

Actualización y Ampliación del Atlas de Riesgos

Contenido

I.	Marco Teórico.....	4
1.1	Introducción	4
1.2	Fundamentos Jurídicos	7
1.3	Antecedentes	8
1.4	Objetivos	18
1.4.1	Generales.....	18
1.4.2	Específicos.....	18
1.5.-	Mapa Base	19
1.5.1.	Localización	19
1.6	Caracterización de los Elementos del Medio Natural	22
1.6.1	Fisiografía.....	22
1.6.2	Geomorfología.....	26
1.6.3	Marco Geológico.....	28
1.6.4	Geología Estructural.....	30
1.6.5	Edafología.....	36
1.6.6	Hidrografía.....	39
1.6.7	Cuencas y Sub Cuencas	49
1.6.8	Clima.....	51

1.6.9	Uso de Suelo y Vegetación	60
1.6.10	Áreas Naturales Protegidas	62
1.6.11	Sitios RAMSAR	65
1.7	Caracterización de los elementos Sociales, Económicos y Demográficos.....	67
1.7.1	Dinámica demográfica	68
1.7.2	Estimación de crecimiento poblacional	72
1.7.3	Características sociales	72
1.7.4	Situación de pobreza y rezago social CONEVAL (2010)	74
1.7.5	Principales actividades económicas en la zona.....	75
1.7.6	Equipamiento.....	79
II.	Fenómenos Perturbadores	81
II.1	Fenómenos Hidrometeorológicos.....	82
2.1.	Análisis histórico de eventos ocurridos durante los últimos 10 años.....	86
2.2.	Marea de Tormenta y Ciclones.....	90
2.3.	Inundaciones Fluviales.....	105
2.4	Inundación Pluvial, Tormentas Extremas e Inundaciones Lacustres	121
2.5	Tormentas Eléctricas	128
2.6	Ondas Cálidas	131
2.7	Vientos Fuertes	134
II.2	Fenómenos Geológicos	142
2.1	Registros Históricos de los últimos 10 años.....	142
2.2	Peligro Geológico.....	143
II.3	Riesgos Químico-Tecnológicos.....	264
III	Vulnerabilidad	339
3.1	Definición	339
3.2	Salud	340
3.2.1	Mortalidad	340
3.2.2	Población Derechohabiente.....	341
3.3	Educación	342
3.4	Vivienda.....	342
3.5.	Empleo e Ingresos.....	342
3.6.	Población	342
3.7.	Vulnerabilidad Social.....	342



3.7.1 Indicador Capacidad de Respuesta	342
3.7.2 Indicador Percepción Local	345
3.7.3 Indicador Condiciones Sociales y Económicas.....	350
3.8 Vulnerabilidad física	354
3.8.1 Criterios de evaluación de la vulnerabilidad física.....	354
3.8.2 Tipología de la vivienda	354
3.8.3 Vulnerabilidad física – Riesgos Químico-Tecnológicos.....	366
IV Riesgo	388
4.1 Químico – Tecnológicos	406
4.1.1. Gasolineras.....	406
4.1.2 Magnitud de riesgo para estaciones de gas e industrias que manejan amoniaco y cloro gas	409
V Propuestas de Solución	420
BIBLIOGRAFÍA	426

I. Marco Teórico

1.1 Introducción

La acción de diferentes fenómenos naturales ha causado un gran impacto en diversas regiones del estado de Sinaloa, dentro de las cuales se encuentra el municipio de Mazatlán, motivo por el cual la presidencia municipal, ha solicitado a través del Instituto Municipal de Planeación de Mazatlán (IMPLAN) la actualización de su Atlas de Riesgos.

Este atlas servirá para contribuir al fortalecimiento de las capacidades del municipio en materia de prevención de riesgos a través de obras y acciones que reduzcan la vulnerabilidad de la población ante el impacto de fenómenos de origen natural o antropogénico, pues al conocer la magnitud, periodicidad y grados de afectación se pueden generar escenarios de riesgo, útiles para la autoridad encargada de la prevención de desastres y ordenamiento territorial.

La presente actualización y ampliación del Atlas de Riesgos de Mazatlán, tiene como finalidad generar la información que permita que permita a los tres niveles de gobierno ubicar y cuantificar las zonas de peligro, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de origen natural o antrópico para que, trabajando en conjunto con la población, se construya una sólida estrategia de prevención de desastres, reducción de riesgos y autoprotección tanto en el municipio de Mazatlán como en todo el estado de Sinaloa.

El Atlas de Riesgos se define como un instrumento que permite establecer estrategias de prevención, reducción y mitigación de riesgos y siniestro. Sirve para informar a la población sobre los peligros y riesgos a los que está expuesta y a las autoridades en general para generar un esquema normativo en la toma de actitudes responsables en la planeación y desarrollo de los asentamientos humanos. Es un sistema integral que permite establecer bases de datos y realizar el análisis de peligro, de la vulnerabilidad y del riesgo, con el objeto de elaborar mapas y sistemas geográficos de información. Así mismo, para generar escenarios de los peligros que coadyuven a tomar las medidas de prevención y mitigación necesarias y salvaguardar la integridad de la población y sus bienes.

