

CONAGUA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

INSTITUTO MEXICANO DE  
TECNOLOGÍA DEL AGUA

PROGRAMA DE PREVENCIÓN  
CONTRA CONTINGENCIAS  
HIDRÁULICAS

CIUDAD/CUENCA CHILPANCINGO DE LOS  
BRAVO, GUERRERO

INFORME FINAL

DICIEMBRE 2014

## Contenido

1. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA/CIUDAD DE CHILPANCINGO DE LOS BRAVO, GRO....	1
1.1 Localización.....	1
1.2 Red de monitoreo.....	2
1.3 Uso de suelo y vegetación.....	3
1.4 Población.....	4
1.5 Causas de las inundaciones.....	4
1.6 Subdivisión de la cuenca/ciudad.....	5
1.7 Descripción general del sistema de drenaje.....	6
2. EVALUACIÓN DEL PELIGRO .....	8
2.1 Estimación de caudales o gastos de entrada al sistema.....	8
2.2 Magnitud de la inundación.....	10
3. MODELACIÓN HIDRÁULICA.....	11
GLOSARIO.....	19
REFERENCIAS.....	28

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA/CIUDAD DE CHILPANCINGO DE LOS BRAVO, GRO.

### 1.1 Localización

La zona urbana de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, de acuerdo con información del INEGI<sup>a</sup>, 2010, se ubica dentro de la región hidrológico-administrativa V Pacífico Sur. Asimismo forma parte de la cuenca hidrológica costa Chica de Guerrero de acuerdo con los límites oficiales relacionados con la disponibilidad de agua superficial, figura 1.

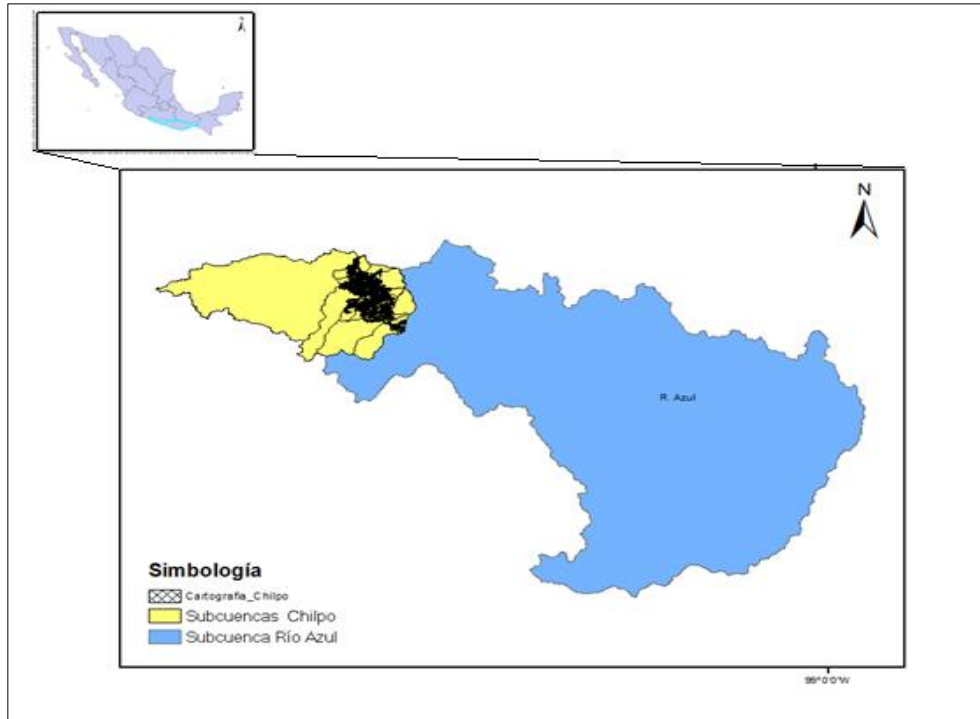


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

El cauce principal del área de estudio es el Río Huacapa, el cual drena una superficie de alrededor de 284 km<sup>2</sup> con una longitud de 11 km, a partir de la presa Cerrito Rico hasta Petaquillas. Dentro de los afluentes principales se encuentran diversos ríos y barrancas que drenan hacia el Río Huacapa, el cual en la zona urbana se encuentra totalmente encauzado.

En el presente estudio se llevó a cabo un estudio hidrológico e hidráulico, con el objetivo de estimar el riesgo de inundaciones en la Ciudad de Chilpancingo de los Bravo, se delimitaron 18 áreas de drenaje natural, figura 2.

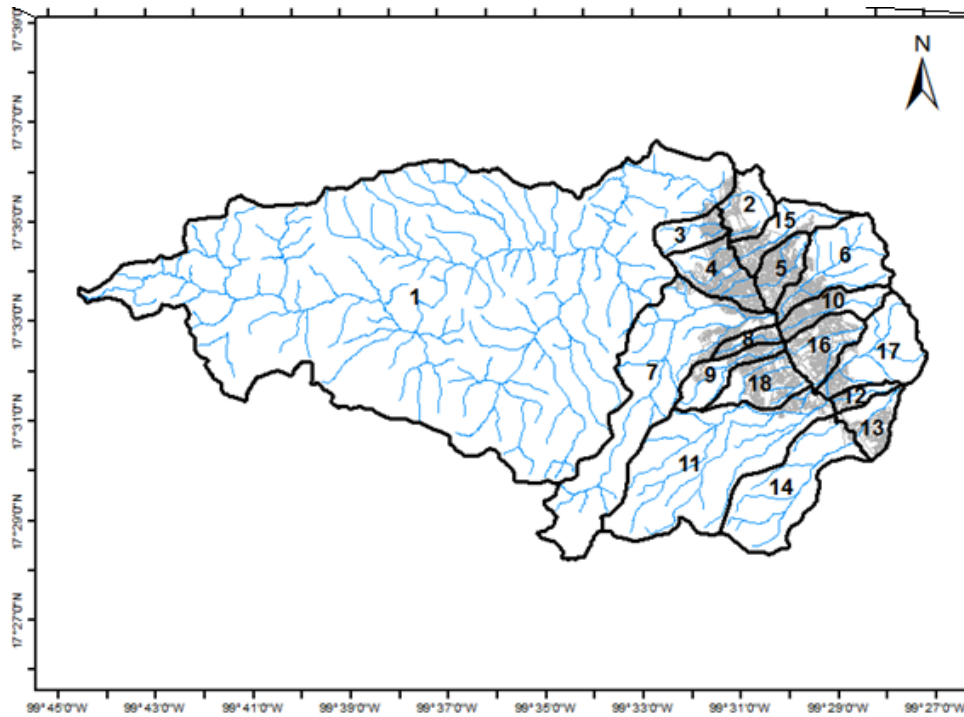


Figura 2. Áreas de aportación de escurrimiento superficial a la Ciudad de Chilpancingo de los Bravo Guerrero

### 1.2 Red de monitoreo

Para el desarrollo del presente trabajo fue necesario disponer de diferentes tipos de información: Topográfica, climatológica, hidrométrica, uso de suelo y vegetación así como cartografía urbana de la zona de estudio. Se mencionan las fuentes de donde se obtuvo dicha información así como las características generales en la que fue proporcionada.

*Topografía.-* La información topográfica fue tomada del Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) el cual representa las elevaciones del territorio continental mexicano mediante valores que indican puntos sobre la superficie del terreno, cuya ubicación geográfica se encuentra definida por coordenadas (X, Y) a las que se le integran valores que representan las elevaciones (Z). Los puntos se encuentran espaciados y distribuidos de modo regular. Este producto tiene una resolución de 15m y es presentado en formato Raster.

*Climatología.-* Los registros de las estaciones climatológicas fueron tomados de la base de datos del CLICOM (CLImate COMputing project) con registros cada 24 horas al año 2013. En la figura 3 y tabla 1 se observan las estaciones ubicadas dentro de las cuencas que drenan a la Ciudad de Chilpancingo de los Bravo.

*Hidrometría:* En las 18 subcuencas que drenan hacia el Rio Huacapa no hay instaladas estaciones hidrométricas.

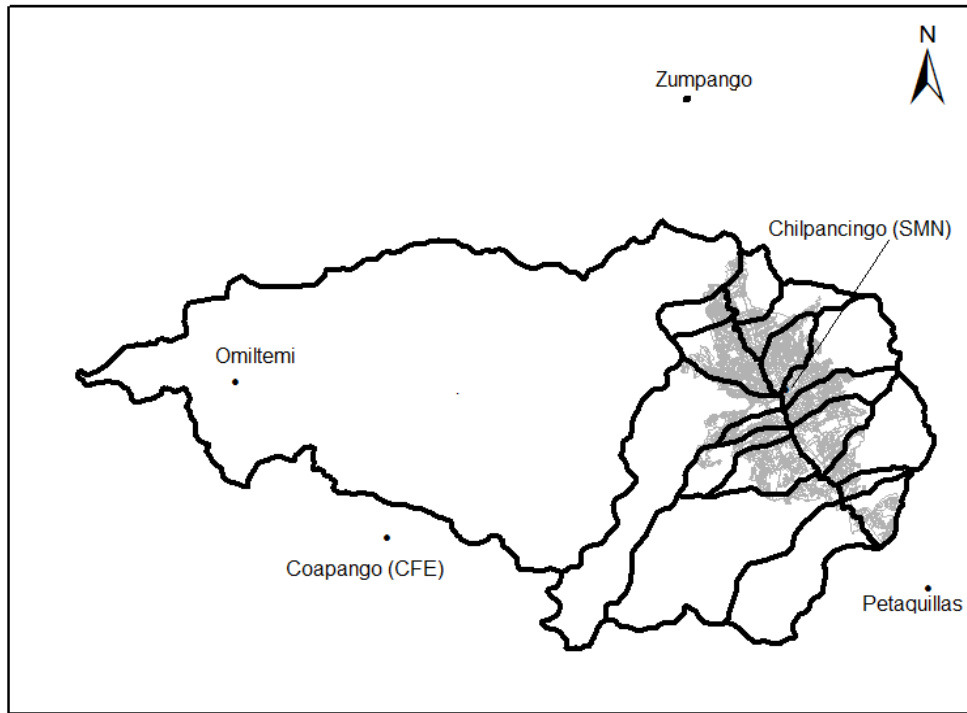


Figura 3. Estaciones climatológicas dentro del área de aportación a la cd. De Chilpancingo de los Bravo.

