



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Capítulo 1. Fundamentos .....</b>	<b>1</b>
1.1 Fundamentos básicos .....	2
1.2 Ciclo urbano del agua .....	2
1.3 Inundaciones.....	3
1.4 Clasificación de afectaciones por inundaciones .....	5
1.5 Causas del aumento de las afectaciones por inundaciones .....	6
1.6 Riesgo.....	8
1.6.1 Peligro .....	10
1.6.2 Vulnerabilidad .....	11
1.7 Programas y Proyectos de Inversión Pública (PIIP) .....	13
1.8 Evaluación Socioeconómica.....	13
1.9 Análisis socioeconómico o costo beneficio (ACB) .....	14
1.10 Daño Anual Esperado .....	15
<b>Capítulo 2. Antecedentes generales .....</b>	<b>18</b>
2.1 Manejo del agua a través de la historia.....	19
2.2 Manejo integral del agua urbana .....	20
2.3 Afectaciones por inundaciones en un contexto global y nacional .....	21
2.4 Acciones de mitigación de afectaciones por inundaciones.....	23
2.5 Mapas de riesgo por inundaciones .....	32
2.6 Mapas de peligro ante inundaciones.....	36
2.7 Mapas de vulnerabilidad ante inundaciones .....	38
2.8 Simulación hidrológica e hidráulica.....	40
2.8.1 Simulación hidrológica.....	41
2.8.2 Simulación hidráulica a superficie libre.....	42



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

2.8.3	Simulación hidráulica presurizada .....	43
2.8.4	Simulación complementaria e integrada .....	43
2.8.5	Programas computacionales de simulación hidrológica e hidráulica y sus métodos de solución.....	44
<b>Capítulo 3.</b>	<b>Estado del arte .....</b>	<b>50</b>
3.1	Estimación de afectaciones por inundaciones .....	51
3.2	Curvas tirante-daño porcentual (funciones relativas) .....	51
3.3	Afectaciones reales por inundaciones .....	52
<b>Capítulo 4.</b>	<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>54</b>
4.1	Planteamiento del Problema.....	55
4.2	Índice Pérdida-Poseción (IPP), propuesta para la generación de mapas de riesgo ante inundaciones .....	56
4.3	Hipótesis.....	58
1.	Justificación .....	58
4.4	Objetivo General.....	59
4.5	Objetivos específicos .....	59
<b>Capítulo 5.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>60</b>
5.1	Metodología.....	61
5.1.1	Información inicial.....	62
5.1.2	Pre proceso de información .....	63
5.1.3	Simulación.....	66
5.1.4	Post proceso de información .....	66
<b>Capítulo 6.</b>	<b>Caso de estudio.....</b>	<b>73</b>
6.1	Selección del área de estudio .....	74
6.2	Descripción de la zona de estudio.....	75



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

6.3	Pre proceso de información.....	77
6.3.1	Cuencas de aportación y microcuencas .....	77
6.3.2	Tormenta de diseño.....	80
6.3.3	Uso de suelo.....	105
6.3.4	Área de simulación C2D.....	118
6.3.5	Obstáculos hidráulicos .....	119
6.3.6	Construcción del modelo de simulación hidrológica-hidráulica a superficie libre cuasi 2D .....	121
6.4	Simulación.....	136
6.4.1	Ajuste de parámetros.....	136
6.4.2	Simulaciones hidrológicas-hidráulicas.....	141
6.5	Post proceso de información.....	151
6.5.1	Mapas de Peligro Ante Inundaciones Simplificado Para Vivienda (PAISPV) 151	
6.5.2	Mapa de Vulnerabilidad Ante Inundaciones Simplificada Para Viviendas 156	
6.5.3	Mapas de Riesgo Ante Inundaciones Simplificada Para Viviendas.....	160
6.5.4	Mapas de costos de daños a bienes muebles e inmuebles .....	164
6.5.5	Mapas Costos de daños directos tangibles anual esperado ante inundaciones (DAE).....	170
6.5.6	Mapas Índice Pérdida-Posesión Anual Esperado ante inundaciones (IPPAE) 174	
<b>Capítulo 7.</b>	<b>Análisis de resultados.....</b>	<b>178</b>
7.1	Coeficiente de escurrimiento para diferentes periodos de retorno.....	179
7.2	Comparación entre DAE e IPPAE.....	181
7.3	Curvas de pérdida.....	183



