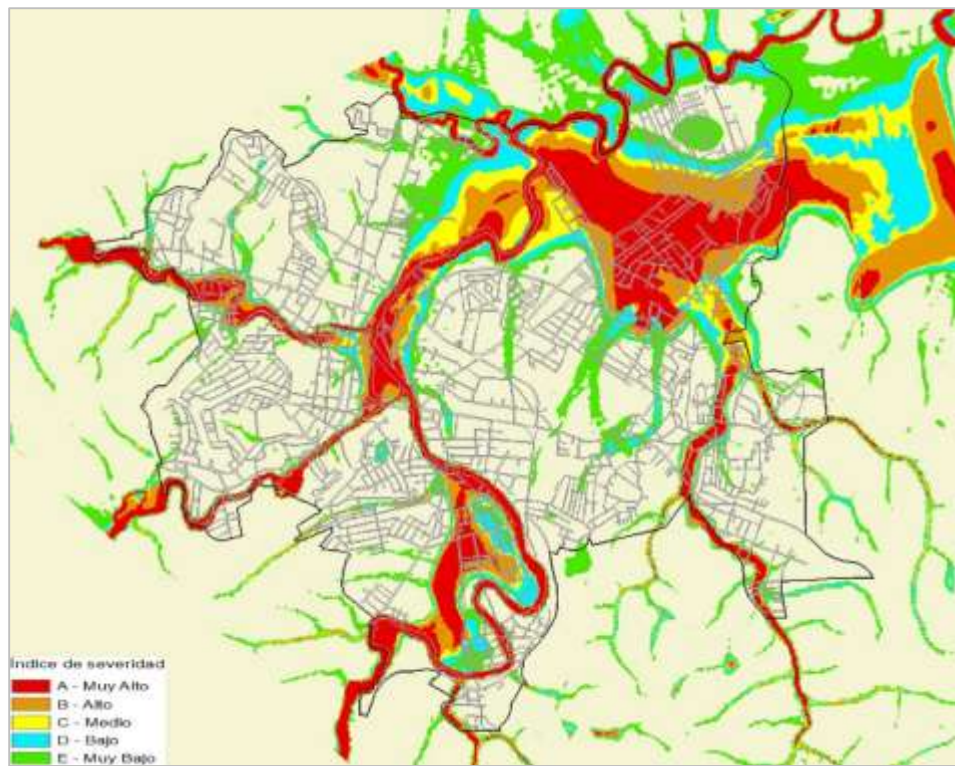


Figura 5.28. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 50 años.

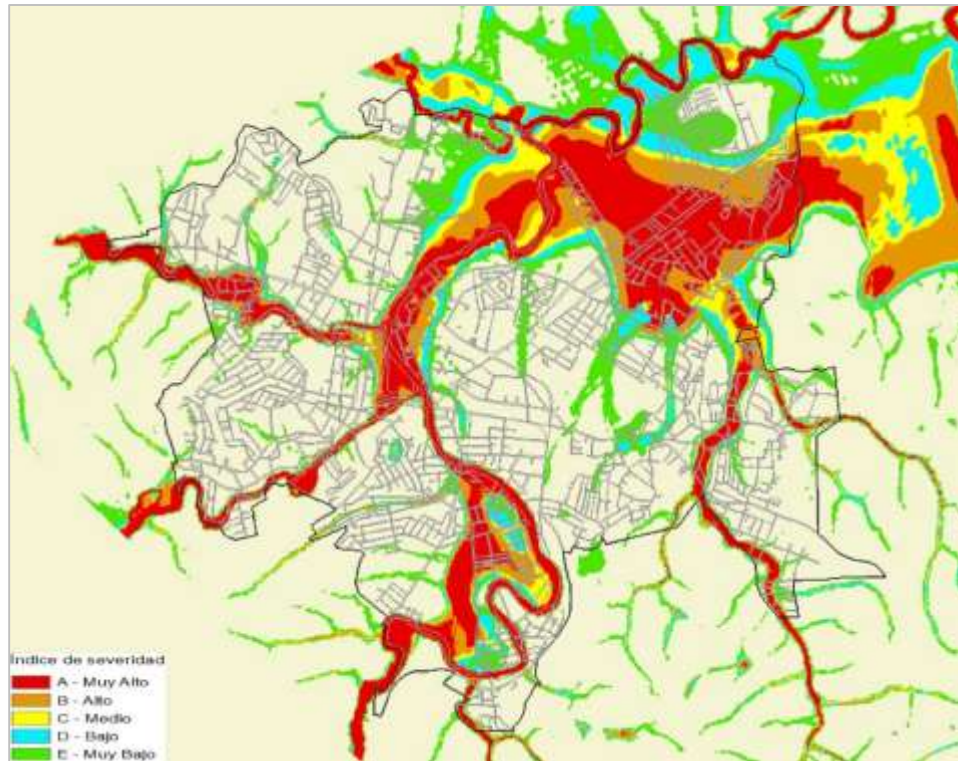


Figura 5.29. Mapa de severidad para un periodo de retorno de 100 años.

## 5.6 Análisis de los resultados

Se obtuvieron hidrogramas y secciones transversales en tres puntos, Figura 5.30, con el fin de verificar valores razonables de gastos pico y cota de agua. Las secciones 1 y 2 se localizan dentro de la zona urbana y la sección 3 queda afuera de la misma.

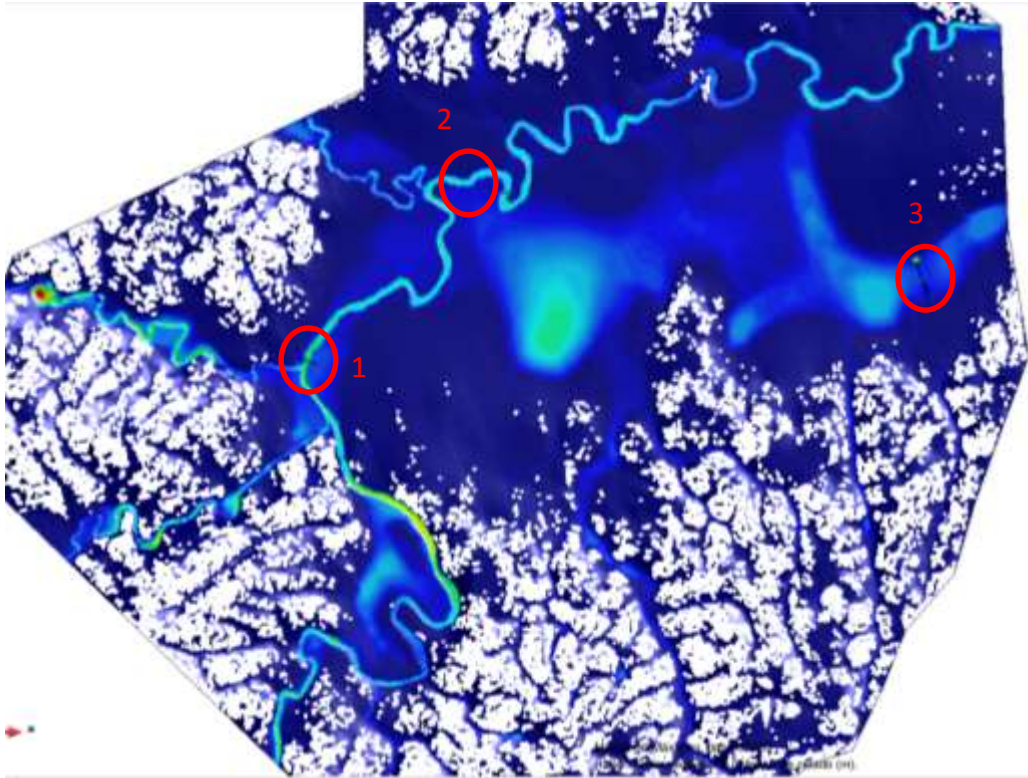


Figura 5.30 Ubicación de secciones para el análisis de resultados.