Tabla 1. Estaciones climatológicas

Clave	Estación	Lat Gra	Lat Min	Lat Seg	Long Grad	Long Min	Long Seg	Registro
12105	Zumpango	17	39	18	99	31	31	Ene 1961-Nov 2012
12150	Omiltemi	17	33	25	99	41	15	Jun 1980-Nov 2012
12192	Coapango (CFE)	17	30	19	99	38	13	Oct 1979-Dic 2000
12198	Petaquillas	17	29	8	99	27	14	Jun 1980-oct 2013
12229	Chilpancingo (SMN)	17	33	5	99	30	3	Ene 1982-oct 2013

### 1.3 Uso de suelo y vegetación

Para la generación del mapa de uso de suelo se utilizó como base el conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación de INEGI, correspondiente a la Serie V en escala 1:250 000, para la zona específica de la ciudad de Chilpancingo de los Bravo Guerrero, Michoacán.

Este conjunto de datos se complementó con el trazo de los ríos principales y cuerpos de agua de la zona de estudio con base en *GOOGLE EARTH* e información en formato shapefile proveniente del Simulador de Flujos de Agua en Cuencas Hidrográficas (*SIATL*), así también se compararon las zonas urbanas del conjunto de datos de uso de suelo y vegetación con las representadas en el Shapefile de cartografía urbana. Una vez elegidos todos los atributos que representan lo mejor posible la realidad de la zona de estudio, se realizó una unión en el programa ArcMap 10.1 de manera que quedaran reflejados los diferentes tipos de uso de suelo y vegetación, cauces de ríos, cuerpos de agua, zona

urbana y vialidades en formato shapefile, este a su vez fue transformado a formato Raster y posteriormente en formato ASCII para su uso en IBER.

#### **1.4 Población**

La cuenca de estudio se ubica dentro del municipio de Chilpancingo y en la localidad del mismo nombre habitan alrededor de 187,251 habitantes.

#### **1.5 Causas de las inundaciones**

La ciudad de Chilpancingo, está emplazada originalmente en las zonas bajas del valle del cauce del río Huacapa, en terrenos con pendientes menores al 15%. Los asentamientos surgen a partir de la creación de cuatro barrios, San Mateo, San Antonio, San Francisco y Santa Cruz con su plaza central. Desde la década de los 70's, la ciudad experimenta un incremento desmesurado en su población que modifica su crecimiento ligado al espacio geográfico de los 4 barrios, pasando a ser longitudinal sur norte. A partir de 1987 el 50% de los asentamientos se ubican arriba de los 1,350 m.s.n.m. Las colonias más recientes se ubican en zonas muy abruptas ocupando laderas medias del valle conformando así un crecimiento desarticulado que cubre una superficie de 15 kilómetros de longitud, Tierras Prietas y Petaquillas; en ambas márgenes del río Huacapa y barracas que atraviesan la ciudad de Chilpancingo de los bravo, sobre los cauces de los afluentes al Río Huacapa se localizan muchos asentamientos irregulares (casas habitación), las cuales algunas invaden la zona federal. los puentes (peatonales y vehiculares) que atraviesan estos cauces a las colonias populares, se encuentran llenos de basura, además de que tienen poca área hidráulica, por lo que al presentarse una avenida extraordinaria estos se tapan provocando inundaciones, momentáneas, ya que en poco tiempo el nivel del agua baja volviendo todo a la normalidad dejando solo un poco de azolve. En la figura 4 se muestra una imagen de los riesgos identificados en cauces de las barrancas de la Cd. De Chilpancingo, elaborado por el municipio de la misma ciudad.

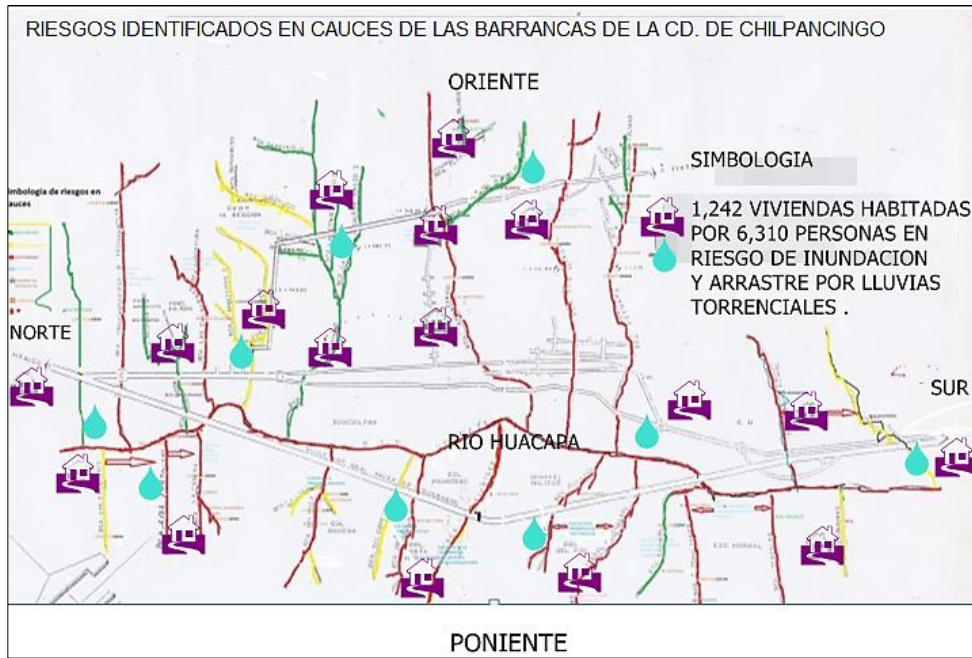


Figura 4. Riesgos identificados por el gobierno Municipal de la Cd. De Chilpancingo de los Bravo

### 1.6 Subdivisión de la cuenca/ciudad

Con el fin de estimar el riesgo de inundaciones en la ciudad de Chilpancingo de los Bravo se delimitaron 18 áreas de drenaje natural que confluyen al río principal. En la figura 5 se presentan la subdivisión de la cuenca principal, en donde destaca la subcuenca 1 que corresponde a la cuenca propia de la presa Cerrito Rico.

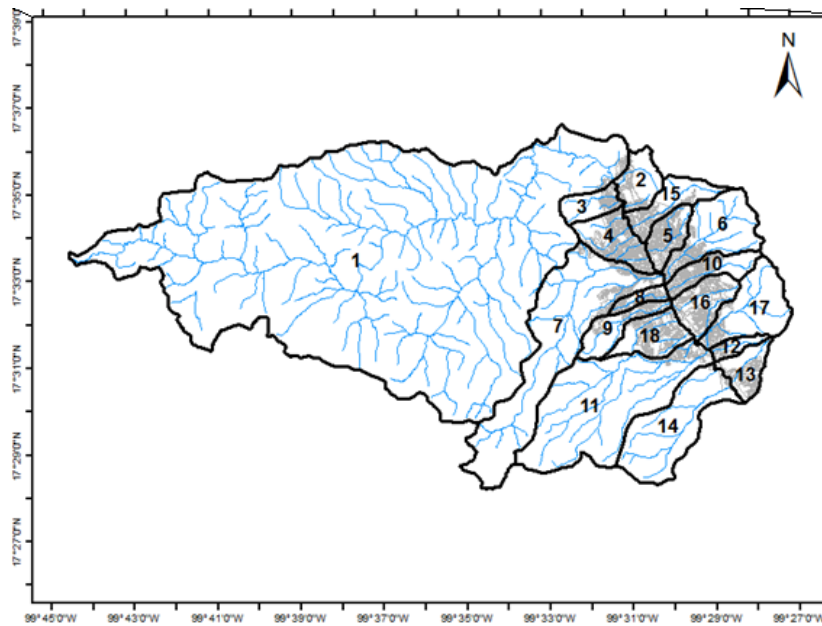


Figura 5. Área de drenaje natural a la ciudad de Chilpancingo de los Bravo y división en subcuencas.

En la tabla 2 se muestran las características fisiográficas generales de cada una de las 18 subcuencas que conforman la zona de aportación al cauce urbano del río Huacapa.

Tabla 2. Características generales de las subcuencas.

No. Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Elev. Max (m)	Elev min (m)	Pendiente (S)	Tc (Kiprich) en horas	N
1	168.79	34,042.560	2520	1280	0.036	3.59	74
2	3.69	2,663.806	1580	1280	0.11262	0.33	79
3	2.79	2,716.733	1800	1280	0.191	0.27	77
4	5.03	2,964.857	1620	1260	0.12142	0.35	86
5	3.24	2,951.282	1620	1250	0.125	0.34	92
6	8.22	5,359.587	1760	1240	0.09702	0.59	77
7	24.03	13,750.045	2740	1240	0.109	1.17	77
8	1.40	2,812.653	1480	1220	0.09244	0.37	89
9	3.63	5,051.068	2020	1220	0.158	0.47	82
10	3.65	4,331.194	1680	1230	0.10390	0.49	88
11	23.51	10,906.343	2720	1190	0.140	0.89	77
12	1.33	2,439.427	1580	1190	0.15987	0.27	85
13	2.56	2,624.494	1580	1180	0.152	0.29	85
14	11.39	6,509.091	2240	1170	0.16439	0.56	77
15	4.33	4,854.675	1820	1260	0.115	0.51	84
16	4.55	3,283.885	1560	1220	0.10354	0.40	90
17	7.90	5,608.376	1720	1190	0.095	0.62	77
18	4.66	2,812.735	1460	1220	0.08533	0.38	88
Promedio							82

### 1.7 Descripción general del sistema de drenaje

El sistema de Drenaje fluvial en la zona urbana de la Ciudad de Chilpancingo de los Bravo consta de un drenaje principal el cual es el Río Huacapa, incluyendo la entrada de la presa Cerrito Rico la cual es la que mayor gasto aporta al sistema. El Río Huapaca en la zona urbana se encuentra en su mayor parte encauzado, la salida del sistema a simular se encuentra en la localidad de Petaquillas, como se observa en la figura 6.



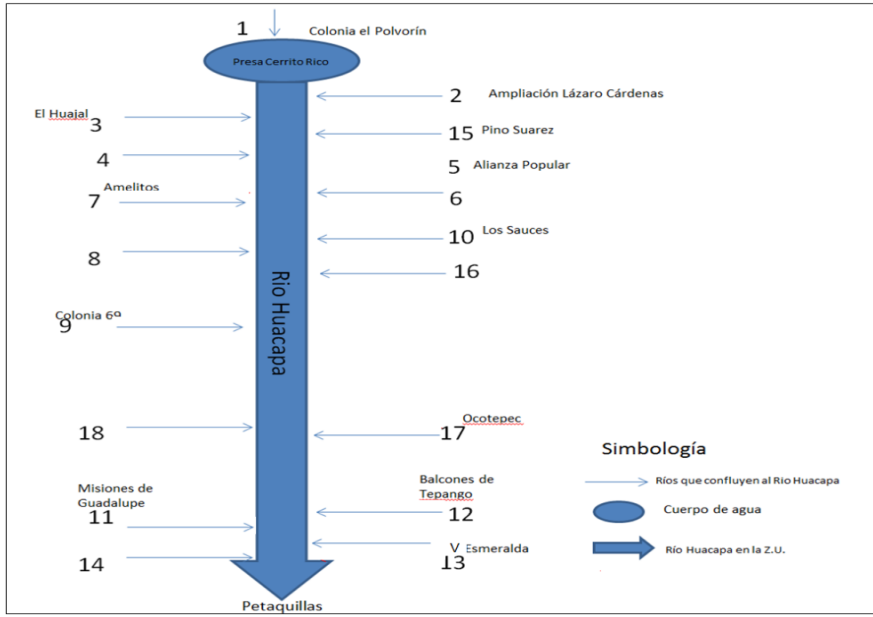


Figura 6. Sistema de drenaje.

## 2. EVALUACIÓN DEL PELIGRO

### 2.1 Estimación de caudales o gastos de entrada al sistema

La determinación del caudal de entrada se basa en las aportaciones naturales de escurrimiento que se generan en cada una de las subcuencas. Dado que la información hidrométrica no es la adecuada, ni por ubicación ni por la disponibilidad de registros de caudal, la estimación de los gastos de entrada se lleva a cabo de manera indirecta a través del proceso lluvia-escurrimiento.

Se utilizan los resultados del análisis de frecuencias de los registros climatológicos y con algunas variables fisiográficas de cada una de las subcuencas de aportación como la longitud y pendiente del río principal, tipo y uso de suelo, entre otros se obtiene la avenida de entrada asociada a diferentes períodos de retorno utilizando el método del HU del Soil Conservation Service.

El procedimiento a seguir fue el siguiente:

1. Se considera como información base los resultados del análisis de frecuencia, es decir las alturas de lluvia para diferentes periodos de retorno, Tabla 3.
2. Se considera el tiempo de concentración y el número de escurrimiento N basado en el tipo y uso de suelo, valores de la Tabla 2.
3. Se construyen curvas intensidad-duración-periodo de retorno (curvas idT) para obtener la lluvia para una duración igual al tiempo de respuesta de la cuenca (tiempo de concentración)

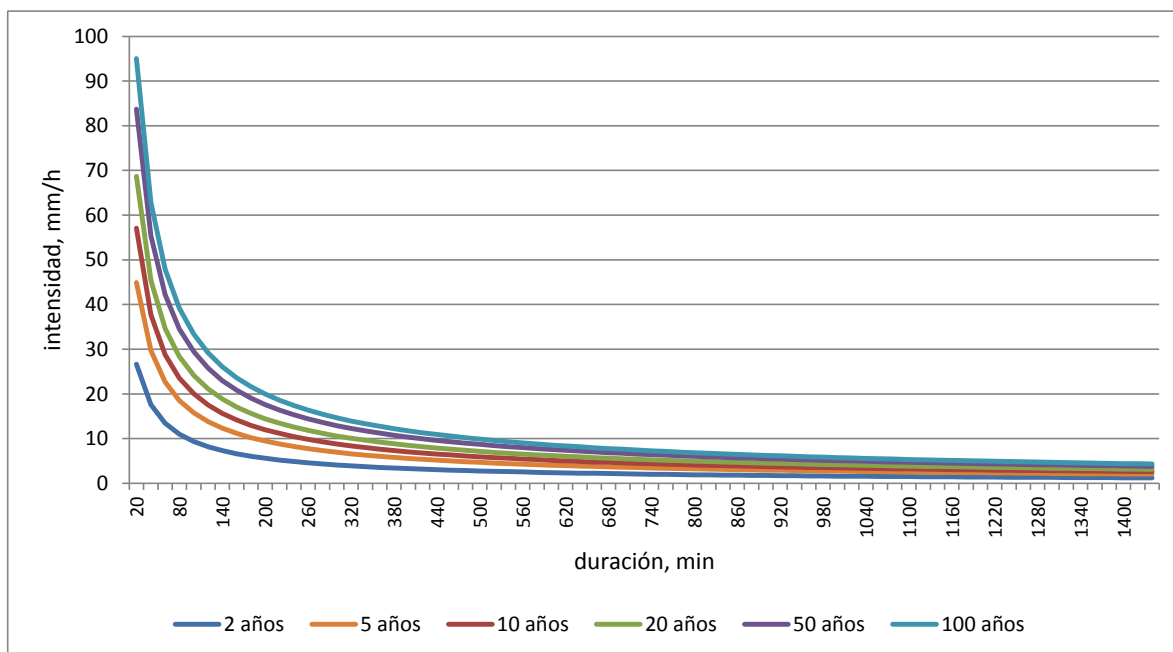


Figura 7. Curvas idT e la subcuenca del Río Huacapa

Tabla 3. Lluvias, en mm, para una duración igual al tc de cada subcuenca (d=tc)

No. Cuenca	hp(tc), mm				
	Tr 2	Tr 5	Tr 10	Tr 50	Tr 100
1	37.15	52.43	62.89	85.80	95.33
2	17.79	27.40	34.48	51.17	58.35
3	16.27	24.94	31.54	46.81	53.39
4	18.22	28.13	35.32	52.41	59.77
5	18.09	27.77	35.07	52.04	59.35
6	22.61	34.62	43.83	65.05	74.18
7	26.99	41.58	52.61	78.22	89.25
8	18.74	28.82	36.33	53.91	61.48
9	20.72	31.80	40.15	59.59	67.96
10	21.07	32.32	40.85	60.61	69.13
11	25.71	39.31	49.55	73.38	83.70
12	16.34	24.48	30.50	44.66	50.94
13	17.14	25.01	30.64	44.15	50.37
14	22.67	33.12	40.60	58.56	66.80
15	21.46	32.81	41.59	61.72	70.39
16	19.35	29.79	37.51	55.67	63.49
17	23.03	35.15	44.28	65.53	74.73
18	18.99	29.14	36.81	54.63	62.30

4. Se obtiene la lluvia efectiva (fórmula del Soil Conservation Service) para cada subcuenca y periodo de retorno.
5. Se obtiene las características generales del HU del Soil Conservation Service (tiempo y gasto pico)
6. Se calcula el caudal pico y volumen de la avenida utilizando los datos de lluvia efectiva y las características del HU. En la Tabla 4 se muestran los caudales por subcuenca.

Tabla 4. Caudal pico por subcuenca.