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

7.4	Cuencas sector.....	187
7.5	Áreas de simulación .....	195
<b>Capítulo 8.</b>	<b>Conclusiones y trabajos futuros .....</b>	<b>197</b>
8.1	Conclusiones generales .....	198
8.1.1	Sobre la hipótesis .....	198
8.1.2	Sobre los fundamentos y antecedentes generales.....	198
8.1.3	Sobre el estado del arte.....	199
8.1.4	Sobre la metodología .....	199
8.2	Conclusiones sobre el caso de estudio .....	199
8.2.1	Sobre la selección de área de estudio e información inicial .....	199
8.2.2	Sobre el pre proceso de información .....	200
8.2.3	Sobre el post proceso de información .....	202
8.3	Conclusiones sobre el análisis de resultados .....	203
8.4	Conclusiones sobre el Índice Pérdida-Posesión.....	204
8.5	Trabajos futuros:.....	205
8.6	Reflexión final.....	206



## Glosario figuras

<b>Figura 1.-</b> Sistema de drenaje pluvial urbano. Fuente: (Conagua, 2015b).....	3
<b>Figura 2.-</b> Causas del incremento de las afectaciones por inundaciones. Fuente: elaboración propia.....	7
<b>Figura 3.-</b> Composición teórica del riesgo. Fuente: elaboración propia.....	12
<b>Figura 4.-</b> Beneficios teóricos de un PPIP. Fuente: elaboración propia.....	15
<b>Figura 5.-</b> Forma teórica de la curva de daños anuales para cálculo del DAE. Fuente: elaboración propia adaptación de (Arnell, 1989; Salas Salinas, 1999).....	16
<b>Figura 6.-</b> Curva de pérdida anual por inundaciones - Tuxtla Gutiérrez, situación sin proyecto. Fuente: elaboración propia con datos de (IMTA, 2015).....	17
<b>Figura 7.-</b> Personas afectados por desastres de 1994-2013. Fuente: (CRED, 2015). .....	21
<b>Figura 8.-</b> Porcentaje de afectaciones económicas anuales por eventos de inundación respecto al total de eventos. Fuente: elaboración propia con datos de (Cenapred, 2017) .....	22
<b>Figura 9.-</b> Afectaciones económicas anuales por inundación y total de fenómenos en pesos corrientes. Fuente: elaboración propia con datos de (Cenapred, 2017) .....	22
<b>Figura 10.-</b> Estructuras de detención en Chihuahua, Chih., México. Fuente: propia.....	24
<b>Figura 11 .-</b> Esquema teórico para la elaboración de mapas de riesgo por inundación. Fuente: elaboración propia recreación de (Ribera Masgrau, 2004).....	33
<b>Figura 12.-</b> Diagrama de flujo del método IMTA para la generación de mapas de riesgo por inundaciones. Fuente: elaboración propia. ....	35
<b>Figura 13.-</b> Mapa de riesgo por inundación para un periodo de retorno de 1,000 años Tuxtla Gutiérrez. Fuente: (IMTA, 2015).....	36
<b>Figura 14.-</b> Mapa de peligro ante inundaciones de Tuxtla Gutiérrez, México para un periodo de retorno de 1,000 años. Fuente: (IMTA, 2015).....	38
<b>Figura 15.-</b> Mapa de vulnerabilidad por tipo de vivienda Tuxtla Gutiérrez. Fuente: (IMTA, 2015) .....	39