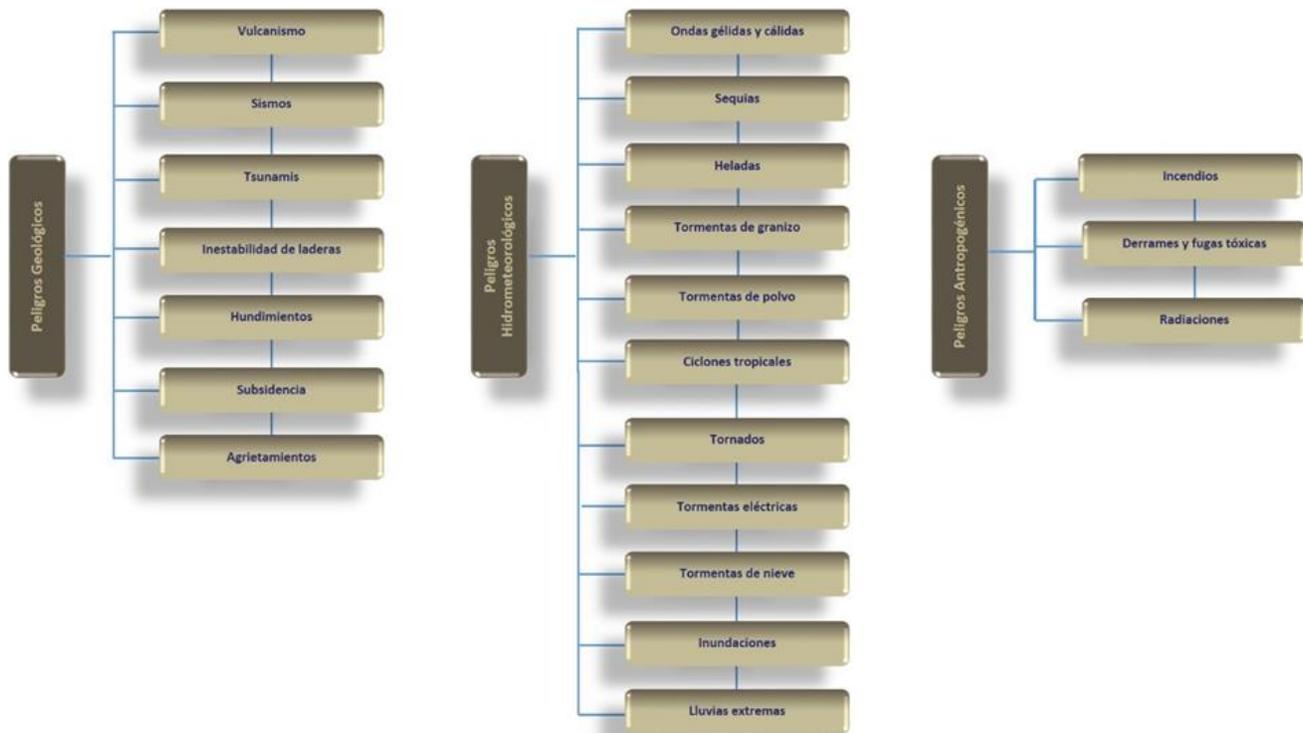
Los principales fenómenos naturales para analizar y que puedan ser causantes de algún tipo de desastre son los geológicos e hidrometeorológicos, así como aquellos relacionados con actividades antrópicas que pudieran dar origen también a algún tipo de desastre.

Los fenómenos perturbadores de origen natural y antrópico se pueden observar en la gráfica I.01, y en términos generales, se pueden describir como:

Fenómenos geológicos: son aquellos en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de su superficie, entre ellos: los sismos, el vulcanismo, los tsunamis o maremotos y los movimientos de laderas y suelos.

Fenómenos hidrometeorológicos: Son aquellos agentes perturbadores que se generan por la acción de los elementos atmosféricos (lluvia, temperatura, viento y humedad) como son los ciclones, las inundaciones, las granizadas, la lluvia, las nevadas y las sequías.

Fenómenos antrópicos: Se refiere al efecto ambiental provocado por la acción del hombre como lo son los incendios, las explosiones, los derrames y fugas tóxicas y las radiaciones.



Gráfica I.01. Fenómenos perturbadores de origen natural y antrópico. **Fuente.** Elaboración propia.

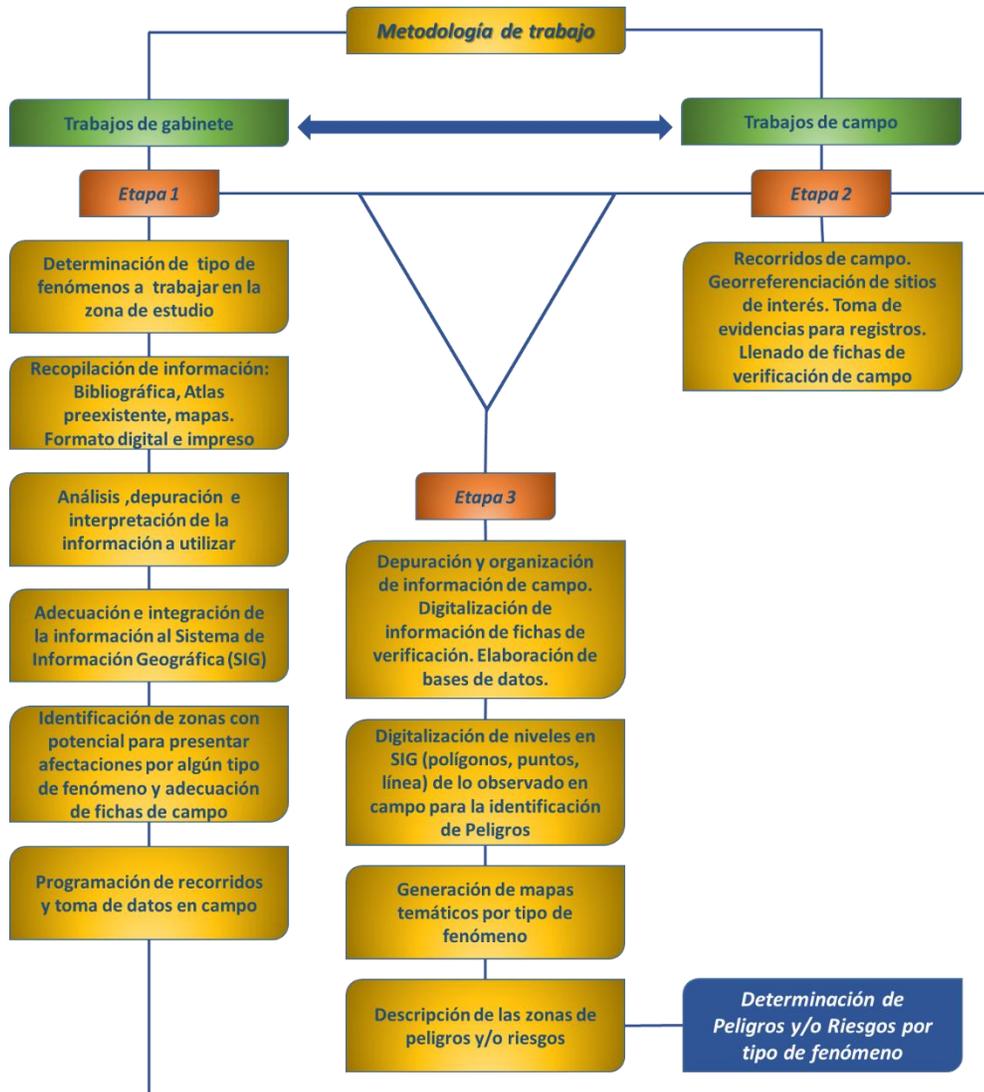
Para la elaboración de la actualización del Atlas de Riesgos se consideró como base principal la metodología establecida en la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos”, desarrollada por el Centro Nacional de Prevención y Desastres (**CENAPRED**), y los “Niveles de Análisis”, que se establecen en el documento desarrollado por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (**SEDATU**) conocido como “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catalogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2016”.