En la Figura 5.31, analizando las secciones 1 y 2, se observa que para un período de retorno de 5 años el gasto pico que puede presentarse es de alrededor de 334 y 188 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

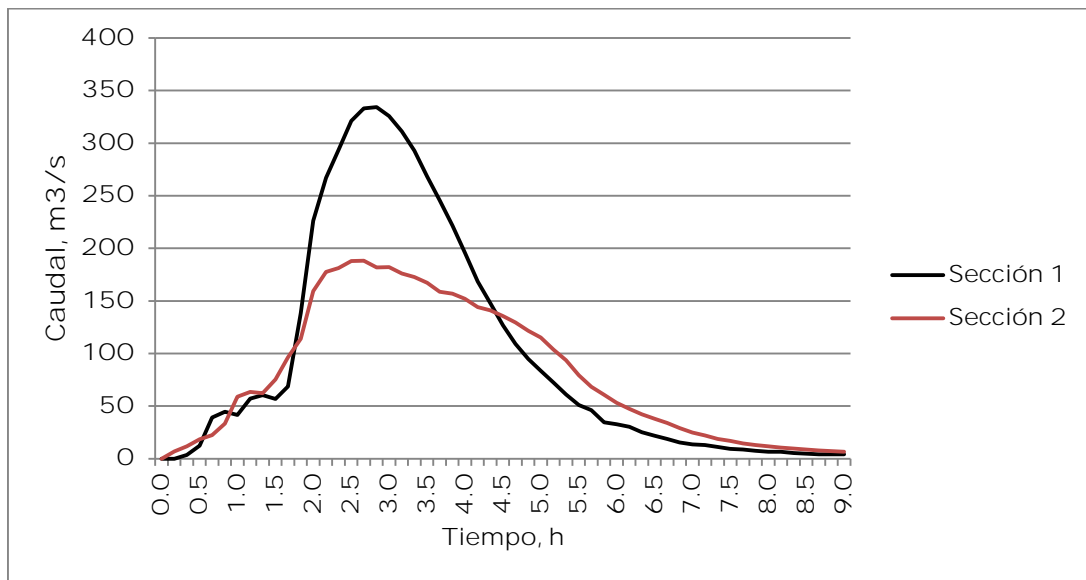


Figura 5.31 Hidrogramas en las secciones 1 y 2 para un periodo de retorno de 5 años.

Con respecto a la cota de agua, considerando la información fuente del CEM y el tamaño de malla en el río (5x5) para ser considerada en la simulación, se observa un incremento de nivel del agua, en la sección 1 alcanza un valor de 24 cm y para la sección 2 la cota llega en promedio a un valor de 45 cm. En la Figura 5.32 se muestra la cota de agua correspondiente a la sección 2.

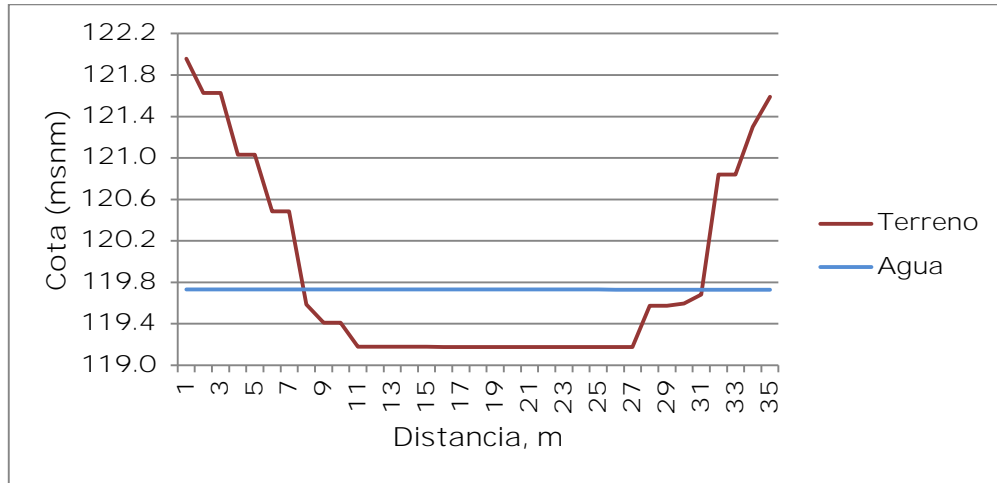


Figura 5.32 Cota de agua en la sección 2 para un periodo de retorno de 5 años.

Analizando las mismas secciones, los resultados para el periodo de retorno de 100 años hay un incremento en el gasto pico como se observa en la Figura 5.33 en el valor en la sección 1 es de 712 m<sup>3</sup>/s y en la sección 2 de 252 m<sup>3</sup>/s. Con respecto a la cota se alcanza un valor de 24 cm para la sección 1 y 63 cm para la sección 2. En la Figura 5.34 se muestra la cota de agua alcanzada en la sección 2.

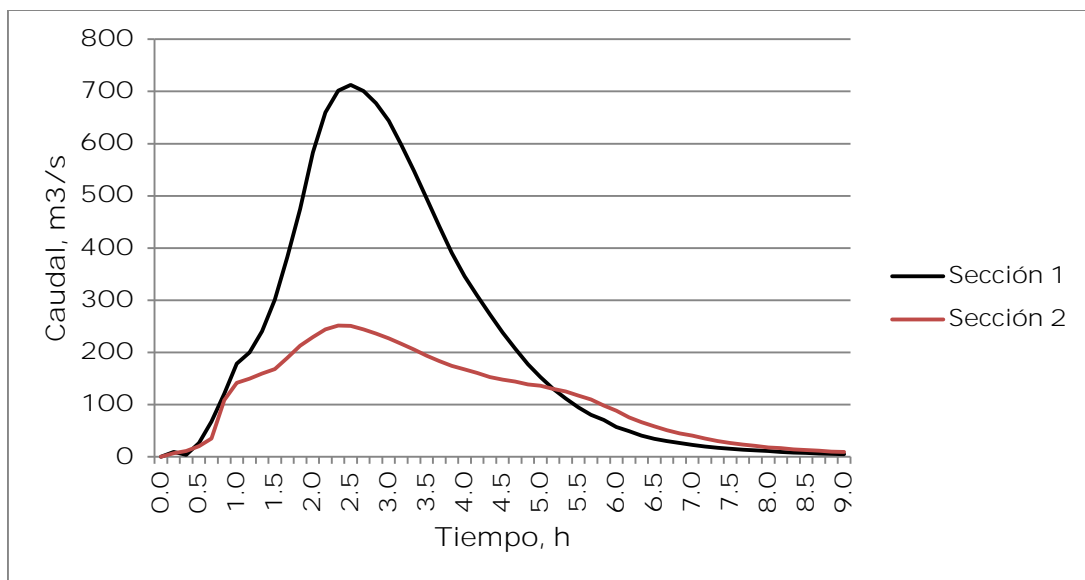


Figura 5.33. Hidrogramas en las secciones 1 y 2 para un periodo de retorno de 100 años.