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

<b>Figura 16.-</b> Diagrama de flujo de un modelo matemático de simulación. Fuente: elaboración propia.....	41
<b>Figura 17.-</b> Ejemplos de simulación hidráulica bidimensional a superficie libre con HEC-RAS. Fuente: elaboración Propia.....	45
Figura 18.- Ejemplo de simulación hidráulica IBER. Fuente: elaboración propia.....	46
<b>Figura 19.-</b> Conceptualización de la idealización de una subcuenca de aportación en SWMM. Fuente: elaboración propia. ....	47
<b>Figura 20.-</b> Dominio de integración de las ecuaciones de Barré de Saint Venant a través de un esquema alternado de diferencias finitas de primer orden empleado en MIKE URBAN. Donde E: Energía, y; tirante; Q: gasto. Fuente: (IHS, 2006).....	48
<b>Figura 21.-</b> Metodología para la generación de mapas de riesgo ante inundaciones con Índice Pérdida-Posesión Anual Esperado. Fuente: elaboración propia.....	61
<b>Figura 22.-</b> Detalle de altura de nivel de piso de vivienda. Fuente: (UNAM-Cemex, 2017) .....	67
<b>Figura 23.-</b> Distribución porcentual de niveles socioeconómicos ENIGH 2016. Fuente: (AMAI, 2017).....	69
<b>Figura 24.-</b> Inundaciones en Chihuahua, Chih. de 2013-2016. Fuente: a: (CN, 2013), b : (LCDCh, 2014), c: (López-Dóriga Digital, 2015), d: (Redacción SDPNoticias, 2016), e: (Chihuahua, 2017), f: (Guitérrez, 2018).....	74
<b>Figura 25.-</b> Macro localización Chihuahua, Chih. Fuente: elaboración propia con información de (Conavi, s.f.) .....	75
<b>Figura 26.-</b> Red de drenaje de subcuenca RH24K de Conagua. Fuente: elaboración propia con información de (SIATL, s.f.) .....	77
<b>Figura 27.-</b> Modelo Digital de Terreno Implan y Continuo Mexicano de Elevaciones Inegi, Fuente: elaboración propia .....	78
<b>Figura 28.-</b> Subcuencas de estudio. Fuente: elaboración propia.....	79
<b>Figura 29.-</b> Cuencas de aportación CEM INEGI. Fuente: elaboración propia .....	79



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

<b>Figura 30.-</b> Red de EMAs de zona de estudio. Fuente: elaboración propia con datos de (Wundermap, 2017). .....	81
<b>Figura 31.-</b> Estaciones climatológicas convencionales SMN. Fuente: elaboración propia. ....	82
<b>Figura 32.-</b> FDP estación Observatorio y estación El Rejón. Fuente: elaboración propia. ....	90
<b>Figura 33.-</b> FDP estación Presa Chihuahua y estación La Mesa. Fuente: elaboración propia. ....	90
<b>Figura 34.-</b> FDP estación Majálca. Fuente: elaboración propia.....	90
<b>Figura 35.-</b> Factor de conectividad para Chihuahua, Chih. Fuente: adaptación de (Baeza Ramírez, 2007).....	93
<b>Figura 36.-</b> Curvas I-D-Tr Método Chen Cheng-Lung, estación Observatorio. Fuente: elaboración propia.....	96
<b>Figura 37.-</b> Curvas I-D-Tr Método Bell m., estación Observatorio. Fuente: elaboración propia. ....	99
<b>Figura 38.-</b> Comparación de curvas I-D-Tr de métodos de Cheng-Lung Chen y Bell modificado. Fuente: elaboración propia. ....	100
<b>Figura 39.-</b> Ejemplo de uso de suelo: arena y cuerpo de agua. Fuente: elaboración. propia. ....	111
<b>Figura 40.-</b> Ejemplo de uso de suelo: mampostería. Fuente: propia. ....	111
<b>Figura 41.-</b> Ejemplo de uso de suelo: techumbre. Fuente: elaboración propia.....	111
<b>Figura 42.-</b> Ejemplo de uso de suelo: vegetación urbana media densa. Fuente: elaboración propia.....	111
<b>Figura 43.-</b> Ejemplo de uso de suelo: vegetación urbana rala. Fuente. elaboración propia. ....	111
<b>Figura 44.-</b> Ejemplo de uso de suelo: cauce natural. Fuente: elaboración propia.....	111