También se utilizaron métodos de elaboración propia básicos de interpretación de imágenes digitales de los sensores remotos disponibles como son las imágenes de satélite, ortofotos, fotografías aéreas y modelos digitales de elevación para extraer información relativa a nivel regional de los peligros causados por fenómenos naturales y en la delimitación de las áreas de peligro en zonas urbanas.

Para cada uno de los tipos de peligros analizados se aplicó el método de trabajo señalado por las instituciones anteriormente mencionadas, realizando adecuaciones de acuerdo con el área de estudio, condiciones del terreno, así como las necesidades del proyecto. Asimismo, las metodologías establecidas para la clasificación de las viviendas para el desarrollo de los apartados de vulnerabilidad para cada peligro.

Las actividades ejecutadas para la realización del Atlas de Riesgos se dividen en tres etapas:

- 1.- Análisis de información en trabajos de gabinete.
- 2.- Verificación y obtención de datos en campo.
- 3.- Procesamiento de información y análisis de resultados en gabinete (Gráfica I.02).



Gráfica I.02. Método general de trabajo.
Fuente. Elaboración propia.

Dada la naturaleza de los datos y considerando que casi toda la información se encuentra en formato digital, se emplearon Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el análisis y la generación de mapas de los peligros. Por lo tanto, los productos obtenidos en el Atlas de Riesgos son mapas de peligro para cada uno de los fenómenos a los que se encuentra expuesto el municipio, así como mapas de vulnerabilidad de la población.

1.2 Fundamentos Jurídicos

La fundamentación legal del Atlas de Riesgo a Nivel Municipal, y en este caso en específico de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, proviene de ordenamientos, acuerdos y leyes que surgen desde el ámbito internacional, en Organismos como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), por mencionar alguno, así como leyes y reglamentos federales, como es el caso de la Ley General de Protección Civil, dependencia del gobierno federal mexicano cuya responsabilidad recae en el ámbito técnico y de concentración de todos los Atlas de Riesgos.

Internacional

***Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015-2030.**

(Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres. (2015). Resolución aprobada por la Asamblea General el 3 de junio de 2015. 23/06/2015, de Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres Sitio web: <https://www.wcdrr.org/>).

El “Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030” fue aprobado como sucesor del “Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015”, en la Tercer Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres el 18 de marzo del 2015 en la capital de la prefectura de Miyagi, Sendai (Japón). El Marco de Sendai hace énfasis en la reducción del riesgo a desastres, sus consecuencias, así como en estrategias para mejorar la resiliencia. En el Marco se describen siete metas mundiales a alcanzar.

***Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible.**

Organización de las Naciones Unidas. (2016). La Agenda para el Desarrollo Sostenible. 2016, de ONU Sitio web: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>

La “Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible” fue aprobada por la Asamblea de las Naciones Unidas en marzo del 2015. En La Agenda 2030 se acordaron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas para transformar el mundo.

***Convención Marco sobre el cambio climático: Acuerdo de París.**

Organización de las Naciones Unidas. (2016). ¿Qué es el Acuerdo de París? 2016, de Convención Marco sobre el Cambio Climático, ONU Sitio web: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>

El “Acuerdo de París” se aprueba en 2015 dentro del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, número 21, celebrada en París, Francia. Este Acuerdo tiene como objetivos, combatir el cambio climático, reforzando la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir con los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 °C, así como acelerar e intensificar las acciones y las inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono.

Nacional

***Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano**

(Honorable Congreso de la Unión, México. (2019). DECRETO por el que se reforma la fracción XX del artículo 41 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y la fracción IX del artículo 8 de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano.

14/05/19, de Honorable Congreso de la Unión, México Sitio web:

https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5560381&fecha=14/05/2019

Tiene como objeto:

- I. “Fijar las normas básicas e instrumentos de gestión de observancia general, para ordenar el uso del territorio y los Asentamientos Humanos en el país, con pleno respeto a los derechos humanos, así como el cumplimiento de las obligaciones que tiene el Estado para promoverlos, respetarlos, protegerlos y garantizarlos plenamente”.
- II. “Establecer la concurrencia de la Federación, de las entidades federativas, los municipios y las Demarcaciones Territoriales para la planeación, ordenación y regulación de los Asentamientos Humanos en el territorio nacional”
- III. “Fijar los criterios para que, en el ámbito de sus respectivas competencias exista una efectiva congruencia, coordinación y participación entre la Federación, las entidades federativas, los municipios y las Demarcaciones Territoriales para la planeación de la Fundación, Crecimiento, Mejoramiento, consolidación y conservación de los Centros de Población y Asentamientos Humanos, garantizando en todo momento la protección y el acceso equitativo a los espacios públicos”.
- IV. “Definir los principios para determinar las Provisiones, Reservas, Usos del suelo y Destinos de áreas y predios que regulan la propiedad en los Centros de Población”.
- V. “Propiciar mecanismos que permitan la participación ciudadana en particular para las mujeres, jóvenes y personas en situación de vulnerabilidad, en los procesos de planeación y gestión del territorio con base en el acceso a información transparente, completa y oportuna, así como la creación de espacios e instrumentos que garanticen la corresponsabilidad del gobierno y la ciudadanía en la formulación, seguimiento y evaluación de la política pública en la materia”.
- Artículo 10, XXIV. “Prevenir y evitar la ocupación por asentamientos humanos en zonas de alto riesgo, de conformidad con los atlas de riesgo y en los términos de la legislación aplicable”.
- Artículo 29, III-f. “La congruencia con el atlas nacional de riesgos”.
- Artículo 46. “Los planes o programas de Desarrollo Urbano deberán considerar las normas oficiales mexicanas emitidas en la materia, las medidas y criterios en materia de Resiliencia previstos en el programa nacional de ordenamiento territorial y desarrollo urbano y en los atlas de riesgos para la definición de los Usos del suelo, Destinos y Reservas. Las autorizaciones de construcción, edificación, realización de obras de infraestructura que otorgue la Secretaría o las entidades federativas y los municipios deberán realizar un análisis de riesgo y en su caso definir las medidas de mitigación para su reducción en el marco de la Ley General de Protección Civil”.

***Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**

Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión, México. (2015). *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 2019*, de SEMARNAT Sitio web:

<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf>

Tiene como objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- I.- “Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud bienestar”.
- II. “Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación”.
- III. “La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente”.
- IV. “La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas”.
- V. “El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas”.

***Ley General de Cambio Climático**

Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión, México. (2018). *Ley General de Cambio Climático. 2018*, de Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión, México Sitio web:

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_130718.pdf

Tiene como objeto:

- I. “Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero”.
- II. “Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando, en su caso, lo previsto por el artículo 2o. de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma”.
- III. “Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático.
- IV. Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno”.
- V. “Fomentar la educación, investigación, desarrollo y transferencia de tecnología e innovación y difusión en materia de adaptación y mitigación al cambio climático”.
- VI. “Establecer las bases para la concertación con la sociedad; Fracción reformada DOF 13-07-2018
- VII. Promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable, de bajas emisiones de carbono y resiliente a los fenómenos hidrometeorológicos extremos asociados al cambio climático, y Fracción reformada DOF 13-07-2018”.

-VIII. “Establecer las bases para que México contribuya al cumplimiento del Acuerdo de París, que tiene entre sus objetivos mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 °C, con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir con los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C, con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático”.

***Ley General de Protección Civil**

Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión, México. (2018). Ley General de Protección Civil. 19/01/18, de Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión, México Sitio web: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC_190118.pdf

Capítulo XVIII. De los Atlas de Riesgos.

-Artículo 112. El Atlas Nacional de Riesgos deberá integrarse con los siguientes componentes:

--I. “Sistema de información: Plataforma informática basada en sistemas de información geográfica, compuesta por bases de datos georeferenciados y herramientas para la visualización de escenarios, cálculo, análisis espacial y temporal de los Riesgos y el uso de la información”.

--II. “Mapas de Peligros: Representación gráfica de la distribución espacial y temporal del resultado del análisis o modelaciones que expresan la intensidad, frecuencia o tasa de excedencia de los Peligros”

--III. “Mapa de susceptibilidad para el caso de laderas: Representación gráfica de la distribución geoespacial de la propensión de la inestabilidad de laderas, según la intensidad y variación de los factores condicionantes”

--IV. “Inventario de bienes expuestos: Base de datos georreferenciados sobre el número de personas, edificaciones, infraestructura, actividad productiva, capital ambiental, cultural o cualquier otro bien sujeto a los efectos de los Riesgos o Peligros. Se deberá expresar el valor de los bienes expuestos en términos económicos, sociales, históricos, culturales o ambientales, según corresponda, así como su jerarquización en términos estratégicos para la Continuidad de Operaciones”

--V. “Inventario de Vulnerabilidades: Base de datos georreferenciados con información relevante sobre la susceptibilidad de daño de los bienes expuestos y la capacidad de la sociedad para evitarlos y recuperarse ante su impacto. Se deberá hacer referencia a tipologías y características estructurales de edificaciones o infraestructura, de sus contenidos, catálogos de funciones de Vulnerabilidad y toda aquella información que permita inferir la magnitud de los daños físicos esperados ante la presencia de un fenómeno perturbador. También incluye indicadores sobre la organización y las condiciones sociales y económicas que limitan la Prevención y la capacidad de la sociedad para recuperarse ante el impacto de fenómenos perturbadores, percepción del Riesgo y género, entre otros”

--VI. “Mapas de Riesgo: Representación gráfica de la distribución espacial y temporal de daños y pérdidas esperadas, resultado de combinar los Peligros, los bienes expuestos y sus Vulnerabilidades”.

--VII. “Escenarios de Riesgo: Es la proyección de un futuro posible simulado y que será una herramienta de análisis prospectivo de daños y pérdidas para la implementación de políticas públicas”.

-Artículo 113. “La elaboración del Atlas Nacional de Riesgos se podrá realizar de manera permanente y por etapas progresivas. Cada una de estas etapas desarrollará o mejorará uno o varios de los componentes enumerados en el artículo anterior. Las actualizaciones del Atlas Nacional de Riesgos

reducirán la incertidumbre de la información, aumentarán la resolución o mejorarán las capacidades del Sistema Nacional en materia de Protección Civil.

El Atlas Nacional de Riesgos deberá cumplir con los lineamientos y terminología, con base en lo dispuesto en las guías que para tal efecto establezca el Centro Nacional”.

-Artículo 114. “La supervisión para la elaboración y actualización del Atlas Nacional de Riesgos y de los Atlas Estatales y Municipales de Riesgos a que hace referencia el artículo 19, fracción XXII, de la Ley, será de carácter eminentemente preventiva.