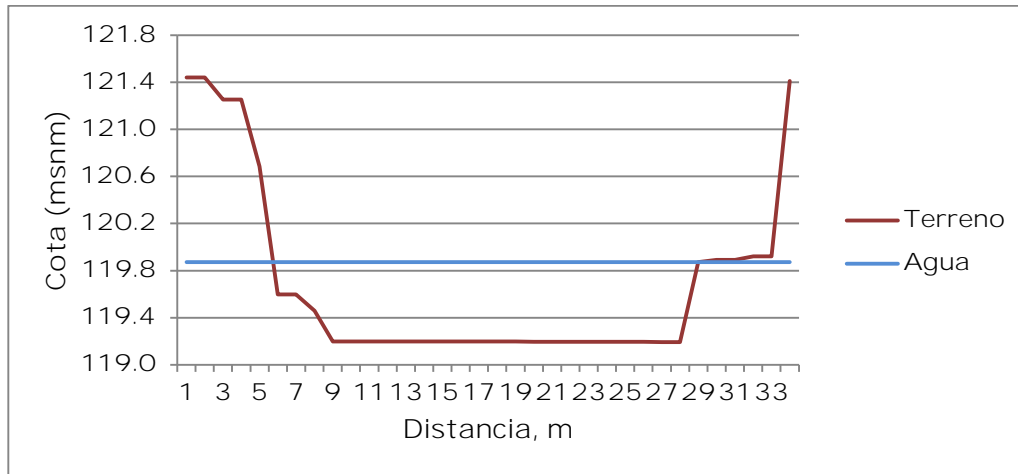


Figura 5.34 Cota de agua en la sección 2 para un periodo de retorno de 100 años

Analizando la zona de inundación, por lo margen derecha del río principal que atraviesa la ciudad, formado por El Zapote, La Lomita y Nuevo México se observan las áreas que en 2009 quedaron anegadas (Valle del Encinal y Los Prados). Para un periodo de retorno de 2 años, las manzanas ubicadas entre las calles Fresnos y Avenida de las Flores alcanzan alturas de agua mayores a un metro, Figura 5.13; asimismo en el mapa de severidad para el mismo periodo de retorno el área de las manzanas mencionadas y sus alrededores muestran severidad Alta, Figura 5.25. A partir del periodo de retorno de 10 años las mismas manzanas presentan severidad Muy Alta, Figura 5.27.

Por otro lado, analizando la margen izquierda del río principal que atraviesa la ciudad, se observan las áreas que en 2010 se inundaron completamente, las manzanas aledañas a la Avenida México y la calle Sonora. Por otro lado, se observa en la zona comprendida entre las calles General Azuara y Sonora entradas de escurrimiento considerables que provocan alturas de agua menores a 25 cm en las áreas aledañas a la calle Sonora y se van incrementando hacia la calle General Azuara alcanzando valores hasta de 1.5 m para un periodo de retorno de 2 años. Con respecto al nivel de severidad para un periodo de retorno de 10 años las manzanas aledañas a la margen del río, entre General Azuara y Sonora, es Alto, Figura 5.27.

En la Figura 5.35 se muestra a detalle las alturas máximas de agua para un periodo de retorno de 100 años en el área localizada entre las calles Sonora y General Azuara con valores mayores a 1.0 m en las áreas aledañas a la margen izquierda del río.



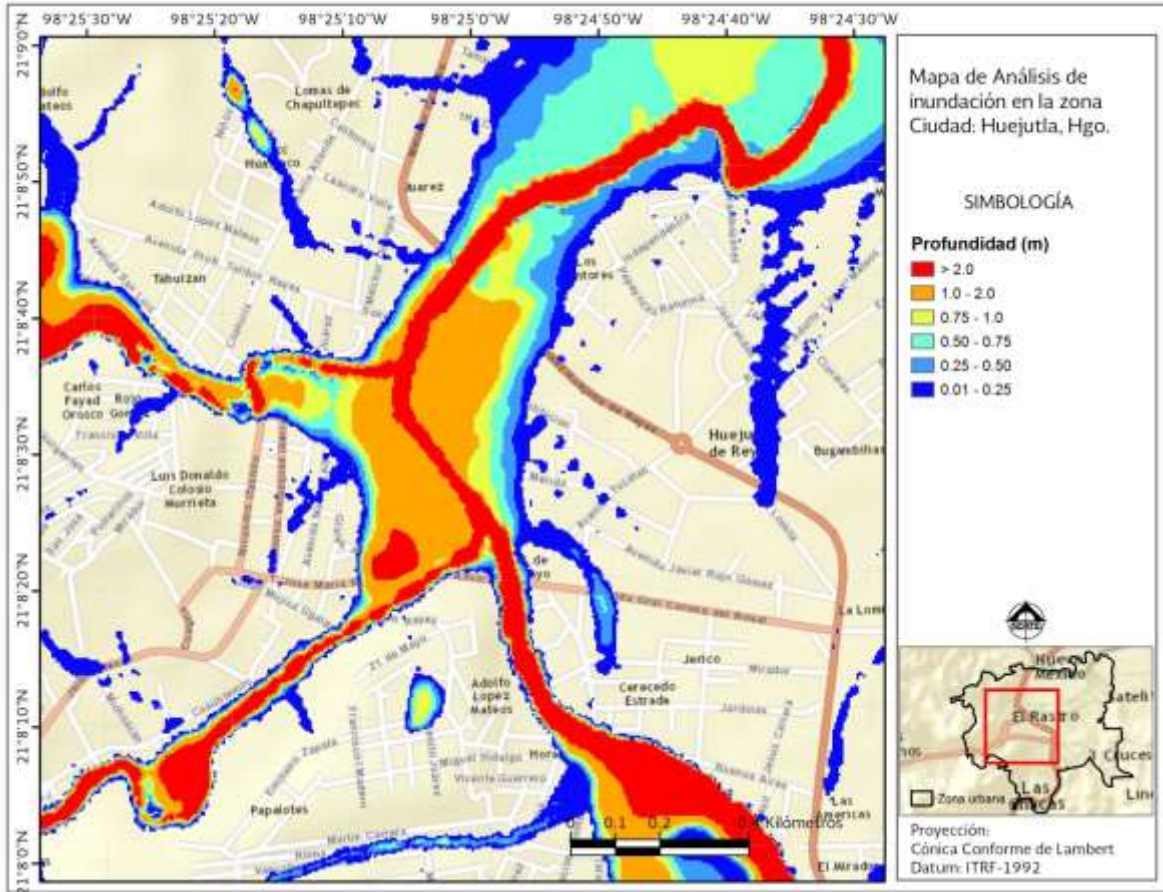


Figura 5.35 Mapa de tirantes máximos para un período de retorno de 100 años.

## 6. Recomendaciones generales de medidas estructurales y no estructurales

Como medidas estructurales se sugiere la limpieza y ampliación de cauces, así como reforzamiento de taludes.