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

<b>Figura 45.-</b> Ejemplo de uso de suelo: vegetación urbana densa. Fuente: elaboración propia.....	112
<b>Figura 46.-</b> Ejemplo de uso de suelo: terracería. Fuente: elaboración propia.....	112
<b>Figura 47.-</b> Ejemplo de uso de suelo: grava ornamental. Fuente: propia.....	112
<b>Figura 48.-</b> Ejemplo de uso de suelo: fondo cauce natural. Fuente: elaboración propia.....	112
<b>Figura 49.-</b> Ejemplo de uso de suelo: panteón. Fuente: elaboración propia.....	112
<b>Figura 50.-</b> Ejemplo de uso de suelo: comercio. Fuente: elaboración propia.....	112
<b>Figura 51.-</b> Ejemplo de uso de suelo: vivienda residencial. Fuente: elaboración propia.....	113
<b>Figura 52.-</b> Ejemplo de uso de suelo: vivienda en serie. Fuente: elaboración propia. .	113
<b>Figura 53.-</b> Ejemplo de uso de suelo: vivienda campestre. Fuente: elaboración propia.....	113
<b>Figura 54.-</b> Ejemplo de uso de suelo: parque. Fuente: elaboración propia.....	113
<b>Figura 55.-</b> Ejemplo de uso de suelo: vivienda urbana. Fuente: elaboración propia....	113
<b>Figura 56.-</b> Ejemplo de uso de suelo: vivienda suburbana. Fuente: elaboración propia.....	113
<b>Figura 57.-</b> Mapa del uso de suelo de la zona de estudio. Fuente: elaboración propia.	114
<b>Figura 58.-</b> Detalle de delimitación de uso de suelo 1. Fuente: Elaboración propia.....	115
<b>Figura 59.-</b> Detalle de delimitación de uso de suelo 2. Fuente: elaboración propia. ....	116
<b>Figura 60.-</b> Detalle de delimitación de uso de suelo 3. Fuente: elaboración propia. ....	116
<b>Figura 61.-</b> Detalle de delimitación de uso de suelo 4. Fuente: elaboración propia. ....	116
<b>Figura 62.-</b> Áreas y modelos de simulación hidráulica a superficie libre cuasi 2D. Fuente: elaboración propia.....	118
<b>Figura 63.-</b> Obstáculos hidráulicos, modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.....	120
<b>Figura 64.-</b> Ejemplo de mallado tipo direccional. Fuente: elaboración propia. ....	122



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

<b>Figura 65.-</b> Tamaño de mallado del área de simulación C2D. Fuente: elaboración propia. .....	123
<b>Figura 66.-</b> Configuración de mallado del área de simulación C2D. Fuente: elaboración propia. .....	124
<b>Figura 67.-</b> Mallado del modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.....	125
<b>Figura 68.-</b> Salidas del modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.....	126
<b>Figura 69.-</b> Conexión de cuencas de aportación en forma de cascada dendrítica. Fuente: elaboración propia.....	127
<b>Figura 70.-</b> Conexión de microcuencas en zona de simulación C2D. Fuente: elaboración propia. .....	127
<b>Figura 71.-</b> Asignación de lluvia por estación climatológica. Fuente: elaboración propia. .....	128
<b>Figura 72.-</b> Asignación ponderada de porcentaje de área impermeable en modelo Saucito. Fuente: elaboración propia. .....	128
<b>Figura 73.-</b> Estructura de salida (a) y estructura de conexión (b). Fuente: propia.....	129
<b>Figura 74.-</b> Estructura de cruce (a), estructura de conducción (b) y estructura de captación (c). Fuente: propia.....	129
<b>Figura 75.-</b> Ubicación de infraestructura pluvial existente levantada en recorrido pedestre. Fuente: elaboración propia.....	130
<b>Figura 76.-</b> Ejemplo de estructura de captación en PCSWMM®, arroyo Galera sur en avenidas Agustín Melgar y Tecnológico. Fuente: elaboración propia. ....	132
<b>Figura 77.-</b> Ejemplo de estructura de cruce en PCSWMM®, arroyo El Mimbresur y avenida Heroico Colegio Militar. Fuente: elaboración propia. ....	132
<b>Figura 78.-</b> Ejemplo de estructura de regulación en PCSWMM®, arroyo Plaza de toros aguas arriba de iglesia Santa María Reina. Fuente: elaboración propia.....	133
<b>Figura 79.-</b> Ejemplo de estructura de conducción en PCSWMM®, arroyo Saucito debajo de calle Sicomoro. Fuente: elaboración propia. ....	133