Antes de iniciar los trabajos para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos se deberá:

- I. Verificar que cada uno de los productos esperados corresponda a los componentes enumerados en el artículo 112 de este Reglamento;
- II. Delimitar las áreas de estudio;
- III. Enlistar la información base requerida para los análisis y modelaciones;
- IV. Describir las metodologías y programas de cómputo a emplear, y
- V. Manifiestar el perfil profesional de cada experto que intervendrá en el estudio.

Estatat

*Estrategia Territorial Sinaloa 2030

Secretaría de Desarrollo Sustentable, Sinaloa, México. (2018). *Estrategia Territorial Sinaloa 2030. 2018, de Secretaría de Desarrollo Sustentable, Sinaloa, México* Sitio web: https://media.transparencia.sinaloa.gob.mx/uploads/files/1/Estrategia%20Territorial%20Sinaloa%20030_24012018.pdf

Objetivo 4. Promover la resiliencia frente a los riesgos naturales y antropogénicos.

- 4a. Elaborar y actualizar los Atlas de Riesgos a nivel estatal y municipal, coordinando sus metodologías y resultados.
- 4b. Implementar las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático
- 4c. Incluir la prevención de riesgos, la resiliencia y la adaptación al cambio climático en los planes territoriales y urbanos
- 4d. Elaborar el Plan Municipal de Cambio Climático para todos los municipios de Sinaloa
- 4e. Elaborar el Plan Estatal de Resiliencia y Planes Municipales de Resiliencia.

*Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021

Quirino Ordaz Coppel. (2017). *Plan Estatal de Desarrollo 2017-2021. 2017, de Gobierno Estatal de Sinaloa* Sitio web: <https://sinaloa.gob.mx/uploads/2017/06/plan-estatal-de-desarrollo-sinaloa-2017-2021.pdf>

Eje IV. Seguridad Pública y Protección Civil.

--Diagnóstico General- Tema 2. Protección Civil. Atlas de Riesgos

Los Atlas de Riesgos se definen como sistemas integrales de información sobre los fenómenos perturbadores y sus daños esperados, resultado de un análisis espacial y temporal sobre la interacción entre los peligros, la vulnerabilidad y el grado de exposición de los sistemas afectables. Sinaloa cuenta con un documento desactualizado, denominado Atlas Estatal de Riesgos, que no cumple con el rigor científico y metodológico para publicarse como un instrumento de prevención.

***Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano para el Estado de Sinaloa**

Gobierno del Estado de Sinaloa, México. (2018). *Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano para el Estado de Sinaloa*. 28/02/2018, de Gobierno del Estado de Sinaloa, México Sitio web: http://www.transparenciasinaloa.gob.mx/images/stories/SCOP/Programas_y_servicios/Solicitudes_Relevantes/00755715/Transparencia_Normatividad_Ley_de_Development_Urbano_del_Estado_de_Sinaloa.pdf.

-Artículo Único. “Se expide la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sinaloa”.

-Artículo 52, XIII. “La congruencia con el Atlas Estatal y Municipal de Riesgos”

-Artículo 60, II. “Promover con las instancias competentes la elaboración del Atlas de Riesgo de la zona metropolitana”.

-Artículo 105. “Las zonas que se determinen de riesgo en los programas de desarrollo urbano, sólo podrán tener un uso, destino o aprovechamiento compatible con tal determinación y conforme a los atlas de riesgo correspondientes, previa autorización de las áreas de protección civil, tanto estatal, como municipal de acuerdo a su competencia”

-Artículo 254, I al VII. “Temas de Resiliencia, los Programas de Centros de Población y Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano”

-Artículo 255. “Tratándose de acciones, proyectos u obras que se encuentren ubicados en zonas de medio y alto riesgo, conforme a los Programas de Centros de Población y Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano o atlas de riesgo, las autoridades, previo a otorgar cualquier autorización para una acción urbanística, deberán solicitar al promovente un Dictamen de Riesgos y Vulnerabilidad, emitido por la autoridad correspondiente donde se identifiquen las medidas de mitigación aplicables, en los términos de las disposiciones de la presente Ley y las demás normas aplicables, para lo cual previamente se tendrá que presentar un Estudio de Prevención de Riesgo para su validación ante esa dependencia. En caso de que los dictámenes sean negativos, se negará los permisos correspondientes”.

-Artículo 260. “Los programas de desarrollo urbano de ámbito municipal, deberán observar en su contenido las políticas y estrategias de los Atlas de Riesgos, en caso de que el municipio no cuente con este instrumento, deberá integrar el análisis de manera que se puedan identificar las aptitudes del territorio por su vulnerabilidad y riesgos, así como las medidas y plazos para atender, mitigar y corregir los asentamientos que actualmente se encuentran en peligro, de acuerdo con la metodología oficial emitida por el gobierno federal”.

-Artículo 343, X. “Se consideran conductas violatorias o infracciones a la presente Ley, a los planes o programas de asentamientos humanos, ordenamiento territorial y desarrollo urbano”. -X.” Que el propietario, poseedor o responsable de obras que se lleven a cabo en inmuebles ubicados en zona de riesgos establecidos en el Atlas de Riesgo, realice obras o instalaciones y actos sin permiso o autorización, o teniéndolo no cumpla con el mismo”.

Municipal

***Plan Municipal de Desarrollo Mazatlán 2018-2021.**

Gobierno del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa, México. (2018). Plan Municipal de Desarrollo Mazatlán 2018-2021. 2018, de Gobierno del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa, México Sitio web: <http://www.mazatlan.gob.mx/wp-content/uploads/2019/06/Plan-Municipal-de-Desarrollo.pdf>

-Eje2. Prosperidad y crecimiento económico.

--Objetivo Estratégico 2.4. Consolidar la planeación del desarrollo urbano como herramienta jurídica para regular y ordenar el crecimiento urbano en el municipio.

***Perfil de resiliencia urbana de Mazatlán.**

Gobierno Municipal de Mazatlán, Sinaloa H. Ayuntamiento de Mazatlán. (2016). Perfil de resiliencia urbana de Mazatlán, Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa, México: N° de Obra 125D12PR000070

-Acciones derivadas de la actualización del Atlas Municipal de Riesgos.