Las medidas no estructurales (MNS) engloban todas aquellas acciones que tienen relación con políticas, concientización, desarrollo del conocimiento, reglas de operación, mecanismos de participación pública e información a la población con el fin de reducir el riesgo existente y los impactos derivados de la inundación, así como la vulnerabilidad de la población en riesgo a partir del planeamiento y la gestión llevados a cabo antes, durante y después de la catástrofe, todo esto al menor costo.

Las medidas no estructurales cubren todas las intervenciones que no pertenecen a obras estructurales, como se mencionó anteriormente. Por ellos se recomienda poner en práctica o en su caso, fortalecer las acciones siguientes:

- Monitoreo y vigilancia de variables hidrometeorológicas,
- Pronóstico de avenidas y sistemas de alerta temprana,
- Medidas de protección civil (programas o acciones gubernamentales),
- Medidas para propiciar la participación social en la formación de una cultura de prevención contra inundaciones,
- Promover el aseguramiento frente a inundaciones sobre personas y bienes,
- Medidas para mejorar la gestión de crecidas.

Debido a que es difícil estimar los beneficios en términos económicos que se obtendrían de una MNS, la decisión de su selección no es fácil. Ante esta situación se muestra una figura que resulta de gran utilidad para orientar la toma de decisiones, la Figura 6.4. Dicha figura muestra la relación costo-beneficio en el eje vertical y se observa que las medidas ubicadas en la parte baja de la figura tienen los beneficios más altos en relación al costo y aquellas en la parte alta tienen los beneficios más bajos. La relación costo-beneficio es solamente un factor importante en la toma de decisiones, pero otro factor importante es la robustez de las medidas de adaptación a las incertidumbres acerca del clima futuro, y esto es mostrado en el eje horizontal de la figura. La robustez mide el grado para el cual los beneficios varían considerando un cambio futuro y su unidad de medida es conocida como “remordimiento”, ya que la incertidumbre puede llevar a la indecisión, ésta cuantifica la diferencia en desempeño de una estrategia comparada con el mejor desempeño de la estrategia a lo largo de un rango de posibles escenarios de clima futuro. Por ejemplo, en el lado izquierdo de la figura se encuentran las opciones “sin-remordimiento” (robustez alta) tales como sistemas de alerta, mejoramiento de la educación y atención a la salud las cuales tienen beneficios fuertes para cualquier variación de clima. En el lado derecho están las opciones de “alto-remordimiento” (robustez baja) tales como mantenimiento y modernización de sistemas de drenaje y obras de control (Ranger y Garbet-Sheils, 2011).

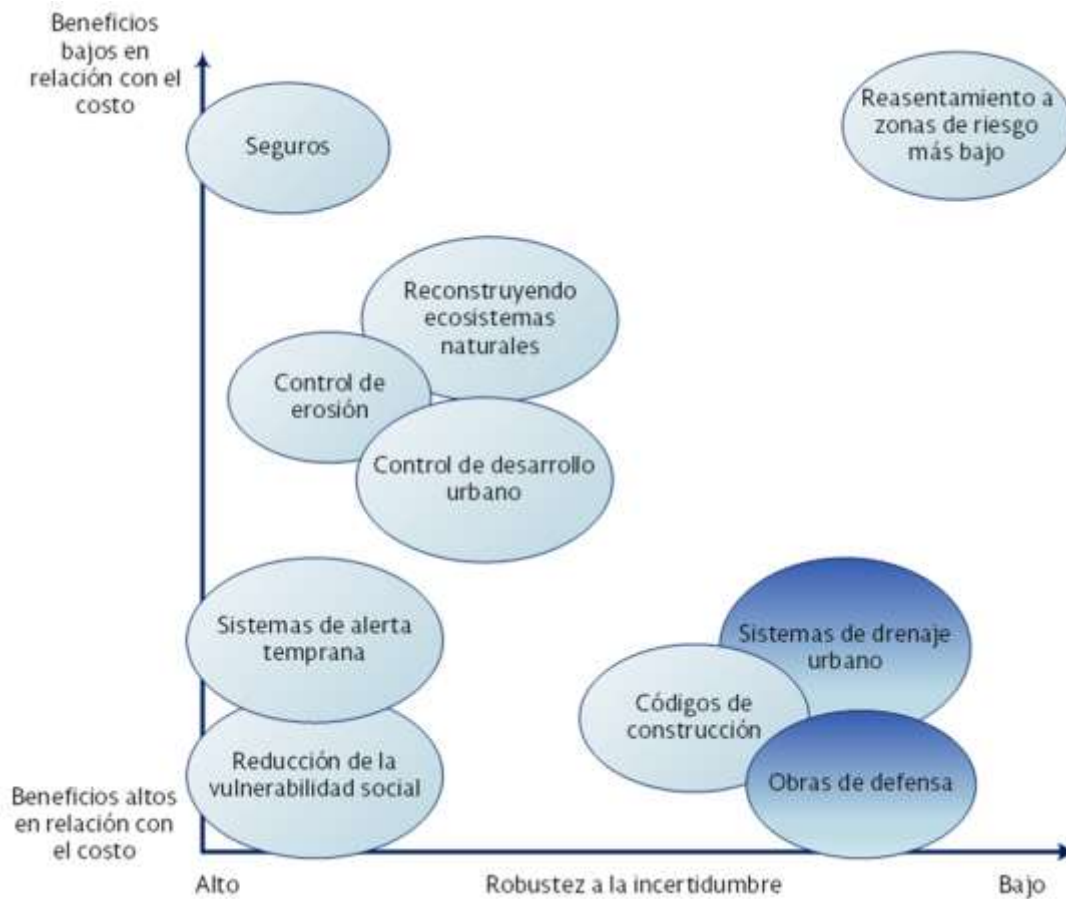


Figura 6.1 Relación costo-beneficio de opciones de gestión de inundaciones.

Una medida no estructural que resulta de alto beneficio y bajo costo es reducir la vulnerabilidad social que consiste en comunicar a la población el riesgo existente de inundaciones cuando se vive cerca de un cauce o en zonas de planicie, a través de programas de capacitación dirigidos a dos grupos de población: uno que incluye a la población con marginación alta y el otro considerando marginación media y baja. Además se debe implementar un protocolo de comunicación para alertar a la población sobre la amenaza (inundación) a través del uso de medios de comunicación (prensa, radio y televisión).

## 7. Esquema de seguimiento de la ejecución del programa

Basado en el Programa de Prevención Contra Contingencias Hidráulicas para el Organismo de Cuenca Golfo Norte (1ra. Versión) a continuación se presenta un esquema general en donde las intervenciones reductoras del riesgo de inundación (Medidas no estructurales y estructurales) quedan ubicadas dentro de todo el proceso participativo tanto institucional como de la sociedad, para evitar que sean acciones aisladas dentro de la gestión del riesgo, Figura 9.1.

Por otro lado, debido a la poca experiencia que se tiene sobre la implementación de medidas no estructurales se propone un esquema de seguimiento para que su ejecución se encamine al cumplimiento de objetivos programados, Figura 9.2. Asimismo se incluye un diagrama que ilustra el seguimiento a una medida estructural, Figura 9.3, pero para fines prácticos en este tipo de medidas, se puede hacer uso de alguna herramienta existente.

