



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
CIVIL – HIDRAÚLICA

EVALUACIÓN DE RIESGO POR TSUNAMI EN LA ZONA DE
LA COSTA DE ZIHUATANEJO

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
YESENIA MORGADO PELÁEZ

TUTOR PRINCIPAL:
DR. RODOLFO SILVA CASARÍN
INSTITUTO DE INGENIERÍA

CIUDAD DE MÉXICO, MARZO 2022



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.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Fuentes Mariles Oscar Arturo
Secretario: Dr. Edgar Mendoza Baldwin Edgar Gerardo
1 er. Vocal: Dr. Silva Casarín Rodolfo
2 do. Vocal: Dra. Chávez Cerón Valeria
3 er. Vocal: Dr. Verduzco Zapata Manuel Gerardo

Lugar donde se realizó la tesis: México, CDMX

TUTOR DE TESIS:

Dr. Rodolfo Silva Casarín.



FIRMA

*A pesar de la distancia y del
tiempo ido, sólo puedo dedicar:
A todos y ninguno...*
JULIO A. FREYRE-GONZÁLEZ

Agradecimientos

Gracias a cada una de las personas que me apoyaron e hicieron que este sueño se cristalizara en una hermosa realidad.

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Estructura del documento	1
2. Objetivos	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. Antecedentes y registro histórico de Tsunamis	3
3.1. La ciencia de los tsunamis	3
3.2. Historia de los tsunamis en México	6
4. Sitio de estudio	11
4.1. Aspectos generales	11
4.1.1. Ubicación geográfica	11
4.1.2. Clima	12
4.1.3. Geología	12
4.1.4. Hidrografía	13
4.1.5. Uso del suelo y vegetación	13
4.1.6. Características sociodemográficas [INEGI, 2020]	13
4.2. Fuentes de riesgo	14
4.2.1. Sismos	14

4.2.2. Oleaje	16
4.2.3. Tsunamis	16
5. Análisis de riesgo	17
5.1. Riesgo	17
5.2. Metodología SPRC	18
5.3. Riesgo como probabilidad y consecuencias.	20
6. Metodología	27
6.1. Modelo de generación del tsunami (Fuente)	28
6.2. Modelo de inundación del tsunami IBER (Trayectoria)	30
6.3. Descripción del sitio (receptor)	37
6.4. Consecuencias (consequences)	38
6.4.1. Recopilación de datos para zonas habitacionales	40
7. Resultados	48
7.1. Resultados del modelo de inundación.	48
7.2. Construcción de familias de curvas de daños potenciales por inundación en zonas habitacionales	49
7.3. Evaluación del daño por inundación en Zihuatanejo, Guerrero. México	78
8. Discusión y conclusiones	92
9. Futuras líneas de investigación	93
A. Índices e indicadores sociales para el municipio de Zihuatanejo.	94
B. Tablas	97
C. Evaluación de los daños tangibles directos.	102

Índice de tablas

3-1. Registro histórico de tsunamis en México [NOAA, 2020a]	8
4-1. Sismos costa de Guerrero, México	15
5-1. Clasificación de los daños de inundación modificado de [Dassanayake <i>et al.</i> , 2010] (Fuente: [Escudero, 2016])	23
6-1. Parámetros usados para la simulación del tsunami.	36
6-2. Localidades por grado de marginación [SEDESOL, 2010]	41
6-3. Valores Unitarios de Uso de Suelo y de Construcción para el municipio de Zihua- tanejo de Azueta [Congreso del edo, 2020]	46
7-1. Porcentaje de afectación por inundación en viviendas de clase precaria	51
7-2. Valor de los daños por inundación en viviendas de clase precaria (en pesos 2020)	52
7-3. Porcentaje de afectación por inundación en viviendas de interés social de una sola planta	55
7-4. Valor de los daños por inundación en viviendas de interés social de una sola planta (en pesos 2020)	56
7-5. Porcentaje de afectación por inundación en viviendas de interés social de dos plantas	59
7-6. Valor de los daños por inundación en viviendas de interés social de dos plantas (en pesos 2020)	60

7-7. Porcentaje de afectación por inundación en viviendas de clase media para una sola planta	63
7-8. Valor de los daños por inundación en viviendas de clase media para una sola planta (en pesos 2020)	64
7-9. Porcentaje de afectación por inundación en viviendas de clase media de dos plantas	67
7-10. Valor de los daños por inundación en viviendas de clase media de dos plantas (en pesos 2020)	68
7-11. Porcentaje de afectación por inundación en viviendas residencial turísticos de una sola planta	71
7-12. Valor de los daños por inundación en viviendas residencial turísticos de una sola planta (en pesos 2020)	72
7-13. Porcentaje de afectación por inundación en viviendas residencial turísticos de dos plantas	75
7-14. valor de los daños vivienda residencial turístico de dos plantas.	76
7-15. Criterio para definir el tipo de vivienda por AGEB.	84
7-16. Información del censo de población y vivienda 2010 [INEGI, 2010a] para la AGEB 570	85
7-17. No. de viviendas para la AGEB 570.	86
7-18. Tipo de viviendas por AGEB.	87
A-1. Índices e indicadores sociales Zihuatanejo [SEDESOL, 2010].	94
A-2. Indicadores de rezago social [SEDESOL, 2010].	95
A-3. Indicadores de marginación [SEDESOL, 2010].	96
A-4. Indicadores de carencia en viviendas [SEDESOL, 2010].	96
B-1. Gasto trimestral en bienes y servicios para viviendas de estrato social alto para el estado de Guerrero [ENIGH, 2018].	97
B-2. Gastos trimestrales en bienes y servicios para vivienda de estrato social bajo para el estado de Guerrero [ENIGH, 2018]	98

B-3. Gastos trimestrales en bienes y servicios para vivienda de estrato social medio bajo para el estado de Guerrero [ENIGH, 2018]	99
B-4. Gastos trimestrales en bienes y servicios para vivienda de estrato social medio alto para el estado de Guerrero [ENIGH, 2018]	100
B-5. Registro histórico de inundación Zihuatanejo.	101
C-1. Evaluación de daños por calle.	103
C-2. Continuación tabla C-1	104
C-3. Continuación tabla C-2	105
C-4. continuación tabla C-3	106
C-5. continuación tabla C-4	107
C-6. continuación tabla C-5	108
C-7. continuación tabla C-6	109

Índice de figuras

3-1. Perímetro costero de zonas de hundimiento de placas en el Océano Pacífico, generadoras de tsunamis (Fuente: HERALDO [2020]).	5
3-2. Placas tectónicas en la República Mexicana	7
4-1. Zihuatanejo de Azueta	12
4-2. Áreas de ruptura de sismos importantes en México y ubicación de la Brecha Sísmica de Guerrero (Fuente: ixtapayzihuatanejo.com [2020]).	15
5-1. Modelo conceptual (SPRC) Fuente:[Wallingford, 2004]	19
5-2. Caracterización del sistema físico [Wallingford, 2004]	19
5-3. Clasificación de los daños de inundación [Jonkman <i>et al.</i> , 2008]	22
6-1. Metodología de estudio	27
6-2. Velocidades de flujo y elevación del agua. Se muestran los promedios de los puntos 1,3,4,5 y 6.	29
6-3. Condiciones de contorno	29
6-4. Topografía del terreno	31
6-5. Batimetría de la zona de estudio	32
6-6. Modelo digital de elevaciones.	33
6-7. Dominio de la simulación a. Malla/ b. Tipo de suelo	35
6-8. Condiciones de contorno (a) velocidad flujo de entrada (b) profundidad flujo de entrada (c) condición de gasto modelo	36

6-9. Descripción del sitio	37
6-10. Metodología adaptada de Baró [2004]	38
6-11. Vivienda precaria. Calle paseo de la cantera [Streetview, 2022]	42
6-12. Vivienda tipo interés social. Condominio Bahía Zihua [Streetview, 2022]	43
6-13. Vivienda tipo media. Calle presa Falcon [Streetview, 2022]	44
6-14. Vivienda tipo residencial. Calle presidente Darío Galeana Farfan [Streetview, 2022]	45
7-1. Resultados del modelo de inundación (profundidad del agua)	49
7-2. Curva de vulnerabilidad vivienda precaria.	53
7-3. Curva de daños vivienda precaria.	54
7-4. Curva de vulnerabilidad vivienda de interés social de una sola planta.	57
7-5. Curva de daños vivienda de interés social de una sola planta.	58
7-6. Curva de vulnerabilidad vivienda de interés social de dos plantas.	61
7-7. Curva de daños vivienda de interés social de dos plantas.	62
7-8. Curva de vulnerabilidad vivienda de clase media de una sola planta.	65
7-9. Curva de daños vivienda de clase media de una sola planta.	66
7-10. Curva de vulnerabilidad vivienda de clase media de dos planta.	69
7-11. Curva de daños vivienda de clase media de dos planta.	70
7-12. Curva de vulnerabilidad vivienda residencial turístico de una sola planta.	73
7-13. Curva de daños vivienda residencial turístico de una sola planta.	74
7-14. Curva de vulnerabilidad vivienda residencial turístico de dos plantas.	77
7-15. Curva de daños vivienda residencial turístico de dos plantas.	78
7-16. Dominio de inundación por calle	79
7-17. Dominio de inundación por calle sección A	80
7-18. Dominio de inundación por calle sección B	81
7-19. Dominio de inundación por manzana.	82
7-20. Dominio de inundación por AGEB.	83
7-21. Tipo de vivienda por AGEB.	88

7-22. Número de viviendas por manzanas.	89
7-23. Zona de la evaluación económica	90
7-24. Evaluación económica de las zonas a,b,c y d	91

Evaluación de riesgo por Tsunami en la zona de la costa de Zihuatanejo.

por

Yesenia Morgado Peláez

Resumen

En el presente trabajo se realizó una evaluación económica de los daños tangibles directos asociados a las inundaciones generadas por un tsunami de 10 m de altura frente a las costas de Zihuatanejo. Este caso se identifica como el peor escenario de una distribución de tsunamis de origen sísmico asociados a una magnitud entre 7.6 y 8.2 Mw. El método que se siguió fue el Source-Pathway-Receptor-Consequence (SPRC), que evalúa el riesgo desde la fuente del peligro hasta las posibles consecuencias, adaptado a una evaluación económica por calles. Como parte de los resultados, las curvas de daño creadas específicamente para las viviendas del sitio de inundación, permitieron obtener el costo económico de los daños por calles. La pérdida obtenida oscila entre 1.5 y 8 millones de pesos de daños por calle, generando una acumulación de daños de más de 29 millones de pesos en la zona urbana de estudio. Este trabajo brinda información útil para planes de prevención de inundación por tsunami para la mitigación de costos y pérdidas por este tipo de desastres.

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

El riesgo por inundación de tsunami puede percibirse como bajo porque la ocurrencia de inundaciones debidas a este fenómeno no es tan frecuente como las provocadas por lluvia, sin embargo, el impacto de una inundación por tsunami puede ser más devastador. Tomando en cuenta el registro histórico por tsunamis, en los últimos años se han incrementado los desastres por este tipo de fenómenos en las zonas costeras y cada vez se vuelve un evento más frecuente. Sabiendo que los tsunamis de origen sísmico son los de mayor frecuencia y la costa del pacífico mexicano es una zona altamente sísmica por sus condiciones geofísicas, la bahía de Zihuatanejo se convierte en una sitio vulnerable ante este tipo de fenómenos. La falta de información que se registra por inundación de tsunami en Zihuatanejo muestra la necesidad de crear información para el sitio. Es ahí donde radica la importancia de desarrollar este tipo de trabajos.

1.2. Estructura del documento

El documento está dividido en nueve capítulos; los primeros seis son parte del marco teórico, son los que definen y delimitan el problema, y proponen una solución. El resto de los capítulos se estructuran de la siguiente manera: el capítulo siete propone el desarrollo de la metodología de estudio, el capítulo ocho explica los resultados, el capítulo nueve presenta las discusiones y

conclusiones, por último, el capítulo diez propone las futuras líneas de investigación. Además se agregan 3 apéndices con información que complementa la metodología y los resultados.

Capítulo 2

Objetivos

2.1. Objetivo general

Realizar la evaluación del riesgo de inundación por tsunami en la costa de Zihuatanejo con ayuda de una metodología que integre el mayor número de componentes (económica, social, etc.). Para obtener información que brinde una base técnica y científica para el diseño de medidas de adaptación y mitigación en pérdidas de vidas humanas y económicas.

2.2. Objetivos específicos

- Procesar la información del modelo de propagación del tsunami con la finalidad de implementar su uso en el modelo de inundación.
- Modelar a una escala de detalle la inundación del tsunami en la costa y zona urbana de Zihuatanejo.
- Evaluar el riesgo desde la fuente de peligro hasta sus posibles consecuencias.
- Crear las curvas de daños específicas de las viviendas de la zona inundada.
- Evaluar el daño económico de los daños tangibles directos.

Capítulo 3

Antecedentes y registro histórico de Tsunamis

El término Tsunami, es una expresión compuesta en japonés que significa “ola de puerto”, cuyo equivalente en español es maremoto [González González *et al.*, 2012]. El tsunami del Océano Índico en 2004, el tsunami de Samoa en 2009, el tsunami de Chile de 2010 y el tsunami de Japón en Tohoku de 2011 se presentaron en menos de 10 años generando incalculables daños económicos. Estos cuatro eventos centraron la atención del mundo por la infrecuente, pero muy real amenaza de tsunamis [NOAA, 2020b].

3.1. La ciencia de los tsunamis

En 1896, como resultado de los desastres asociados a un tsunami local gigante, con altura de ola de 38 m y durante el cual perdieron la vida 22,000 personas, la ciencia e ingeniería del tsunami comenzó en Japón, el país más afectado por tsunamis locales y distantes [Shuto y Koji, 2009]. El pronóstico de tsunamis comenzó en 1941 [Shuto y Koji, 2009] y desde finales de la década de 1970 la simulación numérica de tsunamis fue desarrollada en Japón. A partir de la experiencia ganada en este país, las metodologías desarrolladas se convirtieron en el esquema estándar de la UNESCO [Shuto y Koji, 2009].

Un tsunami es un fenómeno físico que se origina por la perturbación del medio oceánico a partir de fenómenos como: terremotos, erupción volcánica, detonaciones submarinas, deslizamientos de terreno, desprendimientos de hielo glaciario, impacto de meteoritos y otros eventos. Es una serie de ondas de periodos largos (normalmente entre 10 minutos y 60 minutos) y longitudes de onda muy extensas (del orden de cientos de kilómetros) [González González *et al.*, 2012].

A diferencia del oleaje por el viento que se genera en la superficie del agua, en las olas de tsunami se produce el movimiento de toda una columna de agua, desde la superficie hasta el fondo, y en una extensión horizontal mucho más grande. Por lo tanto, transportan mucha más energía que las olas generadas por el viento, siendo el volumen de agua desplazado considerablemente mayor [Cantavella Nadal, 2015].

Los tsunamis de origen sísmico son los de mayor probabilidad de ocurrencia en el mundo. Estos ocurren a partir de la dislocación vertical de la corteza terrestre en el fondo del océano, ocasionada por un sismo [Farreras *et al.*, 2005]. La gran mayoría de los sismos generadores de tsunamis ocurren en el contorno costero del Océano Pacífico, en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas que constituyen la corteza del fondo marino 3-1 [Farreras *et al.*, 2005].

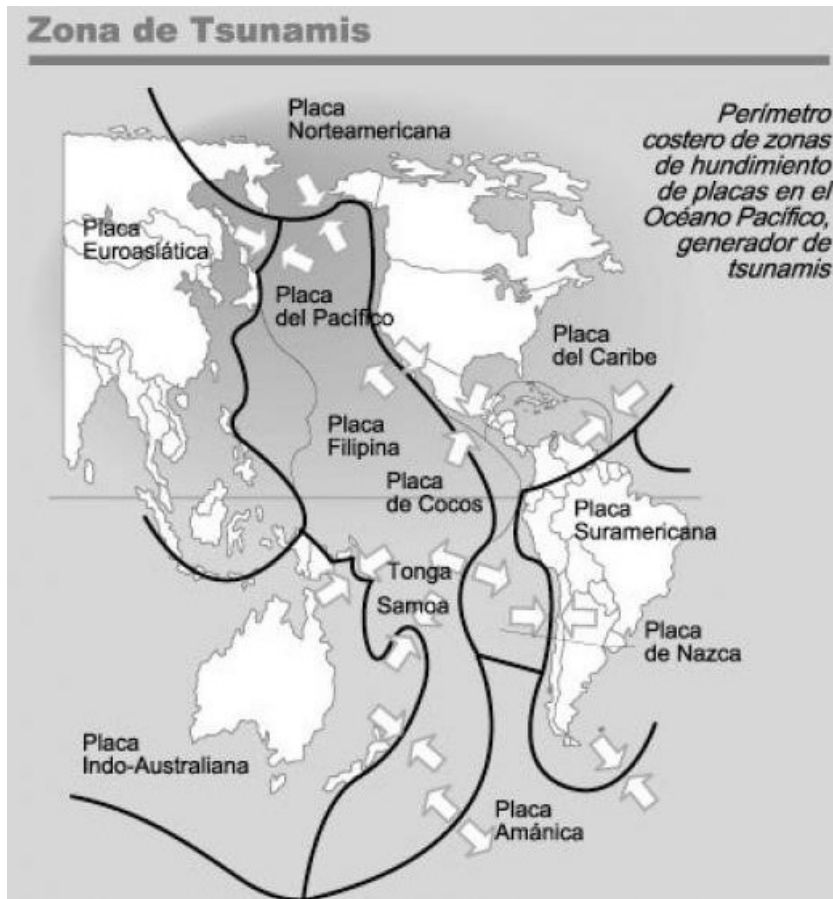


Figura 3-1: Perímetro costero de zonas de hundimiento de placas en el Océano Pacífico, generadoras de tsunamis (Fuente: HERALDO [2020]).

Un sismo puede generar un tsunami si el hipocentro (punto de origen del sismo en el interior de la tierra) se localiza bajo el lecho marino (aproximadamente a 60 km de profundidad). El sismo debe originarse en zona de subducción (zona de hundimiento de borde de las placas tectónicas); es decir, el movimiento vertical de la falla es el predominante. Además, la cantidad de energía liberada debe ser la suficiente para que pueda propagarse de manera eficiente a través del medio.

Los avances en la sismología no cuentan con algún modelo teórico o método práctico que logre predecir con exactitud cuándo, dónde y cómo ocurrirá un sismo; por consecuencia se desconoce la cantidad de energía exacta que necesita liberar un sismo para generar un tsunami. La ciencia tampoco ha logrado predecir de qué tamaño (magnitud, intensidad, o altura de olas)

pueden ser los tsunamis generados. Tradicionalmente se había aceptado que sismos mayores a 7.5 (Ms) eran sismos que producían tsunamis (denominados sismos tsunamigénicos). Sin embargo, se ha visto que no es un parámetro ni suficiente ni confiable para predecirlos, sobre todo cuando los sismos son terremotos muy grandes o de duración mayor a 20 segundos. En efecto, sismos de magnitud menor a 7 (Ms) y de gran duración han provocado tsunamis anormalmente grandes respecto a lo que se esperaba (se denominan sismotsunamis) [Farreras *et al.*, 2005].

Los tsunamis se clasifican de acuerdo a la distancia y el tiempo que tardan en arribar a la costa desde su punto de origen. Existen tres tipos principales que surgen de esta clasificación.

- Tsunamis locales: el lugar de arribo está muy cerca o dentro de la zona de generación del tsunami. En escala de tiempo, el tsunami tarda en llegar segundos o minutos a su lugar de arribo.
- Tsunamis regionales: el punto de origen del tsunami está a menos de 1000 km del sitio de llegada. Los tsunamis de este tipo tardan en promedio unas cuantas horas para llegar a su punto de destino.
- Tsunamis lejanos o distantes: el sitio de arribo está muy alejado del punto de origen, a más de 1000 km, aproximadamente medio día o más de viaje.

3.2. Historia de los tsunamis en México

México se encuentra ubicado sobre cinco placas tectónicas: Caribe, Pacífico, Norteamérica, Riviera y Cocos figura 3-2. La placa de Riviera y Cocos se encuentran en subducción (se sumergen) debajo de la placa de Norteamérica. Rivera se sumerge bajo Jalisco y Colima, mientras que Cocos lo hace debajo de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Al sur lo hace bajo Chiapas y Centroamérica, debajo de la placa del Caribe [SSN, 2021].

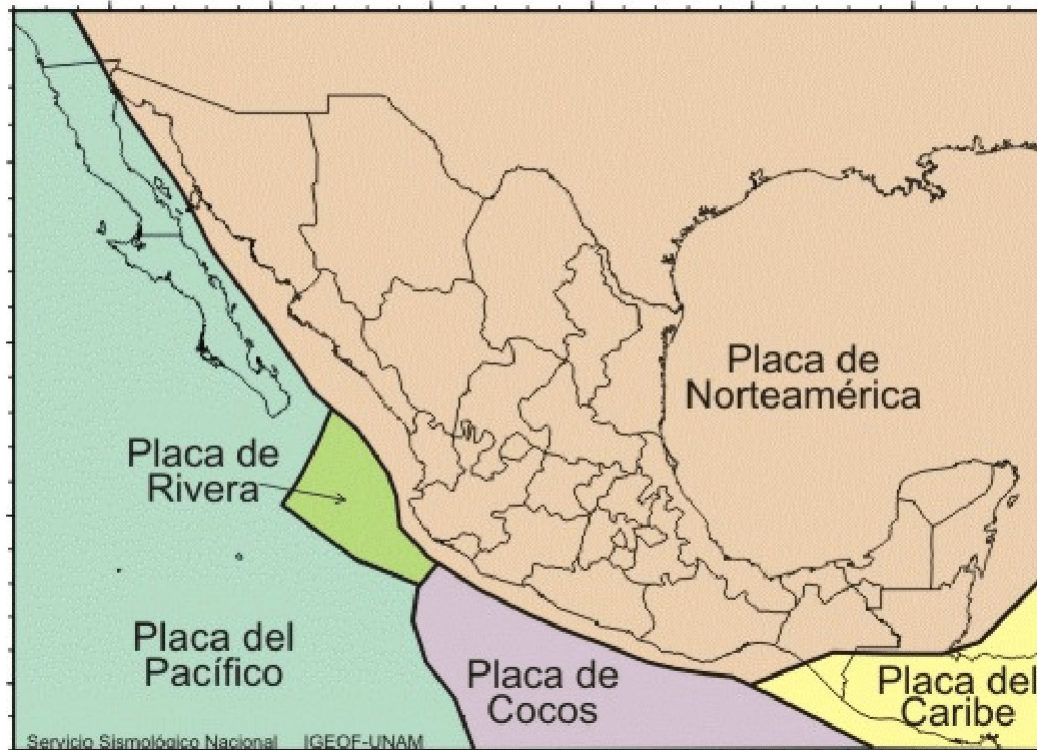


Figura 3-2: Placas tectónicas en la República Mexicana

México cuenta con 11,122 km de línea de costa y su ubicación es privilegiada al tener acceso a los dos Océanos más grandes del mundo Océano Pacífico y Océano Atlántico. México está expuesto a tsunamis lejanos del lado del Océano Pacífico, así como a tsunamis locales debido a la fosa Mesoamericana que es la zona de hundimiento de la Placa de Cocos y la Placa de Rivera bajo la Placa Norteamericana. En el Golfo de México las condiciones de generación de tsunamis son muy escasas, sin embargo, el factor de incertidumbre se mantiene presente.

El 94 % de los tsunamis ocurridos en el Océano Pacífico son derivados de la actividad sísmica, 450 fenómenos de este tipo han sido registrados en esta zona.

De acuerdo con la SEMAR, [SEMAR, 2021b] en su publicación “Historia de los Tsunamis Locales Ocurridos en México”, en la costa occidental de México se ha registrado el arribo de 60 tsunamis locales en los últimos 284 años con alturas de ola entre 5m y 10 m. Mientras que los de origen lejano han registrado olas de 2.5 m.

De acuerdo con la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), [NOAA,

2020a] durante los últimos 285 años se registraron cincuenta y siete tsunamis en las costas del Pacífico y un evento en el Golfo de México. El registro data desde el 1732 al 2017. Los registros están validados y clasificados en tres tipos: 14 eventos dudosos, 20 eventos probables y 24 tsunamis definitivos. Por la cantidad de información documentada, sólo se enlistan los eventos de tsunamis más extraordinarios que han incidido sobre las costas de México, así como los eventos más recientes de los últimos años (tabla 3-1). El registro completo de tsunamis de dónde se obtuvo la información se encuentra disponible en el mapa de la NOAA [NOAA, 2020a]. Es importante recordar que el registro sísmico en México data de 1906 y la medición de mareas inicia en 1952, muchos de los registros sísmicos y de tsunamis se construyeron básicamente con ayuda de recuentos históricos y apoyo de otras ciencias.

Tabla 3-1: Registro histórico de tsunamis en México [NOAA, 2020a]

Golfo de México	
Validación del evento	Probable tsunami
Comentarios	El 7 de febrero de 1871, dos placas tectónicas chocaron en Minatitlán, Veracruz y provocaron un sismo seguido por una ola de 0.3 m de altura.
Océano Pacífico	
Validación del evento	Tsunami definitivo
Comentarios	El 28 de marzo de 1787, ocurrió uno de los desastres más grandes que ha sufrido nuestro país. Estos datos se saben gracias al trabajo de María Teresa Ramírez Herrera, investigadora del instituto de Geografía de la UNAM quién ha desarrollado un método propio para adentrarse en la paleosismología. Alrededor de las 11:30 [hora local], se presentó un gran terremoto con origen cerca de San Marcos (Guerrero), que afectó la costa de los estados de Oaxaca, Guerrero y Michoacán y causo mucha destrucción. La magnitud del sismo fue estimada en 8.6 (Mw) y la altura de ola del tsunami se estimó en 4m.
Validación del evento	Dudoso Tsunami

Comentarios	El 16 de septiembre de 1925, un sismo (7 Mw) ocurrió frente a las costas de Jalisco. El puerto de Zihuatanejo (Guerrero, México) fue parcialmente arrastrado por una ola, cuya altura fue estimada de 11 m. La altura del agua se cree fue de 6 a 7 m.
Comentarios	El 3 de junio de 1932, hubo un sismo muy fuerte (8.8 Mw) en las costas de los estados de Colima y Jalisco. De acuerdo a los sobrevivientes y un cronista de Tomatlán (Alberto Velasco) 3 personas fueron muertas en Majahuas y un niño en Mismaloya. La altura del agua observada y descrita por los testigos fue entre 8-10 m.
Validación del evento	Tsunami definitivo
Comentarios	El 19 de septiembre de 1985, un terremoto de magnitud 8.1 (Mw) en Michoacán, México generó un tsunami que causó daños a Lázaro Cárdenas, Michoacán. Un minuto después del primer pulso del terremoto, el nivel del mar cayó y retrocedió 60 m de la costa. La altura de ola estimada fue de 3m.
Validación del evento	Tsunami definitivo
Comentarios	El 9 de octubre de 1995, un sismo de magnitud 7.4 Ms (Mw 8) cerca de la costa de Jalisco, México. Causó al menos 49 muertos, 100 lesionados y dejó cerca de 1000 personas sin casa. El sismo generó un tsunami que afectó cerca de 200 km de la costa del norte de la playa de Cuyutlán al sur de Tenacatita. El rango de la altura de ola se calculó entre 3.7 a 5.1 m, aunque se estimó que fue de 11 m.
Validación del evento	Tsunami definitivo
Comentarios	El 25 de febrero de 1996, ocurrió un sismo de magnitud 7.1 (Mw) frente a las costas de Oaxaca con altura de ola de 0.1 m e intensidad de -3.
Validación del evento	Tsunami definitivo

Comentarios	El 22 de enero del 2003, un sismo de magnitud 7.4 (Mw) frente a la costa de Colima generó un tsunami local con altura de ola de alrededor 1.2 m en Manzanillo, 70 cm en Zihuatanejo y 25 cm en Lázaro Cárdenas. El tsunami sólo fue registrado en Lázaro Cárdenas- Michoacán, 200 km SE del epicentro y en Zihuatanejo-Guerrero, 278 km SE del epicentro.
Validación del evento	Tsunami definitivo
Comentarios	El 20 de marzo del 2012, un sismo de magnitud 7.34 (Mw) provocó un tsunami de altura de ola de 0.2 m en las costas de Oaxaca
Comentarios	El 18 de abril del 2014, un sismo de magnitud 7.2 (Mw) generó un tsunami con altura de ola de 0.43 m cerca de la cuadrilla en Guerrero, México.
Comentarios	El 8 de septiembre de 2017, un sismo de magnitud 8.2 (Mw) generó un tsunami de tamaño pequeño a moderado (altura de ola 2.7 m), que se detectó a lo largo de la costa del Pacífico en la región del terremoto Oaxaca y Chiapas.

Capítulo 4

Sitio de estudio

4.1. Aspectos generales

El sitio de estudio es la costa de Zihuatanejo (cabecera municipal) que pertenece al municipio de Azueta. El municipio es parte del estado de Guerrero, México.

4.1.1. Ubicación geográfica

Azueta es un municipio del estado de Guerrero, México que se localiza entre los paralelos $17^{\circ} 33'$ y $18^{\circ} 04'$ de latitud norte; los meridianos $101^{\circ} 12'$ y $101^{\circ} 43'$ de longitud oeste; altitud entre 0 y 2600 m, que colinda al norte con los municipios de La Unión de Isidoro Montes de Oca, Coahuayutla de José María Izazaga y Coyuca de Catalán; al este con los municipios de Coyuca de Catalán y Petatlán; al sur con el municipio de Petatlán y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico y el municipio de La Unión de Isidoro Montes de Oca [INEGI, 2010b].

Fig.4-1.