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

<b>Figura 80.-</b> Ejemplo de canal 1D-2D. Fuente: elaboración propia.....	134
<b>Figura 81.-</b> Representación de pasillos pluviales de fraccionamientos privados. Fuente: elaboración propia.....	135
<b>Figura 82.-</b> Lluvia 4 de julio del 2015 sobre Chihuahua, Chih. Fuente: (SDP Noticias, 2015) .....	136
<b>Figura 83.-</b> Inundación en arroyo Plaza de toros, Chihuahua, Chih. 4 de julio del 2015. Fuente: (Daniela Jiménez, 2015).....	137
<b>Figura 84.-</b> Inundación en calle 2, Encordada Santa Fe, Chihuahua, Chih. 4 de julio del 2015. Fuente: (Ruíz, 2015).....	137
<b>Figura 85.-</b> Tirante de escorrentía en calle 2, durante inundación del 04/07/15. Fuente: elaboración propia con datos de (Ruíz, 2015) y (TBP, 2018).....	138
<b>Figura 86.-</b> Ubicación EMA UACH- Deportiva. Fuente: elaboración propia.....	138
<b>Figura 87.-</b> Hietograma de diseño para evento 04/07/15. Fuente: elaboración propia con datos de (Wundermap, 2017).....	139
<b>Figura 88.-</b> Precipitación EMA Deportiva 04/07/2015. Fuente: elaboración propia con datos de (Wundermap, 2017).....	139
<b>Figura 89.-</b> Tirantes máximos de escorrentía en modelos Plaza de toros-04/07/15. Fuente: elaboración propia.....	140
<b>Figura 90.-</b> Remanso en fraccionamientos privados por incapacidad hidráulica en pasillos pluviales. Fuente: elaboración propia.....	141
<b>Figura 91.-</b> Ejemplo de tirantes máximos de escorrentía en metros por periodo de retorno. Fuente: elaboración propia.....	143
<b>Figura 92.-</b> Mapa de Tirantes máximos de escorrentía (m) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Plaza de toros. Fuente: elaboración propia.....	144
<b>Figura 93.-</b> Mapa de Tirantes máximos de escorrentía (m) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.....	145
<b>Figura 94.-</b> Mapa de Tirantes máximos de escorrentía (m) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Los Arcos. Fuente: elaboración propia.....	146



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

<b>Figura 95.-</b> Mapa de velocidades máximas de escorrentía (m) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Los Arcos. Fuente: elaboración propia.....	147
<b>Figura 96.-</b> Mapa de Velocidades máximas de escorrentía (m/s) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Plaza de toros. Fuente: elaboración propia.....	148
<b>Figura 97.-</b> Mapa de Velocidades máximas de escorrentía (m/s) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.....	149
<b>Figura 98.-</b> Mapa de Velocidades máximas de escorrentía (m/s) para un periodo de retorno 200 años, en modelo Los Arcos. Fuente: elaboración propia.....	150
<b>Figura 99.-</b> PAISPV para diferentes periodos de retorno en cuenca Saucito. Fuente: elaboración propia.....	152
<b>Figura 100.-</b> Mapa de Peligro Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Plaza de toros para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	153
<b>Figura 101.-</b> Mapa de Peligro Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Saucito para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	154
<b>Figura 102.-</b> Mapa de Peligro Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Los Arcos para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	155
<b>Figura 103.-</b> Distribución porcentual de NSE y VAISPV en la localidad de Chihuahua. Fuente: elaboración propia.....	157
<b>Figura 104.-</b> Mapa Vulnerabilidad Ante Inundaciones Simplificada Para Viviendas en la localidad de Chihuahua. Fuente: elaboración propia.....	158
<b>Figura 105.-</b> Mapa Vulnerabilidad Ante Inundaciones Simplificada Para Viviendas en la zona de simulación. Fuente: elaboración propia.....	159
<b>Figura 106.-</b> Cruce de información de peligro y vulnerabilidad en un SIG. Fuente: elaboración propia.....	160
<b>Figura 107.-</b> Mapa de Riesgo Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Plaza de Toros para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	161
<b>Figura 108.-</b> Mapa de Riesgo Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Saucito para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	162