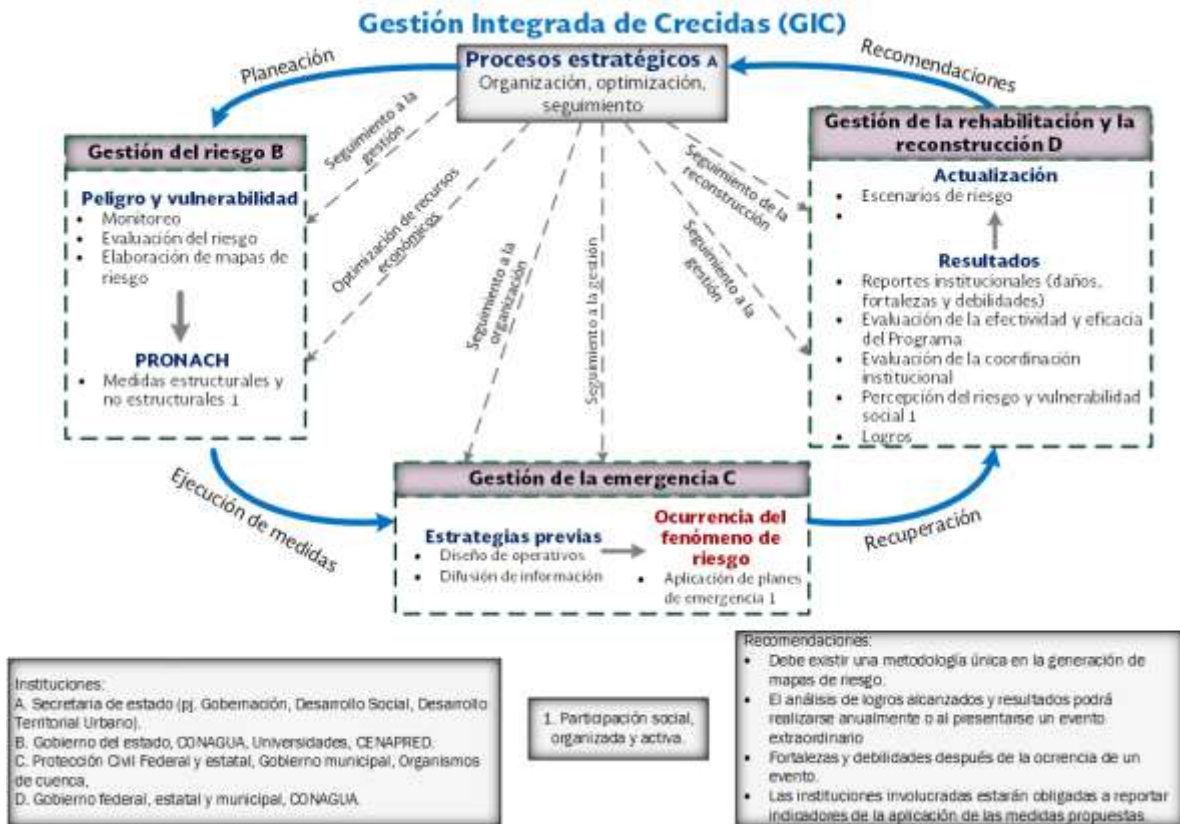


Figura 7.1 Proceso de gestión del riesgo.

## 7.1 Programa de ejecución de medidas no estructurales

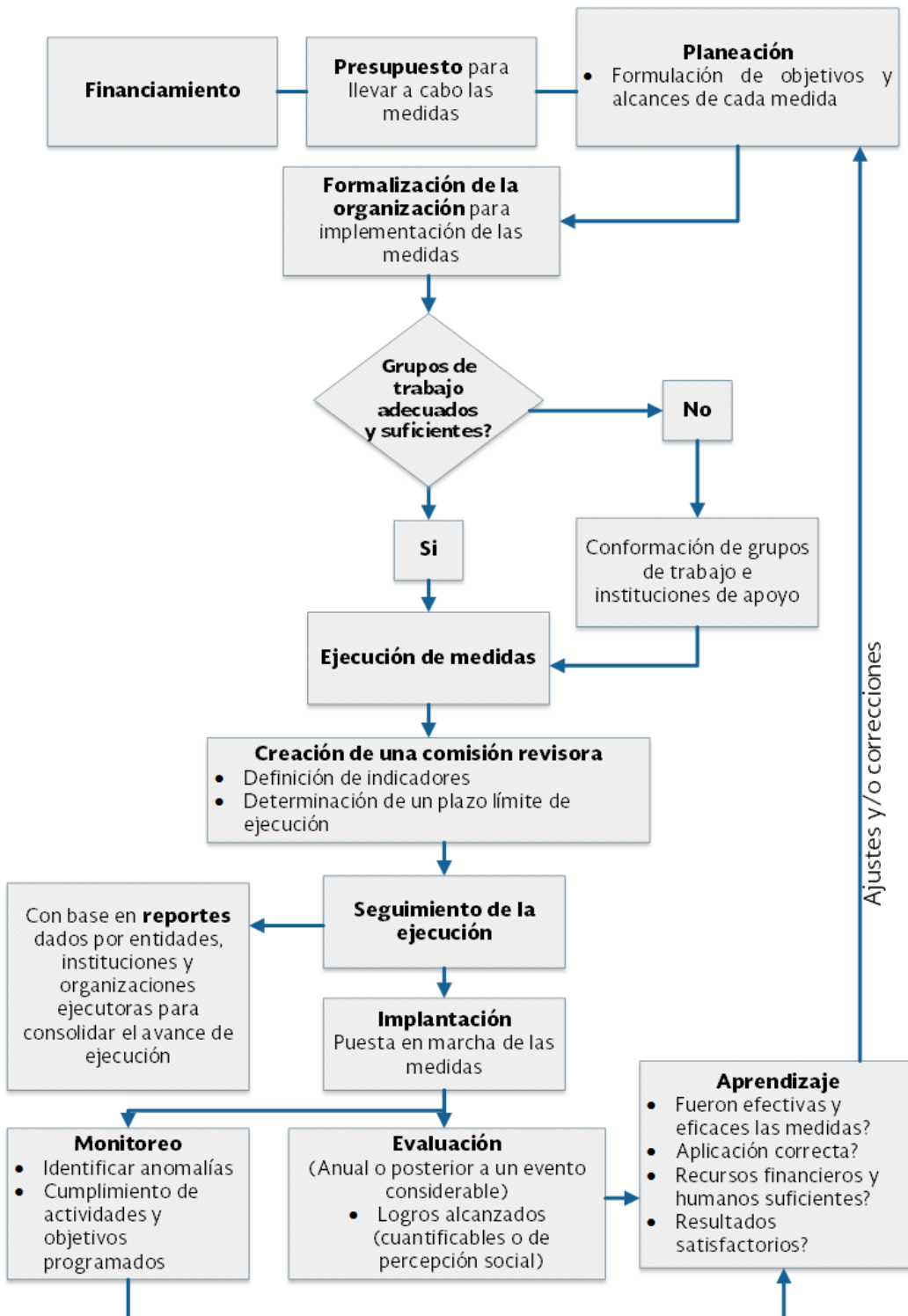


Figura 7.2 Esquema de seguimiento de medidas no estructurales.