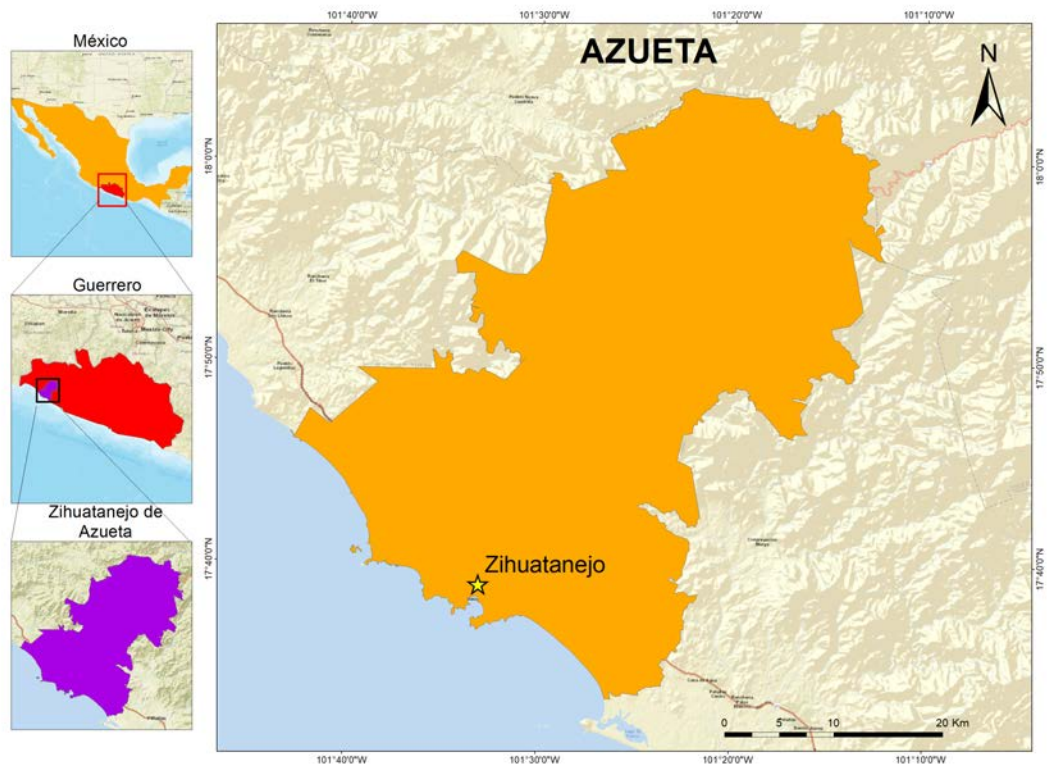


Figura 4-1: Zihuatanejo de Azueta

4.1.2. Clima

Predominan tres tipos de clima: cálido, semicálido y templado. Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad, cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano y templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad [INEGI, 2010b]. El rango de temperatura en el año está entre 16-28° C, mientras que el rango de precipitación se encuentra en 800-2000 mm.

4.1.3. Geología

La zona se formó durante tres periodos de tiempo de la escala geológica: Terciario, Cretácico, Paleógeno y Cuaternario. La composición geológica de la zona es la siguiente: roca ígnea

intrusiva (granitogranodiorita y granodiorita), roca ígnea extrusiva (andesita-toba intermedia, toba ácida y andesita), roca sedimentaria (caliza, lutita-arenisca y arenisca), roca metamórfica (metavolcánica y metasedimentaria), suelo (aluvial, lacustre y litoral).

4.1.4. Hidrografía

Los principales recursos hídricos con los que cuenta este municipio son los ríos: El verde e Ixtapa o Lasa; este último tiene una cuenca de 260 km² que desemboca en la barra de Ixtapa. También cuenta con arroyos como: El Real, Pantla, El Zapote, San Miguelillo y Lagunilla, además de otros que sólo tienen caudal en épocas de lluvias. Posee, varias lagunas de tipo intermitente, como la laguna Blanca, así como la bahía de Zihuatanejo que tiene como dimensiones 2600 m a la punta del oeste y 2900 m a la del este [SECTUR, 2013].

4.1.5. Uso del suelo y vegetación

Las principales actividades del uso del suelo en el municipio son: Agricultura y zona urbana. El tipo de vegetación que predomina es: bosque, selva, pastizal, manglar, popal y tular.

4.1.6. Características sociodemográficas [INEGI, 2020]

Distribución territorial

El municipio tiene una superficie de 1, 467.5 que representa el 2.3 % del territorio estatal. Su densidad de población (hab./ km²) es 85.9. El total de localidades es 169, las localidades con mayor población son: Zihuatanejo con 70, 760 hab., Ixtapa Zihuatanejo con 13,806 hab. y San José Ixtapa (Barrio Viejo) con 8,988 hab.

Población

Zihuatanejo cuenta con una población total de 126, 001, representa el 3.6 % de la población estatal total. La relación hombres-mujeres es de 95.1: 95 hombres por cada 100 mujeres (48.8 % son hombres y 51.2 % mujeres). La edad mediana es de 29 años: la mitad de la población tiene 29

años o menos. La razón de dependencia es de 49.9: existen 49 personas en edad de dependencia por cada 100 en edad productiva.

Vivienda

El total de viviendas particulares habitadas es 37, 359, que representa el 4.0% del total estatal. El promedio de ocupantes por viviendas es 3.4, el promedio de ocupantes por cuarto es 1.2 y las viviendas con piso de tierra son el 6.6%.

El porcentaje de viviendas que cuenta con los siguientes bienes es: refrigerador 91.4%, lavadora 69.6%, automóvil o camioneta 35.0%, motocicleta o motoneta 10.8% y bicicleta 15.8%. La disponibilidad de servicios y equipamiento en las viviendas es: agua entubada 69.6%, drenaje 96.9%, servicio sanitario 97.0%, energía eléctrica 98.0%, tinaco 76.9% y cisterna o aljibe 32.7%.

La disponibilidad de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en las viviendas es: 30.3% computadora, 24.1% línea telefónica fija, 91.9% teléfono celular, 53.0% internet y 49.8% televisión de paga.

4.2. Fuentes de riesgo

4.2.1. Sismos

En México, una de las brechas sísmicas más importantes capaz de producir sismos de gran magnitud es la Brecha de Guerrero, la cual dentro de la comunidad científica se considera una zona de alto potencial sísmico figura, 4-2. En la zona noroeste (Zihuatanejo-Acapulco) de la brecha, se han originado grandes sismos como: 1899 (M 7.9), 1907 (M7.6), 1908 (M 7.5, 7.0), 1909 (M 7.2) y 1911 (M 7.5).En la porción sureste de esta brecha (desde Acapulco hasta los límites con Oaxaca), se tienen registrados los eventos de 1957 (M 7.8), 1962 (M 7.2 ,7.1) y 1989 (M 6.9) [CENAPRED, 2005].

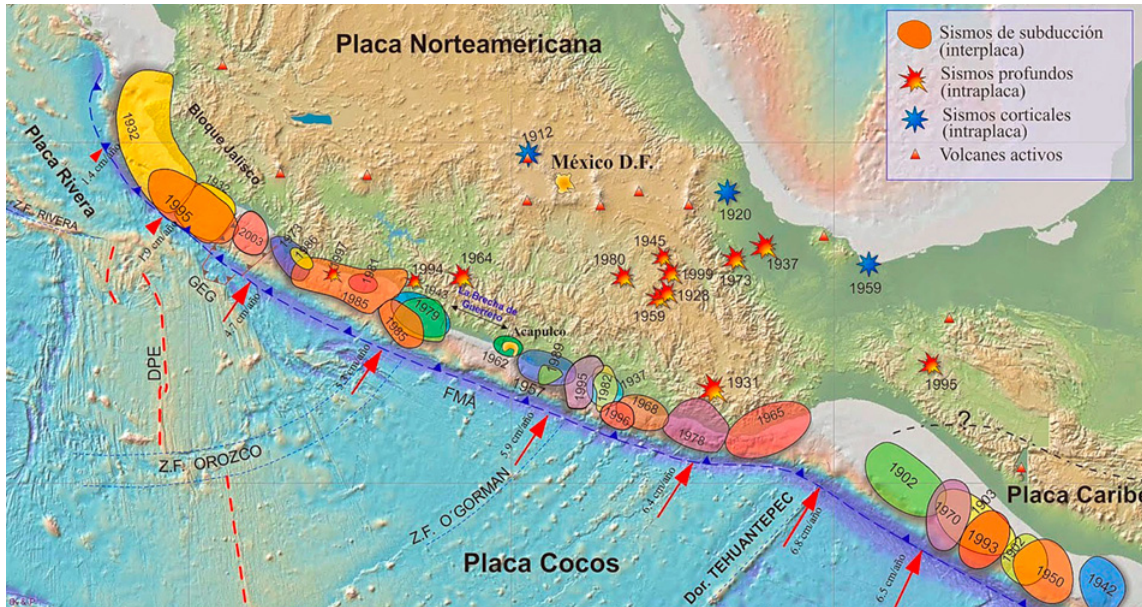


Figura 4-2: Áreas de ruptura de sismos importantes en México y ubicación de la Brecha Sísmica de Guerrero (Fuente: ixtapayzihuatanejo.com [2020]).

Con la información del fascículo de sismos de CENAPRED y el catálogo del SSN, UNAM México, se creó un registro histórico 4-1 de los sismos de magnitud 7 o superior que han ocurrido en la costa de Guerrero.

Tabla 4-1: Sismos costa de Guerrero, México

Sismos costa de Guerrero					
Fecha	Hora	Magnitud	Latitud	Longitud	Profundidad
16/01/1902	17:19:00	7	17.62	-99.72	33
15/04/1907	00:08:06	7.6	16.7	-99.2	33
26/03/1908	17:03:30	7.5	16.7	-99.2	33
26/03/1908	21:45:30	7	17	-101	33
30/07/1909	04:51:54	7.2	16.8	-99.9	33
16/12/1911	13:14:18	7.5	16.9	-100.7	50
22/02/1943	03:20:45	7.4	17.6	-101.1	33
28/07/1957	02:40:10	7.8	17.11	-99.1	33

11/05/1962	08:11:57	7.1	17.25	-99.58	33
19/05/1962	08:58:10	7	17.12	-99.57	33
06/07/1964	01:22:13	7.2	18.03	-100.77	55
14/03/1979	05:07:15	7.4	17.75	-101.263	25
07/06/1982	04:59:40	7	16.516	-98.339	19
20/09/1985	19:37:14	7.6	17.828	-101.681	17
14/09/1995	08:04:33	7.3	16.752	-98.667	21
20/03/2012	12:02:48	7.5	16.264	-98.457	18
18/04/2014	09:27:21	7.2	17.011	-101.46	18

4.2.2. Oleaje

En la zona costera de Guerrero, particularmente en Ixtapa-Zihuatanejo, se presenta oleaje de alta energía y de baja energía; el oleaje de baja energía, con periodos de 7 s, tiende a construir depósitos en la mesoplaya y supraplaya. El oleaje de alta energía, de 12 a 18 s, es de carácter violento, y en general remueve material de las playas, favoreciendo el transporte litoral. Las zonas rocosas son lavadas y disipan la energía del oleaje. El oleaje de baja energía alcanza a llegar al interior de las bahías, en este caso la bahía de Zihuatanejo, bahía de San Juan de Dios y bahía de Isla Grande [SECTUR, 2012].

4.2.3. Tsunamis

El riesgo por tsunami derivado de la actividad sísmica es alto en la costa del Pacífico mexicano. Esto previamente se ha explicado en el capítulo 4 y la sección de sismos del presente documento. Zihuatanejo es una zona ubicada dentro del Pacífico mexicano, expuesta a fenómenos de este tipo.

A través del tiempo, se ha registrado el arribo de tsunamis a la costa de Zihuatanejo y se ha concluido que la exposición al riesgo de este fenómeno es considerable, sobre todo los tsunamis de origen sísmico, generados en la Fosa Mesoamericana, conocidos como tsunamis de

origen local (riesgo mayor). Algunos ejemplos de tsunamis importantes que han ocurrido en Zihuatanejo son: 1) noviembre de 1925, ocurrió en Zihuatanejo un tsunami que alcanzó olas de 11 metros de altura. 2) septiembre de 1985, ocurrió en Lázaro Cárdenas (Michoacán) e Ixtapa-Zihuatanejo un tsunami con olas de 3 m de altura. 3) 22 de enero de 2003 con coordenadas del epicentro 18.8° N, 103.9° W, con magnitud del sismo 7.8 y altura de ola máxima de 0.6, alcanzó Manzanillo, Lázaro Cárdenas y Zihuatanejo. De los dos tsunamis más desastrosos que se han registrado para las costas del Pacífico mexicano se encuentra el de Zihuatanejo, en noviembre de 1925 que alcanzó olas de 11 m y el de Cuyutlán, Colima el 22 de junio de 1932, que alcanzó olas de 10 m [Farreras *et al.*, 2005].

Aunque los tsunamis no son fenómenos tan frecuentes como los Huracanes, Zihuatanejo se encuentra dentro de una de las zonas sísmicas más peligrosas para México, por lo que el riesgo por tsunami de origen sísmico es importante en esta zona.

Capítulo 5

Análisis de riesgo

5.1. Riesgo

La palabra riesgo es tan antigua como la propia existencia humana. Se puede decir que con ella se describe, desde el sentido común, la posibilidad de perder algo (o alguien) o de tener un resultado no deseado, negativo o peligroso [Tocabens, 2011]. El riesgo de una actividad puede tener dos componentes: la posibilidad o probabilidad de que un resultado negativo ocurra y el tamaño de ese resultado. Por lo tanto, mientras mayor sea la probabilidad y la pérdida

potencial, mayor será el riesgo [Tocabens, 2011]. Cada vez que se toma una decisión y se evalúa la relación costo-beneficio, en realidad se está evaluando el riesgo que se corre al tomar esa decisión, así como las ventajas o desventajas que esta puede traer. El ser humano siempre ha estado expuesto a peligros y por consecuencia al riesgo, reaccionando de forma intuitiva ante él. A partir de determinado momento en el desarrollo de las sociedades humanas, el riesgo se convirtió en una preocupación consciente de las personas [Tocabens, 2011]. Tiempo después, con el desarrollo tecnológico y científico, esta definición fue introducida en el terreno de la ciencia y se convirtió en un concepto dinámico y diverso con aplicaciones en ciencia, economía, sociales, política, ingeniería, etc. Dando como resultado diversas definiciones que atienden a las distintas necesidades de uso:

Riesgo es la exposición real de algo de valor humano a un peligro y a menudo se considera como la combinación de probabilidad y pérdida. [Smith, 1996; Kelman, 2003]. Riesgo (consecuencia probable): la probabilidad de que un peligro ocurra y ocasione pérdida [Smith, 2008]. Riesgo= Probabilidad x Consecuencia. [Balica *et al.*, 2013; Kelman, 2003]. Riesgo: es la probabilidad de que un peligro ocurra ante la vulnerabilidad de un sistema expuesto [CENAPRED, 2001]. Riesgo= Peligro x Exposición x Vulnerabilidad [CENAPRED, 2001].

5.2. Metodología SPRC

El interés de medir el riesgo para el ser humano ha ido en aumento a partir de las necesidades sociales, el desarrollo científico y tecnológico. Con ello han surgido nuevas metodologías que logran evaluar el riesgo de una forma más completa a partir de análisis multi-criterio. La metodología SPRC (Source-Pathway-Receptor-Consequences) nombrada así por sus siglas en inglés, es un análisis multi-criterio que se utiliza principalmente para la toma de decisiones. La evaluación permite integrar criterios económicos, sociales y medioambientales en una única estimación del riesgo figura 5-1 y figura 5-2.

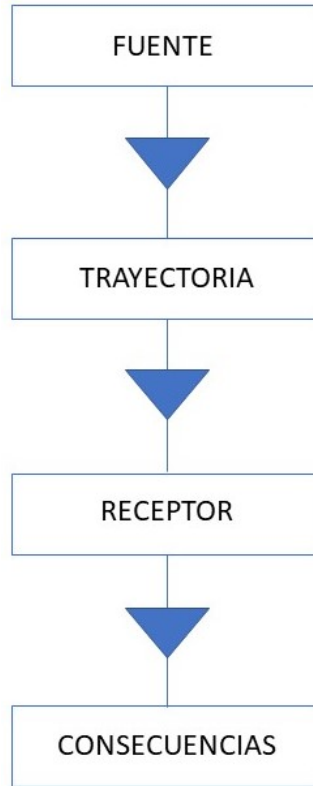


Figura 5-1: Modelo conceptual (SPRC) Fuente:[Wallingford, 2004]

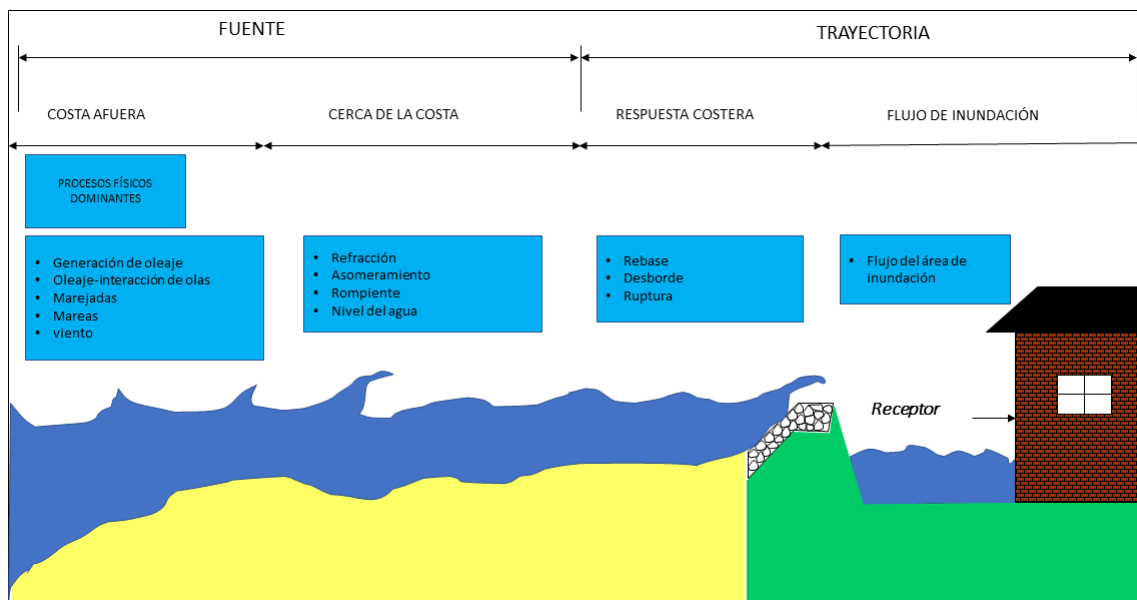


Figura 5-2: Caracterización del sistema físico [Wallingford, 2004]

Los elementos que componen el modelo son:

- Fuente (source): Se refiere a cualquier fenómeno de origen ambiental o humano que se identifique como fuente, situación o acto de peligro que sea el origen de eventos (ej. erosión, inundación, etc.) que pongan en riesgo la seguridad y estabilidad de la interfaz tierra-agua [Escudero, 2016].
- Trayectoria (pathway): Proporciona conexión entre una fuente en particular (ej. tormentas marinas) y un receptor (ej. una propiedad) que puede ser dañado. Por ejemplo, la trayectoria pueden ser las defensas contra inundaciones y la planicie de inundación entre el flujo del canal del río (fuente) y un desarrollo de viviendas (receptor) [DEFRA, 2003].
- Receptor (receptor): son todas las entidades físicas expuestas a la amenaza, como población, bienes, propiedades, infraestructura o medioambiente.
- Consecuencias (consequences): representa los efectos adversos físicos, sociales, institucionales, económicos o medioambientales ocasionados por la ocurrencia de un peligro. Las consecuencias de la ocurrencia de un peligro sobre los receptores, son generalmente evaluadas en términos de daños o pérdidas. Este término incluye la evaluación de la vulnerabilidad del receptor [Escudero, 2016].

5.3. Riesgo como probabilidad y consecuencias.

En la metodología SPRC el peligro (como probabilidad) sobre el receptor viene representado por el análisis de los elementos fuente y trayectoria [Escudero, 2016]. Mientras el resultado de que el peligro ocurra se evalúa como las consecuencias de este.

Análisis del peligro

El análisis del peligro suele estar representado por estudios meteorológicos e hidráulicos, con frecuencia apoyados en modelos numéricos que reproducen y simulan los principales procesos de cada escenario de riesgo. Algunos modelos que se utilizan en ingeniería costera para el análisis de

las fuentes de peligro y su trayectoria son: modelos de caracterización del oleaje como Wavewatch III model [Tolman y the WAVEWATCH III °R Development Group, 2014], Hurac o WAM [Ruiz Martínez *et al.*, 2008] [Escudero, 2016], modelos de generación de tsunamis basados en la formulación de Okada, 1985 [Armella, 2004], modelos de propagación de tsunamis TSUNAMI-N2 [Imamura, 1996], modelos hidrodinámicos como Delft3D [Deltares, 2021], Ref/Dif [Kirby *et al.*, 1994], WAPO [Silva *et al.*, 2005], modelos de evolución de la morfología costera como GEOMBEST [Stolper *et al.*, 2005], modelos hidrodinámicos y morfodinámicos como XBeach [Roelvink *et al.*, 2015]y modelos de inundación como Sobek 1D, Kalypso-RMA, [Escudero, 2016] o IBER.

Evaluación de las consecuencias

Las consecuencias de la ocurrencia de un peligro sobre los receptores, o entidades físicas expuestas a la amenaza, son generalmente evaluadas en términos de daños o pérdidas. Este término incluye la evaluación de la vulnerabilidad del receptor. De acuerdo con Escudero, 2016 la mayoría de los estudios utilizan la clasificación de Smith & Ward, 1998 en donde las pérdidas se dividen en directas o indirectas, las primeras ocurren inmediatamente después del evento como resultado del contacto físico del agua de inundación con los humanos y con la propiedad dañada; mientras, que las pérdidas indirectas están menos relacionadas con el desastre de la inundación y con frecuencia operan en una escala de tiempo más prolongada [Smith y Ward, 1998]. Las pérdidas también pueden ser consideradas tangibles o intangibles dependiendo si estas pérdidas son evaluadas en valor monetario o no figura 5-3 y tabla 5-1.

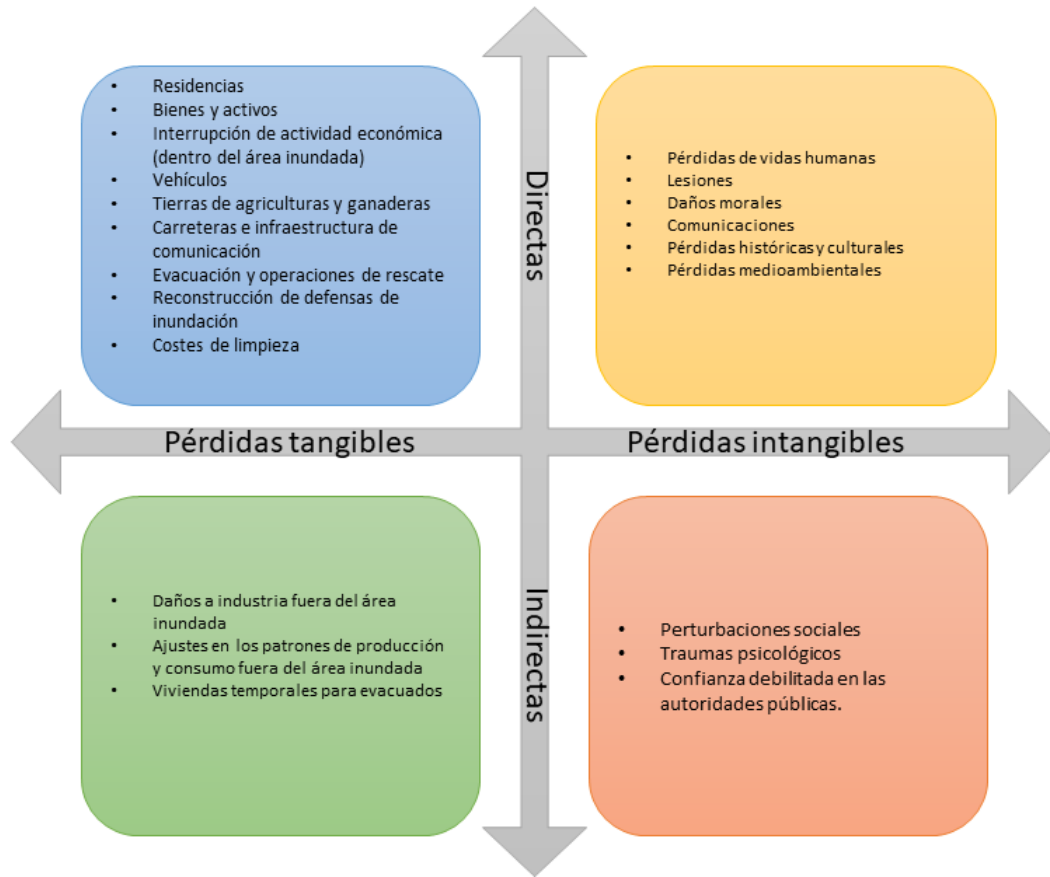


Figura 5-3: Clasificación de los daños de inundación [Jonkman *et al.*, 2008]

Tabla 5-1: Clasificación de los daños de inundación modificado de [Dassanayake *et al.*, 2010] (Fuente: [Escudero, 2016])

Pérdidas por inundación	Tangibles	Intangibles
Directas	* Daños físicos a edificios e infraestructura *Interrupción de la actividad económica (dentro del área de inundación)	*Pérdida de vidas humanas y lesiones *Pérdidas históricas y culturales *Pérdidas medioambientales
Indirectas	*Interrupción de la actividad económicas (fuera del área inundada) *Viviendas temporales para evacuados	*Dificultad de recuperación después de la inundación *Perturbaciones sociales

Para estimar las pérdidas por inundación es necesario conocer su impacto y los métodos que se pueden utilizar. A continuación, se describen algunos de estos tipos de pérdidas.

Pérdidas directas (tangibles)

Las pérdidas tangibles directas se refieren al daño físico causado a la propiedad y el contenido en los sectores residencial y no residencial (sector industrial y público) por contacto directo con las aguas de la inundación [Hammond *et al.*, 2014] y evaluadas de forma monetaria.

La estimación del daño directo implica cuatro pasos, según Messner *et al.* (2007). El primero de ellos es seleccionar un enfoque, dependiendo de la escala espacial, el objetivo del estudio, la disponibilidad de recursos y la disponibilidad de datos preexistentes. En segundo lugar, deben determinarse las categorías de daños directos y tangibles que se están considerando. En tercer lugar, se recopilan los datos y, en cuarto lugar, se realizan los cálculos [Hammond *et al.*, 2014].

Una idea central en la estimación actual de pérdidas directas (tangibles) por inundaciones es el concepto de funciones de pérdidas (curvas de daño), en la que la pérdida monetaria directa está relacionada con el tipo o uso del edificio afectado y la profundidad de la inundación en ese

edificio [Thieken *et al.*, 2009]. Estas funciones son un enfoque estándar aceptado internacionalmente para evaluar las pérdidas por inundaciones urbanas ([Thieken *et al.*, 2009] [Hammond *et al.*, 2014]). Las curvas de daños pueden tener una gran incertidumbre [Merz *et al.*, 2004] debido a que la pérdida por inundación también se ve influenciada por otros factores como la velocidad de flujo, la duración de la inundación, la contaminación, las características del edificio, las medidas de precaución privadas o la advertencia de inundación ([Smith, 1994]; [Penning-Rowsell, 1999]; [Kreibich *et al.*, 2005]) [Thieken *et al.*, 2009] aunque algunos estudios han tratado de incorporar estos factores, en la definición de las curvas todavía las funciones más utilizadas dependen únicamente de la altura de inundación [Escudero, 2016].

En general se definen curvas de daños en los siguientes sectores:

- 1. Residencial (edificios y bienes): las curvas de daños son obtenidas para edificios tipo que representan viviendas con propiedades estructurales similares (principalmente tipo de vivienda y material de construcción) [Kowalewski y Ujeyl, 2012]. Además, se definen funciones de acuerdo con los bienes en el interior de las viviendas [Escudero, 2016].
- 2. Comercial e Industrial (edificios y activos): las curvas de daños son definidas en función del número de empleados, considerando este parámetro un indicador del tamaño de la industria [Ujeyl y Rose, 2015] [Escudero, 2016].
- 3. Hoteles y centros de ocio (edificios y bienes): las curvas son calculadas para edificios-tipo, como en el sector residencial [Batista *et al.*, 2011] [Escudero, 2016].
- 4. Otras instalaciones públicas y culturales (edificios y bienes): las funciones son derivadas en sectores de educación o salud, entre otros [Batista *et al.*, 2011] [Escudero, 2016].
- 5. Pérdidas agrícolas: las curvas de daño por inundación se calculan en función de la altura de lámina de agua y la duración de la inundación en el área de cultivo, versus el valor de los daños dependiendo del tipo de cultivo [Baró, 2004].

Pérdidas

El daño tangible indirecto es causado por interrupciones en los vínculos dentro de la economía. Son más complicados de estimar que los daños tangibles directos. Cochrane (2004) argumentó que hay seis categorías de métodos utilizados para modelar el daño indirecto causado por las inundaciones [Hammond *et al.*, 2014].

- 1. Modelos de programación lineal que brinden orientación sobre la asignación óptima de la escasa capacidad de producción posterior al evento.
- 2. Estudios económicos posteriores al evento.
- 3. Modelos econométricos que reflejan patrones comerciales históricos (y, por lo tanto, no pueden tener en cuenta las perturbaciones).
- 4. Modelos Input-output (I-O), como modelos impulsados por la demanda que reflejan la postura contable de una economía.
- 5. Modelos de equilibrio general computable (EGC), como una extensión de los modelos I-O que tienen en cuenta los efectos de precio y cantidad.
- 6. Modelos híbridos (algoritmos computacionales) que aborden los choques de oferta, las limitaciones de oferta posteriores al evento y la reconstrucción por fases.

Pérdidas intangibles

La estimación del daño intangible es particularmente complicada. El daño intangible no se puede cuantificar fácilmente en términos monetarios. Puede incluir impactos en la salud, impactos psicológicos, así como daños al medio ambiente. Quizás el aspecto más destacado del daño intangible está relacionado con la salud humana [Hammond *et al.*, 2014].

Hay dos tipos principales de impactos en la salud de las inundaciones [Hajat *et al.*, 2005] [Hammond *et al.*, 2014]:

1. Efectos en la salud física sufridos durante la inundación o durante el proceso de limpieza, o por efectos colaterales provocados por daños a la infraestructura principal, incluido el desplazamiento de poblaciones. Estos incluyen lesiones y pérdida de vidas, así como enfermedades relacionadas con las inundaciones.

2. Efectos en la salud mental, que ocurren como consecuencia directa de la experiencia de ser inundado, o indirectamente durante el proceso de restauración, o por personas cercanas a la inundación.

Nuevamente, al igual que con los daños o impactos tangibles, se puede hacer una distinción entre impactos directos e indirectos en la salud. La pérdida de vidas causada por ahogamiento tendría un impacto directo en la salud, mientras que la pérdida de vidas causada por un brote de enfermedad después de la interrupción de los sistemas de saneamiento podría verse como un impacto indirecto en la salud.

Para cuantificar los impactos de las inundaciones en la salud. Hay tres técnicas que se pueden utilizar[Hammond *et al.*, 2014]:

1. En primer lugar, se podrían realizar mediciones directas de los cambios en la salud de la población. Por ejemplo, el número de muertes, lesiones y el número de infecciones que han ocurrido en una evaluación ex-post o que podrían esperarse en una evaluación ex-ante.