No.	Caudal pico en m <sup>3</sup> /s por periodo de retorno				
	2	5	10	50	100
1	31.18	87.02	135.82	263.27	322.48
2	0.47	4.80	10.20	28.05	37.35
3	0.04	2.26	5.81	18.42	25.27
4	5.79	18.68	30.69	64.60	80.73
5	9.75	22.14	32.71	59.41	71.45
6	1.73	10.36	20.53	51.73	67.54
7	5.78	25.52	46.68	108.93	139.61
8	2.46	6.63	10.39	20.42	25.07
9	1.87	7.75	13.94	32.02	40.90
10	5.43	14.53	22.88	44.92	55.13

No.	Caudal pico en m <sup>3</sup> /s por periodo de retorno				
	2	5	10	50	100
11	6.09	28.31	52.43	124.46	160.43
12	1.09	3.99	6.89	15.38	19.66
13	2.13	7.12	11.89	26.04	33.45
14	2.63	13.25	24.53	60.68	80.34
15	3.76	12.08	20.41	43.25	54.13
16	9.42	23.63	36.01	68.47	83.34
17	1.77	10.00	19.38	48.28	62.97
18	7.12	19.95	31.88	63.80	78.70

## 2.2 Magnitud de la inundación

La magnitud de la inundación se representa a través de la altura de agua y la velocidad, ambas se obtienen utilizando el modelo español *IBER*.

### 3. MODELACIÓN HIDRÁULICA

Los principales requerimientos para la modelación hidráulica son:

*Información básica:* Recopilación de información topográfica (Modelo de Elevación Digital, curvas de nivel, levantamientos de puentes, secciones transversales de cauces y puentes, etc.) climatológica, hidrométrica, uso de suelo, así como cartografía urbana de la zona de estudio.

*Análisis del Modelo de Elevación Digital.* Se revisa, identifican y corrigen posibles errores.

*Construcción de la geometría y mallado.* Se traza el área (polígono regular o irregular) en donde se llevará a cabo la simulación incorporando la red de ríos. En este paso se define el tamaño de las celdas de la malla.

Para nuestra zona de estudio y en función de la disponibilidad de información topográfica, se define el tamaño de las celdas.

*Asignación de la rugosidad.* Tomando en cuenta el uso de suelo se asigna un valor de rugosidad, basado en la literatura y en los valores propios de IBER.

*Condiciones de frontera (entrada y salida).* Los valores de entrada corresponden al caudal pico obtenido anteriormente para periodos de retorno de 2, 5 10, 50 y 100 años. Los valores de entrada se ajustaron proporcionalmente al área de aportación considerada en el límite del área a simular, respetando la ubicación de entrada del río. Para las condiciones de salida se consideró régimen crítico, aguas abajo del Rio Huacapa.

*Condiciones iniciales.* En esta simulación no se consideran.

*Tiempo de simulación.* El tiempo considerado es de 24 horas con un intervalo de tiempo de una hora.

#### Elementos aplicados en la modelación

- Área de estudio de 48 km<sup>2</sup>.
- Caudales de entrada en cada una de las subcuencas que drenan al Rio Huacapa
- Modelo de elevación digital incluye CEM (30x30) y topografía de detalle del encauzamiento del Rio Huacapa
- Tamaño de malla dividida en cómo se ilustra en la figura 8.

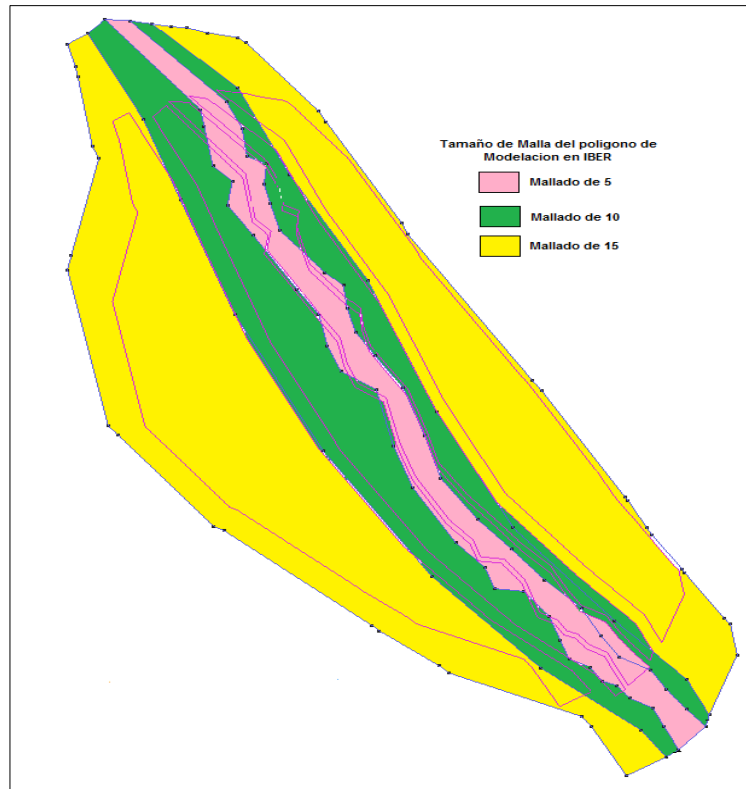


Figura 8. Tamaño de mallado de la zona a modelar dentro de la Cd. De Chilpancingo de los Bravo  
Elementos no incluidos en la modelación

- Topografía en tramos de ríos y/o puentes.
- Operación de estructuras actuales para el control de inundaciones

### Resultados

Las figuras siguientes muestran los resultados obtenidos a partir de las simulaciones para cada uno de los 5 Tr, para condiciones actuales, Los tirantes por periodo de retorno (2, 5, 10, 50 y 100 años) se generan en formato ASCII y se pueden visualizar directamente en IBER. (Figuras 9, 11, 13, 15 y 17). Con base en el estudio realizado para definir los niveles y las velocidades de inundación, elaborado en diciembre de 2007 por el gobierno de nueva Gales del sur (Australia), en el Río Bielsdown, el cual atraviesa una localidad llamada Dorrigo. Se muestra la relación velocidad del flujo/profundidad de inundación (resistencia al vuelco de las paredes de las viviendas). Como resultado del análisis del modelo matemático se obtienen mapas con los valores máximos del producto de la profundidad de inundación con la velocidad del flujo en cada celda y para cada periodo de retorno simulado, o mapas de peligrosidad. (Figuras 10, 12, 14, 16 y 18). En este trabajo se presentan las siguientes escalas:

Tabla 5. Escalas valor del producto tirante x velocidad.

Valor producto (Tirante*Velocidad)	Color
0.25	Verde
0.75	Amarillo
1.25	Rojo

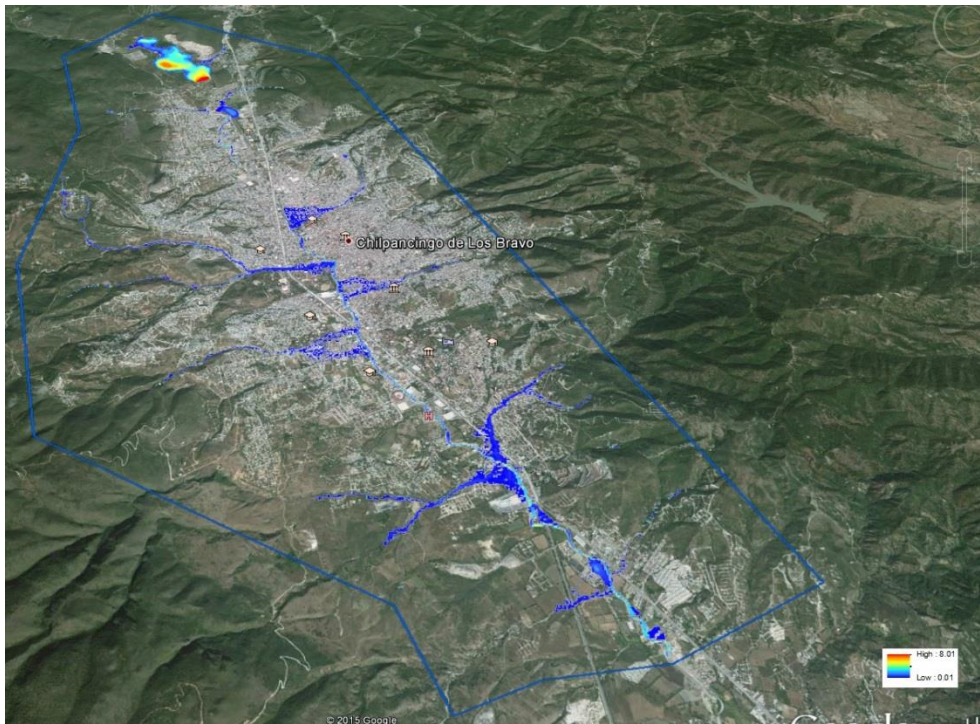


Figura 9. Altura de agua para un Tr de 2 años.