## 7.2 Programa de ejecución de medidas estructurales

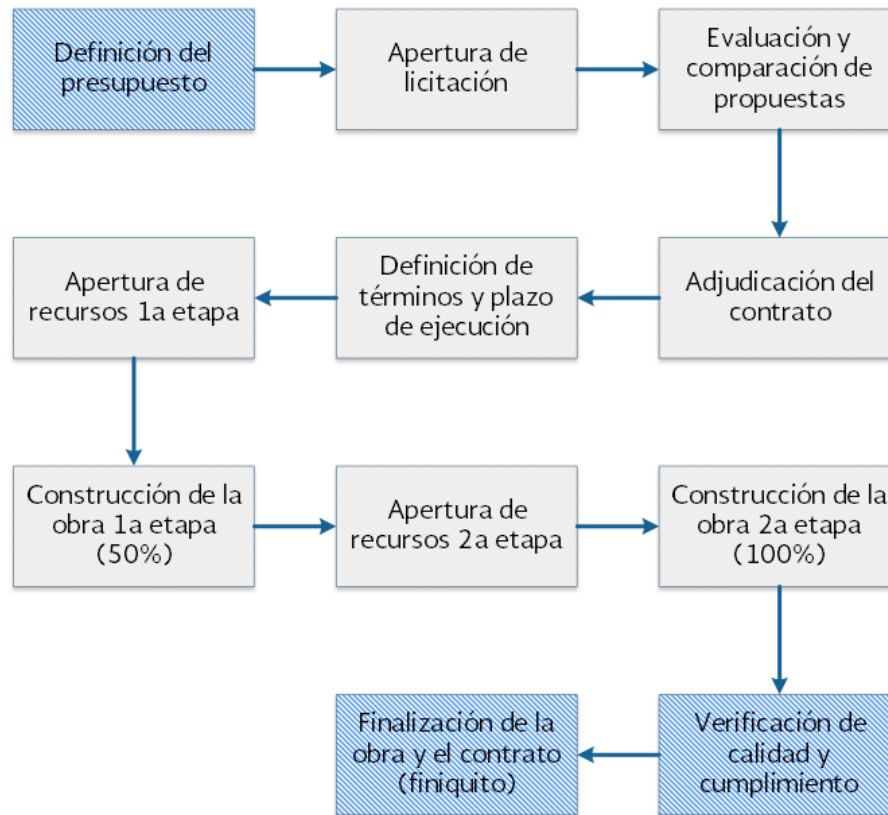


Figura 7.3 Esquema de seguimiento de una medida estructural.

## GLOSARIO

**Alarma.** Señal que anuncia peligro (1).

**Alerta.** Se avisa de que se aproxima un peligro, pero que es menos inminente que lo que implicaría un mensaje de advertencia. Ver "advertencia" (1).

**Alerta temprana (sin. aviso temprano).** Provisión de información oportuna y eficaz de instituciones y actores claves, que permita a individuos expuestos a una amenaza la toma de decisiones a fin de evitar o reducir su riesgo y prepararse para una respuesta efectiva (2).

**Amenaza (sin. peligro).** Peligro latente que representa la posible manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico, que se anticipa, puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios. Es un factor de riesgo externo a un elemento o grupo de elementos sociales expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un fenómeno o evento se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un período de tiempo definido (2).

**Auxilio.** Asistencia y/o intervención durante o después del desastre, para lograr la preservación de la vida y las necesidades básicas de subsistencia. Puede ser de emergencia o de duración prolongada (1).

**Avenida (sin. crecida).** Elevación, generalmente, rápida en el nivel de las aguas de un curso fluvial, hasta un máximo a partir del cual dicho nivel desciende a una velocidad menor (2).

**Caudal.** Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo (1).

**Cambio climático.** Cambio observado en el clima, bajo una escala global, regional o subregional causado por procesos naturales y/o actividad humana (1).

**Ciclón.** Sistema cerrado de circulación a gran escala, dentro de la atmósfera, con presión barométrica baja y fuertes vientos que rotan en dirección contraria a las manecillas del reloj en el hemisferio Norte, y en dirección de las manecillas del reloj en el hemisferio Sur. En el Océano Índico y en el Pacífico del sur se les denomina ciclón; en el Atlántico occidental y Pacífico oriental se les denomina huracán; en el Pacífico occidental se les llama tifón (1).

**Control de crecidas (control de inundaciones).** Manejo de los recursos de agua a través de construcciones de diques, represas, etc. para evitar inundaciones (1).

**Daño.** Efecto adverso o grado de destrucción causado por un evento peligroso de inundación sobre las personas, los bienes, los sistemas de producción y servicios, y en sistemas naturales o sociales (2).

Clasificación de daños

Evaluación y registro de daños a estructuras, instalaciones u objetos de acuerdo a tres (o más) categorías:

1. "Daños severos" que imposibilita el uso posterior para el que estaban destinados, la estructura, instalaciones u objeto.

2. "Daños moderados" o el grado de daños a los miembros principales, que imposibilita el uso efectivo para el que estaban destinados, la estructura, instalaciones u objeto, a menos que se efectúen reparaciones mayores sin llegar a reconstrucciones completas.

3. "Daños ligeros" tales como ventanas rotas, pequeños daños a techos, y paredes, tabiques derrumbados, paredes agrietadas, etc. El daño no es lo suficientemente grande como para imposibilitar el uso de la estructura, instalación u objeto (1).

**Declaración de desastre.** Proclamación oficial de un estado de emergencia después de ocurrida una calamidad a gran escala, con el propósito de activar las medidas tendientes a reducir el impacto del desastre (1).

**Deforestación.** Limpieza o destrucción de un área previamente forestada (1).

**Desastre.** Situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antrópico que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población y en su estructura productiva e infraestructura, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento del país, región, zona o comunidad afectada, las cuales no pueden ser enfrentadas o resueltas de manera autónoma utilizando los recursos disponibles a la unidad social directamente afectada. Estas alteraciones están representadas de forma diversa y diferenciada, entre otras cosas, por la pérdida de vida y salud de la población; la destrucción, pérdida o inutilización total o parcial de bienes de la colectividad y de los individuos, así como daños severos en el ambiente, requiriendo de una respuesta inmediata de las autoridades y de la población para atender a los afectados y reestablecer umbrales aceptables de bienestar y oportunidades de vida (2).

**Dique.** Obra de tierra para retener el flujo de agua dentro de un área específica, a lo largo de su cauce evitando así las inundaciones debidas a mareas u ondas (1).

**Emergencia.** Estado directamente relacionado con la ocurrencia de un fenómeno físico peligroso o por la inminencia del mismo. Que requiere de una reacción inmediata y exige la atención de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general. Cuando es inminente el evento, puede presentarse confusión, desorden, incertidumbre y desorientación entre la población. La fase inmediata después del impacto es caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones mínimas necesarias para la supervivencia y funcionamiento de la unidad social afectada. Constituye una fase o componente de una condición de desastre pero no es, per se, una noción sustitutiva de desastre. Puede haber condiciones de emergencia sin un desastre (2).

**Erosión.** Pérdida o desintegración de suelo y rocas como resultado de la acción del agua, hielo o viento (1).

**Evaluación del riesgo.** Abarca el análisis, evaluación e interpretación de las distintas percepciones de un riesgo y de la tolerancia de la sociedad ante el riesgo como información para tomar decisiones y acciones en el proceso de riesgo de inundaciones. Es el postulado de que el riesgo resulta de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos en un territorio y con frecuencia a grupos o unidades sociales y económicas particulares. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada. Análisis de amenazas y de



vulnerabilidades componen facetas del análisis de riesgo y deben estar articulados con este propósito y no comprender actividades separadas e independientes. Un análisis de vulnerabilidad es imposible sin un análisis de amenazas, y viceversa (2).