2. En segundo lugar, se podrían realizar mediciones indirectas de los impactos en la salud de la población. Dos medidas comunes que se discutirán son el año de vida ajustado por calidad (AVAC) y el año de vida ajustado por discapacidad (AVAD). Estas dos medidas intentan hacer una estimación del cambio en los niveles de salud sumados a lo largo de la vida (o la vida restante esperada) de una persona, que luego se puede agregar a la población.

3. En tercer lugar, y lo que es más controvertido, los impactos en la salud podrían cuantificarse en términos monetarios. Sin embargo, puede haber preocupaciones éticas con estos métodos, donde algunos pueden sentirse incómodos al asignar un valor monetario a una vida

humana.

Capítulo 6

Metodología

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, el modelo SPRC es un modelo de análisis multi-criterio para evaluar el riesgo. El análisis de inundación para la bahía de Zihuatanejo está basado en este modelo figura 6-1.

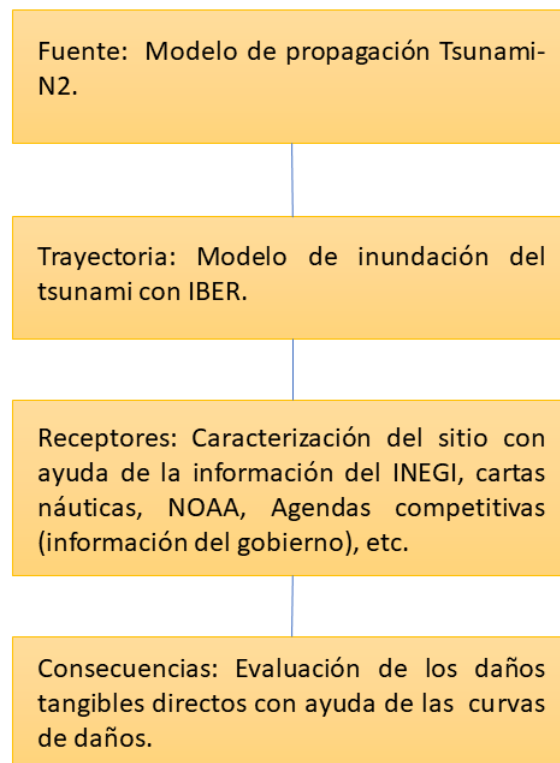


Figura 6-1: Metodología de estudio

6.1. Modelo de generación del tsunami (Fuente)

En este trabajo se reprodujeron las condiciones hidrodinámicas de velocidad y profundidad del tsunami tomadas del modelo de propagación de Ito *et al.* [2021]. El modelo numérico de propagación empleado es el modelo de la Universidad de Tohoku (TSUNAMI-N2) [Imamura, 1996]. El modelo TSUNAMI-N2 se basa en las ecuaciones no lineales de aguas poco profundas, las cuales son una aproximación bidimensional de las ecuaciones de Navier-Stokes. El evento simulado se obtuvo de un análisis probabilístico de riesgo de tsunami realizado por Miyashita *et al.* [2020], mediante la metodología establecida por Mori *et al.* [2017]. Miyashita *et al.*, 2020 utilizó datos de alta resolución para determinar las características del tsunami en aguas poco profundas cerca de la costa. Se seleccionó un tsunami de 10m de altura fuera de la costa de Zihuatanejo como el peor escenario de una distribución de casos extremos de tsunamis de origen sísmico asociados a una magnitud entre 7.6 y 8.2 Mw. Como condiciones de entrada al modelo de propagación se calculó el desplazamiento inicial del fondo marino mediante las ecuaciones propuestas por Okada [1992] para resolver el desplazamiento de la superficie en las dislocaciones rectangulares dentro de un semi espacio elástico [Ito *et al.*, 2021].

En este trabajo se definieron 6 puntos de control ubicados en la bahía de Zihuatanejo (Figura 6-3), en los cuales se estimaron variables hidrodinámicas del tsunami del modelo de propagación para imponerlos como condición de entrada al modelo de inundación (modelo de mayor resolución topográfica).

Los datos tomados del modelo de propagación fueron velocidades de flujo y profundidades de inundación cercanas a la costa. La figura 6-2 muestra las velocidades de flujo y elevaciones en los puntos de control 1,3,4,5 y 6 los cuales se muestran en la figura 6-3 , producidas por el tsunami simulado. El punto 2 no se consideró dentro del análisis ya que el modelo de propagación no tuvo la suficiente resolución para mostrar datos en esa coordenada. Para la simulación con el modelo de inundación solo se consideraron los primeros 5000 s de los datos hidrodinámicos de la fig. 6-2 , ya que representan la condición crítica del tren de olas del tsunami en cuestión.

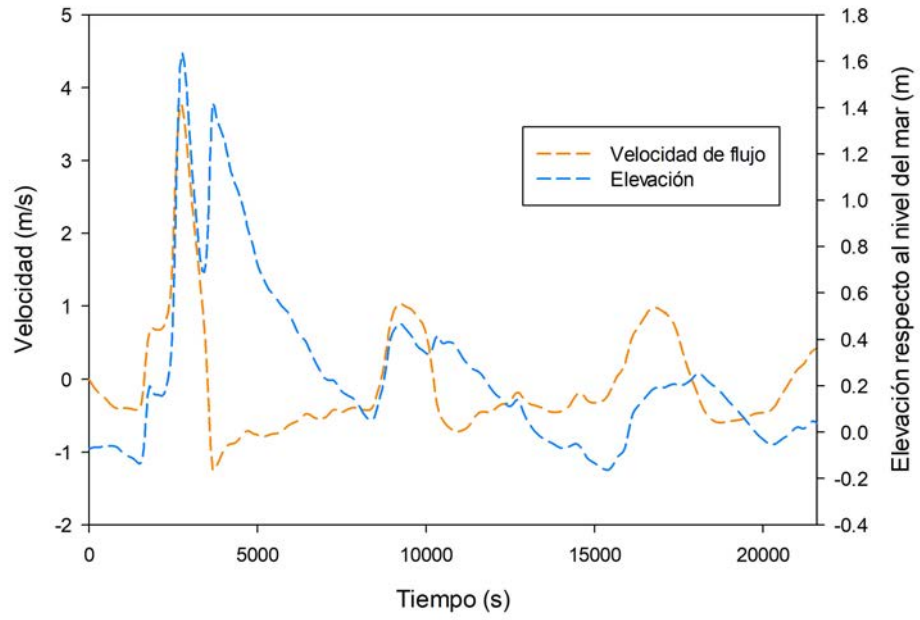


Figura 6-2: Velocidades de flujo y elevación del agua. Se muestran los promedios de los puntos 1,3,4,5 y 6.



Figura 6-3: Condiciones de contorno

6.2. Modelo de inundación del tsunami IBER (Trayectoria)

En este estudio se empleó el modelo numérico IBER [Bladé *et al.*, 2014] para realizar la simulación de la trayectoria del tsunami desde la fuente hasta la zona de impacto en la costa, simulando las variables hidrodinámicas de la inundación sobre la ciudad, asociadas a la propagación e inundación del fenómeno. Este modelo toma condiciones de contorno hidrodinámicas del modelo de generación del tsunami 6-3.

Para desarrollar el modelo de inundación, primero se creó el modelo de elevación digital (MDE), el cual asigna la elevación y profundidad a la malla. Antes de crear el MDE se recopiló información del terreno y el lecho marino de la zona de estudio. La información se tomó de la base de datos del INEGI [INEGI, 2009] que corresponde a Zihuatanejo, las cartas topográficas que se utilizaron son: E14C22a, E14C22b, E14C22e y E14C22. Las tres primeras tienen escala 1:20,000 y edición 2009, mientras que la última tiene una escala 1:50,000 y edición 2016. Con ayuda de las cartas y un sistema de información geográfica (SIG), se creó el mapa de elevación del terreno figura 6-4.

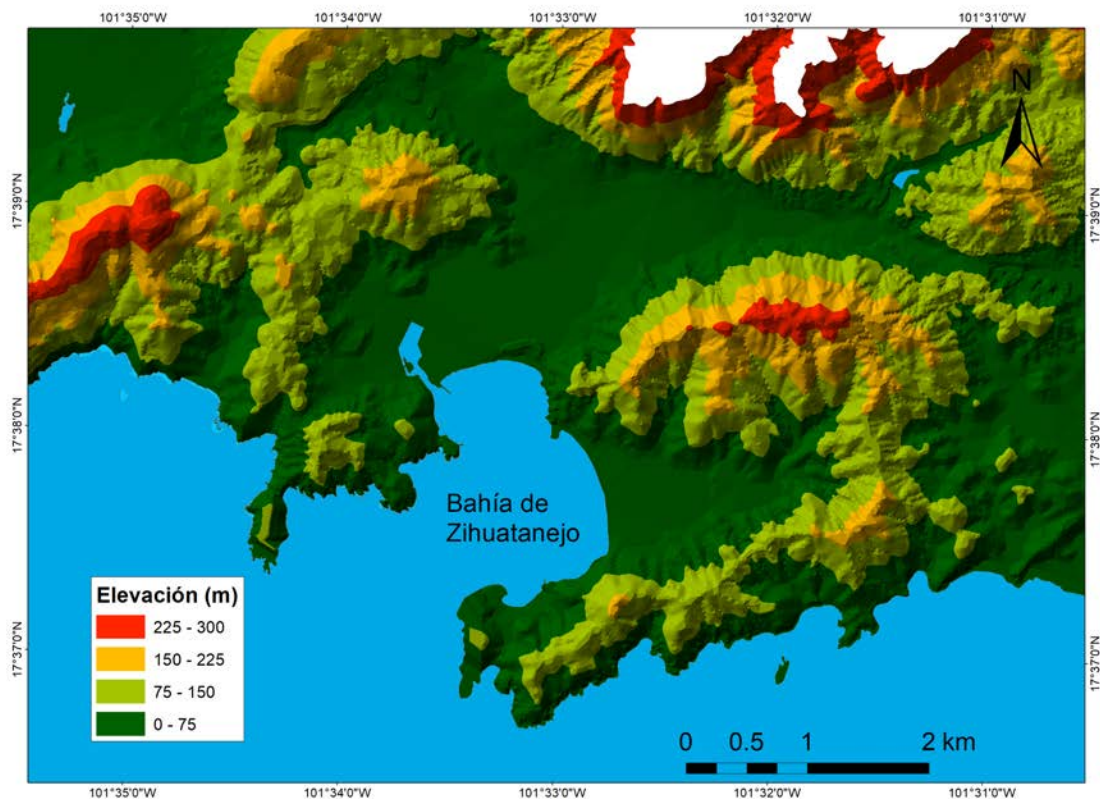


Figura 6-4: Topografía del terreno

A partir de la digitalización de las cotas batimétricas de la carta náutica número 521-2 (que pertenece al catálogo de cartas náuticas (2016) de la SEMAR [SEMAR, 2021a]) en formato de fichero de texto, se elaboró una capa de puntos correspondientes a dichas cotas empleando las herramientas del programa QGIS, en su versión 2.18. Con la información se creó el ráster de la figura 6-5 en SIG.

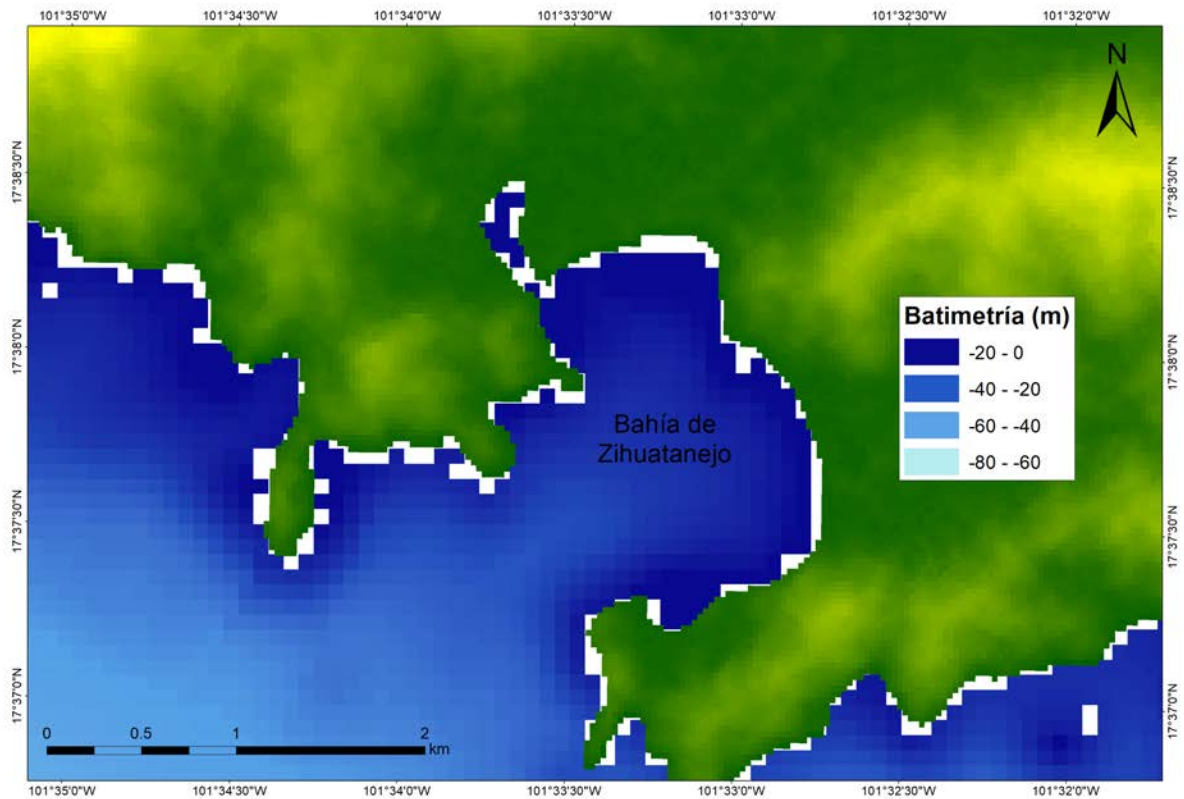


Figura 6-5: Batimetría de la zona de estudio

Para la creación del MDE se utilizó la información topográfica y batimétrica previamente mencionada. A partir de las cotas batimétricas se crearon curvas batimétricas y se unieron a la información de las curvas topográficas. Con esta información se creó una superficie TIN y se convirtió a ráster para obtener la información en formato de archivo ASCII, el cual se añadió a la malla del modelo de inundación. El MDE final se muestra en la siguiente figura 6-6.

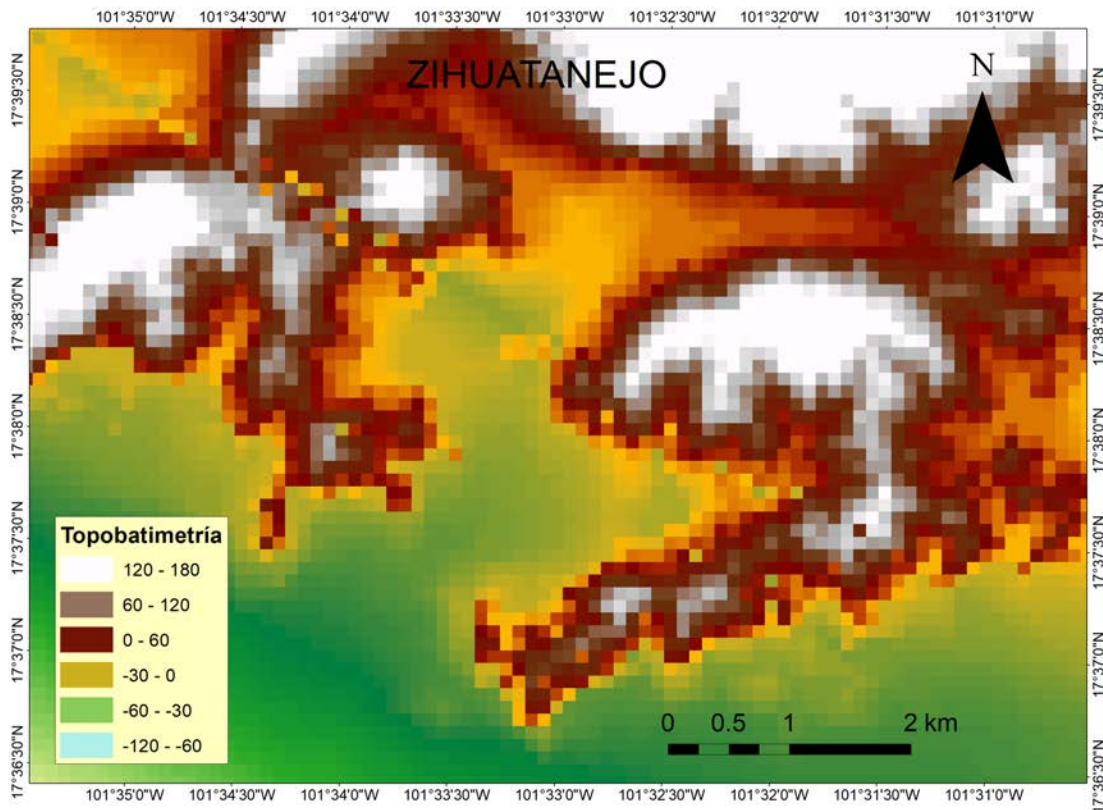


Figura 6-6: Modelo digital de elevaciones.

El modelo IBER puede ocuparse de la solución de problemas hidrodinámicos, procesos marítimos, transporte de sedimentos, rotura de balsas, transporte de contaminantes hasta en la transformación de lluvia en escorrentía para luego ser transitada en un río. Algunos artículos de simulación marítima con Iber son: [Córdova de Horta y Córdova López, 2021], [Pereira *et al.*, 2017], [Nardini *et al.*, 2018], [Fraga *et al.*, 2020].

IBER fue desarrollado a partir de la colaboración del Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (Universidade da Coruña), del Grupo de Ingeniería Matemática (Universidad de Santiago de Compostela), del Instituto Flumen (Universitat Politècnica de Catalunya y Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria) y promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX [Bladé *et al.*, 2014].

IBER es un modelo que estima las variables hidráulicas (calado, velocidades, caudal, etc.)

del flujo de agua en lámina libre en 2 dimensiones, a partir de la resolución de ecuaciones de aguas someras. El modelo se desarrolló a partir de 2 herramientas numéricas ya existentes, Turbillón y CARPA ambas con el método de volúmenes finitos, que fueron integradas en un único código ampliado con nuevas capacidades. El modelo IBER consta de diferentes módulos de cálculo acoplados entre sí. En su primera versión incluye un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos, de granulometría uniforme, por carga de fondo y por carga en suspensión. En sucesivas versiones del modelo se irán complementando y ampliando estos módulos y se desarrollarán otros nuevos. IBER es un modelo de uso libre que se puede descargar de la página web www.iberaula.es, donde se ofrece documentación adicional, soporte a través de un foro de discusión y cursos de formación [Bladé *et al.*, 2014].

El módulo hidrodinámico es la base de todos los procesos incluidos en IBER. El módulo resuelve las ecuaciones de St. Venant bidimensionales, incorporando los efectos de la turbulencia y rozamiento superficial por viento [Bladé *et al.*, 2014]:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = 0 \quad (6-1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(h U_x) + \frac{\partial}{\partial x} \left(h U_x^2 + g \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} (h U_x U_y) = \\ - gh \frac{\partial Z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t h \frac{\partial U_x}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (6-2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(h U_y) + \frac{\partial}{\partial x} (h U_x U_y) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h U_y^2 + g \frac{h^2}{2} \right) = \\ - gh \frac{\partial Z_b}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t h \frac{\partial U_y}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad (6-3)$$

donde h es el calado, U_x, U_y son las velocidades horizontales promediadas en profundidad, g es la aceleración de la gravedad, ρ es la densidad del agua, Z_b es la cota del fondo, τ_s es

la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento, τ_b es la fricción debida al rozamiento del fondo y ν_t es la viscosidad turbulenta.

Se generó una malla de 96446 elementos triangulares con tamaños que van de 4 m a 100 m, con el objetivo de obtener mayor resolución en la zona urbana (Fig. 6-7.a). Fueron considerados 4 diferentes coeficientes de rugosidad, representando tipos de suelo infraestructura, superficies de concreto, vegetación urbana y río (Fig. 6-7.b), con coeficientes de rugosidad de manning de 0.020, 0.018, 0.032 y 0.025 respectivamente.

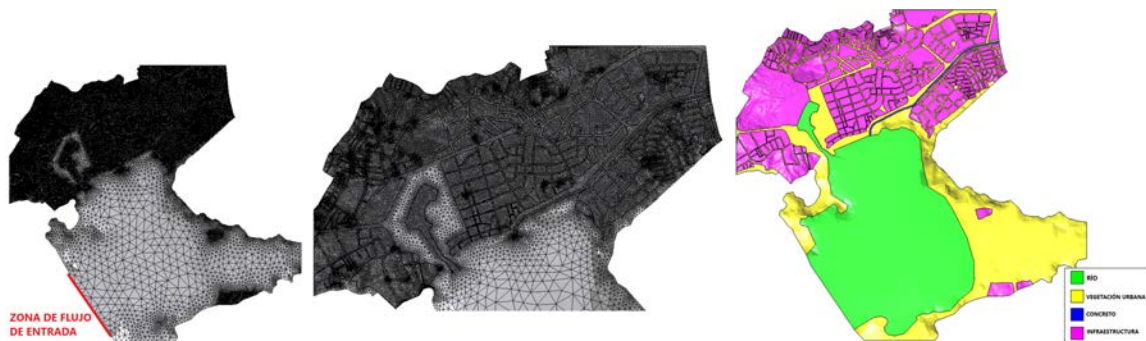


Figura 6-7: Dominio de la simulación a. Malla/ b. Tipo de suelo

Condiciones de contorno

El volumen de agua del tsunami que entra a la costa de Zihuatanejo fue considerado como condición de entrada, el cual se determinó procesando los datos del modelo de propagación de referencia. La metodología empleada se menciona a continuación. La condición de entrada se define en el límite formado por los puntos de control 1-6 figura 6-3. Del modelo de referencia se tomaron las velocidades de flujo y elevación de la ola en los puntos de control mencionados (fig. 6-8 a y b). A continuación, se multiplicaron las velocidades por las profundidades, posteriormente se multiplicó por la distancia entre puntos de control para obtener la función del gasto total que entraría por el contorno (fig. 6-8 c). La función de gasto de entrada fue asignada al contorno del modelo como una función de gasto total, IBER distribuye el gasto total de entrada automáticamente, considerando mayor gasto a los contornos con mayor profundidad de agua.

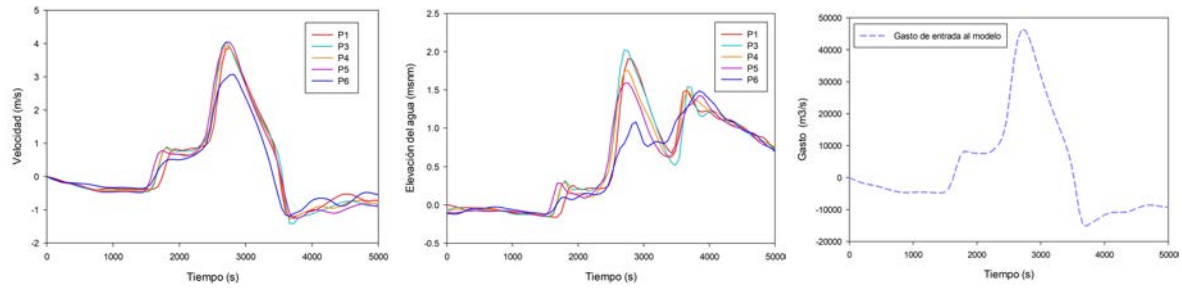


Figura 6-8: Condiciones de contorno (a) velocidad flujo de entrada (b) profundidad flujo de entrada (c) condición de gasto modelo

Se definió condición de contorno de salida al límite norte y este del dominio. Para ejecutar el modelo de inundación es necesario introducir los parámetros de la simulación que caracterizan a la simulación. Los parámetros utilizados para la simulación del tsunami se muestran en la tabla 6-1.

Tabla 6-1: Parámetros usados para la simulación del tsunami.

Parámetros	Valor
Tiempo máximo de la simulación	5000 s
Intervalo de tiempo	50 s
Esquema numérico	Primer orden
Número de Courant-Friedrich-Lewy	0.45
Límite mojado-seco	0.01 m
Función de entrada	Caudal específico
Tipo de suelo predominante en la costa	arena-asfalto, concreto
Coefficiente de Manning	0.020, 0.018, 0.032 y 0.025
Número de elementos de la malla	96446

6.3. Descripción del sitio (receptor)

Para describir el sitio de estudio se recolectó, seleccionó y analizó la información catastral, topográfica, batimétrica, geográfica, social, económica, política y cultural del lugar. Con la información se identificaron las zonas potenciales de riesgo y se creó el dominio de estudio.

A partir de las cartas topográficas: E14C22a, E14C22b, E14C22e y E14C22, más la información del SCINCE [INEGI, 2021], se creó el mapa de la figura 6-9, que describe la localización, dominio, infraestructura, hidrografía y servicios del sitio de estudio.

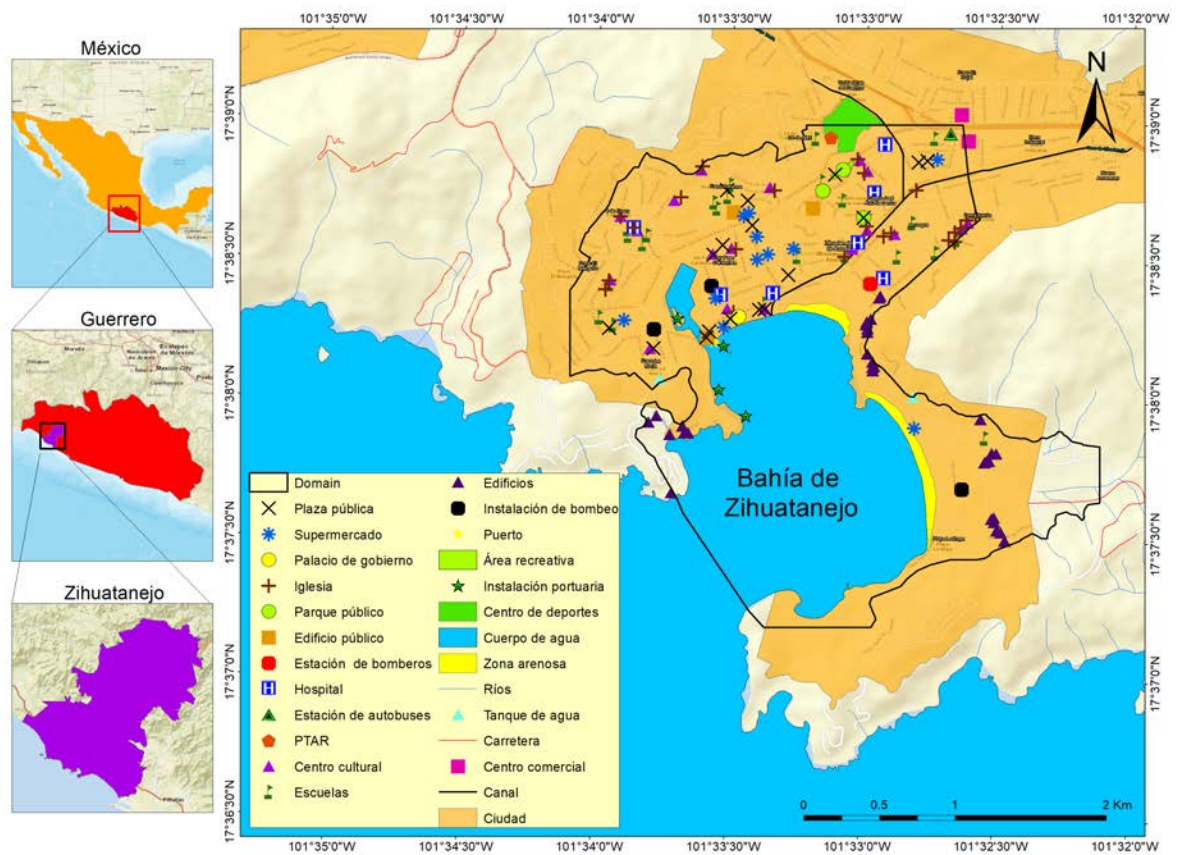


Figura 6-9: Descripción del sitio

6.4. Consecuencias (consequences)

Las consecuencias son el resultado de los posibles daños si el evento de peligro ocurre. Este término incluye la evaluación de la vulnerabilidad de los receptores [Escudero, 2016]. De acuerdo a la clasificación de daños mostrada en la figura 5-3 y la tabla 5-1, la evaluación de daños se realizó para las pérdidas tangibles directas, específicamente para los daños físicos a edificios e infraestructura de acuerdo a la clasificación de la tabla 5-1. La evaluación consistió en realizar curvas de daño de acuerdo a [Balica *et al.*, 2013; Kelman, 2003], siguiendo la metodología de Baró [2004].

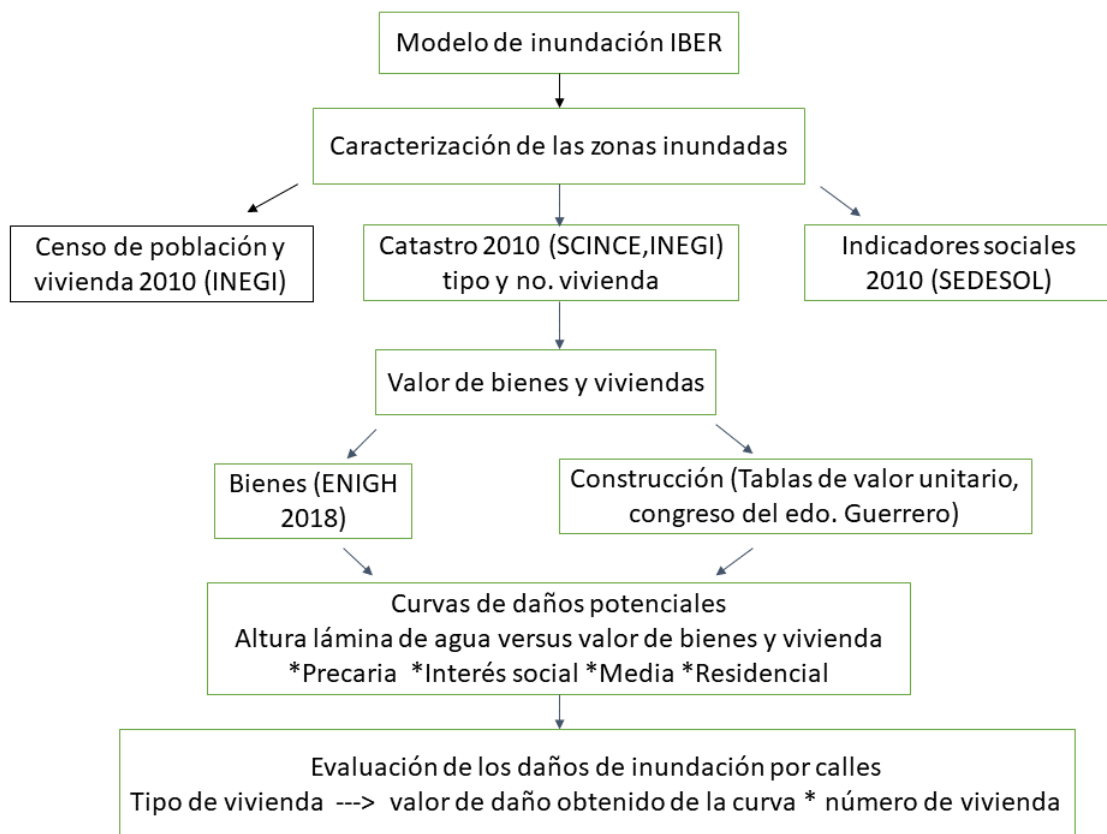


Figura 6-10: Metodología adaptada de Baró [2004]

Para saber cuál es el daño potencial que provoca una inundación, se puede hacer uso de las curvas de daño ([Renyi y Nan, 2002] [Lekuthai y Vongvisessomjai, 2001] [Boyle *et al.*, 1998])

[Baró, 2004]. Las curvas de daño son una herramienta eficaz para conocer el daño económico que provocarían varias alturas de lámina de agua por inundación. Además, son una herramienta muy útil empleada en el análisis económico de daños, utilizada por la administración de riesgo, por ejemplo: las aseguradoras y los bancos.