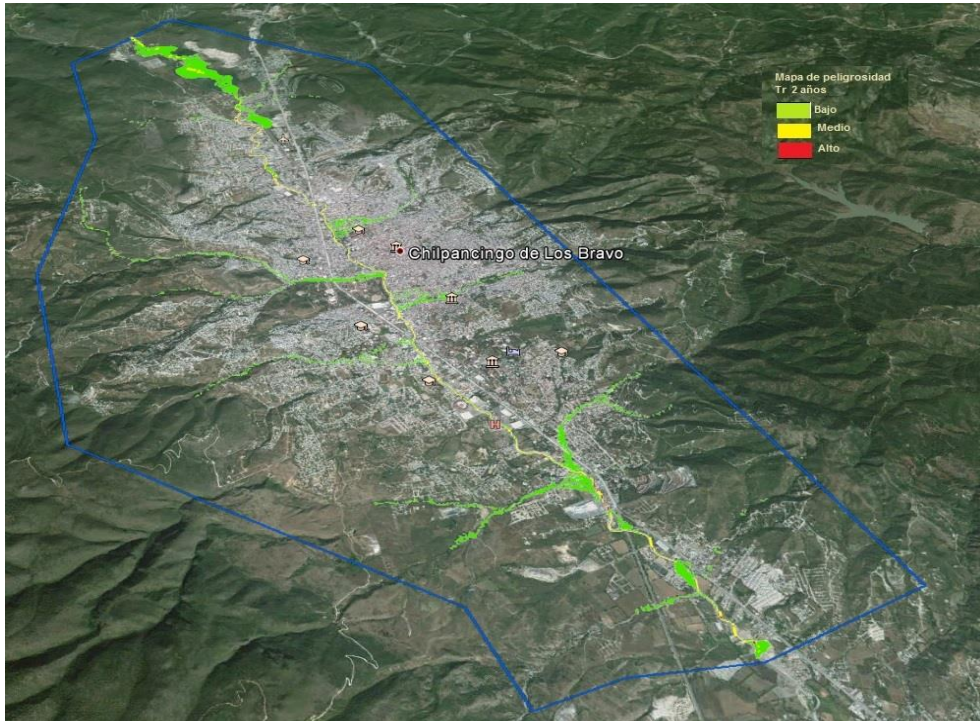


Figura 10. Mapa de peligrosidad para un Tr de 2 años.

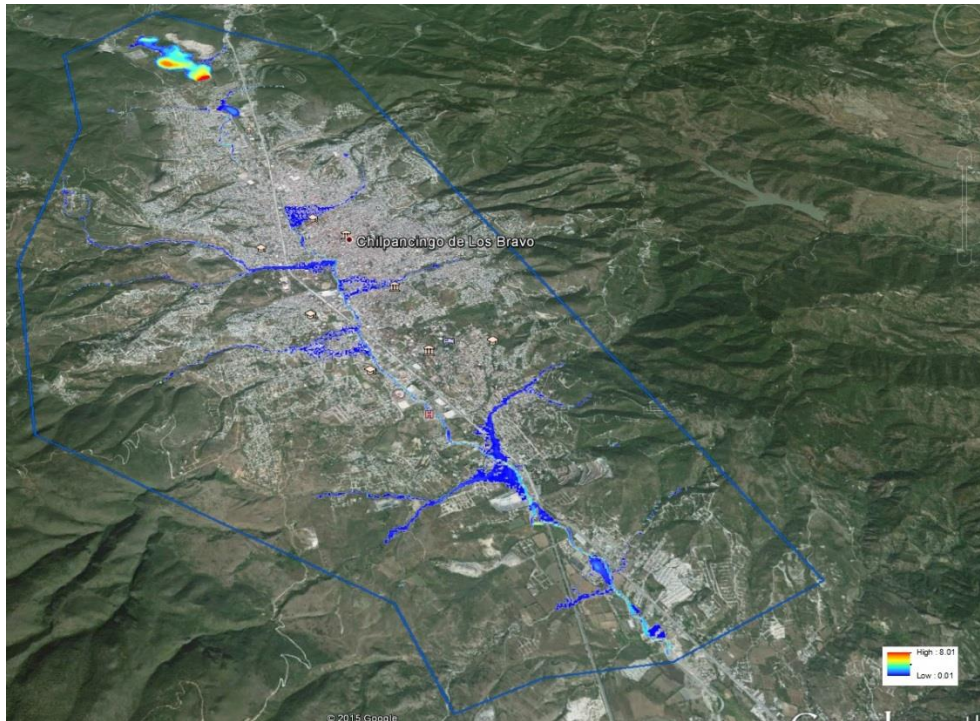


Figura 11. Alturas de agua para un Tr de 5 años.



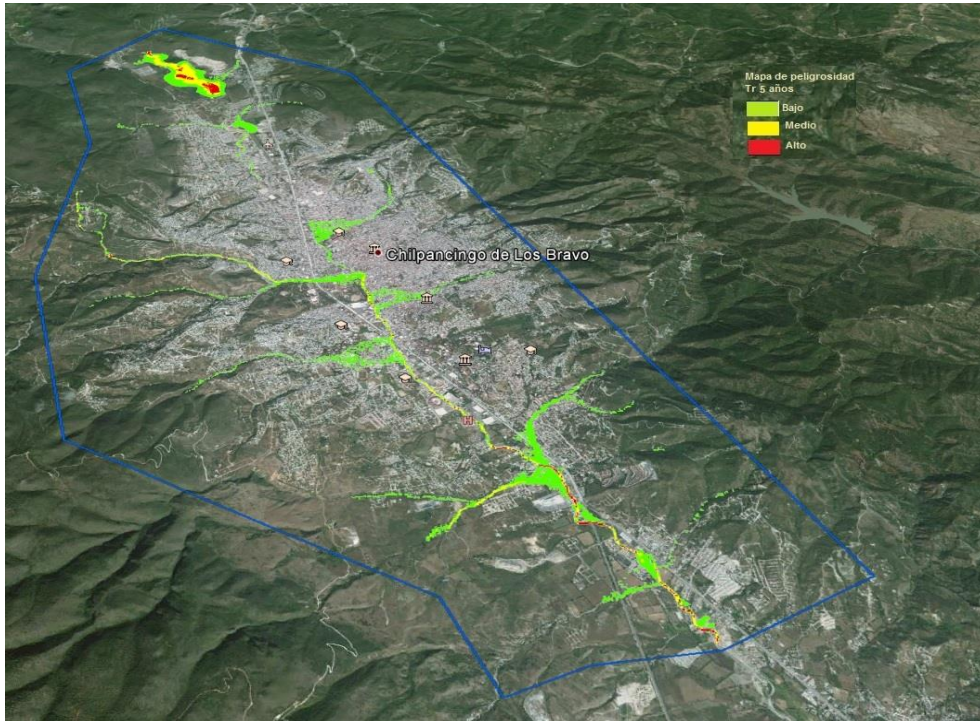


Figura 12. Mapa de peligrosidad para un Tr de 5 años.

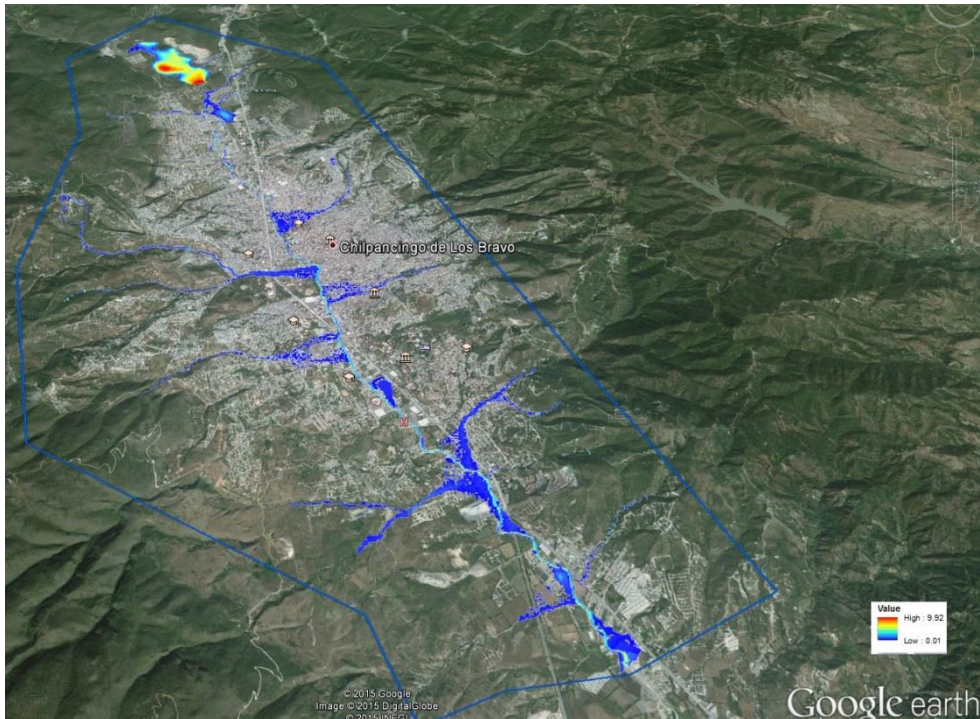


Figura 13. Alturas de agua para un Tr de 10 años.