**Exposición.** Cuantificación de los receptores que pueden resultar influidos por un fenómeno (inundación), por ejemplo, el número de personas y estructura demográfica, el número y tipo de bienes, etc. (2).

**Gestión del riesgo.** Proceso social complejo, cuyo fin último es la reducción o la previsión y control permanente del riesgo de desastre en la sociedad, en consonancia con, e integrada con el logro de pautas de desarrollo humano económico, ambiental y territorial sostenibles. En principio, admite distintos niveles de intervención que van desde lo global, integral, lo sectorial y lo macro-territorial hasta lo local, lo comunitario y lo familiar. Las distintas formas de intervención corresponden, grosso modo, a las fases del también llamado ciclo de los desastres: la prevención, la mitigación, los preparativos, la respuesta humanitaria, la rehabilitación y la reconstrucción. La gestión de riesgos requiere de la existencia de sistemas o estructuras organizacionales e institucionales que representan los distintos niveles de intervención bajo modalidades de coordinación establecidas y con roles diferenciados acordados, aquellas instancias colectivas de representación social de los diferentes actores e intereses que juegan un papel en la construcción del riesgo y en su reducción, previsión y control (2).

**Gestión integrada de la cuenca hidrológica (sin. gestión integrada de los recursos hídricos).** Un proceso que promueve el desarrollo y la gestión coordinados del agua, los suelos y los recursos conexos, con el fin de maximizar de manera equitativa el bienestar económico y social que de ello se deriva, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (2).

**Humedad del suelo.** Contenido de agua en la porción de tierra que está por encima del nivel freático, incluyendo el vapor de agua presente en los poros del suelo; en algunos casos se refiere estrictamente a la humedad dentro de la zona de las raíces de las plantas (1).

**Inundación.** Aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce. Anegamiento de la tierra por una masa de agua. Anegamiento del agua en zonas que habitualmente están libres de ésta, producto de precipitaciones extremas, desbordamientos de ríos y/o canales, la subida de las mareas por encima del nivel habitual o por olas gigantes «tsunamis», ruptura de presas ó por combinación de varios factores (2).

**Legislación de desastre.** El conjunto de leyes y reglamentos que gobiernan y designan responsabilidades para el manejo de desastres, y que conciernen a las varias fases del desastre (1).

**Llanuras de inundación.** Terreno adyacente y casi al mismo nivel que el cauce principal y que se inunda sólo cuando el caudal excede la capacidad máxima de dicho cauce (2).

**Mapa de riesgos de inundaciones.** Mapa confeccionado según criterios científicos, que indica los elementos de riesgo e informa sobre el grado y la extensión espacial de la inundación (2).

**Medidas estructurales.** Cualquier construcción física concebida para reducir o evitar el posible impacto de eventos peligrosos, ellas, incluyen obras de ingeniería y construcción de estructuras hidráulicas e infraestructuras resistentes a las inundaciones (2).

**Medidas no estructurales.** Acciones concebidas para reducir o evitar el posible impacto de fenómenos peligrosos, se encaminan a través del ordenamiento físico de los asentamientos humanos, la planificación de proyectos de inversión de carácter industrial, agrícola o de infraestructura, la educación y el trabajo con comunidades expuestas. Estas medidas son de especial importancia para que, en combinación con las medidas estructurales, se pueda reducir el riesgo de una manera efectiva y equilibrada. Las medidas no estructurales pueden ser activas o pasivas. Las medidas no estructurales activas son aquellas en las cuales se promueve la interacción directa con las personas y destacan: la organización para la atención de emergencias, el desarrollo y fortalecimiento institucional, la educación formal y capacitación, la información pública y campañas de difusión así como la participación comunitaria y la gestión a nivel local. Las medidas no estructurales pasivas son aquellas más directamente relacionadas con la legislación y la planificación. (2).

**Mitigación (sin. reducción, atenuación).** Ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo existente. Las medidas de intervención pueden ser estructurales y no-estructurales. La mitigación asume que en muchas circunstancias no es posible, ni factible controlar totalmente el riesgo existente; es decir, que en muchos casos no es posible impedir o evitar totalmente los daños y sus consecuencias, sino más bien reducirlos a niveles aceptables y factibles. La mitigación puede operar en el contexto de la reducción o eliminación del riesgo existente, o aceptar este riesgo y, a través de preparativos, los sistemas de alerta, etc., buscar disminuir las pérdidas y daños que ocurrirían con la incidencia de un fenómeno peligroso (2).

**Monitoreo (sin. vigilancia).** Sistema que permite la observación, medición y evaluación continua del progreso de un proceso o fenómeno a la vista, para tomar medidas correctivas (1).

**Nivel de alarma de crecida (Alarma de nivel de inundación).** Nivel de agua que se considera peligroso y en el cual deberían iniciarse las advertencias (1).

**Ordenamiento territorial (sin. planificación del uso de la tierra).** Rama de la planificación física y socioeconómica que determina los medios y evalúa el potencial o limitaciones de varias opciones de uso del suelo, con los correspondientes efectos en diferentes segmentos de la población o comunidad, cuyos intereses han sido considerados en la toma de decisiones. Es la asignación planificada y regulada de determinado uso del suelo, ya sea urbano, rural, área natural, etc. El ordenamiento territorial tiene en cuenta el uso actual y futuro del suelo, así como, el interés colectivo para asignar los diferentes “usos del suelo” (2).

**Percepción del riesgo.** Percepción de un riesgo por parte de una persona o grupo de personas; refleja los valores culturales y personales, así como la experiencia por eventos pasados de desastre (2).

**Período de retorno (sin. período de recurrencia).** Intervalo medio de tiempo a largo plazo, o número de años al cabo de los cuales se igualará o superará un suceso, por ejemplo: la precipitación máxima en 24 horas o el caudal máximo de avenida (2).

**Plan de emergencias.** Definición de responsabilidades y procedimientos generales de reacción y alerta institucional, inventario de recursos, coordinación de actividades operativas y simulación para la capacitación, con el fin de salvaguardar la vida, proteger

los bienes y recordar la normalidad de la sociedad tan pronto como sea posible después de que se presente el fenómeno peligroso (2).

**Presa.** Barrera a través de un río, provista de compuertas u otros mecanismos de control, para controlar el nivel de agua de superficie que se encuentra aguas arriba, para regular el flujo o para derivar reservas de agua dentro de un canal (1).

**Precipitación sobre una zona.** Precipitación media que ha caído sobre un área específica (1).

**Preparación.** Actividades diseñadas para minimizar pérdidas de vida y daños, para organizar el traslado temporal de personas y propiedades de un lugar amenazado y facilitarles durante un tiempo rescate, socorro y rehabilitación. Ver también "prevención" (1).

**Prevención.** Actividades diseñadas para proveer protección permanente de un desastre. Incluye ingeniería y otras medidas de protección física, así como medidas legislativas para el control del uso de la tierra y la ordenación urbana (1).