***Plan Director de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Mazatlán**

Gobierno del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa, México. (2013). Plan Director de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Mazatlán. 2013 de Gobierno del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa, México Sitio web: <http://www.implanmazatlan.mx/planes2/plan-director-de-desarrollo-urbano.pdf>

Objetivos específicos. Riesgos y vulnerabilidades.

-Constituir un sistema para la prevención de peligros y la reducción de riesgos en los asentamientos humanos, donde tomará especial relevancia la generación de herramientas para incrementar la capacidad de adaptación de los sistemas urbanos.

-Generar las condiciones para una adecuada adaptación urbana a los fenómenos naturales y a los generados por el desarrollo humano.

-Impulsar una política de Estado que impida los asentamientos en zonas de riesgo y que propicie la reubicación de la población en condiciones de alta vulnerabilidad.

-Hacer congruente el marco normativo en materia urbana con el de protección civil y el ambiental.

-Involucrar a la ciudadanía en la determinación de las políticas públicas de carácter preventivo.

-Fortalecer la cultura de la prevención y de la autoprotección.

-Liberar la ocupación de zonas que representen algún tipo de riesgo para la población.

-Delimitar los asentamientos humanos, en zonas de riesgo, inestables y vulnerables por riesgos químicos.

-Reubicar las instalaciones que provoquen un riesgo en la ciudad.

-Desocupar las zonas con peligro de desprendimiento en cerros, cauces de arroyos y cauces pluviales en relación con lo planteado en el Atlas de Riesgos Naturales para el municipio de Mazatlán.

***Plan Parcial Centro Histórico de Mazatlán**

Gobierno del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa, México. (2013). Plan Parcial Centro Histórico de Mazatlán. 2013 de Gobierno del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa, México Sitio web: <http://www.implanmazatlan.mx/planes2/plan-parcial-centro-historico.pdf>

Diagnóstico. Párrafos Séptimo y Octavo

Es así como se hereda una traza de forma ortogonal, infraestructura y arquitectura propias de una planeación accidentada, desordenada y con un desarrollo limitado, es decir a corto plazo, que buscaba resolver una situación al inmediato más que de crear bases sólidas para el desarrollo de una sociedad en crecimiento.

Tales manifestaciones, producto de esa planeación tradicional, se ven reflejadas hasta nuestros días a través de las banquetas, la red de agua potable, drenaje sanitario, señalización y nomenclatura en mal estado, caos vial, contaminación del medio ambiente, visual y auditiva, exceso poblacional de fauna nociva, espacios susceptibles a inundaciones y deslaves, sin drenaje pluvial, electrificación etc. Con este legado llegamos al nuevo milenio con un Centro Histórico con tendencias a despoblarse por falta de apoyos a la vivienda, una infraestructura obsoleta o por finiquitar su vida útil, una planeación urbana limitada en muchos sentidos como los son los tiempos de duración de un gobierno a otro, la discontinuidad de los proyectos y la falta de recursos suficientes, entre otros. Un patrimonio cultural descuidado y endeble que provoca cambios parciales o totales en la imagen urbana, así como la destrucción del patrimonio arquitectónico, una movilidad precaria, aunque con muchas alternativas pero, sin el impulso y apoyo necesarios para implantar políticas de permanencia, cambios en el uso del suelo con tendencias al comercio exclusivamente desplazando otros usos(vivienda principalmente), etc.

***Plan Parcial de Desarrollo Urbano Corredor Mazatlán – Villa Unión**

Gobierno del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa, México. (2013). Plan Parcial de Desarrollo Urbano Corredor Mazatlán – Villa Unión. 2013 de Gobierno del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa, México Sitio web: <http://www.implanmazatlan.mx/planes2/plan-parcial-de-desarrollo-urbano-corredor-mazatlan-villa-union.pdf>

Diagnóstico. Amenazas.

-Consolidación de la tendencia de la expansión urbana sin directrices de planificación con la consiguiente afectación de las áreas de valor agrícola y establecimiento en zonas de alto riesgo de inundación.

***Plan Parcial de Desarrollo Urbano Acceso Libramiento Norte**

Gobierno del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa, México. (2013). Plan Parcial de Desarrollo Urbano Acceso Libramiento Norte. 2013 de Gobierno del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa, México Sitio web: <http://www.implanmazatlan.mx/planes2/PPDU-acceso-libramiento-norte.pdf>

Análisis de la problemática y diagnóstico.

-Análisis del Medio Físico Natural y Transformado.

1.3 Antecedentes

La ciudad de Mazatlán conocida también como la **Perla del Pacífico**; nombre que se le da por ser considerada como uno de los polos turísticos más importantes de México, pertenece al estado de Sinaloa siendo el segundo municipio en orden de importancia, después de Culiacán. Suelen disputarse la importancia ya que dichas ciudades son consideradas como centros de negocios, destacando en la ciudad de Mazatlán la ubicación del puerto más importante en el extenso del litoral del Pacífico Mexicano.

Dada la importancia de la ciudad de Mazatlán y por ser cabeza de municipio del mismo nombre, en el año de 2011 se realizó el primer Atlas de Riesgo a nivel municipal en el que se incluía toda la extensión territorial del municipio. Por su relevancia y los embates hidrometeorológicos que la ciudad afronta periódicamente es menester contar con un Atlas de Riesgos para Mazatlán que constituya un paso importante en la conformación de instrumentos técnico-normativos en materia de planeación urbana. Ejemplo de ello, fue la lluvia extraordinaria del 28 de noviembre 2019 donde se presentó el máximo histórico en lo que refiere a lluvias acumuladas en 24 horas así como su precipitación puntual en una hora, valores que superan a los que tiene la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a través de observaciones que posee desde el año de 1930 a la fecha, esta lluvia tuvo una magnitud de **250.2 milímetros** acumulados en todo el día y de **94 milímetros** registrados a las 5:00 horas del día en cuestión, esta información valiosa la proporcionó el Observatorio Meteorológico de superficie ubicado en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, el cual pertenece a la Red Nacional de Observatorios Meteorológicos en Superficie, operados por el Servicio Meteorológico Nacional; dependencia del gobierno federal que pertenece a la CONAGUA.