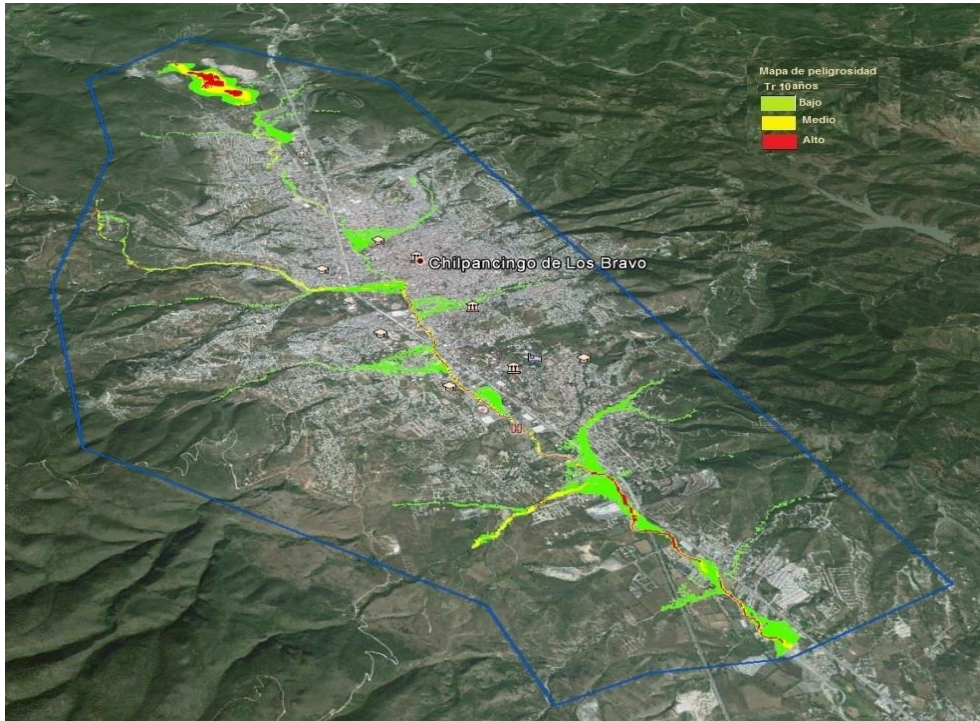


Figura 14 Mapa de peligrosidad para un Tr de 10 años

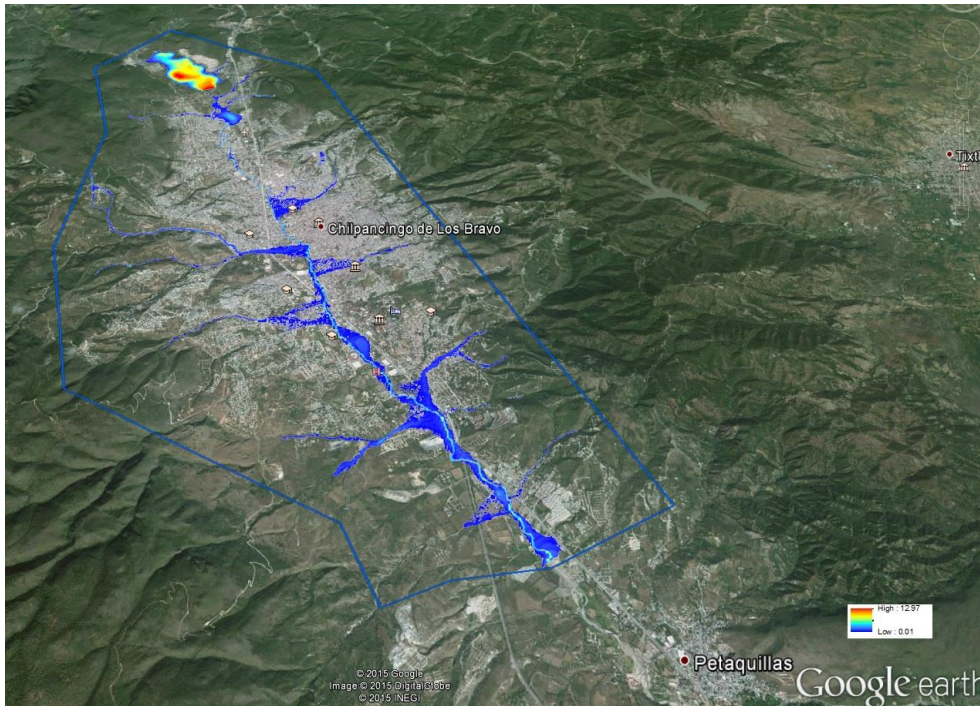


Figura 15. Alturas de agua para un Tr de 50 años



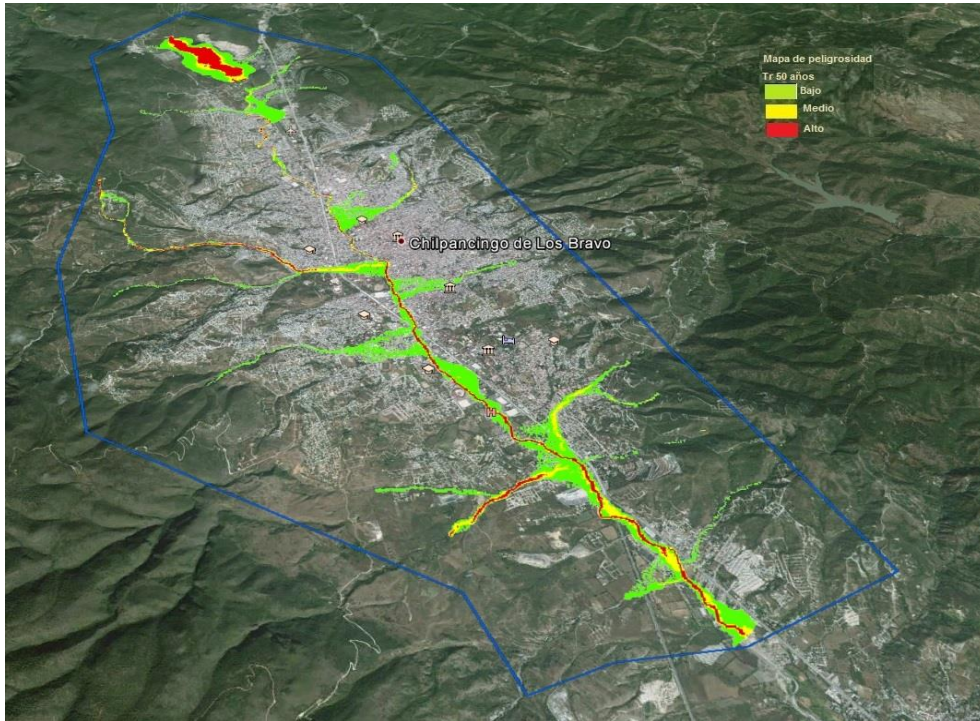


Figura 16. Mapa de peligrosidad para un Tr de 50 años

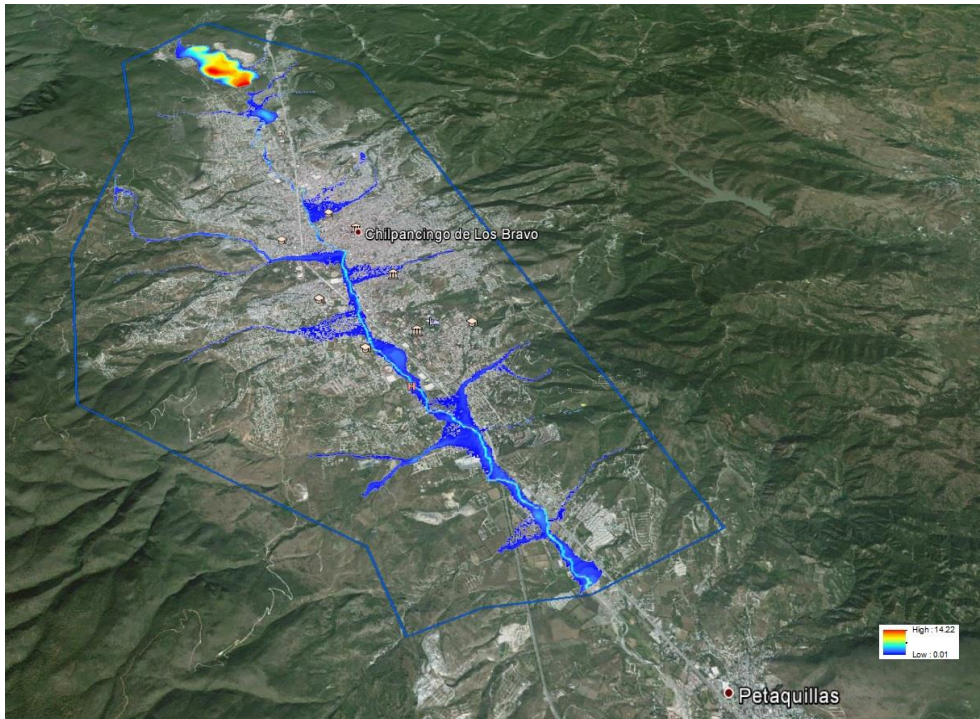


Figura 17. Alturas de agua para un Tr de 100 años

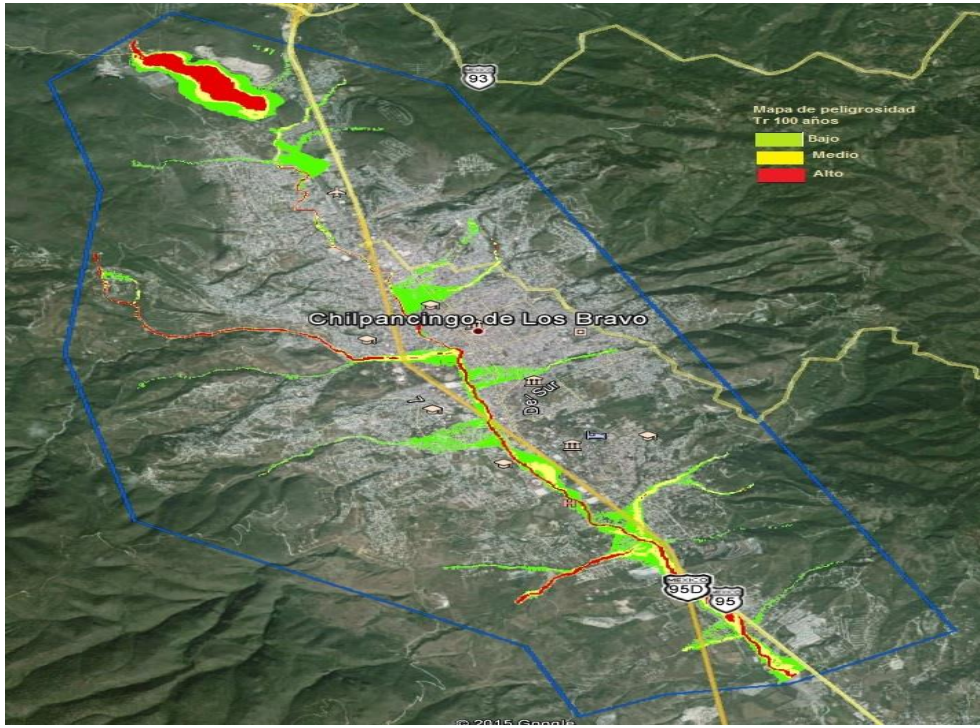


Figura 18. Mapa de peligrosidad para un Tr de 100 años.