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

<b>Figura 109.-</b> Mapa de Riesgo Ante Inundaciones Simplificado Para Viviendas en modelo Los Arcos para periodo de retorno de 200 años. Fuente: elaboración propia.....	163
<b>Figura 110.-</b> Costos totales de bienes expuestos de la zona de estudio. Fuente: elaboración propia.....	166
<b>Figura 111.-</b> Mapa de costos de daños directos tangibles para un periodo de retorno de 200 años en modelo Plaza de toros. Fuente: elaboración propia.....	167
<b>Figura 112.-</b> Mapa de costos de daños directos tangibles para un periodo de retorno de 200 años en modelo Saucito. Fuente: elaboración propia.....	168
<b>Figura 113.-</b> Mapa de costos de daños directos tangibles para un periodo de retorno de 200 años en modelo Los Arcos Fuente: elaboración propia.....	169
<b>Figura 114.-</b> Mapa daños directos tangibles a viviendas por inundaciones anuales esperados para el modelo Plaza de toros. Fuente: elaboración propia. ....	171
<b>Figura 115.-</b> Mapa daños directos tangibles a viviendas por inundaciones anuales esperados para el modelo Saucito. Fuente: elaboración propia. ....	172
<b>Figura 116.-</b> Mapa daños directos tangibles a viviendas por inundaciones anuales esperados para el modelo Los Arcos. Fuente: elaboración propia. ....	173
<b>Figura 117.-</b> Mapa Índice Pérdida-Posesión a viviendas por inundaciones anual esperada para el modelo Plaza de toros. Fuente: elaboración propia. ....	175
<b>Figura 118.-</b> Mapa Índice Pérdida-Posesión a viviendas por inundaciones anual esperada para el modelo Saucito. Fuente: elaboración propia. ....	176
<b>Figura 119.-</b> Mapa Índice Pérdida-Posesión a viviendas por inundaciones anual esperada para el modelo Los Arcos. Fuente: elaboración propia. ....	177
<b>Figura 120.-</b> Comparación entre el porcentaje de área impermeable de las microcuencas y el porcentaje de escurrimiento para un periodo de retorno de 2 años. Fuente: elaboración propia.....	179
<b>Figura 121.-</b> CE por periodo de retorno en modelo Saucito. Fuente: elaboración propia. ....	180
<b>Figura 122.-</b> Comparación DAE contra IPPAE. Fuente: elaboración propia.....	182



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

<b>Figura 123.-</b> Curva de pérdida anual por Índice Pérdida-Posesión ante inundaciones IPP. Fuente: elaboración propia. ....	183
<b>Figura 124.-</b> Curva de pérdida anual por daños directos tangibles por inundaciones y valor DAE. Fuente: elaboración propia. ....	184
<b>Figura 125.-</b> Curva de pérdida anual por Índice Pérdida-Posesión ante inundaciones IPP en escala logarítmica. Fuente: elaboración propia.....	184
<b>Figura 126.-</b> Curva de pérdida anual por daños directos tangibles por inundaciones y DAE en escala logarítmica. Fuente: elaboración propia. ....	185
<b>Figura 127.-</b> Comparación de curvas de pérdida por daños a bienes muebles e inmuebles ante inundaciones por probabilidad anual de excedencia. Fuente: elaboración propia. ....	186
<b>Figura 128.-</b> Relación entre pérdida por daños a bienes muebles y por daño a bienes inmuebles por probabilidad anual de excedencia. Fuente: elaboración propia. ....	186
<b>Figura 129.-</b> Delimitación de cuencas sector. Fuente: elaboración propia.....	188
<b>Figura 130.-</b> VAISPV promedio por cuenca sector. Fuente: elaboración propia.....	191
<b>Figura 131.-</b> Habitantes afectados y viviendas afectadas anuales esperados ante inundaciones por cuenca sector. Fuente: elaboración propia.....	191
<b>Figura 132.-</b> DAE general por cuenca sector. Fuente: elaboración propia. ....	193
<b>Figura 133.-</b> IPPAE promedio por vivienda afectada por cuenca sector. Fuente: elaboración propia.....	194
<b>Figura 134.-</b> Estadísticas de afectaciones por inundaciones anuales esperadas. Fuente: elaboración propia.....	196



## Glosario tablas

<b>Tabla 1.-</b> Clasificación de afectaciones por inundaciones. ....	5
<b>Tabla 2.-</b> Criterio de riesgo ante inundaciones en función del peligro y vulnerabilidad ante inundaciones (IMTA, 2015). ....	35
<b>Tabla 3.-</b> Parámetros para criterio de peligro hidráulico. Fuente: (IMTA, 2015). ....	37
<b>Tabla 4 .-</b> Comparación entre programas de simulación de inundaciones. Fuente: Elaboración propia. ....	48
<b>Tabla 5.-</b> Valores de tirante y volcamiento por niveles de peligro ante inundaciones simplificado para viviendas (PAISPV). Fuente: elaboración adaptación de (IMTA, 2015). ....	68
<b>Tabla 6.-</b> Relación entre niveles socioeconómicos y vulnerabilidad VAISPV. Fuente: elaboración propia. ....	68
<b>Tabla 7.-</b> Valores de peligro PAISPV, vulnerabilidad VAISPV y porcentaje de pérdida de bienes muebles por nivel de riesgo RAISPV. Fuente: elaboración propia adaptación de (IMTA, 2015). ....	70
<b>Tabla 8.-</b> Valores para determinación de costo por daño estructural ante inundaciones. Fuente: Elaboración propia, adaptación (IMTA, 2015). ....	71
<b>Tabla 9.-</b> Área y número de microcuencas de cada subcuenca. Fuente: Elaboración propia. ....	80
<b>Tabla 10.-</b> Estaciones climatológicas convencionales. Fuente: Elaboración propia. ....	83
<b>Tabla 11.-</b> Precipitación diaria máxima anual por estación (mm). Fuente: Elaboración propia con datos de Conagua. ....	84
<b>Tabla 12.-</b> Completado de datos de precipitación diaria máxima anual por estación (mm). Fuente: elaboración propia. ....	87
<b>Tabla 13.-</b> Error Estándar de Ajuste de FDP por estación en porcentaje. Fuente: elaboración propia. ....	89