Esta lluvia máxima histórica generó inundaciones fluviales y pluviales, lo que puso en un estado de emergencia a la ciudad (Fotografía I.01).

Este tipo de eventos resaltan la importancia de actualizar el Atlas de Riesgos, ya que en el estudio previo realizado en 2011 no se contemplaron todas las zonas que se anegaron con la inundación ocurrida en el 28 de noviembre del 2019, que, por mencionar algunas de ellas se encuentran las colonias López Mateos, Jacarandas, Toreo y parcialidades de la zona Dorada, cabe hacer mención que la colonia López Mateos presentó en el Atlas de Riesgos 2011 un indicador de riesgo bajo siendo una de las zonas con mayor afectación (Diario El Debate edición del 02 de diciembre del 2019)

Es claro que eventos de esta naturaleza no pudieron estar contemplados en el Atlas de Riesgos del año de 2011 ya que por la naturaleza del clima variante y los efectos antropogénicos que pudieran incidir en la incorporación de nuevas zonas urbanas con alto potencial de sufrir las inclemencias de este tipo de fenómenos.



Fotografía I.01. Afectaciones por la inundación ocurrida el 28 de noviembre de 2019, zona conocida como el Toreo.

Fuente. Periódico El Debate ¹

Otro foco de atención para Mazatlán, son las inundaciones provocadas por el arroyo Jabalines cuyo cauce fluye por más de 11 km en la zona urbana de la ciudad hasta su desembocadura al estero Infiernillo, el cual ha tenido modificaciones en su forma natural, lo que ha ocasionado que este escurrimiento se desborde y provoque daños a la población, comercios, industria e infraestructura municipal.

La incidencia directa de la trayectoria de los Huracanes que azotan al pacífico mexicano es un fenómeno que no es extraño visualizar en el espacio territorial de la ciudad de Mazatlán, ya que, a esta ubicación se contabilizan 9 impactos directos de huracanes, siendo Olivia en 1975 el que presentó mayores efectos destructivos, en la figura I.3.01 se presenta la trayectoria del huracán Olivia que alcanzó categoría 3 en la escala Saffir Simpson antes de tocar tierra con rachas de viento sostenidas superiores a los 222 km/h.

¹ <https://www.debate.com.mx/mazatlan/Atlas-de-Riesgos-Naturales-de-Mazatlan-continua-desfasado-20191202-0067.html>

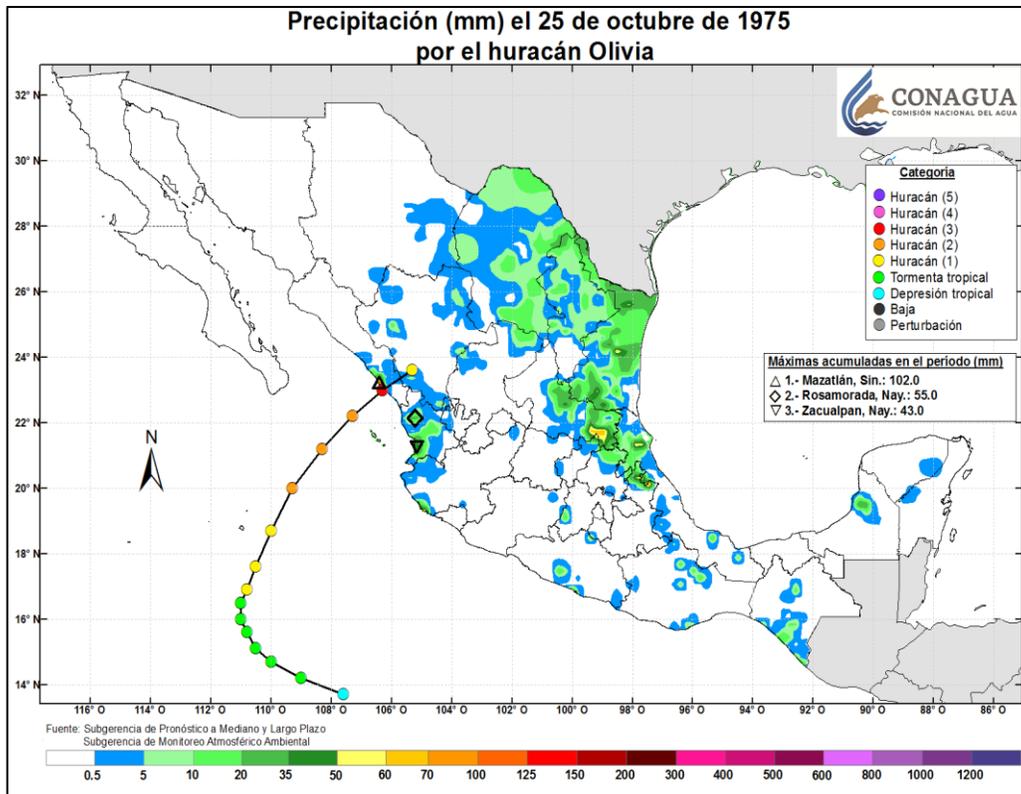


Figura I.3.01. Trayectoria del huracán Olivia en el año de 1975
Fuente. Servicio Meteorológico Nacional²

Los fenómenos de tipo geológicos están presentes en la ciudad de Mazatlán los cuales se han manifestado de las siguientes formas:

Flujos de tierra: La incidencia de las ondas tropicales en la zona urbana genera flujos de detritos y escombros.

Caídos o derrumbes: En el año del 2010, se documentaron caídas de bloques en las faldas de cerros aledaños a la ciudad.

Sismos: De acuerdo con información recopilada del 1º de enero del 2008 al 20 de noviembre del 2019 por el Servicio Sismológico Nacional (SSN), en el estado de Sinaloa se han registrado 640 sismos, sin embargo, ninguno se tiene reportado con epicentro en el municipio de Mazatlán.