**Probabilidad de excedencia.** Probabilidad de que una magnitud dada de un evento sea igual o excedida (1).

**Protección civil.** Sistema de medidas, usualmente ejecutadas por una agencia del gobierno, para proteger a la población civil en tiempo de guerra, responder a desastres y prevenir y mitigar las consecuencias de un desastre mayor en tiempos de paz. El término Defensa civil se usa cada vez más en estos días (1).

**Población en riesgo.** Una población bien definida cuyas vidas, propiedades y fuentes de trabajo se encuentran amenazadas por peligros dados. Se utiliza como un denominador (1).

**Pronóstico (sin. predicción).** Determinación de la probabilidad de que un fenómeno físico se manifieste con base en: en el estudio de su mecanismo generador, la observación del sistema perturbador y/o registros de eventos en el tiempo. En el caso de las inundaciones corresponde a la previsión del nivel, caudal tiempo de ocurrencia y duración de la avenida, especialmente de su caudal máximo en un punto determinado, producida por precipitación sobre la cuenca (2).

**Reconstrucción.** Acciones tomadas para restablecer una comunidad después de un periodo de rehabilitación, subsecuente a un desastre. Las acciones incluirían construcción de viviendas permanentes, restauración total de todos los servicios y reanudar por completo el estado de pre-desastre (1).

**Refugio (sin. Albergue).** Requerimientos de protección física para las víctimas de un desastre, que no tienen la posibilidad de acceso a facilidades de habitación normales. Se cumplen las necesidades inmediatas de post-desastre, mediante el uso de carpas. Se pueden incluir otras alternativas como el uso de casas de polipropileno, domos geodésicos y otros tipos similares de vivienda temporal (1).

**Rehabilitación.** Operaciones y decisiones tomadas después de un desastre con el objeto de restaurar una comunidad golpeada, y devolverle sus condiciones de vida, fomentando y facilitando los ajustes necesarios para el cambio causado por el desastre (1).

**Reubicación.** Acciones necesarias para la instalación permanente de personas afectadas por un desastre, a un área diferente a su anterior lugar de vivienda (1).

**Remanso.** Aumento en el nivel de agua de un río, debido al taponamiento natural o artificial de éste (1).

**Resiliencia.** Capacidad de un ecosistema, sociedad o comunidad de absorber un impacto negativo o de recuperarse una vez haya sido afectada por un fenómeno físico. Para una sociedad o comunidad está determinada por la capacidad de autoorganización para mejorar sus capacidades, de aprender de los desastres pasados a fin de protegerse menos en el futuro y de mejorar las medidas de reducción de riesgos (2).

**Respuesta.** Provisión de ayuda o intervención durante o inmediatamente después de un desastre, que tiende a preservar la vida y cubrir las necesidades básicas de subsistencia de la población afectada. Cubre un ámbito temporal inmediato, a corto plazo, o prolongado (2).

**Riesgo.** Cálculo matemático de pérdidas (de vidas, personas heridas, propiedad dañada y actividad económica detenida) durante un periodo de referencia en una región dada para un peligro en particular. Riesgo es el producto de la amenaza y la vulnerabilidad (1).

**Seguro contra desastres.** Pólizas de seguros patrocinadas por entidades privadas o del gobierno para la protección contra pérdidas económicas que resulten de un desastre (1).

**Simulacro.** Ejercicio para toma de decisiones y adiestramiento en desastres dentro de una comunidad amenazada, con el fin de representar situaciones de desastre para promover una coordinación más efectiva de respuesta, por parte de autoridades pertinentes y de la población (1).

**Vulnerabilidad.** Factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio-natural o antrópico. Representa también las condiciones que imposibilitan o dificultan la recuperación autónoma posterior (2).

**Zonificación.** Por lo general indica la subdivisión de un área geográfica, país, región, etc. en sectores homogéneos con respecto a ciertos criterios, como por ejemplo, la intensidad de la amenaza, el grado de riesgo, requisitos en materia de protección contra una amenaza dada (1).

Nota: **Sin.** Significa sinónimo.

(1) Department of Humanitarian Affairs (DHA) (1992). Internationally agreed glossary of basic terms related to Disaster Management. United Nations.

(2) González T. M. E. (2008), Tesis doctoral. Un modelo integral para la valoración del riesgo de inundación en centros urbanos y/o suburbanos. Enfoque metodológico utilizando indicadores Caso: Pueblo Viejo, Veracruz, México. Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Geografía.

## REFERENCIAS

Baró-Suárez, J. E., Díaz-Delgado, C., Calderón-Aragón, G., Cadena-Vargas, E. y Esteller-Alberich, M.V., 2011. Costo más probable de daños por inundación en zonas habitacionales de México. Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería Hidráulica en México, volumen II, núm. 3, julio-septiembre de 2011, pp. 201-218.

Beven, K.J. and Kirkby, M.J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. Hydrol. Sci. Bull. Vol. 24, no. 1, 1979, pp. 43-69.

Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, M.E., Dolz, J., Coll, A. (2014). "Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos". Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, Vol.30(1) pp.1-10

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2014. Programa Nacional de Prevención Contra Contingencias Hidráulicas. 13 Organismos de Cuenca. Primera Versión.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2011. Manual para el control de inundaciones.

De la Cruz L. F. Presentación de avance de proyecto del Instituto de Ingeniería ante CONAGUA. Septiembre de 2013. Participantes Faustino De la cruz Luna, Laura Vélez Morales, Griselda.

Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250,000. Noviembre (2009). Recuperado el 20 de noviembre de 2015 de: [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/usuarios/doc/dd\\_usyv\\_v1\\_250k.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/usuarios/doc/dd_usyv_v1_250k.pdf)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, ed. (2016). «Censo de población y vivienda 2010». Consultado el 11 de noviembre de 2015 de: [http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=27770](http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=27770)

Meyer V. et al.(2012) Economic evaluation of structural and non-structural flood risk management measures: examples from the Mulde River. Nat Hazards (2012) 62:301-324. DOI 10.1007/s11069-011-9997-z. Received: 21 April 2011 / Accepted: 25 September 2011 / Published online: 14 October 2011\_ Springer Science+Business Media B.V. 2011.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). Guía de prácticas hidrológicas. Volumen I Hidrología. OMM Sexta edición, 2011.

Paterson Consultants Pty Limited, 2007. Dorrigo Flood Study. Final Report. Bellingen Shire Council. December 2007. Consultado en [http://www.bellingen.nsw.gov.au/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47576:dorrigo-flood-study&catid=523&Itemid=1711](http://www.bellingen.nsw.gov.au/index.php?option=com_content&view=article&id=47576:dorrigo-flood-study&catid=523&Itemid=1711)

Salas S. M. A. Conferencia: Indicadores ambientales y el riesgo climático. Atlas de riesgo climático. 3er Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático. UNAM. Consultado en <http://www.pincc.unam.mx/congresonacional2013/presentaciones.html> Fecha de consulta: Septiembre, 2013.

UNESCO (1975). Soil map of the World. Volume III Mexico and Central America. Italy: 1975

Uribe-Alcántara, Edgar Misael, et al, Mapa Nacional de Índice de Inundación. Agroasemex, S. A., Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México, vol. I, núm. 2, abril-junio de 2010, pp. 73-85.

USACE, 1991. Expected Annual Flood Damage Computation. User's Manual. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. March 1989, pp 45-49.