Para establecer los daños a zonas habitacionales es necesario establecer límites de inundación que sirvan como referencia para medir el daño. En las inundaciones someras el daño a los edificios y bienes es aproximadamente lineal, mientras que, para inundaciones más importantes, los daños aumentan cada vez más lentamente respecto a la altura de inundación, llega un punto en que los daños ya no sufren incrementos a menos que ocurra un daño estructural. Este valor de altura de inundación algunos autores lo sitúan en 1.5 m Estrada [1996], otros utilizan el término de cota de mesa, Paoli y Calvo [1988] propone un valor de 0.8 m, mientras Lopardo y Seoane [2000] 0.9 m [Baró, 2004].

El primer paso para crear las curvas de daños es recolectar información que describa la población y vivienda, esto con el fin de determinar los posibles daños de la inundación. Las fuentes sitios que se consultaron fueron:

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
- Consejo Nacional de Población (CONAPO)
- Secretaría de Turismo (SECTUR)
- Secretaría de Bienestar
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
- Instituto Nacional Para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED)
- Páginas turísticas (Destinos turísticos, visit Ixtapa-Zihuatanejo)
- Secretaría de Marina (SEMAR)

- Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INAFED)
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)
- Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMI)
- Ayuntamiento de Zihuatanejo
- Congreso del estado de Guerrero LXII Legislatura
- Secretaría de trabajo y previsión social (STPS)
- Gobierno de México

6.4.1. Recopilación de datos para zonas habitacionales

La información sobre uso de suelo y actividades humanas debe incluir los siguientes aspectos en el caso de las zonas habitacionales (adaptado de [Boyle *et al.*, 1998]):

- Características socioeconómicas de la población

La información incluida en este apartado se centra en los indicadores socioeconómicos y sociodemográficos que corresponden a Zihuatanejo de acuerdo al censo de población 2020 [INEGI, 2020]. Otra medida de resumen para conocer el estado de la población son los índices e indicadores socioeconómicos para el municipio de Zihuatanejo los cuales se muestran en el apéndice A.

De acuerdo con la información de los índices e indicadores socioeconómicos el municipio se encuentra en un estado de rezago social bajo, porcentaje de pobreza extrema (13.39) y grado de marginación bajo (ubicándolo en el lugar 81 a nivel municipal y 1949 a nivel nacional). Mientras que la población del municipio se divide en 5 niveles de marginación tabla 6-2 y el índice de marginación económico refleja que la población que percibe hasta 2 salarios mínimos (el salario mínimo que se utilizó en el estudio es el vigente al 1 ene 2020 [CONASAMI, 2020] con un valor de \$123.22) es el 34.86 %.

Tabla 6-2: Localidades por grado de marginación [SEDESOL, 2010]

Municipio de Zihuatanejo de Azueta	2010		
	Localidades por grado de marginación	Número	%
Grado de marginación muy alto	41	20.00	1,339
Grado de marginación alto	73	35.61	15,882
Grado de marginación medio	7	3.41	84,439
Grado de marginación bajo	1	0.49	6,850
Grado de marginación muy bajo	3	1.46	9,258

El gasto que destinan las viviendas para adquirir bienes y servicios se consultó de la información que brinda la Encuesta de Ingresos y Gastos de los hogares [ENIGH, 2018]. La información se usó para crear las curvas de daños y se presenta en el apéndice B. .

- Información para las construcciones

El valor unitario de las construcciones se tomó de la información publicada en el congreso del estado de Guerrero LXII Legislatura, de las Tablas de valores Unitarios de Uso de Suelo y de Construcción para el municipio de Zihuatanejo de Azueta, que sirven de base para el cobro fiscal de 2020.

Los criterios para definir las características de la construcción según el uso y su tipo son los siguientes (Congreso del edo [2020]):

- Precaria. Vivienda generalmente sin proyecto y autoconstruida. Situada en asentamientos irregulares, sin traza urbana definida y, prácticamente sin servicios. Se localizan en la periferia de las ciudades. Materiales de mala calidad. Sin cimentación; estructuras de madera o sin estructuras; muros de carrizo, palma, lámina negra, cartón, adobe o madera. Techos de vigas y palma, vigas o polines de madera y lámina negra o de cartón. No tiene acabados; pisos de tierra apisonada o firme rústico de cemento, claros menores a 3 m figura 6-11.



Figura 6-11: Vivienda precaria. Calle paseo de la cantera [Streetview, 2022]

- Interés social. Cuentan con proyecto definido, y la mayoría de los servicios municipales; producto de programas oficiales de vivienda. Son viviendas con 1 o 2 plantas. La superficie del lote fluctúa entre 120 y 200 km^2 , a excepción de los construidos en condominio que puede ser menor, y la superficie construida varía de 35 y 80 km^2 . Se localizan en zonas específicas o en fraccionamientos. Materiales de mediana calidad y económicos. Cimentación a base de losa de concreto armado, block relleno o de concreto ciclópeo. Muros de carga con refuerzos horizontales y verticales de block o ladrillo. Claros cortos menores a 3.5 m. Techos de vigas de losa de concreto de baja capacidad. Acabados aparentes de estudio. Pintura de tipo económico figura 6-12.



Figura 6-12: Vivienda tipo interés social. Condominio Bahía Zihua [Streetview, 2022]

- Regular (Media). Proyecto definido, funcional y característico. Se encuentran en fraccionamientos o colonias que cuentan con todos los servicios. Lotes de terreno entre 120 y 200 km^2 en promedio y de 120 km^2 de construcción en promedio. Se localiza en zonas consolidadas de los centros de población y en fraccionamientos residenciales medios. Cimientos de mampostería, concreto ciclópeo, rodapié de block relleno con concreto. Estructuras con castillos y dalas de cerramiento. Claros medios de 4 m. Muros de carga de ladrillo, block o piedra. Los techos suelen ser de losa, asbesto, terrado o lámina galvanizada. Los acabados en pisos y muros son de regular calidad figura 6-13.



Figura 6-13: Vivienda tipo media. Calle presa Falcon [Streetview, 2022]

- Muy buena (Residencial). Proyecto arquitectónico de muy buena calidad, con diseño especial bien definido, funcional y a veces caprichoso. Amplios espacios construidos con elementos decorativos interior y exteriormente. Todos los servicios públicos. Se encuentran en fraccionamientos privados y exclusivos. Lotes con superficie promedio de 500 m^2 y superficie construida de 1 a 2.5 veces la superficie de terreno. Elementos estructurales de muy buena calidad a base de castillos, dadas de cerramiento, columnas, trabes, zapatas corridas o zapatas aisladas. Muros de ladrillo o block. Grandes claros entre 5 y 10 m^2 . Techos con losa y molduras en todo el perímetro. Recubrimiento de teja de buena calidad. Aplanados de yeso y mezcla maestreados. Acabados exteriores con texturas, piedras de corte, mármol y molduras de cantera. Acabados interiores texturizados, con madera fina, tapices o parcialmente de mármol. Los pisos son de cerámica de primera calidad, mármol, parquet figura 6-14.



Figura 6-14: Vivienda tipo residencial. Calle presidente Darío Galeana Farfan [Streetview, 2022]

El cálculo del valor de los daños estructurales de las viviendas en las curvas de daño se basa en la información de la tabla 6-3. Como el valor de los daños viene en m^2 por UMA's, es necesario realizar una conversión con el valor de la UMA vigente para convertir el valor en pesos por m^2 , para realizar la respectiva conversión se utilizó el valor de \$ 86.88 que es el valor de la UMA vigente al 2020 [UMA, 2020]. El cálculo del valor de los daños estructurales se basa en el valor de la tabla 6-3 .

Tabla 6-3: Valores Unitarios de Uso de Suelo y de Construcción para el municipio de Zihuatanejo de Azueta [Congreso del edo, 2020]

Habitacional			
Código	Clase	Categoría	Valor por m2 en pesos
HAB	PRECARIA		388
HCB		Baja	1143
HCM	INTERÉS SOCIAL	Media	1802
HCA		Alta	2466
HDB		Baja	2402
HDM	REGULAR	Media	2619
HDA		Alta	2802
HFB		Baja	4907
HFM	MUY BUENA	Media	5166
HFA		Alta	5744

- información sobre los bienes existentes en las viviendas

La información sobre los bienes en las viviendas se consideró a partir del censo de población y vivienda 2010 [INEGI, 2010a])

Los bienes que reporta el INEGI son:

- Radio
- Televisión
- Refrigerador
- Lavadora

- Automóvil o camioneta
- computadora
- línea telefónica fija
- teléfono celular
- internet

Adicional a los bienes reportados para el estudio se cuantificaron los siguientes bienes:

- Estufa
- Microondas
- Muebles de recámara
- Muebles de sala
- Muebles de comedor
- Ropa
- Calentador
- Computadora

La estimación económica de los bienes, tanto del INEGI como los agregados, se realizó a través de la cotización realizada en tiendas de internet y casas comerciales como: Mercado Libre, Amazon, Elektra, Famsa, Coppel, Walt-Mart, Soriana, Sam's club, Muebles Troncosos, etc. Sitios que abastecen al lugar.

La información de población y vivienda se ha validado con la información del SCINCE [INEGI, 2021]. La información del SCINCE se encuentra georreferenciada al sitio de estudio y organizada por el número de viviendas asignadas por Área Geoestadística Básica (AGEB), manzanas, localidades, municipio, etc. Para el presente trabajo se utilizó la información del número de viviendas organizadas por manzanas, AGEB y localidades.

Capítulo 7

Resultados

7.1. Resultados del modelo de inundación.

El resultado final del modelo de inundación que se describe en la sección 6.2 es la altura de inundación a lo largo de todo el dominio de la simulación fig.7-1 que corresponde a alturas de inundación que van desde 0 hasta 8 m. Las alturas de inundación se compararon con la información del artículo de (Ito *et al.* [2021]) y el registro de inundación hecho para Zihuatanejo apéndice B

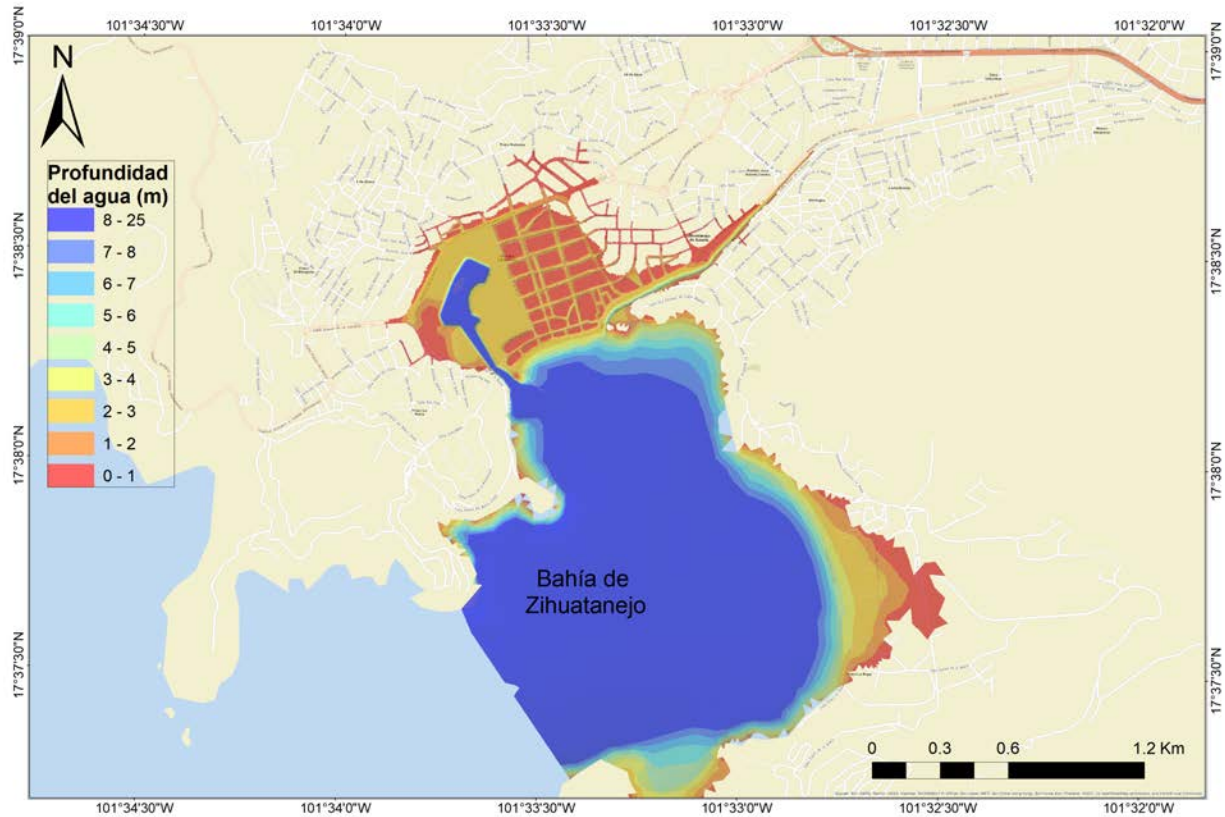


Figura 7-1: Resultados del modelo de inundación (profundidad del agua)

7.2. Construcción de familias de curvas de daños potenciales por inundación en zonas habitacionales

A partir de la definición realizada por el congreso de Guerrero para el tipo de vivienda [Congreso del edo, 2020], se tomó de base la definición del tipo de vivienda y se comenzó el análisis para la construcción de las curvas de daño. La definición del tipo de vivienda en el municipio de Zihuatanejo se completó con la información del censo de población y vivienda 2010 [INEGI, 2010a], los indicadores de carencia [SEDESOL, 2010] y la información del artículo de Garcia Castro *et al.* [2017]. Se definieron cuatro tipos de viviendas para el sitio: precarias, interés social, regular (media) y muy buena (residencial). Para la parte de bienes y gastos de las viviendas se tomó de base la información de la subsección 6.4.1 que se refiere a la

información sobre los bienes existentes en las viviendas [INEGI, 2010a] y el valor unitario de las construcciones [Congreso del edo, 2020]. Una vez definido el tipo de vivienda, los bienes, el valor de los bienes, el valor de la construcción y las alturas de inundación del modelo de inundación. Sólo falta definir el porcentaje de afectación en los bienes para construir las curvas de daño, para definir el valor se tomó de base la altura de la lámina de agua por inundación (modelo de inundación), la tesis de [Baró, 2004], el artículo de [Huerta *et al.*, 2006], la cota de mesa sección 6.4, la altura del motor de los electrodomésticos que se encuentran al nivel del suelo (p.e. lavadora, refrigerador) [reparaciones LMC, 2019] y las dimensiones promedio de los muebles. Las curvas de daños se crearon para cada una de las viviendas definidas antes.

- Curva de daños para vivienda precaria. Tomando en cuenta la definición que se hizo para este tipo de vivienda, las alturas de lámina de agua asignadas para este tipo de viviendas fueron: 0.10 m, 0.20 m, 0.30 m, 0.40 m, 0.50 m, 0.70 m y 1.00 m. No se definieron más alturas, porque, los daños totales alcanzarían un valor del 100 % en la última altura. En el caso de los electrodomésticos tipo refrigerador, el porcentaje de afectación se estableció en función del nivel de la lámina de agua y la altura del sistema de refrigeración, la altura de lámina de agua que se determinó para el sistema de refrigeración fue 0.30 m., a partir de ese nivel, un refrigerador quedaría inutilizado en un 90 % [Baró, 2004] tabla 7-1 (Ud.¹)

¹abreviatura de unidad

Tabla 7-1: Porcentaje de afectación por inundación en viviendas de clase precaria

ECONÓMICO				ALTURA DE LAMINA DE AGUA (m)						
BIENES EN LA VIVIENDA	Ud. (es)	precio unitario	total	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1
televisión	1	1300	1300	0	0	80	90	100	100	100
refrigerador	1	1800	1800	0	70	80	90	100	100	100
estufa	1	1305	1305	0	0	0	80	90	90	100
sala y comedor	1	500	500	20	30	50	70	80	80	100
colchón	4	600	2400	0	0	0	0	100	100	100
recamaras	2	2000	4000	0	0	80	90	100	100	100
ropa	1	3000	3000	0	0	50	70	100	100	100
daños estructurales (m ²)	40	388	15534	0	0	0	20	50	70	100
PORCENTAJE DE AFECTACIÓN TOTAL				3	13	43	64	90	93	100

Para el caso de una estufa, la afectación se daría cuando la altura de agua alcanzará los quemadores, lo cual equivaldría a unos 0.50 m según [Baró, 2004], respecto a la televisión, normalmente se encuentra sobre algún mueble, por lo que la afectación se daría a partir de los 0.30 m. Los muebles al estar colocados a nivel del suelo la afectación se inicia al momento de que ocurra la inundación y va aumentando a medida que crece la lámina de agua. Respecto a los daños estructurales, como se tratan de viviendas construidas con materiales de muy baja calidad, la afectación puede ser muy elevada por que los materiales no tienen la capacidad de soportar la humedad, se estimó una afectación del 100% a partir de medio metro [Baró, 2004]. Una vez propuestos los porcentajes de afectación se procede a calcular el valor económico de los daños (tabla 7-2) a partir del valor económico total (tabla 7-1) y el valor del salario mínimo propuesto (subsección 6.4.1).

Tabla 7-2: Valor de los daños por inundación en viviendas de clase precaria (en pesos 2020)

ECONÓMICO	ALTURA DE LÁMINA DE AGUA (m)						
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1
BIENES	0	0	1040	1170	1300	1300	1300
televisión	0	0	1040	1170	1300	1300	1300
refrigerador	0	1260	1440	1620	1800	1800	1800
estufa	0	0	0	1044	1175	1175	1305
sala y comedor	100	150	250	350	400	400	500
colchón	0	0	0	0	2400	2400	2400
recamaras	0	0	3200	3600	4000	4000	4000
ropa	0	0	1500	2100	3000	3000	3000
daños estructurales (m ²)	0	0	0	3107	7767	10874	15534
sumatoria	100	1410	7430	12991	21842	24948	29839
No. Salarios mínimos (2020)	1	11	60	105	177	202	242

Con el resultado que se obtuvo de las tablas anteriores se construyeron las curvas de vulnerabilidad y de daños para la vivienda de tipo precaria fig. 7-2 y 7-3 respectivamente.

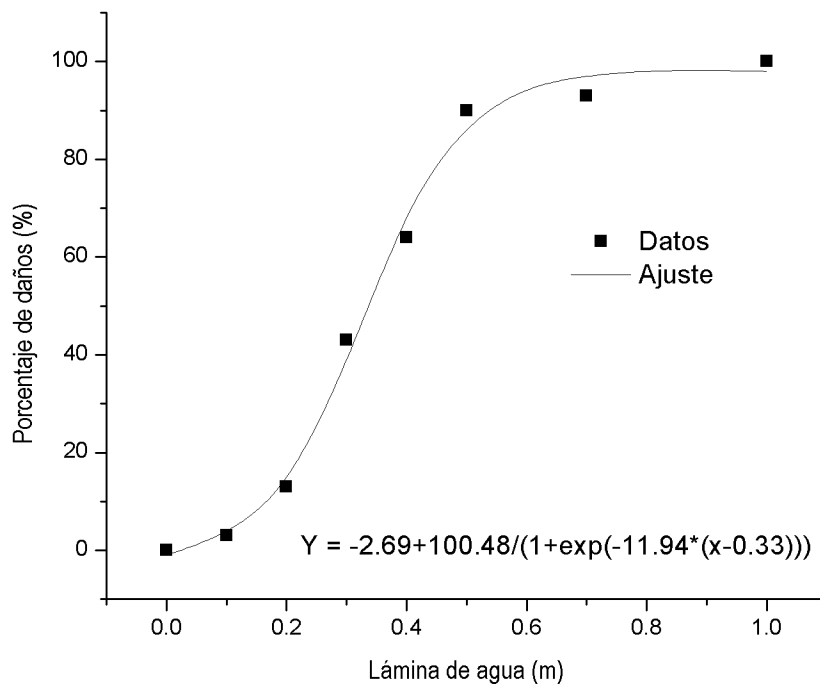


Figura 7-2: Curva de vulnerabilidade vivienda precaria.

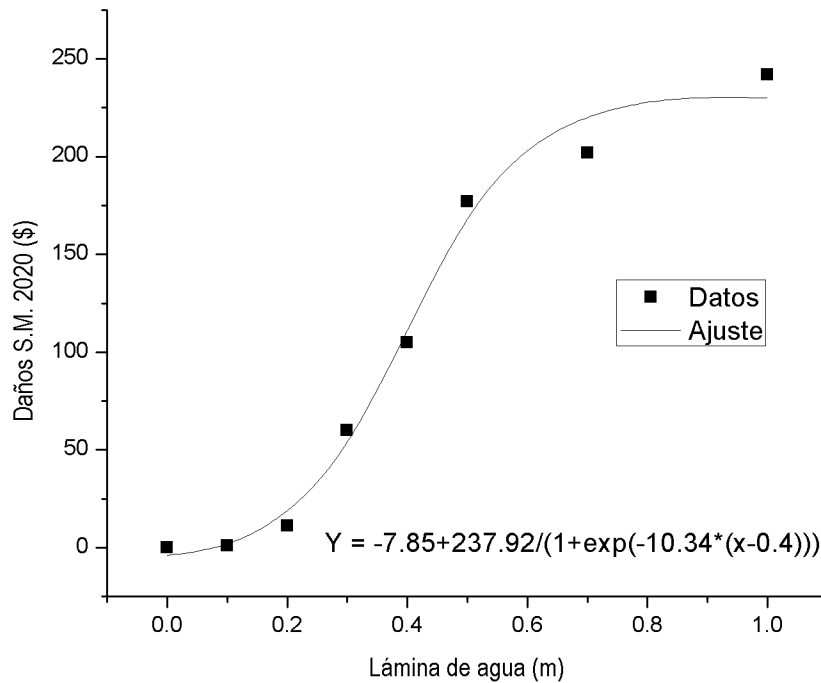


Figura 7-3: Curva de daños vivienda precaria.

- Viviendas interés social

Para obtener la curva de daños potenciales para viviendas de tipo interés social se aplicó la misma metodología que en el caso anterior, pero, teniendo en cuenta que en este tipo de viviendas existe un mayor ingreso para el gasto en bienes. Por lo tanto, los bienes que se consideraron son los mismo que en la vivienda anterior, pero, se adicionaron otros: radio, calentador, microondas, comedor, computadora y auto. También se modificó, el tipo de construcción de acuerdo al tipo de vivienda. Este tipo de vivienda se analizó en dos tipos de viviendas una sola planta y viviendas de dos plantas. Estas variaciones modifican la distribución de los bienes, el espacio construido y la altura de agua por inundación cambia. El resultado de este tipo de viviendas se muestra en las tablas y figuras siguientes.

Tabla 7-3: Porcentaje de afectación por inundación en viviendas de interés social de una sola planta

ECONÓMICO				ALTURA DE LAMINA DE AGUA (m)							
BIENES EN LA VIVIENDA	Ud. (es)	precio unitario	total	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5
radio o radiograbadora	1	829	829	0	0	80	90	100	100	100	100
televisión	1	4624	4624	0	0	80	90	100	100	100	100
refrigerador	1	3995	3995	0	0	80	90	100	100	100	100
lavadora	1	1584	1584	0	0	80	90	100	100	100	100
estufa	1	2685	2685	0	0	0	80	90	100	100	100
calentador (boiler)	1	1650	1650	0	0	0	0	0	90	100	100
cocina	1	16000	16000	0	20	30	40	50	80	100	100
Microondas	1	1239	1239	0	0	0	0	0	0	100	100
comedor	1	5599	5599	20	30	40	50	80	100	100	100
sala	1	7799	7799	20	30	40	50	80	90	100	100
recamaras-colchón	3	4846	14538	0	0	80	90	100	100	100	100
librero	2	1600	3200	20	30	40	50	80	90	100	100
ropa	1	9000	9000	0	0	50	70	100	100	100	100
teléfono	1	600	600	0	0	0	0	0	0	100	100
computadora	1	7000	7000	0	50	50	60	70	90	100	100
auto	1	75000	75000	0	10	20	40	50	60	70	100
daños estructurales (m ²)	65	2466	160268	0	0	0	0	50	60	70	100
PORCENTAJE DE AFECTACIÓN TOTAL				4	10	39	52	68	80	96	100

Tabla 7-4: Valor de los daños por inundación en viviendas de interés social de una sola planta (en pesos 2020)

ECONÓMICO	ALTURA LÁMINA DE AGUA (m)							
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5
BIENES	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5
radio o radiograbadora	0	0	663	746	829	829	829	829
televisión	0	0	3699	4162	4624	4624	4624	4624
refrigerador	0	0	3196	3596	3995	3995	3995	3995
lavadora	0	0	1267	1426	1584	1584	1584	1584
estufa	0	0	0	2148	2417	2685	2685	2685
calentador (boiler)	0	0	0	0	0	1485	1650	1650
cocina	0	3200	4800	6400	8000	12800	16000	16000
Microondas	0	0	0	0	0	0	1239	1239
comedor	1120	1680	2240	2800	4479	5599	5599	5599
sala	1560	2340	3120	3900	6239	7019	7799	7799
recamaras-colchón	0	0	11630	13084	14538	14538	14538	14538
librero	640	960	1280	1600	2560	2880	3200	3200
ropa	0	0	4500	6300	9000	9000	9000	9000
teléfono	0	0	0	0	0	0	600	600
computadora	0	3500	3500	4200	4900	6300	7000	7000
auto	0	7500	15000	30000	37500	45000	52500	75000
daños estructurales (m ²)	0	0	0	0	80134	96161	112187	160268
sumatoria	3320	19179	54895	80360	180799	214499	245029	315610
No. Salarios mínimos (2020)	27	156	446	652	1467	1741	1989	2561

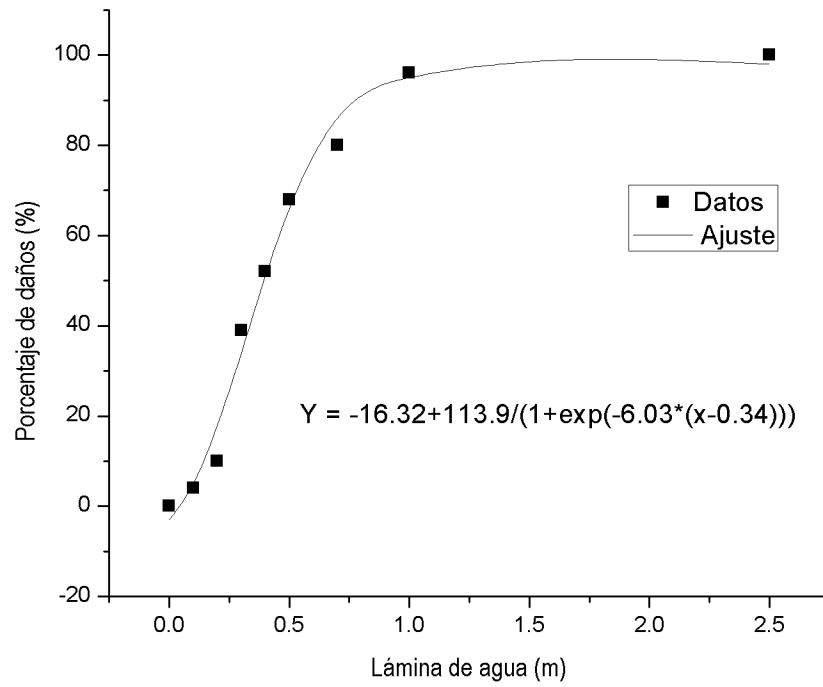


Figura 7-4: Curva de vulnerabilidade vivienda de interés social de una sola planta.

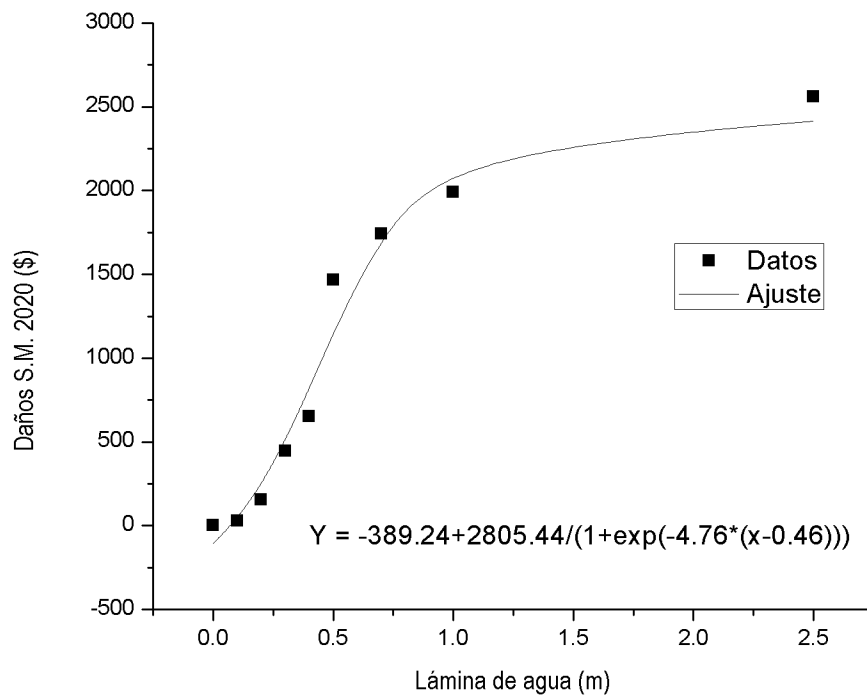


Figura 7-5: Curva de daños vivienda de interés social de una sola planta.