## GLOSARIO

**Alarma.** Señal que anuncia peligro (2,7).

**Alerta.** Se avisa de que se aproxima un peligro, pero que es menos inminente que lo que implicaría un mensaje de advertencia. (2,7).

**Alerta temprana (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 (2,7).

**Amenaza.** 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 (3).

**Área de Aportación.** Véase cuenca (4).

**Atlas Nacional de Riesgos:** Sistema integral de información sobre los agentes perturbadores y daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los agentes afectables (5).

**Auxilio:** Respuesta de ayuda a las personas en riesgo o las víctimas de un siniestro, emergencia o desastre, por parte de grupos especializados públicos o privados, o por las unidades internas de protección civil, así como las acciones para salvaguardar los demás agentes afectables (5).

**Avenida (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 (3).

**Avenida Súbita.** Es el incremento en el nivel del agua en el río, debido a que por él fluye un caudal mayor a lo normal, con un corto tiempo entre el momento en que se generan y el momento en que se detecta. A estos fenómenos se debe el mayor número de pérdida de vidas humanas y daños materiales (4).

**Azolve.** Material de acarreo que obstruye una corriente de agua (4).

**Barlovento.** Lado por donde incide el viento cuando éste choca con una cadena montañosa (4).

**Bienes Expuestos.** Son todos aquellos bienes y servicios usados por la población para satisfacer sus necesidades y que pueden ser afectados durante una inundación (4).

**Bordo de protección.** Estructura que sirve para contener el agua de una corriente, ya sea no dejando que ésta salga e inunde las zonas vecinas, o bien, una vez que el escurrimiento del río ha sobrepasado la capacidad de conducción de la corriente y se ha desbordado, éste no alcance una determinada zona (4).

**Caudal.** Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal por unidad de tiempo (2).



**Cambio Climático:** Cambio en el clima, atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante períodos comparables (5).

**Capacidad de conducción.** Potencial máximo con el que cuenta una corriente para desalojar un determinado volumen de agua durante cierto tiempo (4).

**Cauce.** Se refiere a la zona más baja del terreno por donde normalmente escurre el agua que se precipita en las zonas aledañas (4).

**Centro Nacional:** El Centro Nacional de Prevención de Desastres (5).

**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 (2).

**Ciclón Tropical.** Sistema atmosférico cuyo viento circula en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en sentido contrario en el hemisferio sur. Se forman entre las latitudes 5° y 30° norte y sur, y donde la temperatura del mar es superior a 26° C. (4).

**Coeficiente de escurrimiento.** Porcentaje de la lluvia convertida en escurrimiento. Su dimensión varía entre 0 y 1. Es inversamente correlacionado con la capacidad de filtración (por ejemplo, superficies impermeables tienen el más alto coeficiente de escurrimiento y viceversa) (4).

**Control de crecidas (control de inundaciones).** Manejo de los recursos de agua a través de construcciones de diques, represas, etc. para evitar inundaciones (2).

**Corona.** Parte más alta de la cortina que, en ciertos casos, se usa para construir una vía de comunicación (carretera, vía de ferrocarril) (4).

**Cortina.** Elemento de una presa que consiste en una barrera que se construye, generalmente, en el cauce de un escurrimiento natural tal como un río o arroyo. Los materiales que la forman pueden ser tierra, enrocamiento, concreto, mampostería, otros o combinación de éstos (6).

**Cuenca.** Área que aporta el agua precipitada hasta un determinado punto sobre una corriente, a través de un sistema de corrientes. Está delimitada por el parteaguas.

**Cuerpo de agua.** Formación hídrica que en conjunto forman la hidrosfera como charcos temporales, estanques, lagunas, lagos, mares, océanos, ríos, arroyos, manantiales, reservas subterráneas, acuíferos, casquetes polares y masas nubosas. (Sarmiento, 2001) (4).

**Cubierta vegetal.** Conjunto de plantas localizadas en un área geográfica definida que forman una capa protectora para el suelo; puede ser total, parcial, rala, dispersa, etc. (Sarmiento, 2001) (4).

**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 (4).

**Deforestación.** Limpieza o destrucción de un área previamente forestada (2).

**Desastre:** Al resultado de la ocurrencia de uno o más agentes perturbadores severos y o extremos, concatenados o no, de origen natural o de la actividad humana, que cuando acontecen en un tiempo y en una zona determinada, causan daños y que por su magnitud exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada (5).

**Descarga.** Volumen de agua vertida por las obras de la presa (6).

**Desbordamiento.** Volumen de agua que sale por los lados de un río, cuando la capacidad de conducción de éste ha sido superada.

**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 (2).

**Embalse.** Zona donde se acumula el agua una vez que la cortina ha detenido el flujo de la corriente.

**Emergencia.** Situación anormal que puede causar un daño a la sociedad y propiciar un riesgo excesivo para la seguridad e integridad de la población en general, generada o asociada con la inminencia, alta probabilidad o presencia de un agente perturbador (5).

**Erosión.** Pérdida o desintegración de suelo y rocas como resultado de la acción del agua, hielo o viento (2).

**Escotadura.** Abertura grande que se hace sobre la cortina de presas pequeñas que no cuentan con vertedor (4).

**Estaciones Hidrométricas.** Sitio junto a un río donde periódicamente se lleva a cabo la medición del escurrimiento, para conocer su régimen hidráulico a lo largo del año (4).

**Estiaje.** Periodo del año en el que las precipitaciones son mínimas, provocando como consecuencia los menores escurrimientos (4).

**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 (3).

**Evaporación.** Es el proceso por medio del cual el agua que se encuentra en los grandes cuerpos de agua y en el suelo, cerca de la superficie, pasa del estado líquido al gaseoso y se transfiere a la atmósfera (4).

**Evapotranspiración.** Es la combinación de evaporación y transpiración (4).

**Evento Extraordinario.** Cualquier condición, evento o acción inesperada, como una descarga extraordinaria, un sismo severo o vandalismo, que afecte la seguridad, estabilidad, funcionalidad o integridad de la presa o de sus obras complementarias, pudiendo afectar de manera adversa vidas

humanas, bienes económicos y recursos naturales, incluyendo la suspensión del suministro de agua potable para uso doméstico e industrial, para riego y/o generación de energía eléctrica u otros usos para beneficio público (6).

**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. (3).

**Falla de la presa.** Descarga súbita y sin control del agua embalsada, por alguna de las obras de la presa que provoca que el vaso de almacenamiento no pueda llenarse a su capacidad de operación o por ruptura de la cortina (6).

**Fenómeno Antropogénico.** Agente perturbador producido por la actividad humana (5).

**Fenómeno Natural Perturbador.** Agente perturbador producido por la naturaleza (5).

**Fenómeno Hidrometeorológico.** Agente perturbador que se genera por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres; tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; sequías; ondas cálidas y gélidas; y tornados (5).

**Gasto.** Es la cantidad de escurrimiento que pasa por un sitio determinado en un cierto tiempo, también se conoce como caudal. Este concepto se usa para determinar el volumen de agua que escurre en un río (4).

**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 (3).

**Gestión integrada de la cuenca hidrológica (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 (3),(\*).

**Gestión Integral de Riesgos:** El conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los



riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción (5).

**Hidrograma.** Es la representación gráfica de la variación continua del gasto en el tiempo. En cada instante se conoce el gasto que está pasando en el sitio de medición (4).

**Hietograma.** Es una gráfica de barras que muestra la variación de la altura o de la intensidad de la precipitación en intervalos de tiempo, usualmente de una hora (4).

**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 (2).

**Instrumentos Financieros de Gestión de Riesgos.** Son aquellos programas y mecanismos de financiamiento y cofinanciamiento con el que cuenta el gobierno federal para apoyar a las instancias públicas federales y entidades federativas, en la ejecución de proyectos y acciones derivadas de la gestión integral de riesgos, para la prevención y atención de situaciones de emergencia y/o desastre de origen natural (5).

**Instrumentos de administración y transferencia de riesgos.** Son aquellos programas o mecanismos financieros que permiten a las entidades públicas de los diversos órdenes de gobierno, compartir o cubrir sus riesgos catastróficos, transfiriendo el costo total o parcial a instituciones financieras nacionales o internacionales (5,7).

**Intensidad de precipitación.** Es la cantidad de lluvia que se precipita en cierto tiempo (altura de precipitación por unidad de tiempo). Sus unidades son mm/h, mm/día, etc. (4).

**Inundación.** Evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica que provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, genera invasión o penetración de agua en sitios donde “usualmente” no la hay (4).

**Infiltración.** Proceso que varía en el tiempo a través del cual, el agua de lluvia es absorbida por el suelo, haciendo que los huecos de éste se llenen (4).