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

<b>Tabla 14.-</b> Datos de precipitación diaria máxima anual (mm), extrapolados con Funciones de Distribución de Probabilidad. Fuente: elaboración propia.....	89
<b>Tabla 15.-</b> Precipitación diaria máxima horaria (mm), obtenidas con factor de convectividad. Fuente: elaboración propia. ....	93
<b>Tabla 16.-</b> Parámetros R, F, a, b y c; método Cheng-Lung. Fuente: elaboración propia.	94
<b>Tabla 17.-</b> Intensidad de lluvia en mm/h, para diferentes duraciones y periodo de retorno; método Cheng-Lung para estación Observatorio. Fuente: Elaboración propia.	95
<b>Tabla 18.-</b> Intensidad de lluvia en mm/h a diferentes duraciones y periodo de retorno; método Bell m. para estación Observatorio. Fuente: elaboración propia.....	98
<b>Tabla 19.-</b> Precipitaciones acumuladas método Bell m., estación Observatorio (mm), Fuente: elaboración propia. ....	98
<b>Tabla 20.-</b> Hietogramas de diseño (mm), estación Majálca. Fuente: elaboración propia. ....	102
<b>Tabla 21.-</b> Hietogramas de diseño (mm), estación La Mesa. Fuente: elaboración propia. ....	102
<b>Tabla 22.-</b> Hietograma de diseño (mm), estación El Rejón. Fuente: elaboración propia. ....	103
<b>Tabla 23.-</b> Hietograma de diseño (mm), estación Observatorio. Fuente: elaboración propia. ....	103
<b>Tabla 24.-</b> Hietograma de diseño (mm), estación Presa Chihuahua. Fuente: elaboración propia. ....	104
<b>Tabla 25.-</b> Parámetros hidrológicos por uso de suelo. Fuente: Elaboración propia con base en (EPA, 2015). ....	117
<b>Tabla 26.-</b> Características de las áreas de simulación hidráulica a superficie libre cuasi 2D. Fuente: elaboración propia. ....	118
<b>Tabla 27.-</b> Configuraciones y tamaños de mallado usados. Fuente: elaboración propia. ....	121
<b>Tabla 28.-</b> Número de nodos y área de simulación C2D. Fuente: elaboración propia.	122



## ÍNDICE PÉRDIDA-POSESIÓN PARA GENERACIÓN DE MAPAS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS

<b>Tabla 29.-</b> Criterio para asignar Vulnerabilidad Ante Inundaciones Simplificada para Viviendas con parámetros socioeconómicos de AGEBS Inegi en la localidad de Chihuahua. ....	156
<b>Tabla 30.-</b> Distribución porcentual de NSE y VASPV en la localidad de Chihuahua. Fuente: elaboración propia.....	156
<b>Tabla 31.-</b> Relación entre calidad de construcción para asignación de valores catastrales-fiscales y nivel de VAISPV. Fuente: elaboración propia con datos de (Gobierno de Chihuahua, 2017) .....	164
<b>Tabla 32.-</b> Valores para asignación de costos de bienes muebles e inmuebles. Fuente: elaboración propia.....	165
<b>Tabla 33.-</b> Valores de curvas de pérdida. Fuente: elaboración propia. ....	183
<b>Tabla 34.-</b> Estadísticas de afectaciones anuales esperadas por inundaciones por cuenca sector. Fuente: elaboración propia. ....	189
<b>Tabla 36.-</b> Estadísticas de afectaciones anuales esperadas por inundaciones por área de simulación. Fuente: elaboración propia.....	195