Tabla 7-5: Porcentaje de afectación por inundación en viviendas de interés social de dos plantas

ECONÓMICO				ALTURA DE LÁMINA DE AGUA (m)													
BIENES EN LA VIVIENDA	Ud. (s)	precio unitario	total	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5	2.6	2.7	2.8	3	3.2	3.5
radio o radiograbadora	1	829	829	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
televisión	1	4624	4624	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
refrigerador	1	3995	3995	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
lavadora	1	1584	1584	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
estufa	1	2685	2685	0	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
calentador (boiler)	1	1650	1650	0	0	0	0	0	90	100	100	100	100	100	100	100	100
cocina	1	16000	16000	0	20	30	40	50	80	100	100	100	100	100	100	100	100
Microondas	1	1239	1239	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100
comedor	1	5599	5599	20	30	40	50	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100
sala	1	7799	7799	20	30	40	50	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100
recamaras-colchón	3	4846	14538	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	100	100	100
librero	2	1600	3200	0	0	0	0	0	0	0	0	20	30	50	80	100	100
ropa	1	9000	9000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	100	100	100
teléfono	1	600	600	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100
computadora	1	7000	7000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	70	90	100
auto	1	75000	75000	0	10	20	40	50	60	70	100	100	100	100	100	100	100
daños estructurales (m ²)	65	2466	160268	0	0	0	0	50	60	70	100	100	100	100	100	100	100
PORCENTAJE DE AFECTACIÓN TOTAL				2	5	26	36	47	58	73	76	78	81	91	97	99	100

Tabla 7-6: Valor de los daños por inundación en viviendas de interés social de dos plantas (en pesos 2020)

Económico	ALTURA DE LÁMINA DE AGUA (m)													
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5	2.6	2.7	2.8	3	3.2	3.5
BIENES	0	0	663	746	829	829	829	829	829	829	829	829	829	829
radio	0	0	663	746	829	829	829	829	829	829	829	829	829	829
televisión	0	0	3699	4162	4624	4624	4624	4624	4624	4624	4624	4624	4624	4624
refrigerador	0	0	3196	3596	3995	3995	3995	3995	3995	3995	3995	3995	3995	3995
lavadora	0	0	1267	1426	1584	1584	1584	1584	1584	1584	1584	1584	1584	1584
estufa	0	0	0	2148	2417	2685	2685	2685	2685	2685	2685	2685	2685	2685
calentador (boiler)	0	0	0	0	0	1485	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650
cocina	0	3200	4800	6400	8000	12800	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000
Microondas	0	0	0	0	0	0	1239	1239	1239	1239	1239	1239	1239	1239
comedor	1120	1680	2240	2800	4479	5599	5599	5599	5599	5599	5599	5599	5599	5599
sala	1560	2340	3120	3900	6239	7019	7799	7799	7799	7799	7799	7799	7799	7799
recamaras (colchón)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13084	14538	14538	14538
librero	0	0	0	0	0	0	0	0	640	960	1600	2560	3200	3200
ropa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4500	9000	9000	9000
teléfono	0	0	0	0	0	0	600	600	600	600	600	600	600	600
computadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3500	4200	4900	6300	7000
auto	0	7500	15000	30000	37500	45000	52500	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000
daños estructurales (m ²)	0	0	0	0	80134	96161	112187	160268	160268	160268	160268	160268	160268	160268
sumatoria	2680	14719	33985	55176	149801	181781	211291	281872	282512	286332	305256	312870	314910	315610
No. Salarios mínimos (2020)	22	119	276	448	1216	1475	1715	2288	2293	2324	2477	2539	2556	2561

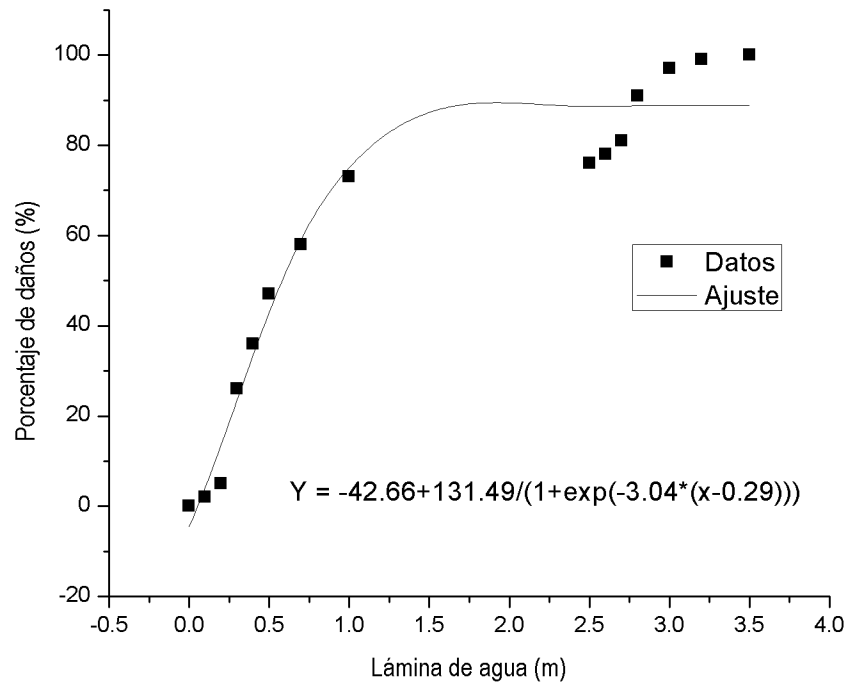


Figura 7-6: Curva de vulnerabilidad vivienda de interés social de dos plantas.

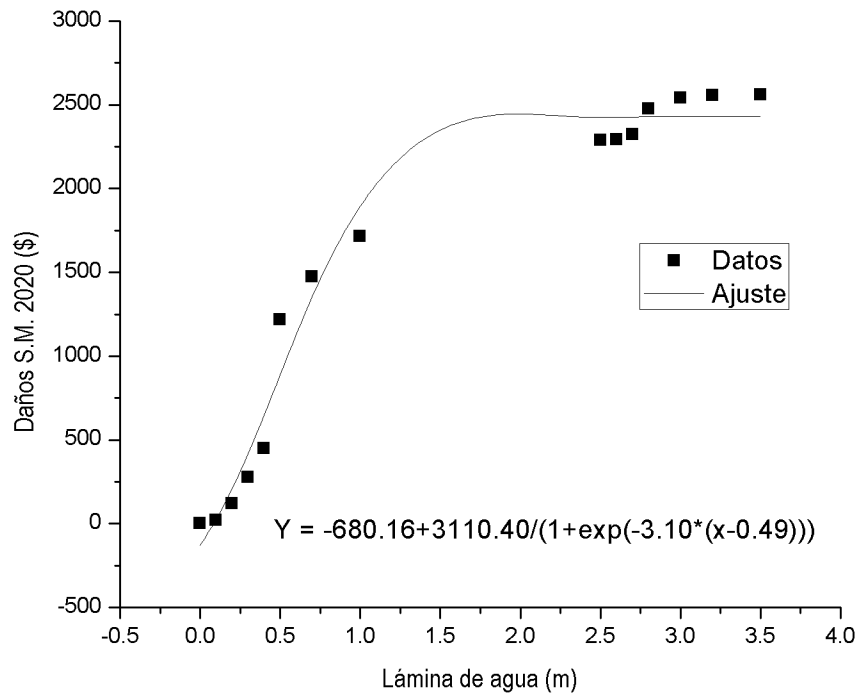


Figura 7-7: Curva de daños vivienda de interés social de dos plantas.

- Viviendas de clase media. Para este tipo de vivienda se realizó el mismo procedimiento que en la vivienda de interés social agregando únicamente la alfombra. Se modificó el tipo de construcción y su valor según el tipo de vivienda [Congreso del edo, 2020]. El valor de los bienes incrementó de acuerdo a las tablas de gastos en bienes de la ENIGH (2018). El resultado de este tipo de viviendas se muestra en las tablas y figuras siguientes.

Tabla 7-7: Porcentaje de afectación por inundación en viviendas de clase media para una sola planta

ECONÓMICO				ALTURA DE LÁMINA DE AGUA (m)							
BIENES EN LA VIVIENDA	Ud.(s)	precio unitario	total	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5
radio o radiograbadora	1	1399	1399	0	0	80	90	100	100	100	100
televisión	1	21000	21000	0	0	80	90	100	100	100	100
refrigerador	1	5699	5699	0	0	80	90	100	100	100	100
lavadora	1	6475	6475	0	0	80	90	100	100	100	100
estufa	1	6687	6687	0	0	0	80	90	100	100	100
calentador (boiler)	1	3850	3850	0	0	0	0	0	90	100	100
cocina	1	25000	25000	0	20	30	40	50	80	100	100
microondas	1	1760	1760	0	0	0	0	0	0	100	100
comedor	1	24000	24000	20	30	40	50	80	100	100	100
sala	1	10500	10500	20	30	40	50	80	90	100	100
recamaras-colchón	3	13699	41097	0	0	80	90	100	100	100	100
librero	2	6000	12000	20	30	40	50	80	90	100	100
ropa	1	15000	15000	0	0	50	70	100	100	100	100
alfombras (m ²)	25	110	2750	100	100	100	100	100	100	100	100
teléfono	1	1400	1400	0	0	0	0	0	0	100	100
computadora	1	12000	12000	0	50	50	60	70	90	100	100
auto	1	115000	115000	0	10	20	40	50	60	70	100
daños estructurales (m ²)	90	2802	252169	0	0	0	0	50	60	70	100
PORCENTAJE DE AFECTACIÓN TOTAL				9	15	43	55	69	81	97	100

Tabla 7-8: Valor de los daños por inundación en viviendas de clase media para una sola planta (en pesos 2020)

ECONÓMICO	ALTURA DE LÁMINA DE AGUA (m)							
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5
BIENES	0	0	1119	1259	1399	1399	1399	1399
radio o radiograbadora	0	0	1119	1259	1399	1399	1399	1399
televisión	0	0	16800	18900	21000	21000	21000	21000
refrigerador	0	0	4559	5129	5699	5699	5699	5699
lavadora	0	0	5180	5828	6475	6475	6475	6475
estufa	0	0	0	5350	6018	6687	6687	6687
calentador (boiler)	0	0	0	0	0	3465	3850	3850
cocina	0	5000	7500	10000	12500	20000	25000	25000
microondas	0	0	0	0	0	0	1760	1760
comedor	4800	7200	9600	12000	19200	24000	24000	24000
sala	2100	3150	4200	5250	8400	9450	10500	10500
recamaras-colchón	0	0	32878	36987	41097	41097	41097	41097
librero	2400	3600	4800	6000	9600	10800	12000	12000
ropa	0	0	7500	10500	15000	15000	15000	15000
alfombras (m ²)	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750
teléfono	0	0	0	0	0	0	1400	1400
computadora	0	6000	6000	7200	8400	10800	12000	12000
auto	0	11500	23000	46000	57500	69000	80500	115000
daños estructurales (m ²)	0	0	0	0	126085	151302	176518	252169
sumatoria	12050	39200	125886	173153	341123	398924	447635	557786
No. Salarios mínimos (2020)	98	318	1022	1405	2768	3237	3633	4527

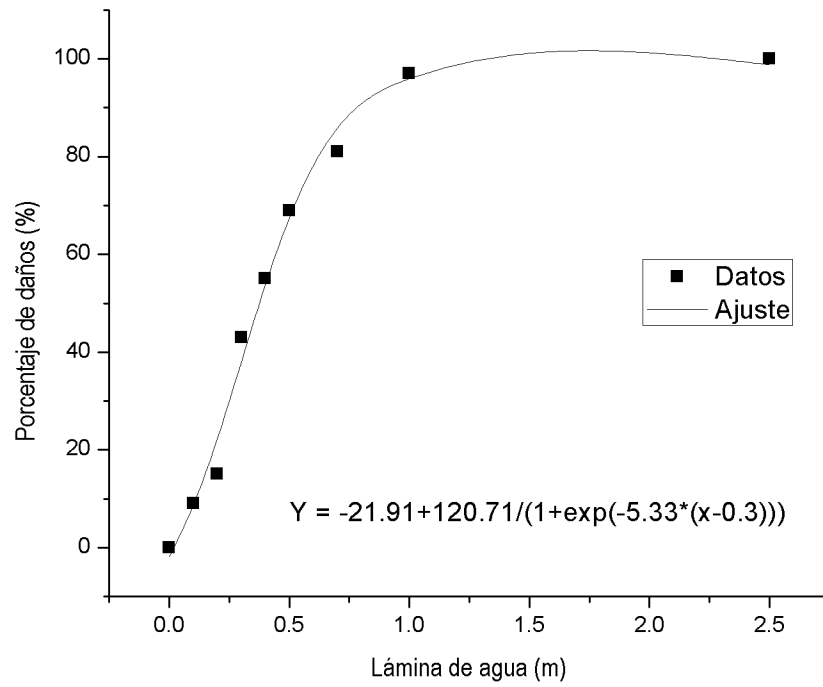


Figura 7-8: Curva de vulnerabilidad vivienda de clase media de una sola planta.

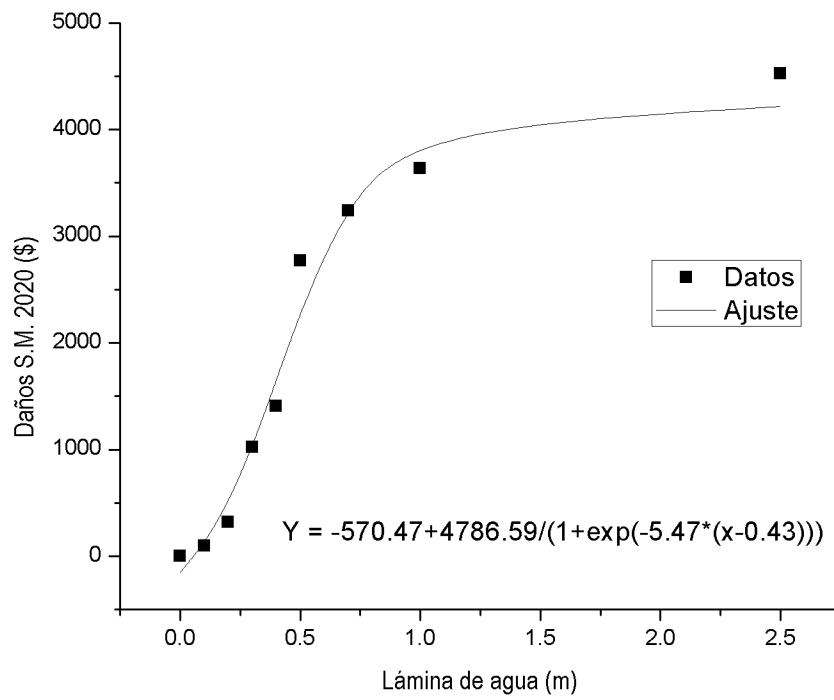


Figura 7-9: Curva de daños vivienda de clase media de una sola planta.

Tabla 7-9: Porcentaje de afectación por inundación en viviendas de clase media de dos plantas

ECONÓMICO				ALTURA DE LÁMINA DE AGUA (m)													
BIENES EN LA VIVIENDA	Ud. (s)	precio unitario	total	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5	2.6	2.7	2.8	3	3.2	3.5
radio o radiograbadora	1	1399	1399	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
televisión	2	21000	42000	0	0	45	50	50	50	50	50	50	50	95	100	100	100
refrigerador	1	5699	5699	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
lavadora	1	6475	6475	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
estufa	1	6687	6687	0	0		80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
calentador (boiler)	1	3850	3850	0	0	0	0	0	90	100	100	100	100	100	100	100	100
cocina	1	25000	25000	0	20	30	40	50	80	100	100	100	100	100	100	100	100
Microondas	1	1760	1760	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100
comedor	1	24000	24000	20	30	40	50	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100
sala	1	10500	10500	20	30	40	50	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100
recamaras-colchón	3	13699	41097	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	100	100	100
librero	2	6000	12000	0	0	0	0	0	0	0	0	20	30	50	80	90	100
ropa	1	15000	15000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	100	100	100
alfombras (25 m ²)	25	110	2750	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100
teléfono	2	1400	2800	0	0	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50	50	100
computadora	1	12000	12000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	70	90	100
auto	1	115000	115000	0	10	20	40	50	60	70	100	100	100	100	100	100	100
daños estructurales (m ²)	90	2802	252169	0	0	0	0	50	60	70	100	100	100	100	100	100	100
PORCENTAJE DE AFECTACIÓN TOTAL				5	8	27	35	44	54	66	69	73	77	89	94	96	100

Tabla 7-10: Valor de los daños por inundación en viviendas de clase media de dos plantas (en pesos 2020)

Económico	ALTURA DE LÁMINA DE AGUA (m)													
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5	2.6	2.7	2.8	3	3.2	3.5
BIENES	0	0	1119	1259	1399	1399	1399	1399	1399	1399	1399	1399	1399	1399
radio	0	0	1119	1259	1399	1399	1399	1399	1399	1399	1399	1399	1399	1399
televisión	0	0	18900	21000	21000	21000	21000	21000	21000	21000	39900	42000	42000	42000
refrigerador	0	0	4559	5129	5699	5699	5699	5699	5699	5699	5699	5699	5699	5699
lavadora	0	0	5180	5828	6475	6475	6475	6475	6475	6475	6475	6475	6475	6475
estufa	0	0	0	5350	6018	6687	6687	6687	6687	6687	6687	6687	6687	6687
calentador	0	0	0	0	0	3465	3850	3850	3850	3850	3850	3850	3850	3850
cocina	0	5000	7500	10000	12500	20000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000
Microondas	0	0	0	0	0	0	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760
comedor	4800	7200	9600	12000	19200	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000
sala	2100	3150	4200	5250	8400	9450	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500
recamaras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36987	41097	41097	41097
librero	0	0	0	0	0	0	0	0	2400	3600	6000	9600	10800	12000
ropa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7500	15000	15000	15000
alfombras (m ²)	1375	1375	1375	1375	1375	1375	1375	1375	2750	2750	2750	2750	2750	2750
teléfono	0	0	0	0	0	0	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	2800
PC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6000	7200	8400	10800	12000
auto	0	11500	23000	46000	57500	69000	80500	115000	115000	115000	115000	115000	115000	115000
daños estructurales (m ²)	0	0	0	0	126085	151302	176518	252169	252169	252169	252169	252169	252169	252169
sumatoria	8275	28225	75433	113190	265651	319852	366163	476314	480089	487289	554277	572786	576386	580186
No. Salarios mínimos (2020)	67	229	612	919	2156	2596	2972	3866	3896	3955	4498	4648	4678	4709

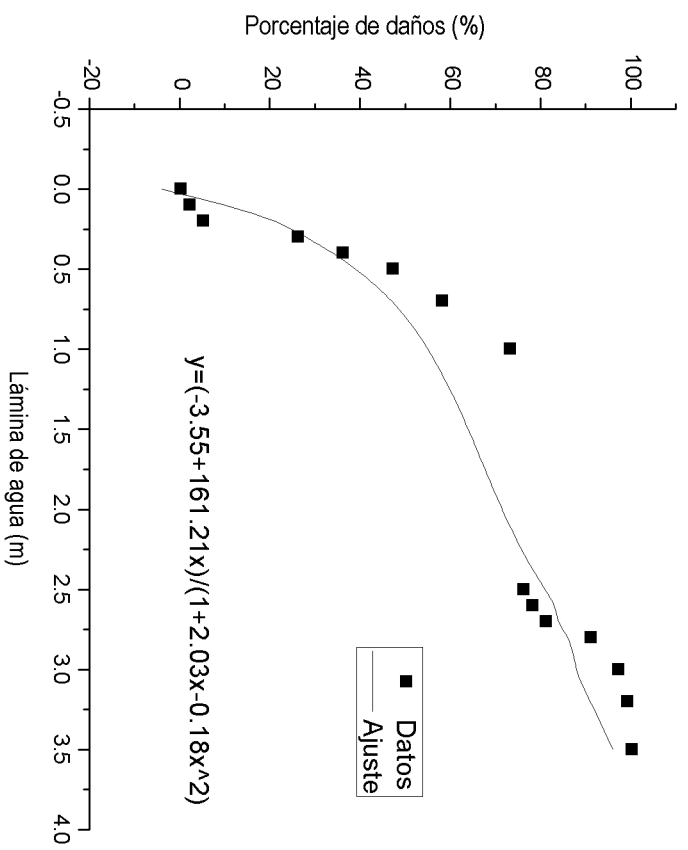


Figura 7-10: Curva de vulnerabilidade vivienda de clase media de dos planta.

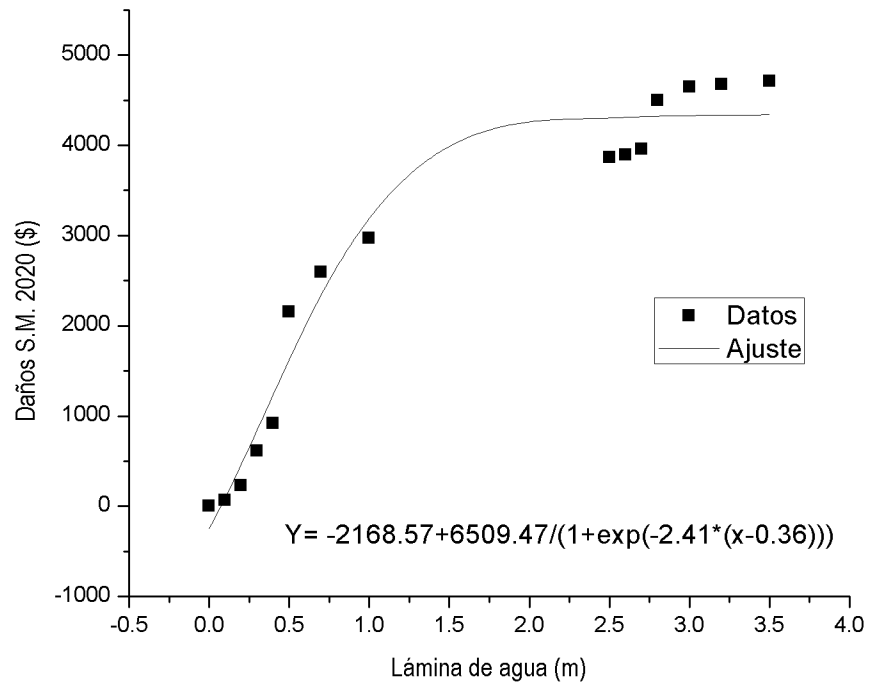


Figura 7-11: Curva de daños vivienda de clase media de dos planta.

- Viviendas residenciales. Por último, se realizaron las curvas para las viviendas de tipo residencial, las cuales se crearon con la misma información de bienes, pero con la diferencia de que el gasto que se paga por ellos es superior al de los demás tipos de vivienda; los espacios son superiores de acuerdo con las definiciones y el costo que se paga por ellos también. Este tipo de vivienda también considera viviendas de dos tipos, con una sola planta y con dos plantas. El porcentaje de daño estimado y el valor del daño dependiendo la altura de lámina de agua se muestra en las siguientes tablas y figuras.

Tabla 7-11: Porcentaje de afectación por inundación en viviendas residencial turísticos de una sola planta

ECONÓMICO	ALTURA LÁMINA DE AGUA (m)							
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5
BIENES	0	0	4480	5040	5600	5600	5600	5600
radio	0	0	4480	5040	5600	5600	5600	5600
televisión	0	0	40000	45000	50000	50000	50000	50000
refrigerador	0	0	8000	9000	10000	10000	10000	10000
lavadora	0	0	9600	10800	12000	12000	12000	12000
estufa	0	0	0	6800	7650	8500	8500	8500
calentador (boiler)	0	0	0	0	0	5760	6400	6400
cocina	0	6400	9600	12800	16000	25600	32000	32000
microondas	0	0	0	0	0	0	6400	6400
comedor	10000	15000	20000	25000	40000	50000	50000	50000
sala	8000	12000	16000	20000	32000	36000	40000	40000
recamaras-colchón	0	0	60000	67500	75000	75000	75000	75000
librero	12800	19200	25600	32000	51200	57600	64000	64000
ropa	0	0	12500	17500	25000	25000	25000	25000
alfombras (m ²)	38400	38400	38400	38400	38400	38400	38400	38400
teléfono	0	0	0	0	0	0	2500	2500
computadora	0	7500	7500	9000	10500	13500	15000	15000
auto	0	20000	40000	80000	100000	120000	140000	200000
daños estructurales (m ²)	0	0	0	0	402115	482538	562962	804231
sumatoria	69200	118500	291680	378840	875465	1015498	1143762	1445031
No. Salarios mínimos (2020)	562	962	2367	3075	7105	8241	9282	11727

Tabla 7-12: Valor de los daños por inundación en viviendas residencial turísticos de una sola planta (en pesos 2020)

ECONÓMICO	ALTURA LÁMINA DE AGUA (m)							
BIENES	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5
radio o radiograbadora	0	0	4480	5040	5600	5600	5600	5600
televisión	0	0	40000	45000	50000	50000	50000	50000
refrigerador	0	0	8000	9000	10000	10000	10000	10000
lavadora	0	0	9600	10800	12000	12000	12000	12000
estufa	0	0	0	6800	7650	8500	8500	8500
calentador (boiler)	0	0	0	0	0	5760	6400	6400
cocina	0	6400	9600	12800	16000	25600	32000	32000
microondas	0	0	0	0	0	0	6400	6400
comedor	10000	15000	20000	25000	40000	50000	50000	50000
sala	8000	12000	16000	20000	32000	36000	40000	40000
recamaras-colchón	0	0	60000	67500	75000	75000	75000	75000
librero	12800	19200	25600	32000	51200	57600	64000	64000
ropa	0	0	12500	17500	25000	25000	25000	25000
alfombras (m ²)	38400	38400	38400	38400	38400	38400	38400	38400
teléfono	0	0	0	0	0	0	2500	2500
computadora	0	7500	7500	9000	10500	13500	15000	15000
auto	0	20000	40000	80000	100000	120000	140000	200000
daños estructurales (m ²)	0	0	0	0	402115	482538	562962	804231
sumatoria	69200	118500	291680	378840	875465	1015498	1143762	1445031
No. Salarios mínimos (2020)	562	962	2367	3075	7105	8241	9282	11727

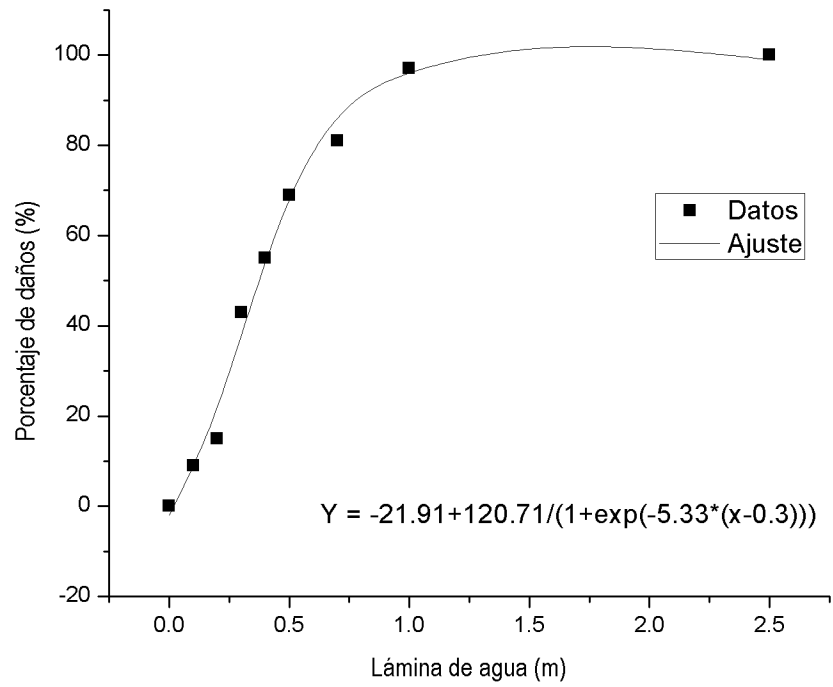


Figura 7-12: Curva de vulnerabilidade vivienda residencial turístico de una sola planta.

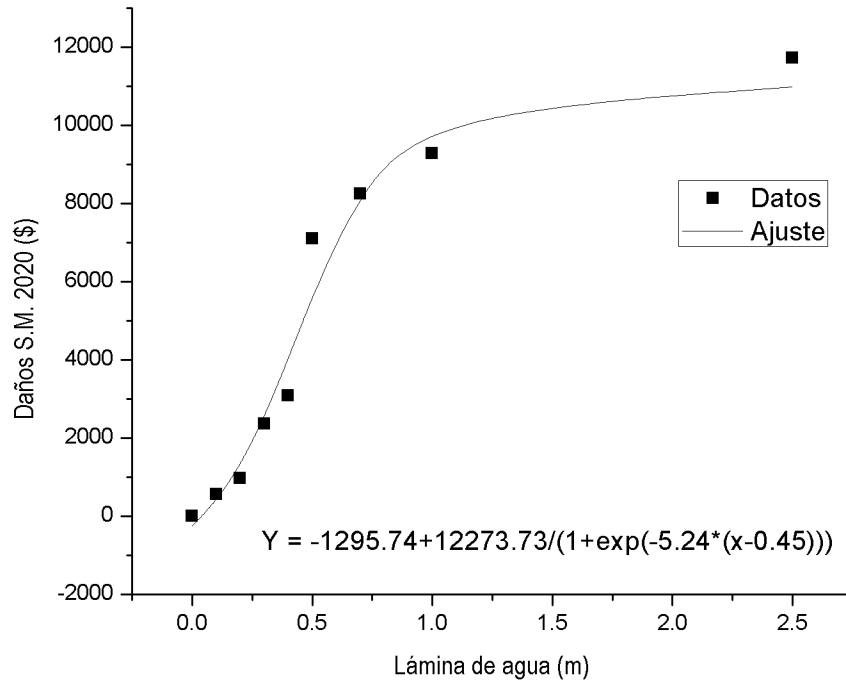


Figura 7-13: Curva de daños vivienda residencial turístico de una sola planta.