**Limnigrafo.** Aparato automático con el que se obtiene un registro continuo de los niveles del agua en los ríos (4).

**Limnómetro.** Es una regla graduada que se coloca en una de las márgenes del cauce, en la que normalmente se lee la elevación de la superficie del agua en los ríos cada dos horas, durante la época de avenidas, y cada 24 h en época de estiaje (4).

**Llanuras de inundación.** Zonas ubicadas a cada lado del lecho del río por donde usualmente no escurre agua; sin embargo, cuando se presentan crecidas, son invadidas por el agua excedente que se desborda del cauce principal (4).

**Lluvias Convectivas.** Lluvias con una extensión territorial pequeña, de corta duración pero muy intensas. Típica de zonas urbanas (4).

**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 (3).

**Marea de tormenta.** Es el ascenso del nivel medio del mar originado por la disminución de la presión atmosférica en el centro del ciclón tropical y los vientos de este fenómeno que inciden sobre la superficie mar (4).

**Meandros.** Curvas que describe un río en una planicie (4).

**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 (3).

**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. (3).

**Mitigación:** Es toda acción orientada a disminuir el impacto o daños ante la presencia de un agente perturbador sobre un agente afectable (5).

**Monitoreo (Vigilancia).** Sistema que permite la observación, medición y evaluación continua del progreso de un proceso o fenómeno a la vista, para tomar medidas correctivas (2).

**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 (2).

**Nivel de Conservación.** Nivel de aguas máximas de operación del embalse en metros sobre el nivel del mar o en metros para satisfacer las demandas de uso de una presa con un vertedor controlado. Su valor puede variar en función de la política de operación (6).

**Ordenamiento territorial (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” (3).

**Orografía.** Parte de la geografía que trata del estudio de las montañas (4).

**Paramento.** Cara de la pared que forma la frontera del cuerpo de la cortina con el entorno (4).

**Parteaguas.** Es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico que separa una cuenca de sus vecinas (4).

**Peligro.** Probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado (5).

**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 (3).

**Periodo de retorno.** Es el tiempo que, en promedio, debe transcurrir para que se presente un evento igual o mayor a una cierta magnitud. Normalmente, el tiempo que se usa son años y la magnitud del evento puede ser el escurrimiento, expresado como un cierto gasto, una lámina de precipitación o una profundidad de inundación (tirante). Se subraya que el evento analizado no ocurre exactamente en el número de años que indica el periodo de retorno, ya que éste puede ocurrir el próximo o dentro del periodo especificado (4).

**Pluviómetro.** Sirve para conocer la lluvia acumulada en intervalos de 24 horas (4).

**Preparación:** Actividades y medidas tomadas anticipadamente para asegurar una respuesta eficaz ante el impacto de un fenómeno perturbador en el corto, mediano y largo plazo (5).

**Precipitación.** Proceso por el cual el vapor de agua que forma las nubes se condensa, formando gotas de agua que al alcanzar el tamaño suficiente se precipitan, en estado líquido como lluvia o sólido como nieve o granizo, hacia la superficie terrestre. La precipitación pluvial se mide en milímetros (Ahrens, 2000).

**Presa.** Obra hidráulica formada por la cortina sobre el cauce de un arroyo o río y el embalse, en su caso, incluye obras de excedencias, de toma y diques; la cual almacena, regula o deriva agua de escurrimientos naturales de un río o arroyo y que modifica el régimen hidráulico e hidrológico de los escurrimientos (6).

**Prevención:** Conjunto de acciones y mecanismos implementados con antelación a la ocurrencia de los agentes perturbadores, con la finalidad de conocer los peligros o los riesgos, identificarlos, eliminarlos o reducirlos; evitar o reducir su impacto destructivo sobre las personas, bienes, infraestructura, así como anticiparse a los procesos sociales de construcción de los mismos (5).

**Previsión:** Tomar conciencia de los riesgos que pueden causarse y las necesidades para enfrentarlos a través de las etapas de identificación de riesgos, prevención, mitigación, preparación, atención de emergencias, recuperación y reconstrucción (5).

**Probabilidad de excedencia.** Probabilidad de que una magnitud dada de un evento sea igual o excedida (2).

**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 reducir las consecuencias de un desastre mayor en tiempos de paz. El término Defensa civil se usa cada vez más en estos días (2).

**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 (2).

**Pronóstico.** 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 (3).

**Reducción de Riesgos:** Intervención preventiva de individuos, instituciones y comunidades que nos permite eliminar o reducir, mediante acciones de preparación y mitigación, el impacto adverso de los desastres. Contempla la identificación de riesgos y el análisis de vulnerabilidades, resiliencia y capacidades de respuesta, el desarrollo de una cultura de la protección civil, el compromiso público y el desarrollo de un marco institucional, la implementación de medidas de protección del medio ambiente, uso del suelo y planeación urbana, protección de la infraestructura crítica, generación de alianzas y desarrollo de instrumentos financieros y transferencia de riesgos, y el desarrollo de sistemas de alertamiento (5).

**Régimen Hidráulico.** Variación temporal de una corriente. Normalmente hay dos regímenes: el estiaje y la temporada de lluvias (4).

**Regulación.** Capacidad de un río, en un cierto tramo y para un instante dado, de sacar más agua de la que entra, es decir, almacenar instantáneamente un cierto volumen (4).

**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 (2,7).

**Resiliencia:** Es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos (5,7).

**Reubicación.** Acciones necesarias para la instalación permanente de personas afectadas por un desastre, a un área diferente a su anterior lugar de vivienda (2).

**Remanso.** Aumento en el nivel de agua de un río, debido al taponamiento natural o artificial de éste (2).

**Riesgo.** Es la combinación de tres factores: el valor de los bienes expuestos, C, la vulnerabilidad, V, y la probabilidad, P, de que ocurra un hecho potencialmente dañino para lo expuesto (4).

**Riesgo Inminente.** Aquel riesgo que según la opinión de una instancia técnica especializada, debe considerar la realización de acciones inmediatas en virtud de existir condiciones o altas probabilidades de que se produzcan los efectos adversos sobre un agente afectable (5).

**Seguro.** Instrumento de Administración y Transferencia de Riesgos (5).

**Seguro contra desastres.** Pólizas de seguros patrocinadas por entidades privadas o del gobierno para la protección contra pérdidas económicas que resulten de un desastre (2).

**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 (2).

**Sistema de información geográfica.** Es una herramienta de software que permite capturar, almacenar, organizar, presentar y realizar análisis sobre información geográficamente referenciada, es decir, que posee coordenadas terrestres. La tecnología GIS integra operaciones de bases de

datos comunes tales como búsquedas o análisis estadísticos apoyados por la ayuda y beneficios ofrecidos por el desplegado gráfico de dicha información (1).

**Sotavento.** Lado hacia el que corre el viento al incidir sobre una cadena montañosa. El opuesto a donde incide (4).

**Tirante.** Elevación de la superficie del agua sobre un punto en el terreno (4).

**Transpiración.** Se refiere al agua despedida, en forma de vapor, por las hojas de las plantas (4).

**Vertedor.** Es la estructura de una obra hidráulica de almacenamiento a través de la cual se descargan los volúmenes que exceden la capacidad del embalse, con objeto de evitar fallas por desbordamiento (4).

**Vulnerabilidad.** Susceptibilidad o propensión de un agente afectable a sufrir daños o pérdidas ante la presencia de un agente perturbador, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales (5).

**Zona de Riesgo.** Espacio territorial determinado en el que existe la probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador (5).

**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 (2).

(1) Ciclones tropicales. Serie Fascículos. Centro Nacional Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación. 1ª. Edición, diciembre 2003.

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

(3) 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.

(4) Inundaciones. Serie Fascículos. Centro Nacional Prevención de Desastres. Secretaría de Gobernación. 1ª. Edición, octubre 2004. ISBN 978-870-821-002-7.

(5) Ley General de Protección Civil. Decreto por el que se expide la Ley General de Protección Civil. Diario Oficial de la Federación. Junio de 2012.

(6) Proyecto de norma mexicana. PROY-NMX-AA-175-SCFI-2015. Operación segura de presas. Parte 1.- Análisis de riesgo y clasificación de presas.

(7) Este término no se maneja en el presente documento, sin embargo, sirvió de base para la gestión integrada de la zona de estudio.

## REFERENCIAS

Baró-Suárez, J], BARÓ, J.E., DÍAZ, C., CALDERÓN, G., CADENA, E. y ESTELLER, M. V. Costo más probable de daños por inundación en zonas habitacionales de México. Tecnología y

Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México, vol. II, núm. 3, julio-septiembre de 2011, pp. 201-218.

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

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

Corona M.N., 2009. Vulnerabilidad de la Ciudad de Morelia a Inundaciones. Capítulo 2. Antecedentes de las inundaciones en la Ciudad de Morelia. Tesis de Maestría. CIGA, UNAM.

Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015. Chilpancingo de los Bravo <http://i.guerrero.gob.mx/uploads/2013/01/Plan-Municipal-de-Desarrollo-2012-2015.pdf>

US Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Center, 1989. Expected Annual Flood Damage Computation.

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

Vélez Morales Laura, Fuentes Mariles Óscar, Rubio Gutiérrez Horacio y De Luna Cruz Faustino. XXIII CONGRESO NACIONAL DE HIDRÁULICA AMH. MAPAS DE PELIGRO POR INUNDACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DAÑO DE VIVIENDAS. Puerto Vallarta Jalisco Octubre 2014