Tabla 7-13: Porcentaje de afectación por inundación en viviendas residencial turísticos de dos plantas

ECONÓMICO				ALTURA DE LAMINA DE AGUA (m)													
BIENES EN LA VIVIENDA	Ud. (s)	precio unitario	total	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	2.5	2.6	2.7	2.8	3	3.2	3.5
radio o radiograbadora	1	5600	5600	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
televisión	2	25000	50000	0	0	45	50	50	50	50	50	50	50	95	100	100	100
refrigerador	1	10000	10000	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
lavadora	1	12000	12000	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
estufa	1	8500	8500	0	0	0	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
calentador (boiler)	1	6400	6400	0	0	0	0	0	90	100	100	100	100	100	100	100	100
cocina	1	32000	32000	0	20	30	40	50	80	100	100	100	100	100	100	100	100
Microondas	1	6400	6400	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100
comedor	1	50000	50000	20	30	40	50	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100
sala	1	40000	40000	20	30	40	50	80	90	100	100	100	100	100	100	100	100
recamaras-colchón	3	25000	75000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	100	100	100
librero	2	32000	64000	0	0	0	0	0	0	0	0	20	30	50	80	90	100
ropa	1	25000	25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	100	100	100
alfombras	120	320	38400	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100
teléfono	1	2500	2500	0	0	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50	50	100
computadora	1	15000	15000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	60	70	90	100
auto	1	200000	200000	0	10	20	40	50	60	70	100	100	100	100	100	100	100
daños estructurales (m ²)	140	5745	804231	0	0	0	0	50	60	70	100	100	100	100	100	100	100
PORCENTAJE DE AFECTACIÓN TOTAL				5	8	26	35	44	54	66	69	73	77	89	94	96	100

Tabla 7-14: valor de los daños vivienda residencial turístico de dos plantas.

ECONÓMICO	ALTURA DE LÁMINA DE AGUA (m)													
	0	0	0	0	1	1	1	3	3	3	3	3	3	4
BIENES	0	0	0	0	1	1	1	3	3	3	3	3	3	4
radio o radiograbadora	0	0	4480	5040	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
televisión	0	0	22500	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	47500	50000	50000	50000
refrigerador	0	0	8000	9000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
lavadora	0	0	9600	10800	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000
estufa	0	0	0	6800	7650	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500
calentador (boiler)	0	0	0	0	0	5760	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400
cocina	0	6400	9600	12800	16000	25600	32000	32000	32000	32000	32000	32000	32000	32000
Microondas	0	0	0	0	0	0	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400	6400
comedor	10000	15000	20000	25000	40000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000	50000
sala	8000	12000	16000	20000	32000	36000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000
recamaras-colchon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67500	75000	75000	75000
librero	0	0	0	0	0	0	0	0	12800	19200	32000	51200	57600	64000
ropa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12500	25000	25000	25000
alfombras (25 m ²)	19200	19200	19200	19200	19200	19200	19200	19200	38400	38400	38400	38400	38400	38400
teléfono	0	0	0	0	0	0	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	2500
computadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7500	9000	10500	13500	15000
auto	0	20000	40000	80000	100000	120000	140000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000
daños estructurales (m ²)	0	0	0	0	402115	482538	562962	804231	804231	804231	804231	804231	804231	804231
sumatoria	37200	72600	149380	213640	669565	800198	919312	1220581	1252581	1266481	1383281	1426481	1435881	1445031
No. Salarios mínimos (2020)	302	589	1212	1734	5434	6494	7461	9906	10165	10278	11226	11577	11653	11727

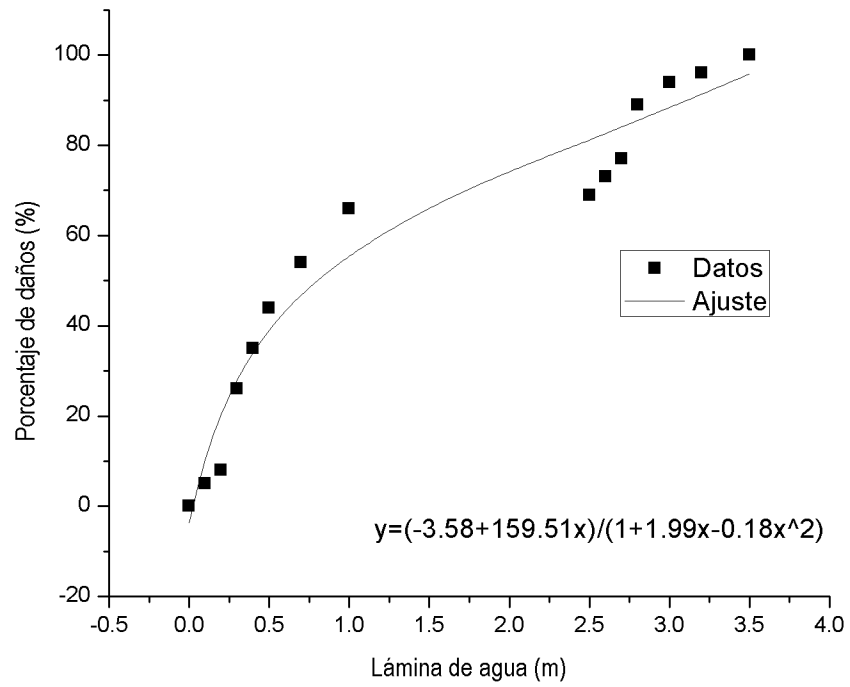


Figura 7-14: Curva de vulnerabilidad vivienda residencial turístico de dos plantas.

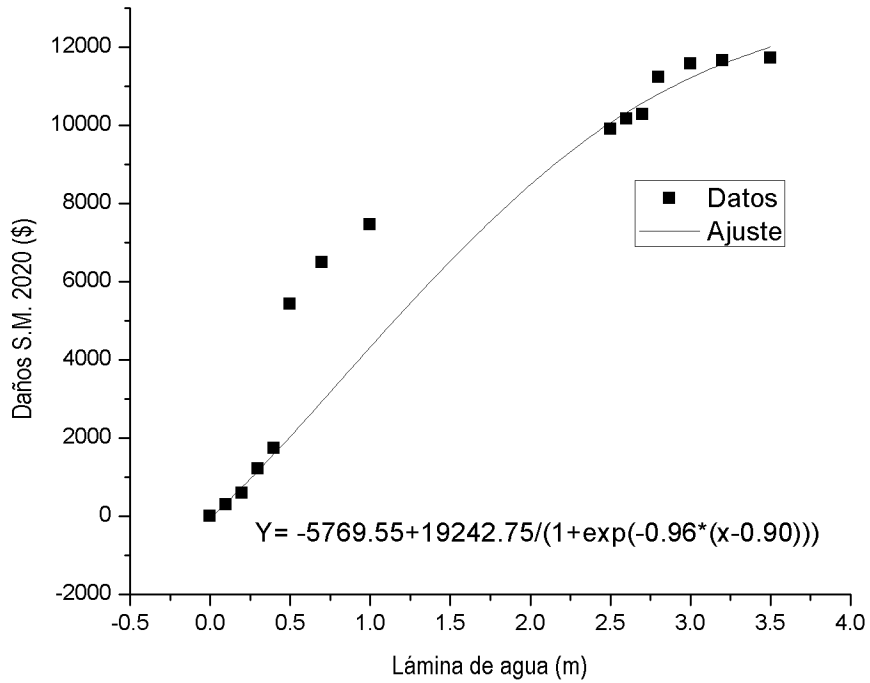


Figura 7-15: Curva de daños vivienda residencial turístico de dos plantas.

7.3. Evaluación del daño por inundación en Zihuatanejo, Guerrero. México

Tomando en cuenta el tamaño de la inundación figura 7-16 la evaluación se decidió realizar por el número de calles figura 7-17 y 7-18 ; esto con el objetivo de que la evaluación quedara más detallada. A partir de la información del SCINCE [INEGI, 2021] se procesó la información de las viviendas y se organizó por manzanas y AGEB, los resultados que se obtuvieron se muestran en las siguientes figuras 7-19 y 7-20.

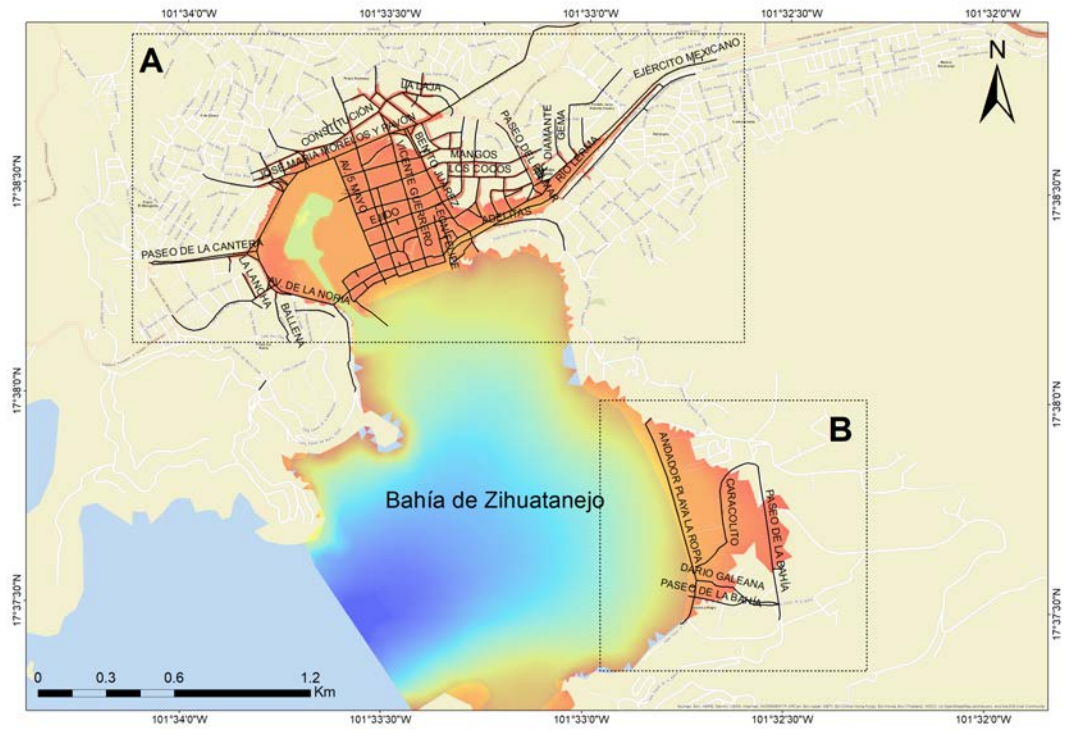


Figura 7-16: Dominio de inundación por calle

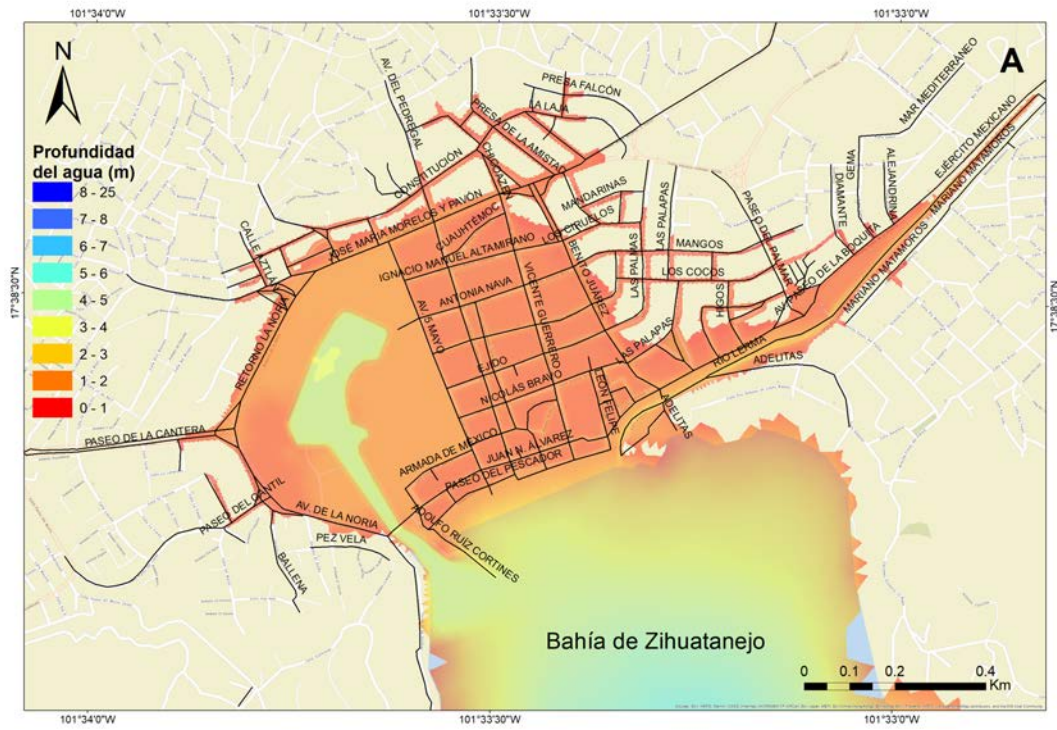


Figura 7-17: Dominio de inundación por calle sección A

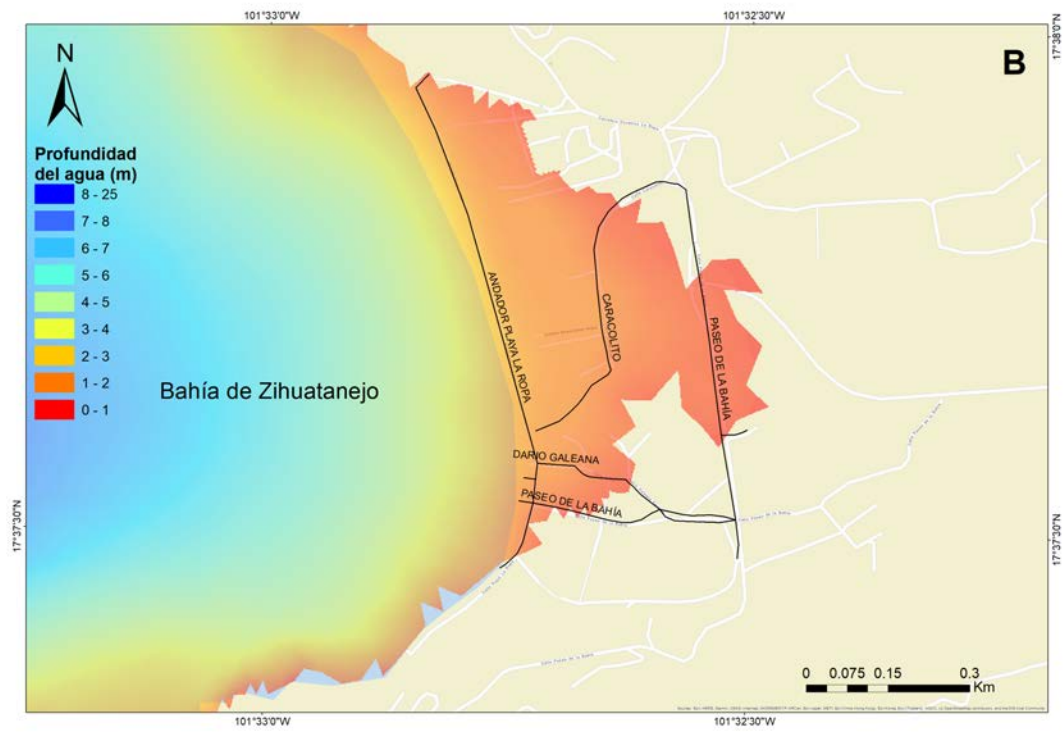


Figura 7-18: Dominio de inundación por calle sección B

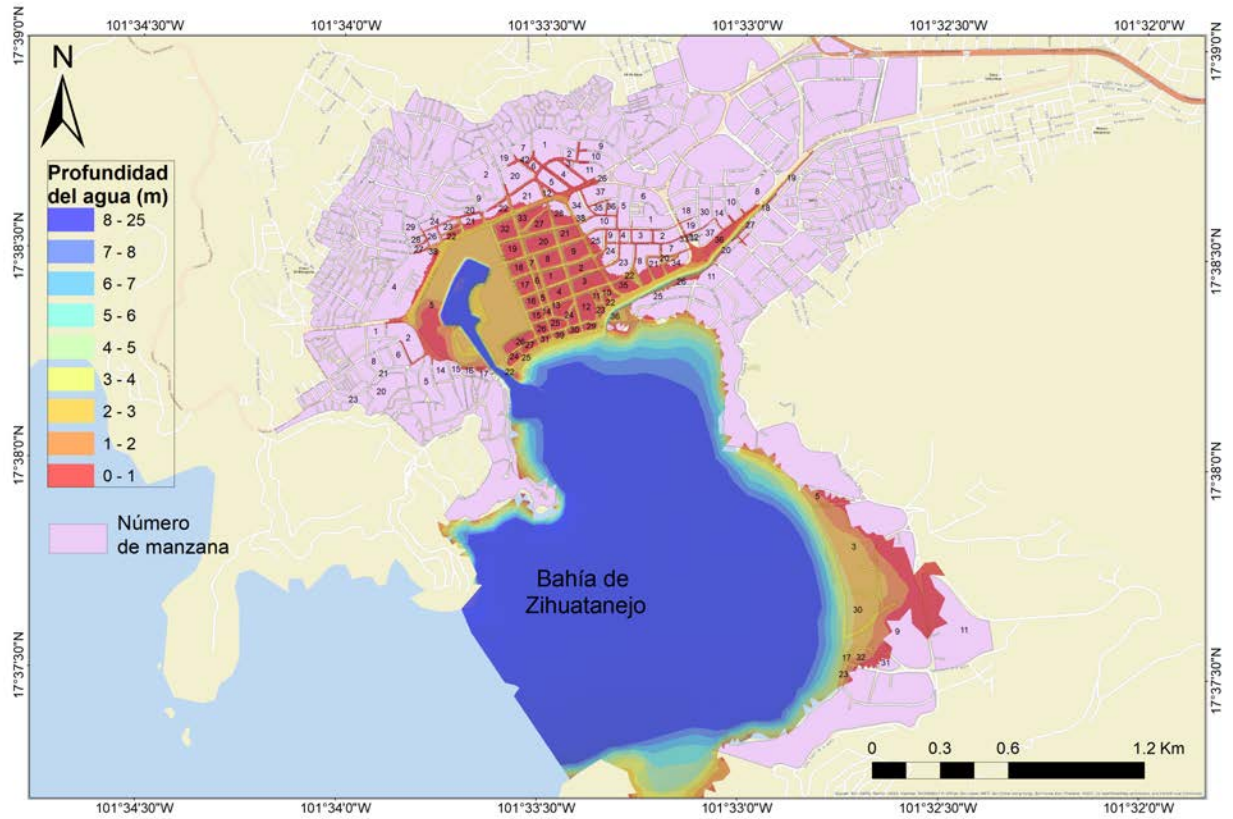


Figura 7-19: Dominio de inundación por manzana.

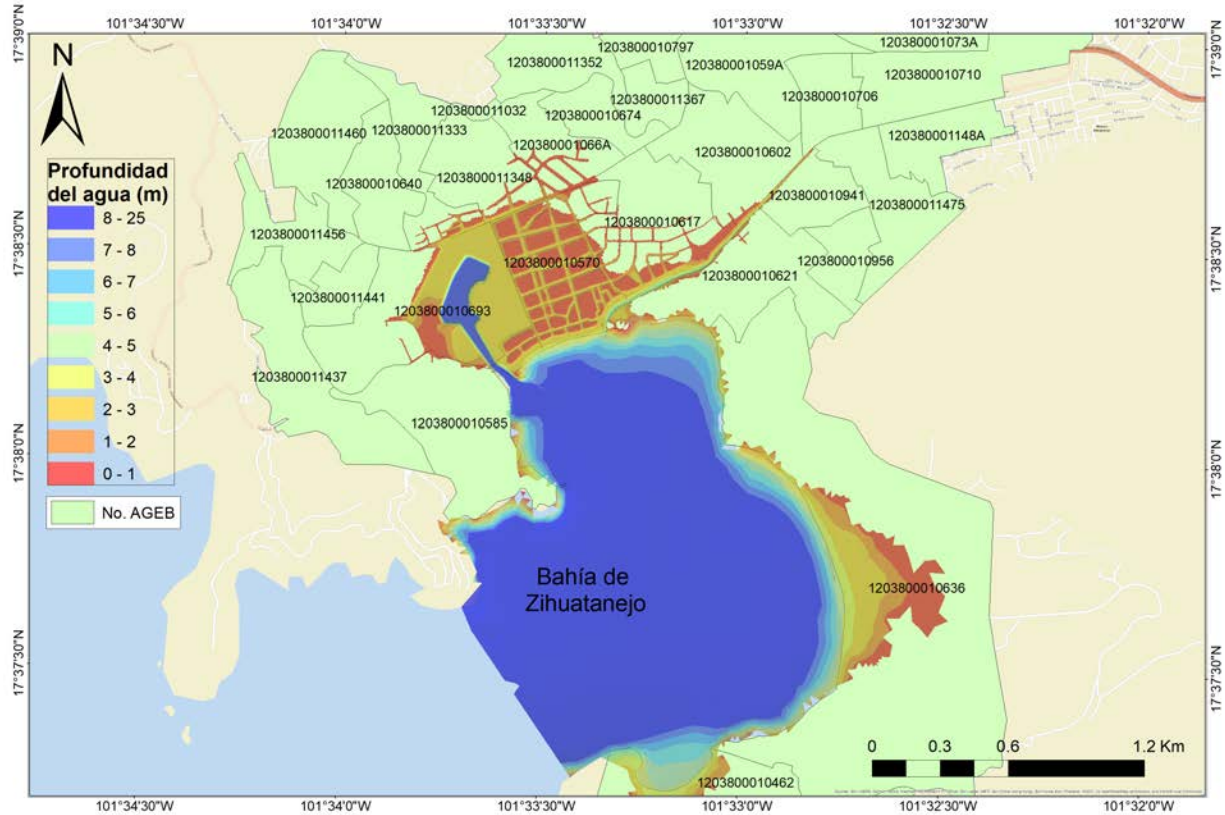


Figura 7-20: Dominio de inundación por AGEB.

La información del censo de población y vivienda 2010 [INEGI, 2010a] se encuentra referenciada por AGEB y manzanas en la información del SCINCE, 2021 [INEGI, 2010]. Sin embargo, la información no se encuentra clasificada por tipo de vivienda. Para evaluar los daños es necesario conocer el tipo de vivienda por calle, la información nos ayuda a elegir el tipo de curva de daño que se debe aplicar en la calle seleccionada. Para clasificar la información como la necesitamos, lo que se hizo fue: establecer un criterio que vinculara la información de la zona dividida por AGEB, con la información del tipo de vivienda localizada en la zona tabla 7-15. Hay que recordar que la definición del tipo de vivienda se encuentra en la sección 6.4.1, la cual fue complementada con la información de la inmobiliaria [casas Lety, 2020]). Como ejemplo para explicar lo que se hizo se muestra la información de la AGEB 570 tabla 7-16.

Tabla 7-15: Criterio para definir el tipo de vivienda por AGEB.

TIPOS DE VIENDAS	CARACTERÍSTICAS	CONDICIONANTE
Precarias.	Asentamiento precario: para definir lo que es vivir en un asentamiento precario, la persona debe carecer de por lo menos uno de estos cuatro servicios: agua potable, saneamiento, vivienda durable y espacio adecuado para vivir.	Viviendas particulares habitadas sin servicios.
Interés social.	La vivienda de interés social suele tener una superficie de construcción menor a 75 m ² .	Viviendas particulares habitadas con un solo cuarto.
Media.	Superficie de 60 m ² , pensado para 4 personas como máximo; suele tener de 2 a 3 habitaciones, estancia y comedor suelen estar en el mismo espacio, de 1 1/2 baños, en algunos casos cuentan con jardín o un pequeño balcón, el estacionamiento normalmente no está cubierto y no suele haber más habitaciones para un estudio, área de juegos, etc.	Viviendas particulares habitadas con dos, tres o más cuartos.
Residencial.	Tiene metrajes mayores a los 75 m ² y suelen representar poco menos del 10 % del total de las viviendas en las grandes ciudades.	Viviendas particulares de uso temporal.

Tabla 7-16: Información del censo de población y vivienda 2010 [INEGI, 2010a] para la AGEB 570

AGEB	Manzanas	Fecha de información	Total de viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares de uso temporal	Viviendas particulares habitadas con un solo cuarto	Viviendas particulares habitadas con dos cuartos y más	Viviendas particulares habitadas con tres cuartos y más	Viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje
570	1	2010	25	7	9	7	9	24
570	2	2010	*	*	*	*	*	*
570	3	2010	9	0	0	*	8	9
570	4	2010	13	*	*	*	10	12
570	5	2010	*	*	*	*	*	*
570	6	2010	4	*	*	*	*	4
570	7	2010	3	3	*	0	*	*
570	8	2010	10	*	*	*	8	7
570	9	2010	10	6	3	*	6	10
570	10	2010	*	4	*	*	*	*
570	11	2010	12	3	3	*	7	11
570	12	2010	7	0	5	0	*	7
570	13	2010	3	0	0	*	*	3
570	14	2010	*	*	0	0	0	0
570	15	2010	7	*	0	*	5	7
570	16	2015	*	*	0	0	0	0
570	17	2015	7	*	*	0	4	6
570	18	2010	10	0	3	0	6	9
570	19	2010	17	0	9	4	4	16
570	20	2010	22	*	*	3	17	22
570	21	2010	6	0	0	0	6	6
570	22	2010	0	0	0	0	0	0
570	23	2010	*	*	*	*	*	*
570	24	2010	5	0	*	0	4	5
570	25	2010	3	*	0	0	3	3
570	26	2010	*	*	*	*	*	*
570	27	2010	10	*	0	*	8	10
570	28	2010	6	0	0	3	3	6
570	29	2010	4	0	0	0	*	*
570	30	2010	*	*	*	*	*	*
570	31	2010	0	0	0	0	0	0
570	32	2010	20	*	10	4	5	19
570	33	2010	13	5	*	4	8	13
570	34	2010	0	0	0	0	0	0
570	35	2010	14	*	0	*	12	14
570	36	2010	7	*	0	0	7	7
570	37	2015	7	*	*	0	5	6
570	38	2015	0	0	0	0	0	0
570	39	2015	0	0	0	0	0	0
			254	28	42	25	145	236

Para obtener la información del tipo de vivienda por AGEB se aplicó el criterio de la tabla 7-15 a la información de la tabla 7-16, primero se realizó la suma de la información por categorías de la tabla 7-16, después se aplicó la condicionante a las sumas y se obtuvo el número de vivienda por tipo. La única condicionante que se obtuvo de manera diferente fue: Viviendas particulares habitadas sin servicios, que corresponde al tipo de vivienda precaria; para obtener el número de viviendas de este tipo lo que se hizo fue: restar la información de la suma de la categoría total de viviendas particulares habitadas menos la suma de la categoría de viviendas particulares habitadas con servicios. El resultado del número de viviendas por tipo para la AGEB 570 se muestra en la tabla 7-17.

Tabla 7-17: No. de viviendas para la AGEB 570.

TIPOS DE VIVIENDAS	CONDICIONANTE	NÚMERO DE VIVIENDAS
Precarias	Viviendas particulares sin servicios	18
Interés social	Viviendas particulares habitadas con un cuarto	42
Media	Viviendas particulares habitadas con dos, tres o más cuartos	170
Muy buena	Viviendas particulares de uso temporal	28

De acuerdo con la información del mapa de la Fig. 7-20 dentro de la zona inundada hay 11 AGEB's, para obtener el resto de la información se aplicó el mismo procedimiento que el de la AGEB 570 para cada una de las AGEB's. Para obtener el tipo único de vivienda por AGEB (tabla 7-18, Fig. 7-21), se consideró la vivienda que tuviera el mayor número de vivienda en la AGEB tabla 7-17.

Tabla 7-18: Tipo de viviendas por AGEB.

Nombre de la localidad	AGEB	Fecha de información	Tipo de vivienda
Zihuatanejo	570	2010	media
Zihuatanejo	585	2010	media
Zihuatanejo	602	2010	media
Zihuatanejo	617	2010	media
Zihuatanejo	621	2010	media
Zihuatanejo	636	2010	residencial
Zihuatanejo	640	2010	media
Zihuatanejo	674	2010	media
Zihuatanejo	693	2010	media
Zihuatanejo	706	2010	media
Zihuatanejo	710	2010	media
Zihuatanejo	797	2010	media
Zihuatanejo	941	2010	media
Zihuatanejo	956	2010	media
Zihuatanejo	1333	2010	media
Zihuatanejo	1348	2010	media
Zihuatanejo	1367	2010	media
Zihuatanejo	1437	2010	precaria
Zihuatanejo	1441	2010	media
Zihuatanejo	1456	2010	media
Zihuatanejo	1460	2010	media
Zihuatanejo	1475	2010	media
Zihuatanejo	059A	2010	media
Zihuatanejo	066A	2010	media
Zihuatanejo	148A	2010	media

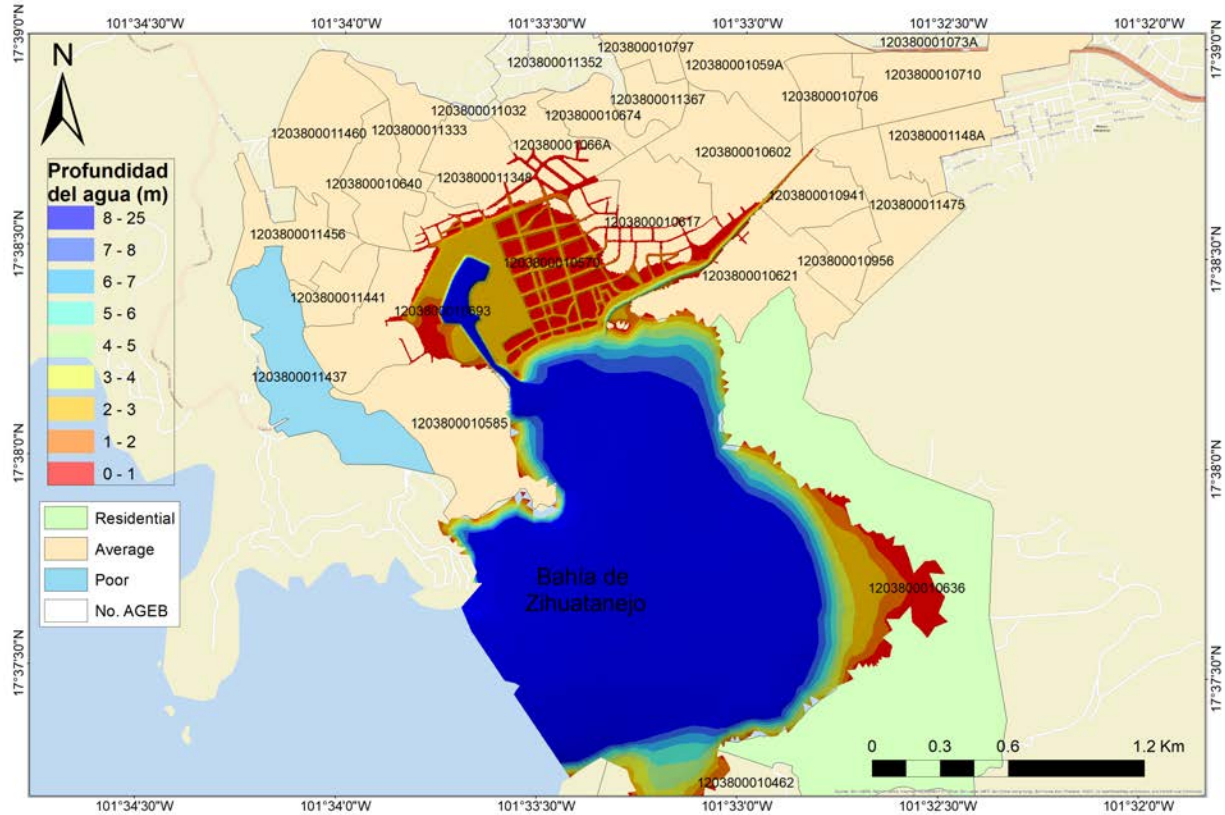


Figura 7-21: Tipo de vivienda por AGEB.

Para desarrollar la evaluación económica por calles lo primero que se hizo fue seleccionar cada una de las calles que estaban dentro del dominio de inundación, figura 7-16. Después se hizo la caracterización del número de viviendas por manzanas a partir de la información del SCINCE, 2021 fig. 7-22; para conocer el número de viviendas por calles, se dividió el número de viviendas que hay en cada manzana 7-22 entre el numero de calles que rodean a la manzana. Si se conoce el tipo de vivienda y el numero de vivienda por calle, es posible conocer que tipo de curva de daño se aplica a la calle. Para obtener el valor de daño obtenido por la curva de daño es necesario conocer la información de la lámina de agua por calle, este valor se tomó directamente de las calles con ayuda del modelo de inundación. Por último, para desarrollar la evaluación final se obtuvo el valor de los daños por curva de daño en cada calle de la inundación y se multiplico por el numero de viviendas por calle. Para obtener la información de la evaluación total de la inundación se hizo la suma de la evaluación por calle y se obtuvo el resultado económico total

de la inundación. La información de los resultados se presenta en el apéndice C y en los mapas de las figuras siguientes 7-23 y 7-24.

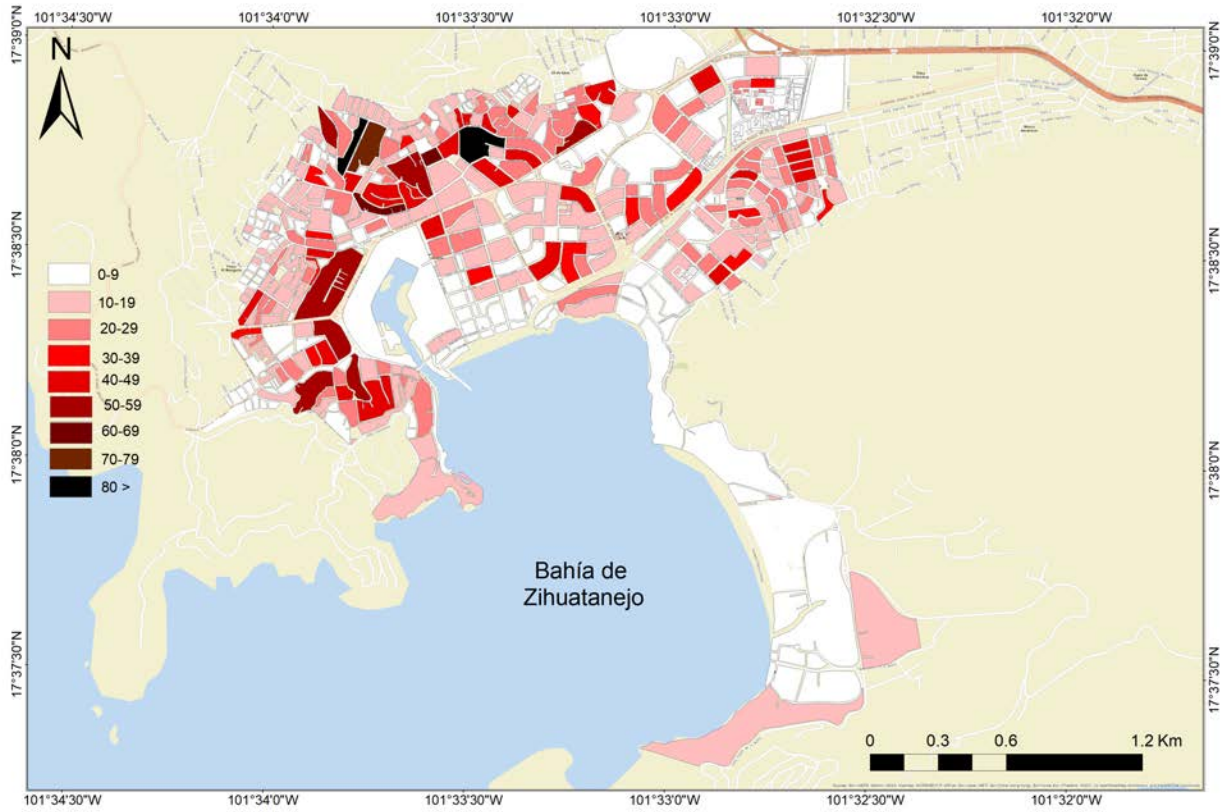


Figura 7-22: Número de viviendas por manzanas.

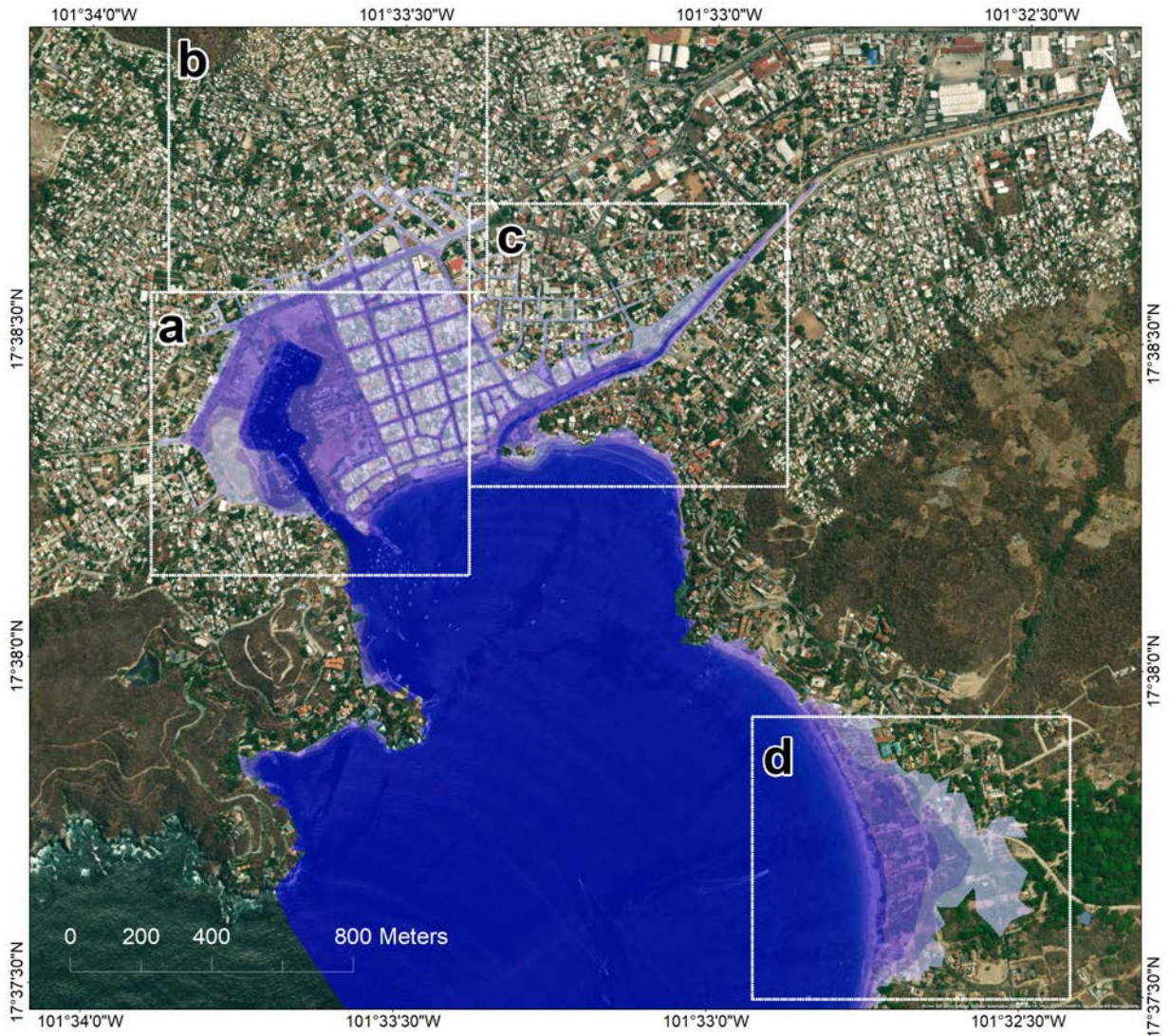
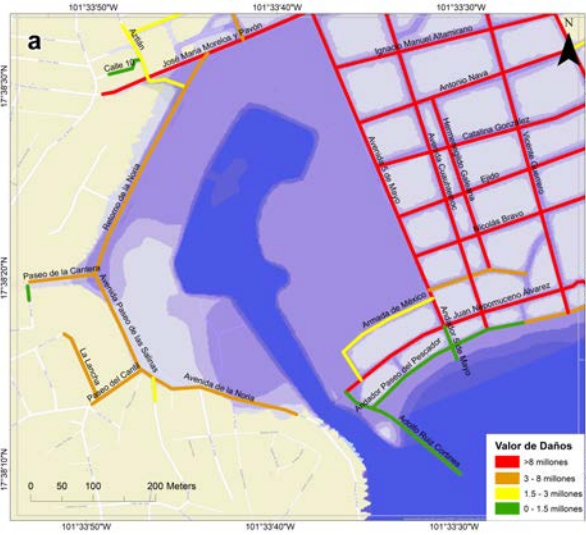
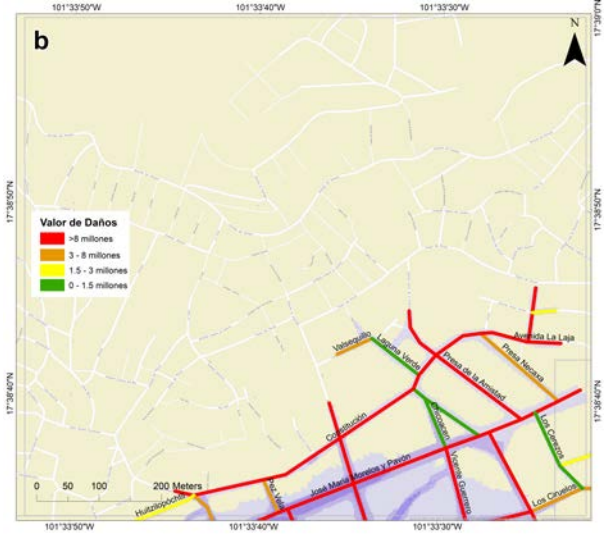


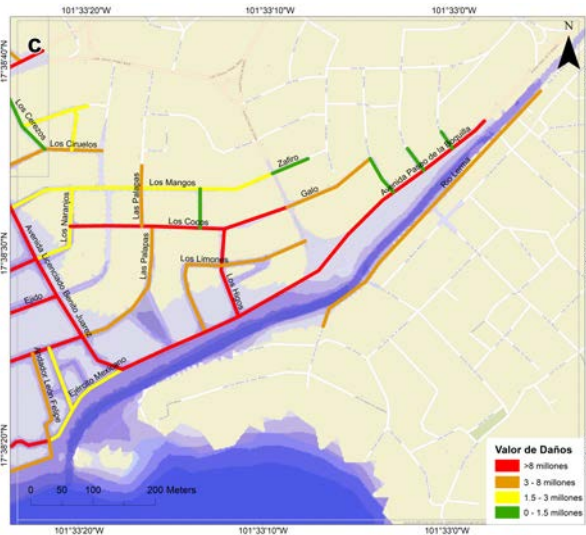
Figura 7-23: Zona de la evaluación económica



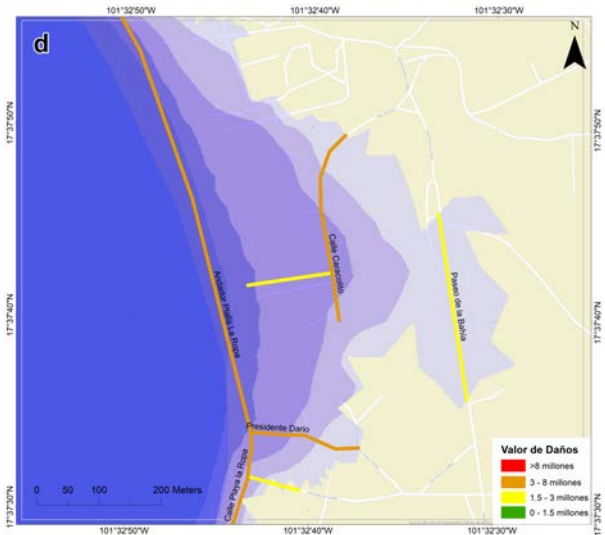
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 7-24: Evaluación económica de las zonas a,b,c y d

Capítulo 8

Discusión y conclusiones

La evaluación del riesgo arrojó como resultado el mapa de inundación y la evaluación económica del lugar. A partir de esta información se determinó que la zona es susceptible a las inundaciones y ante un tsunami como el estudiado las consecuencias derivadas de los daños económicos son importantes, el resultado dio un valor de \$29,281,957 que comparado con evaluaciones económicas por lluvias es un valor considerable más importante. La altura de inundación del modelo sirvió para identificar que las principales zonas inundables son las de mayor valor económico en el mercado, el centro y las zonas turísticas, lo que representa un peligro para la población y el riesgo se eleva, producto de las consecuencias que se incrementan al ser una zona habitable. Otro resultado importante a destacar son las curvas de daños por ser tan particulares a cada zona, lo que brinda muchas posibilidades de aplicaciones a otros estudios.

Los elementos de la metodología SPRC se limitaron según la hipótesis y los objetivos de estudios. Para el caso de la fuente la información fue la mejor disponible para su uso, mientras que para la trayectoria el modelo de inundación que se seleccionó fue en función de los resultados que se pretendían obtener. Dentro de los receptores los elementos que se decidieron evaluar fueron las viviendas de acuerdo al tipo de daño al que pertenecen (daños tangibles directos) y la metodología de evaluación de daños (curvas de daños). El tipo de vivienda que predomina en la evaluación es la de clase media y residencial. Esto quiere decir que el costo económico de los daños se incrementa. Además, sabiendo que la altura de la lámina de agua por inundación (figura

7-1) se encuentra entre 1-3 m, el porcentaje de daño para el tipo de viviendas predominantes se encuentra entre el 90% y 98%, según las curvas de vulnerabilidad. La evaluación del elemento consecuencias, se limitó a la estimación económica de los daños por inundación, sin embargo, esta parte puede ser tan extensa como se decida realizar, de acuerdo a la clasificación de los de daños que se decidan agregar. Una consideración importante que se debe tener presente es la cercanía de la población a la costa, debido a que esto aumenta la vulnerabilidad y el riesgo ante el peligro. Además de que Zihuatanejo es un lugar turístico. Los retos que se enfrentaron al desarrollar el presente estudio fueron: escasos de datos de inundación, falta de información a detalle y pocos estudios del mismo tema aplicados en la zona.

Capítulo 9

Futuras líneas de investigación

Las líneas futuras pueden ser en la evaluación de las consecuencias considerando nuevos tipos de daños y hacer combinaciones. Sería deseable realizar una valoración del impacto social en integrarlo en la prevención de riesgo por este tipo de fenómeno. Considerar otros escenarios de inundación por tsunamis y desarrollar recomendaciones para la mitigación del riesgo.

Apéndice A

Índices e indicadores sociales para el municipio de Zihuatanejo.

Tabla A-1: Índices e indicadores sociales Zihuatanejo [SEDESOL, 2010].

Municipio de Zihuatanejo de Azueta	2010
Índices sintéticos e indicadores	
Grado de marginación municipal	Bajo
Lugar que ocupa en el contexto estatal	81
Lugar que ocupa en el contexto nacional	1,949
Grado de rezago social municipal	Muy bajo
Porcentaje de población en pobreza extrema	13.39
Población en pobreza extrema	16,057
Lugar que ocupa en el contexto nacional	1,910

Tabla A-2: Indicadores de rezago social [SEDESOL, 2010].

Zihuatanejo de Azueta	2010
Población total	118,211
% de población de 15 años o más analfabeta	7.66
% de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	5.16
% de población de 15 años y más con educación básica incompleta	42.77
% de población sin derecho a servicios de salud	41.5
% de viviendas particulares habitadas con piso de tierra	13.17
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de excusado o sanitario	6.27
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada de la red pública	26.57
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	5.02
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica	1.27
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de lavadora	34.08
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador	11.82
Índice de rezago social	-0.723
Grado de rezago social	Muy bajo
Lugar que ocupa en el contexto nacional	1766

Tabla A-3: Indicadores de marginación [SEDESOL, 2010].

Zihuatanejo de Azueta		2010
Población total		118,211
% Población de 15 años o más analfabeta		7.74
% Población de 15 años o más sin primaria completa		20.65
% Ocupantes en viviendas particulares habitadas sin drenaje ni excusado		4.38
% Ocupantes en viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica		1.16
% Ocupantes en viviendas particulares habitadas sin agua entubada		15.77
% Viviendas particulares habitadas con algún nivel de hacinamiento		41.48
% Ocupantes en viviendas particulares habitadas con piso de tierra		13.86
% Población en localidades con menos de 5 000 habitantes		22.22
% Población ocupada con ingresos de hasta 2 salarios mínimos		34.86
Índice de marginación		-0.89588
Grado de marginación		Bajo
Lugar que ocupa en el contexto nacional		1,949

Tabla A-4: Indicadores de carencia en viviendas [SEDESOL, 2010].

Zihuatanejo de Azueta		2010	
Indicadores	Valor	%	
Viviendas particulares habitadas	31,746		
Carencia de calidad y espacios de la vivienda			
Viviendas con piso de tierra	4,185		13.30
Viviendas con muros endebles	6,571		20.17
Viviendas con techos endebles	5,988		18.38
Viviendas con algún nivel de hacinamiento	13,099		41.48
Carencia de acceso a los servicios básicos en las viviendas particulares habitadas			
Viviendas sin drenaje	1,595		5.07
Viviendas sin luz eléctrica	405		1.28
Viviendas sin agua entubada	8,442		26.77
Viviendas que usan leña y carbón para cocinar	4,858		14.91
Viviendas sin sanitario	1,991		6.27

Apéndice B

Tablas

Tabla B-1: Gasto trimestral en bienes y servicios para viviendas de estrato social alto para el estado de Guerrero [ENIGH, 2018].

Folio vivienda	Gastos bienes y servicios	Ropa
1201774802	30259.03	0
1201774804	65071.38	743.47
1201774805	25489.78	0
1201775401	13315.24	0
1201775402	17206.72	0
1201775404	28148.16	0
1201775405	13961.55	0

Tabla B-2: Gastos trimestrales en bienes y servicios para vivienda de estrato social bajo para el estado de Guerrero [ENIGH, 2018]

(a)			
Folio vivienda	Gastos bienes y servicios	Ropa	
1200310201	16735.21	78.26	
1200310202	11042.07	0	
1200310204	18027.29	0	
1200310205	46851.17	2964.1	
1200310206	18704.73	322.81	
1200316501	31850.13	2088.52	
1200316502	10613.95	136.95	
1200316503	18162.67	118.36	
1200316504	13674.28	244.55	
1200316505	5085.29	24.45	
1200316506	7016.4	0	
1200958301	34491.52	987.99	
1200958302	40342.66	929.29	
1200958303	10789.01	567.36	
1200958304	53756.7	670.08	
1200958305	23941.8	313.02	
1201141901	22254.06	628.03	
1201141902	28564.6	1555.4	
1201141903	8845.48	264.12	
1201141905	17236.86	869.64	
1201141906	12954.45	119.34	
1201240801	5679.65	0	
1201240802	6774.26	0	
1201240803	11290.6	0	
1201240805	39055.36	312.03	
1201240806	35533.59	449.98	
1201253401	29418.29	442.14	
1201253402	19200.2	1007.59	
1201253403	21170.92	445.08	

(b) continuación de la información			
1201253404	10597.81	0	
1201253405	9204.89	0	
1201253406	28857.6	44.02	
1201457001	40341.51	337.46	
1201457002	24643.39	1434.06	
1201457004	33139.4	1134.76	
1201457005	22418.91	1505.48	
1201457006	39321.17	1047.65	
1201481601	25138.13	448.02	
1201481602	2498.3	0	
1201481603	7524.24	0	
1201481604	42836.71	1770.6	
1201481605	55872.75	1398.89	
1201481606	14443.74	0	
1201786701	7848.63	0	
1201786702	13166.25	224.98	
1201786703	37366.11	2660.86	
1201786704	25455.97	288.58	
1201786705	26248.44	0	
1201786706	37095.77	117.38	
1201796201	12435.77	0	
1201796203	16853.96	0	
1201796204	5132.65	0	
1201796205	25620.92	215.21	
1201796206	18254.83	0	
1201822501	29934.69	626.08	
1201822504	30097.54	146.73	
1201822505	18532.25	24.45	
1201822506	18371.08	1095.61	
1201869302	26489.63	2611.92	

(c) continuación de la información			
1201869303	42166.01	1076.08	
1201869304	39683.66	962.59	
1201869305	10311.35	156.52	
1202288001	19033.96	1418.45	
1202288002	73063.61	2455.41	
1202288003	7136.26	0	
1202288004	25525.56	0	
1202288005	18328.31	0	
1202288006	6403.53	0	
1202311601	30881.11	1545.63	
1202311602	22884.19	0	
1202311603	40185.55	29.34	
1202311604	25233.37	391.3	
1202311606	21555.77	1364.66	
1202374701	19609.73	0	
1202374702	35370.87	313.04	
1202374703	13852.24	352.16	
1202374704	21881.11	0	
1202374705	10287.74	0	
1202886702	25445.38	234.78	
1202886703	6694.21	0	
1202886704	24665.74	117.39	
1202886705	15836.23	880.43	
1202886706	25418	0	
1202943202	44122.5	1183.65	
1202943203	63099.28	2298.9	
1202943204	42554.17	2103.24	
1202943205	36118.08	245.51	
1202943206	29252.21	1095.64	
1202374705	13876.75	958.68	

Tabla B-3: Gastos trimestrales en bienes y servicios para vivienda de estrato social medio bajo para el estado de Guerrero [ENIGH, 2018]

(a)		(b) continuación de la información		(c) continuación de la información				
Folio vivienda	Gastos bienes y servicios	Ropa	1200494302	15202	49	1200641204	8655	0
1200137904	42588	606	1200494303	104492	3825	1200641205	18657	117
1200137906	22818	235	1200494305	13903	0	1200686502	20404	1980
1200231801	21812	0	1200494306	10368	577	1200686503	2768	0
1200231803	11019	0	1200520901	30483	2817	1200686504	19175	450
1200231804	26130	0	1200520902	21149	0	1200686505	49342	0
1200231805	15869	0	1200520903	13807	655	1200828302	16138	59
1200231806	21560	0	1200520904	17362	0	1200828303	26014	1272
1200282401	35509	430	1200520905	29705	59	1200828305	75103	0
1200282402	53646	466	1200523801	21756	548	1200872901	16835	1061
1200282404	46115	1216	1200523802	18852	812	1200872902	11745	0
1200282405	7918	313	1200523805	20788	194	1200872903	20461	0
1200282406	22772	1135	1200523806	97918	6319	1200872905	18441	0
1200295002	17587	0	1200576402	34870	235	1200872906	12825	0
1200295004	17375	0	1200576404	6547	0	1200910801	27912	3111
1200295005	17156	0	1200576405	24673	386	1200910802	37475	2837
1200295006	25943	0	1200576406	91594	1125	1200910803	27303	479
1200375601	28968	0	1200585001	9049	0	1200910804	4526	0
1200375602	29304	1233	1200585003	10130	0	1200910805	12922	24
1200375603	30506	2397	1200585004	19170	978	1200910806	18488	0
1200375606	13357	0	1200585006	45118	245	1200919401	31206	367
1200417702	22103	528	1200592601	25201	0	1200919402	17653	127
1200417704	12732	196	1200592602	35003	0	1200919405	49541	3590
1200427201	6121	0	1200592603	13108	49	1200919406	46306	1487
1200427203	24814	371	1200592604	12217	0	1200928002	14679	586
1200427205	28411	440	1200592605	1880	0	1200928003	7971	0
1200427206	14874	196	1200597702	9504	0	1200928004	1126	0
1200476501	14115	0	1200597705	23369	0	1200928005	18909	0
1200476502	39164	587	1200597706	33679	0	1200928006	14807	465
1200476504	15606	93	1200641202	26090	450	1200956601	12860	210

Tabla B-4: Gastos trimestrales en bienes y servicios para vivienda de estrato social medio alto para el estado de Guerrero [ENIGH, 2018]

(a)

Folio vivienda	Gastos bienes y servicios	Ropa
1200148601	20241.34	0
1200148602	33438.85	3032.58
1200148604	12494.51	586.95
1200148605	44011.6	3472.8
1200297701	35508.66	376.61
1200297702	32030.51	1152.36
1200656201	11429.98	0
1200656202	23603.98	399.1
1200656204	10398.12	0
1200702501	25955.52	0
1200702502	19357.5	391.29
1200702506	18589.79	0
1200870301	29079.66	371.73
1200870305	69110.39	3086.38
1201048901	16629.62	0
1201048902	35802.32	1027.15
1201048903	39928.64	1261.94
1201048904	22400.5	0
1201048905	57172.93	0
1201273801	32119.62	0
1201273802	30327.9	0
1201273803	25624.94	0
1201273804	22411.89	0
1201273805	13466.55	72.38
1201273806	14548.66	195.65
1201482401	33754.87	1094.63
1201482402	9308.05	0
1201482403	20760.36	244.55
1201482404	28363.93	0

(b) continuación de la información

1201482405	30000.23	0
1201491001	24899.23	0
1201491003	31666.1	180.97
1201491004	34584.12	2801.68
1201491005	32315.73	215.21
1201494601	24973.6	2765.5
1201494603	38969.73	0
1201524703	15383.03	0
1201524704	37186.27	0
1201524705	2537.11	0
1201557202	26305.37	1237.47
1201557203	83895.12	4323.81
1201557204	28457.8	1080.94
1201557205	14864.59	0
1201557206	32625.43	0
1201617502	33420.5	929.32
1201617503	19747.51	366.82
1201617504	33209.46	0
1201617505	17996.83	0
1201617506	34808.34	0
1201655301	38466.32	243.57
1201660901	46129.58	0
1201660903	19121.17	58.69
1202048901	158302.95	0
1202048906	49729.01	0
1202216801	49338.09	4989.11
1202216803	33910.65	2518.98
1202224401	76576.45	229.87
1202224402	75713.14	2714.64
1202224404	45758.78	2054.33

(c) continuación de la información

1202224406	140641.2	0
1202226002	46375.19	293.46
1202226005	74047.11	1721.73
1202226006	33402.11	0
1202675202	28050.22	0
1202675203	26266.02	0
1202675204	7292.29	195.65
1202675205	33641.16	2093.46
1202675206	52883.71	6358.68
1202723502	51837.6	4015.72
1202723503	22248.61	0
1202723504	47784.11	0
1202723505	134779.44	7782.03
1202723506	147461.66	968.45
1202813301	139990.94	1956.52
1202813305	26853.93	191.73
1202723504	27007.96	1085.86
1202723504	51333.41	2514.08

Tabla B-5: Registro histórico de inundación Zihuatanejo.

Fecha	Causa	Lugar	Latitud	Longitud	Profundidad (m)	Fuente
25-jun-14	lluvias	Mercado de artesanías	17° 38.314'N	101° 33.521'O	0.5	https://www.facebook.com/yosoyixtapazihuatanejo
25-jun-14	lluvias	Avenida Juárez, Morelos, Vicente Guerrero			0.2	https://www.facebook.com/yosoyixtapazihuatanejo
26-jun-14	lluvias	Zona centro y varias calles	17° 38.558'N	101° 33.279'O	0.2	https://www.facebook.com/yosoyixtapazihuatanejo
27-jun-16	lluvias	Avenida 5 de mayo, Centro Zihuatanejo	17° 38.422'N	101° 33.559'O	0.2	https://www.facebook.com/yosoyixtapazihuatanejo
04-sep-16	lluvias	Colegio Bertha Von Glumer	17° 38.792'N	101° 33.166'O	0.15	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
04-sep-16	lluvias	Avenida Jose María Morelos y Pavón. En el tramo de salón Estevenis y taquería Eddy	17° 38.602'N	101° 33.561'O	0.15	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
07-nov-16	lluvias	Prepa #5	17° 38.581'N	101° 33.874'O	0.5	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
07-nov-16	lluvias	Secundaria Carolina Coronado	17° 38.550'N	101° 33.821'O	0.5	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
09-sep-17	lluvias	Colegio Bertha Von Glumer	17° 38.792'N	101° 33.166'O	0.5	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
09-sep-17	lluvias	Avenida José María Morelos y Pavón	17° 38.665'N	101° 33.309'O	0.2-0.5	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
09-sep-17	lluvias	Avenida 5 de mayo, centro Zihuatanejo	17° 38.422'N	101° 33.559'O	0.2-0.5	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
10-jul-19	lluvias	Calles cercanas a hotel El Capricho	17° 38.884'N	101° 33.139'O	0.15	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
10-jul-19	lluvias	Calle donde se encuentra Megacable	17° 38.802'N	101° 33.151'O	0.15	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
10-jul-19	lluvias	Calle donde se encuentra coppel Morelos	17° 38.753'N	101° 33.228'O	0.15	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
10-jul-19	lluvias	calle donde se encuentra marisquería Yolanda	17° 38.586'N	101° 33.565'O	0.15	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
16-sep-19	lluvias	Avenida pasco de zihuatanejo oriente	17° 38.982'N	101° 32.392'O	0.2	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
16-sep-19	lluvias	calle 5 de mayo	17° 38.422'N	101° 33.559'O	0.2	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
29-sep-19	tormenta tropical Narda	zihuatanejo			0.2	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
29-sep-19	tormenta tropical Narda	centro	17° 38.558'N	101° 33.279'O	0.6	https://www.facebook.com/despertar.delacosta.3
26-oct-19	lluvias	Avenidas principales			0.15	https://www.facebook.com/Zihuatanejonoticias
26-ago-20	tormenta tropical Hernán	Avenida 5 de mayo, centro Zihuatanejo	17° 38.422'N	101° 33.559'O	0.5	https://www.facebook.com/Zihuatanejonoticias
26-ago-20	tormenta tropical Hernán	colonia la noria	17° 38.188'N	101° 33.982'O	0.3	https://www.facebook.com/Zihuatanejonoticias
26-ago-20	tormenta tropical Hernán	calles del centro de zihuatanejo: calle Morelos, Ejido, Vicente Guerrero, La Boquita, Benito Juárez,	17° 38.558'N	101° 33.279'O	0.3	https://www.facebook.com/Zihuatanejonoticias
26-ago-20	tormenta tropical Hernán	Fovissste	17° 39.319'N	101° 32.980'O	0.2	https://www.facebook.com/yosoyixtapazihuatanejo

algunas personas dicen que se han alcanzado alturas de hasta 1m en algunas zonas y otros que hasta de 2m

Apéndice C

Evaluación de los daños tangibles directos.

Tabla C-1: Evaluación de daños por calle.

Calle	Manzana	AGEB	Tipo de vivienda	Total de viviendas por manzanas	Número de calles que rodean la manzana	Viviendas por calle	Total de viviendas por calle	Altura media de agua por calle	Valor de los daños en No. De salarios mínimos 2021	Daños en peso por el número de viviendas	Valor de los daños por el número de viviendas
Adolfo Ruiz Cortines	22	585	media	0	0	*	*	3	4304	530295	1237354
	25	585	media	0	0	*	*	3	4304	530295	1237354
	24	585	media	7	3	2	2	3	4304	530295	1237354
	24	585	media	0	0	*	*	3	4304	530295	1237354
	25	585	media	7	3	2	2	3	4304	530295	1237354
	27	585	media	3	3	1	1	3	4304	530295	1237354
	31	570	media	0	0	*	*	3	4304	530295	1237354
	39	570	media	0	0	*	*	3	4304	530295	1237354
	30	570	media	1	3	0	0	3	4304	530295	1237354
	29	570	media	4	3	1	1	3	4304	530295	1237354
Calle Juan Nepomuceno Alvaréz	12	570	media	7	4	2	2	7	4304	530295	1237354
	23	570	media	1	4	0	0	7	4304	530295	1237354
	11	570	media	15	4	4	4	7	4304	530295	1237354
	22	585	media	0	0	*	*	3	4304	530295	1237354
	24	585	media	7	3	2	2	3	4304	530295	1237354
	27	585	media	3	3	1	1	3	4304	530295	1237354
	31	570	media	0	0	*	*	3	4304	530295	1237354
	39	570	media	0	0	*	*	3	4304	530295	1237354
	30	570	media	1	3	0	0	3	4304	530295	1237354
	29	570	media	4	3	1	1	3	4304	530295	1237354
Calle armada de México	5	693	media	1	7	0	0	15	4265	525483	8088679
	26	585	media	10	3	3	3	15	4265	525483	8088679
	26	570	media	2	4	1	1	15	4265	525483	8088679
	25	570	media	5	3	2	2	15	4265	525483	8088679
	24	570	media	9	3	3	3	15	4265	525483	8088679
	12	570	media	7	4	2	2	15	4265	525483	8088679
	26	585	media	10	3	3	3	15	4265	525483	8088679
	5	693	media	1	7	0	0	15	4265	525483	8088679
	26	570	media	2	4	1	1	15	4265	525483	8088679
	25	570	media	5	3	2	2	15	4265	525483	8088679
Calle ejido Nicolás Bravo	25	570	media	5	3	2	2	8	4265	525483	4291441
	15	570	media	8	4	2	2	8	4265	525483	4291441
	14	570	media	1	4	0	0	8	4265	525483	4291441
	13	570	media	3	4	1	1	8	4265	525483	4291441
	24	570	media	9	3	3	3	8	4265	525483	4291441
	15	570	media	8	4	2	2	8	4265	525483	4291441
	14	570	media	1	4	0	0	8	4265	525483	4291441
	13	570	media	3	4	1	1	8	4265	525483	4291441
	24	570	media	9	3	3	3	8	4265	525483	4291441
	15	570	media	8	4	2	2	8	4265	525483	4291441
Calle ejido	14	570	media	1	4	0	0	19	4265	525483	9852799
	13	570	media	3	4	1	1	19	4265	525483	9852799
	12	570	media	7	4	2	2	19	4265	525483	9852799
	11	570	media	15	3	5	5	19	4265	525483	9852799
	10	570	media	6	4	2	2	19	4265	525483	9852799
	5	570	media	2	4	1	1	19	4265	525483	9852799
	4	570	media	2	4	1	1	19	4265	525483	9852799
	3	570	media	14	4	4	4	19	4265	525483	9852799
	3	570	media	12	4	3	3	19	4265	525483	9852799
	16	570	media	2	4	1	1	19	4265	525483	9852799
Calle ejido	5	570	media	2	4	1	1	20	4281	527478	10681425
	4	570	media	14	4	4	4	20	4281	527478	10681425
	3	570	media	12	4	3	3	20	4281	527478	10681425
	16	570	media	2	4	1	1	20	4281	527478	10681425
	5	570	media	2	4	1	1	20	4281	527478	10681425
	4	570	media	14	4	4	4	20	4281	527478	10681425
	3	570	media	12	4	3	3	20	4281	527478	10681425
	17	570	media	9	4	2	2	20	4281	527478	10681425
	6	570	media	7	4	2	2	20	4281	527478	10681425
	1	570	media	33	4	8	8	20	4281	527478	10681425

Tabla C-2: Continuación tabla C-1

Calle Catalina González	17	570	media	9	4	2	2	26	2	Y = -2108.57 + 6509.47 / (1 + exp(-2.41*(x-0.36)))	4281	527478	13714422
	6	570	media	7	4	2	2						
	1	570	media	33	4	8	8						
	2	570	media	2	4	1	1						
	18	570	media	13	4	3	3						
	7	570	media	9	4	2	2						
	8	570	media	15	4	4	4						
	9	570	media	16	4	4	4						
	18	570	media	13	4	3	3						
Antonio Nava	7	570	media	9	4	2	2	27	2	Y = -2108.57 + 6509.47 / (1 + exp(-2.41*(x-0.36)))	4265	525483	13925289
	9	570	media	16	4	4	4						
	19	570	media	21	4	5	5						
	20	570	media	24	4	6	6						
	21	570	media	8	4	2	2						
	19	570	media	21	4	5	5						
	20	570	media	24	4	6	6						
	21	570	media	8	4	2	2						
	32	570	media	38	4	10	10						
Ignacio Manuel Altamirano	27	570	media	14	4	4	4	30	2	Y = -2108.57 + 6509.47 / (1 + exp(-2.41*(x-0.36)))	4281	527478	15956203
	28	570	media	16	4	4	4						
	38	693	media	0	0	*	*						
	4	693	media	55	5	11	11						
	5	693	media	1	7	0	0						
	32	570	media	38	4	10	10						
	33	570	media	21	4	5	5						
	28	570	media	16	3	5	5						
	34	570	media	0	0	*	*						
Avenida José María Morelos y Pavón	37	570	media	11	4	3	3	65	2	Y = -2108.57 + 6509.47 / (1 + exp(-2.41*(x-0.36)))	4145	510689	33182653
	27	1333	media	4	4	1	1						
	26	1333	media	0	0	*	*						
	22	1333	media	4	4	1	1						
	21	1333	media	19	4	5	5						
	22	1348	media	18	4	5	5						
	21	1348	media	11	4	3	3						
	12	066A	media	0	0	*	*						
	5	066A	media	17	0	*	*						
	4	066A	media	40	4	10	10						
	11	066A	media	21	3	7	7						
	26	617	media	0	0	*	*						
	23	570	media	1	3	0	0						
	22	570	media	0	0	*	*						
	10	570	media	6	4	2	2						
Avenida ejército mexicano	36	621	media	7	3	2	2	4	2	Y = -2108.57 + 6509.47 / (1 + exp(-2.41*(x-0.36)))	4281	527478	2197824
	35	617	media	7	4	2	2						
	8	617	media	31	7	4	4						
	21	617	media	20	4	5	5						
	34	617	media	14	4	4	4						
	37	617	media	14	3	5	5						
	14	602	media	24	4	6	6						
	10	602	media	25	4	6	6						
	8	602	media	30	4	8	8						
Avenida Pasco de la boquita	25	621	media	25	5	5	5	54	2	Y = -2108.57 + 6509.47 / (1 + exp(-2.41*(x-0.36)))	4281	527478	28402166
	26	621	media	12	3	4	4						
	36	617	media	1	2	1	1						
	19	941	media	21	4	5	5						

Tabla C-3: Continuación tabla C-2

Calle río Ierma	11	621	media	3	5	1	1	8	3	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	4312	531274	4037679
	20	621	media	11	4	3	3						
	27	621	media	14	4	4	4						
Calle las palapas	18	941	media	3	4	1	1	16	2	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	3949	486572	7750404
	35	617	media	7	4	2	2						
	22	617	media	0	0	*	*						
	8	617	media	31	7	4	4						
	23	617	media	39	4	10	10						
Calle las palmas	23	617	media	39	4	10	10	12	1	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	2948	363294	4268699
	24	617	media	8	4	2	2						
	24	617	media	8	4	2	2						
Calle los naranjos	9	617	media	10	4	3	3	5	1	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	3729	459465	2067593
	25	617	media	0	0	*	*						
Calle los limones	21	617	media	20	4	5	5	17	1	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	3194	393567	6564134
	8	617	media	31	7	4	4						
	20	617	media	0	0	*	*						
	34	617	media	14	4	4	4						
	7	617	media	15	4	4	4						
Calle los cocos	24	617	media	8	4	2	2	27	1	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	2666	328560	8765509
	23	617	media	39	4	10	10						
	8	617	media	31	7	4	4						
	7	617	media	15	4	4	4						
	9	617	media	10	4	3	3						
	4	617	media	6	4	2	2						
	3	617	media	0	0	*	*						
Calle galo	2	617	media	11	4	3	3	40	0	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	851	104892	4213157
	33	617	media	12	2	6	6						
	32	617	media	12	1	12	12						
	31	617	media	8	1	8	8						
	37	617	media	14	3	5	5						
Calle los mangos	19	617	media	8	4	2	2	15	0	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	851	104892	1573378
	30	617	media	30	4	8	8						
	25	617	media	0	0	*	*						
	9	617	media	10	4	3	3						
	4	617	media	6	4	2	2						
	3	617	media	0	0	*	*						
	2	617	media	11	4	3	3						
Calle las mandarinas	19	617	media	8	4	2	2	7	0	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	99	12145	81976
	18	617	media	19	4	5	5						
	10	617	media	13	4	3	3						
	38	570	media	0	0	*	*						
	34	570	media	0	0	*	*						
Calle los ciruelos	35	570	media	16	4	4	4	10	1	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	2948	363294	3451288
	36	570	media	9	4	2	2						
	36	570	media	16	4	4	4						
Calle las mandarinas	35	570	media	16	4	4	4	9	1	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	1630	200860	1807736
	37	570	media	11	4	3	3						
	36	570	media	9	4	2	2						
Calle 10	27	1333	media	4	4	1	1	5	1	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	2002	246692	1171785
	28	1333	media	15	4	4	4						
Calle huitzilopochtli	26	1333	media	0	0	*	*	12	0	Y = -2168.57+6509.47/(1+exp(-2.41*(x-0.36)))	1243	153153	1799546
	23	1333	media	21	3	7	7						
	24	1333	media	19	4	5	5						

Tabla C-4: continuación tabla C-3

Calle constitución	24	1333	media	19	4	5	5	56	1	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	2666	328560	18290659
	23	1333	media	21	3	7	7						
	21	1333	media	21	19	1	1						
	22	1348	media	18	4	5	5						
	20	1333	media	60	4	15	15						
	9	1348	media	35	4	9	9						
	2	1348	media	58	4	15	15						
	21	1348	media	11	4	3	3						
	20	1348	media	17	4	4	4						
Avenida la laja	5	066A	media	17	4	4	4	69	1	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	2666	328560	22670632
	6	066A	media	11	4	3	3						
	1	066A	media	104	4	26	26						
	2	066A	media	19	4	5	5						
	4	066A	media	40	4	10	10						
	3	066A	media	0	0	*	*						
	11	066A	media	21	4	5	5						
	10	066A	media	36	4	9	9						
	20	1348	media	17	4	4	4						
Avenida valsequillo	19	1348	media	63	4	16	16	20	0	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	1243	153153	3063057
	10	066A	media	36	4	9	9						
Avenida presa Falcón	9	066A	media	25	4	6	6	15	0	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	851	104892	1599601
	17	585	media	15	4	4	4						
Avenida la noria	16	585	media	11	4	3	3	17	1	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	3581	441309	7454974
	15	585	media	22	4	6	6						
	14	585	media	19	4	5	5						
	5	693	media	1	7	0	0						
	5	693	media	1	7	0	0						
Avenida paseo de las salinas	5	693	media	1	7	0	0	10	1	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	2948	363294	3757493
	2	693	media	51	5	10	10						
Calle la lancha	2	693	media	51	5	10	10	20	0	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	1243	153153	3131975
	6	693	media	41	4	10	10						
Retorno de la noria	5	693	media	1	7	0	0	11	3	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	4304	530295	5908999
	4	693	media	55	5	11	11						
	8	693	media	0	0	*	*						
	27	1333	media	4	4	1	1						
Calle aztlán	28	1333	media	15	4	4	4	10	1	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	2002	246692	2343570
	26	1333	media	0	0	*	*						
	29	1333	media	0	0	*	*						
	24	1333	media	19	4	5	5						
	22	1333	media	4	4	1	1						
Calle del peñasco	23	1333	media	21	4	5	5	11	2	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	4145	510689	5617584
	21	1333	media	19	4	5	5						
	6	066A	media	11	4	3	3						
Laguna verde	20	1348	media	17	4	4	4	7	1	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	1630	200860	1406017
	42	066A	media	0	0	*	*						
Avenida presa de la amistad	7	066A	media	42	4	11	11	54	1	$Y = -2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	1630	200860	10745984
	42	066A	media	0	0	*	*						
	6	066A	media	11	4	3	3						
	1	066A	media	104	4	26	26						
	5	066A	media	17	4	4	4						
	4	066A	media	40	4	10	10						

Tabla C-6: continuación tabla C-5

Calle Hermenegildo Galeana	7	570	media	9	4	2	2	21	2	Y = $-2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	4281	527478	11077033
	6	570	media	7	4	2	2						
	5	570	media	2	4	1	1						
	14	570	media	1	4	0	0						
	8	570	media	15	4	4	4						
	1	570	media	33	4	8	8						
	4	570	media	14	4	4	4						
	13	570	media	3	4	1	1						
Calle Vicente Guerrero	33	570	media	21	4	5	5	50	2	Y = $-2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	4281	527478	26242019
	27	570	media	14	4	4	4						
	20	570	media	24	4	6	6						
	8	570	media	15	4	4	4						
	1	570	media	33	4	8	8						
	4	570	media	14	4	4	4						
	13	570	media	3	4	1	1						
	24	570	media	9	4	2	2						
	30	570	media	1	4	0	0						
	28	570	media	16	4	4	4						
	21	570	media	8	4	2	2						
	9	570	media	16	4	4	4						
	2	570	media	2	4	1	1						
	3	570	media	12	4	3	3						
	12	570	media	7	4	2	2						
	29	570	media	4	4	1	1						
	Audiador Carlos Pellicer	23	570	media	1	4	0						
11		570	media	15	4	4	4						
Avenida Licenciado Benito Juárez	22	570	media	0	0	*	*	32	2	Y = $-2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	4281	527478	16747419
	10	570	media	6	4	2	2						
	28	570	media	16	4	4	4						
	21	570	media	8	4	2	2						
	9	570	media	16	4	4	4						
	2	570	media	2	4	1	1						
	3	570	media	12	4	3	3						
	10	570	media	6	4	2	2						
	34	570	media	0	0	*	*						
	38	570	media	0	0	*	*						
	10	617	media	13	4	3	3						
	25	617	media	0	0	*	*						
	24	617	media	8	4	2	2						
	23	617	media	39	4	10	10						
	35	617	media	7	4	2	2						
	34	570	media	0	0	*	*						
	calle los cerezos	37	570	media	11	0	*						
35		570	media	16	4	4	4						
calle los tamariños	3	617	media	0	0	*	*	3	1	Y = $-2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	2002	246692	678402
	2	617	media	11	4	3	3						
calle los higos	8	617	media	31	7	4	4	17	2	Y = $-2168.57 + 6509.47 / (1 + \exp(-2.41 * (x - 0.36)))$	3949	486572	8115334
	7	617	media	15	4	4	4						
	21	617	media	20	4	5	5						
	20	617	media	0	0	*	*						
34	617	media	14	4	4	4							

Bibliografía

- ARMELLA, A.A. *Modelo no lineal de propagación de tsunamis*. FI UNAM, MÉXICO, DF (2004)
- BALICA, S., POPESCU, I., BEEVERS, L., Y WRIGHT, N. Parametric and physically based modelling techniques for flood risk and vulnerability assessment: A comparison. *Environmental Modelling and Software*. **41**:84–92 (2013)
- BARÓ, J. *Estimación de las curvas de daños económicos potenciales por inundación en zonas agrícolas y habitacionales, caso de estudio: subcuenca del río Tejalpa–curso alto del río Lerma*. Tesis Doctoral, Tesis de maestría. México, DF: Facultad de Filosofía y Letras, Posgrado en Geografía (2004)
- BATICA, J., GOURBESVILLE, P. *et al.* Collaborative Research on Flood Resilience in Urban Areas: The CORFU Project. En *Proceedings of the 34th World Congress of the International Association for Hydro-Environment Research and Engineering: 33rd Hydrology and Water Resources Symposium and 10th Conference on Hydraulics in Water Engineering*, pág. 3914. Engineers Australia (2011)
- BLADÉ, E., CEA, L., CORESTEIN, G., ESCOLANO, E., PUERTAS, J., VÁZQUEZ-CENDÓN, E., DOLZ, J., Y COLL, A. Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería* **30**(1):1–10 (2014)
- BOYLE, S., TSANIS, I., Y KANAROGLOU, P. Developing geographic information systems for

- land use impact assessment in flooding conditions. *Journal of water resources planning and management* **124**(2):89–98 (1998)
- CANTAVELLA NADAL, J.V. La sorprendente fuerza del agua: Los Tsunamis. *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid* (2015)
- CASAS LETY, I. TIPOS DE VIVIENDA: INTERES SOCIAL, MEDIO Y RESIDENCIA (2020). [Web; accedido el 01/11/2021]
- CENAPRED. *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México*. CENAPRED, México (2001)
- CENAPRED. *Fascículos sismos*. 5^a edición. Centro Nacional de Prevención y Desastres, México,DF (2005)
- CONASAMI. Salarios mínimos 2020, Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (2020). [Web; accedido el 27/10/2021]
- CONGRESO DEL EDO, G. Tablas de valores Unitarios de Uso de Suelo y de Construcción para el municipio de Zihuatanejo de Azueta (2020). [Web; accedido el 29/10/2021]
- CÓRDOVA DE HORTA, D. Y CÓRDOVA LÓPEZ, L.F. Simulación de la inundación costera en la zona del Malecón Tradicional, huracán Wilma 2005. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* **42**(1):54–67 (2021)
- DASSANAYAKE, D., BURZEL, A., KORTENHAUS, A., Y OUMERACI, H. Framework and methods for the evaluation of intangible losses and their integration in coastal flood risk analysis. *XtremRisk Progress Report. Leichtweiß-Institute for Hydraulic Engineering and Water Resources, Technische Universität Braunschweig* (2010)
- DEFRA. *Risk, Performance and uncertainty in Flood and Coastal Defence-A Review*. 1^a edición. Department for environment Food and Rural Affairs, DEFRA, UK (2003)
- DELTARES. *User manual Delft3D, 3D/2D modelling suite for integral water solution*. 3^a edición. Deltares, enabling Delta Life, Delft and Utrecht (2021)

- ENIGH. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) INEGI (2018). [Web; accedido el 27/10/2021]
- ESCUADERO, M. *Determinación y mitigación del riesgo hidro-meteorológico en zonas costeras: aplicación en el estado de Campeche*. Intituto de ingeniería, UNAM, México. (2016)
- ESTRADA, F. Análisis económico del control de Crecidas. *Apuntes del Curso de Planificación Hidrológica y Medio Ambiente*. (1996)
- FARRERAS, S., DOMÍNGUEZ MORA, R., Y GUTIÉRREZ MARTÍNEZ, C.A. *Tsunamis*. 2^a edición. CENAPRED, México,DF (2005)
- FRAGA, I., CEA, L., Y PUERTAS, J. MERLIN: A flood hazard forecasting system for coastal river reaches. *Natural Hazards* **100**(3):1171–1193 (2020)
- GARCIA CASTRO, N., VILLERIAS SALINAS, S. *et al.* Condiciones de vulnerabilidad social en Ixtapa y Zihuatanejo (Guerrero), México. *redalyc* (2017)
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, R., ORTÍZ FIGUEROA, M., Y MONTOYA RODRÍGUEZ, J.M. Tsunami. Un problema matemáticamente interesante. *Revista de matemática: Teoría y aplicaciones* **19**(1):107–119 (2012)
- HAJAT, S., EBI, K., KOVATS, R., MENNE, B., EDWARDS, S., Y HAINES, A. The human health consequences of flooding in Europe: a review. *Extreme weather events and public health responses* págs. 185–196 (2005)
- HAMMOND, M., DJORDJEVIĆ, S., BUTLER, D., Y CHEN, A. Flood Impact Assessment Literature Review. *CORFU* (2014)
- HERALDO. ¿cómo se produce un tsunami? (2020). [Web; accedido el 16/11/2021]
- HUERTA, B., VEGA, E., Y AVELAR, C. Caracterización del daño causado a estructuras y contenidos por inundaciones fluviales y costeras. En *XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Puerto Vallarta, Jalisco* (2006)

- IMAMURA, F. Review of tsunami simulation with a finite difference method. *Long-wave runup models* págs. 25–42 (1996)
- INEGI. Censo de población y vivienda (2010a). [Web; accedido el 29/10/2021]
- INEGI. *Compendio de información geográfica municipal 2010 Zihuatanejo de Azueta Guerrero*. 0ª edición. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México,DF (2010b)
- INEGI. *Panorama sociodemográfico de México 2020*. 1ª edición. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México,DF (2020)
- INEGI. inventario (2021). [Web; accedido el 25/09/2021]
- ITO, E., KOSAKA, T., HATAYAMA, M., URRRA, L., MAS, E., Y KOSHIMURA, S. Method to extract difficult-to-evacuate areas by using tsunami evacuation simulation and numerical analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction* **64**:102486 (2021)
- IXTAPAYZIHUATANEJO.COM. México y Japón investigarán probable gran sismo en la brecha de Guerrero (2020). [Web; accedido el 16/11/2021]
- JONKMAN, S.N., BOČKARJOVA, M., KOK, M., Y BERNARDINI, P. Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands. *Ecological economics* **66**(1):77–90 (2008)
- KELMAN, I. Defining Risk. *FloodRiskNet Newsletter* **0**(2):6–8 (2003)
- KIRBY, J.T., DALRYMPLE, R.A., Y SHI, F. *User's manual Ref/dif1*. 3ª edición. Center for Applied Coastal Research Department of Civil and Environmental Engineering University of Delaware, Newark, DE 19716, Delaware, Newark (1994)
- KOWALEWSKI, J. Y UJEYL, G. Estimating direct and indirect damages from storm surges: The case of Wilhelmsburg/Hamburg. *Comprehensive Flood Risk Management: Research for Policy and Practice* pág. 146 (2012)

- KREIBICH, H., THIEKEN, A.H., PETROW, T., MÜLLER, M., Y MERZ, B. Flood loss reduction of private households due to building precautionary measures—lessons learned from the Elbe flood in August 2002. *Natural hazards and earth system sciences* **5**(1):117–126 (2005)
- LEKUTHAI, A. Y VONGVISESSOMJAI, S. Intangible flood damage quantification. *Water Resources Management* **15**(5):343–362 (2001)
- LOPARDO, R.A. Y SEOANE, R.S. Algunas reflexiones sobre crecidas e inundaciones. *Ingeniería del agua* **7**(1):11–21 (2000)
- MERZ, B., KREIBICH, H., THIEKEN, A., Y SCHMIDTKE, R. Estimation uncertainty of direct monetary flood damage to buildings. *Natural Hazards and Earth System Sciences* **4**(1):153–163 (2004)
- MIYASHITA, T., MORI, N., Y GODA, K. Uncertainty of probabilistic tsunami hazard assessment of Zihuatanejo (Mexico) due to the representation of tsunami variability. *Coastal Engineering Journal* **62**(3):413–428 (2020)
- MORI, N., MUHAMMAD, A., GODA, K., YASUDA, T., Y RUIZ-ANGULO, A. Probabilistic tsunami hazard analysis of the pacific coast of Mexico: case study based on the 1995 Colima earthquake tsunami. *Frontiers in built environment* **3**:34 (2017)
- NARDINI, A., MERCADO, L.C., Y MONTIEL, J.P. MODCEL vs. IBER: a comparison of flooding models in Riohacha, a coastal town of La Guajira, Colombia. *Contemporary Engineering Sciences* **11**(66):3253–3266 (2018)
- NOAA, N.C.F.E.I. Natural Hazards Map (2020a). [Web; accedido el 30-04-2019]
- NOAA, N.C.F.E.I. NWS TsunamiReady® Program (2020b). [Web; accedido el 28/04/2020]
- OKADA, Y. Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bulletin of the seismological society of America* **82**(2):1018–1040 (1992)

- PAOLI, C. Y CALVO, L. Determinación de daños y las relaciones hidrológicas en inundaciones urbanas. Caso de la Ciudad de Buenos Aires. *XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Oaxaca, México* págs. 535–544 (1988)
- PENNING-ROUSELL, E. Flood hazard assessment, modelling and management: Results from the EUROflood project. *Environments* **27**(1):79 (1999)
- PEREIRA, C., CEA, L., Y SOPELANA, J. Nuevas implementaciones en Iber para el cálculo de inundaciones en núcleos costeros con tramos de río entubados. *Ingeniería del Agua* (2017)
- RENYI, L. Y NAN, L. Flood area and damage estimation in Zhejiang, China. *Journal of environmental management* **66**(1):1–8 (2002)
- REPARACIONES LMC, E. compresor y circuito de una nevera (2019). [Web; accedido el 31/10/2021]
- ROELVINK, D., VAN DONGEREN, A., MCCALL, R., HOONHOUT, B., VAN ROOIJEN, A., VAN GEER, P., DE VET, L., NEDERHOFF, K. *et al. XBeach Manual*. Deltares, UNESCO-IHE Institute of Water Education and Delft University of Technology, Delft and Utrecht (2015)
- RUIZ MARTÍNEZ, G., SILVA CASARÍN, R., RIVILLAS OSPINA, G.D., POSADA VANEGAS, G., PÉREZ ROMERO, D., Y MENDOZA BALDWIN, E.G. ATLAS DEL CLIMA MARÍTIMO PARA LAS VERTIENTES ATLÁNTICA Y PACÍFICA DEL LITORAL MEXICANO. *Instituto de Ingeniería, UNAM, México*. pág. 16 (2008)
- SECTUR. VULNERABILIDAD DEL DESTINO TURÍSTICO IXTAPA ZIHUATANEJO. *ACADEMIA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO A.C.* pág. 35 (2012). X
- SECTUR. *Agendas de competitividad de los destinos turísticos de México, Ixtapa-Zihuatanejo*. 1ª edición. secretaría de turismo, México,DF (2013)
- SEDESOL. Índices e indicadores sociales para el municipio de Zihuatanejo (2010). [Web; accedido el 26/10/2021]

- SEMAR. cartas náuticas (2021a). [Web; accedido el 06/10/2021]
- SEMAR, S.D.M. *Historia de los tsunamis locales ocurridos en México*. Archivos, SEMAR, México (2021b)
- SHUTO, N. Y KOJI, F. A short history of tsunami research and countermeasures in Japan. *Proceedings of the Japan Academy, Ser. B, Physical and Biological Sciences* **85**(8):267–275 (2009)
- SILVA, R., BORTHWICKB, A.G., Y TAYLORB, R.E. Numerical implementation of the harmonic modified mild-slope equation. *elsevier, coastal engineering* **55**:391–407 (2005)
- SMITH, D.I. Flood damage estimation-A review of urban stage-damage curves and loss functions. *Water Sa* **20**(3):231–238 (1994)
- SMITH, K. *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster, 2nd ed.* Routledge, London, USA, Canada. (1996)
- SMITH, K. *Environmental Hazards: Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster, 5th ed.* Routledge, London, USA, Canada (2008)
- SMITH, K. Y WARD, R. *Floods: physical processes and human impacts.* JOHN WILEY & SONS, England (1998)
- SSN, S.S.N. *Zona de subducción mexicana y su potencial para un sismo mayor*. Reportes especiales, instituto de geofísica UNAM, Circuito de la investigación científica s/n C.U. Coyoacán, 04150 CDMX (2021)
- STOLPER, D., LISTT, J.H., Y THIELER, E.R. Sensitivity of tsunami wave profiles and inundation simulations to earthquake slip and fault geometry for the 2011 Tohoku earthquake. *ELSEVIER, Marine Geology* **218**:17–36 (2005). Doi:10.1016/j.margeo.2005.02.019
- STREETVIEW. google maps (2022). [Web; accedido el 06/01/2021]

- THIEKEN, A., ACKERMANN, V., ELMER, F., KREIBICH, H., KUHLMANN, B., KUNERT, U., MAIWALD, H., MERZ, B., MÜLLER, M., PIROTH, K. *et al.* Methods for the evaluation of direct and indirect flood losses. En *RIMAX Contributions at the 4th International Symposium on Flood Defence (ISFD4)*. Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ (2009)
- TOCABENS, M.B.E. Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. **49**(3):470–481 (2011)
- TOLMAN, H.L. Y THE WAVEWATCH III °R DEVELOPMENT GROUP. User manual and system documentation of WAVEWATCH III °R version 4.18. *ResearchGate*. pág. 314 (2014). 316, NOAA/NWS/NCEP/MMAB
- UJEYL, G. Y ROSE, J. Estimating Direct and Indirect Damages from Storm Surges: The Case of Hamburg–Wilhelmsburg. *Coastal Engineering Journal* **57**(01):1540006 (2015)
- UMA, I. Valor de la UMA (2020). [Web; accedido el 16/11/2021]
- WALLINGFORD, H. Best practice in coastal flood forecasting R&D technical report FD2206/TR1 (2004)