Por otra parte, dejar por un lado a los riesgos no naturales (**Riesgos Químicos Tecnológicos**) que pueden provocar daños catastróficos a todo lo que se encuentre en su área de influencia dejaría a la ciudad de Mazatlán en estado de indefensión, un claro ejemplo de ellos son los hidrocarburos que llegan al puerto de Mazatlán, se almacenan y se distribuyen por los diferentes ductos construidos para tal propósito. Estos inician en el muelle fiscal atravesando las avenidas Emilio Barragán y Gabriel Leyva hasta llegar a la planta de Pemex en la colonia Esperanza con un recorrido de 7 kilómetros 273 metros. La tubería para el combustóleo que utiliza la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para su planta Termoeléctrica empieza en el muelle fiscal y llega hasta la termoeléctrica José Aceves Pozos, en su longitud la red es de 12 kilómetros y 40 metros (**Noroeste Mazatlán, 30/VII/2006**).

² <https://smn.conagua.gob.mx/es/ciclones-tropicales/lluvias-asociadas-a-ciclones-tropicales>

1.4 Objetivos

1.4.1 Generales

El objetivo general de esta Actualización y Ampliación del Atlas de Riesgo de la Ciudad de Mazatlán, Sinaloa, es integrar una herramienta de carácter preventivo ante los posibles escenarios de riesgos que puedan estar sujetos a la ciudad, actualizando los fenómenos perturbadores, incorporando elementos de precisión e integrando la información disponible de peligros geológicos, hidrometeorológicos y químicos - tecnológicos, así como de la vulnerabilidad física y social de Mazatlán, con el fin de proponer medidas que orienten su reducción, prevención de emergencias y desastres, así como para la mitigación de los riesgos existentes y futuros para generar un instrumento rector para la toma de todas las decisiones en que interactúen Riesgo-Fenómeno-Población-Administración Municipal.

Esta herramienta neurálgica integra a todos los participantes en el entorno definido previamente (área en estudio) y considera a todos los artífices del sistema, medio ambiente, sociedad y gobernanza.

1.4.2. Específicos

1. Incorporar aquellas zonas frecuentemente afectadas por los peligros identificados, que no hayan sido contempladas en el primer Atlas de Riesgo (2011) en la ciudad de Mazatlán.
2. Identificar la población expuesta, la capacidad de prevención y respuesta de las autoridades, la percepción local para analizar el nivel de vulnerabilidad de la comunidad ante los peligros existentes en la ciudad de Mazatlán.
3. Contar con un inventario de los bienes expuestos con el posible nivel de daño ante los diversos fenómenos naturales.
4. Identificar las medidas de mitigación y disminución del riesgo en la ciudad de Mazatlán.
5. Identificar las zonas de resguardo para la población en la ciudad de Mazatlán.
6. Contar con un documento y plataforma estratégica que permita tener información precisa sobre los efectos de los fenómenos naturales y químicos – tecnológicos en la ciudad de Mazatlán.
7. Generar un Atlas de Riesgo de Digital con acceso público en plataforma de internet (página web).

1.5.- Mapa Base

1.5.1. Localización

La ciudad de Mazatlán se localiza en la porción suroriental del estado de Sinaloa, entre los 23° 10' 56" 13' y 23° 17' 12" de latitud norte y los 106° 21' 15" y 106° 27' 52" de longitud oeste, con una altitud que oscila entre los 0 y los 150 metros s.n.m. Cuenta con una superficie de alrededor de 93.23 km² de acuerdo con la información del Instituto Catastral del Estado de Sinaloa; dentro de la región geográfica denominada como Valle de Mazatlán. Para llegar a la ciudad y puerto de Mazatlán desde la capital del estado, se parte por la autopista 15D o por la carretera federal 15 hacia el sur; o bien, partiendo de la ciudad de México, hacia el norponiente por las Autopistas México - Guadalajara – Mazatlán.

Para los efectos de esta Actualización y Ampliación del Atlas de Riesgos el Instituto Municipal de Planeación de Mazatlán (IMPLAN) determinó como territorio específico del Área de Estudio el polígono que integra a la zona urbana de la Ciudad de Mazatlán y la zona rural colindante descritas en la figura I.5.01. En ese mismo sentido y con el objetivo de realizar a la mejor escala posible los procedimientos de análisis geoespacial en temas de identificación y valoración de peligros y riesgos por los diferentes fenómenos, se realizó un vuelo fotogramétrico el día 27 de diciembre de 2019 para obtener un mosaico ortorrectificado que cubre el Área de Estudio en su totalidad. Dicho mosaico cuenta con una resolución espacial de 10 cm por píxel y sirvió para la identificación e inventario de bienes expuestos en las zonas identificadas por cada fenómeno perturbador. Con los productos del mismo vuelo se conformaron las curvas de nivel con un metro de equidistancia y el modelo digital de terreno con el mismo nivel de resolución espacial (1 metro); con estos instrumentos, aunados a la investigación científica y otras valiosas herramientas, se realizaron diversos modelos de exposición y se fabricaron los diferentes entornos de peligro con sus respectivos periodos de retorno, con ello se lograron integrar los diversos mapas de peligros, mapas de susceptibilidad para el caso de la inestabilidad de laderas y de inundación, inventario de bienes expuestos, inventarios de vulnerabilidades, mapas de riesgos y escenarios de riesgos.

Es imprescindible señalar que este Atlas de Riesgos es el primero en México en llevar a cabo sus procedimientos con el nivel de definición señalado, así mismo, que no es la casualidad sino la visión del IMPLAN de Mazatlán para que los habitantes del municipio y cualquier otra persona pueda contar con información altamente detallada de los aspectos físicos, sociales y naturales que conviven permanentemente en la vida cotidiana de los Mazatlecos.



Fotografía I.02. Imagen del Estadio Teodoro Mariscal en el mosaico ortorrectificado.
Fuente. Elaboración propia con los productos del vuelo fotogramétrico

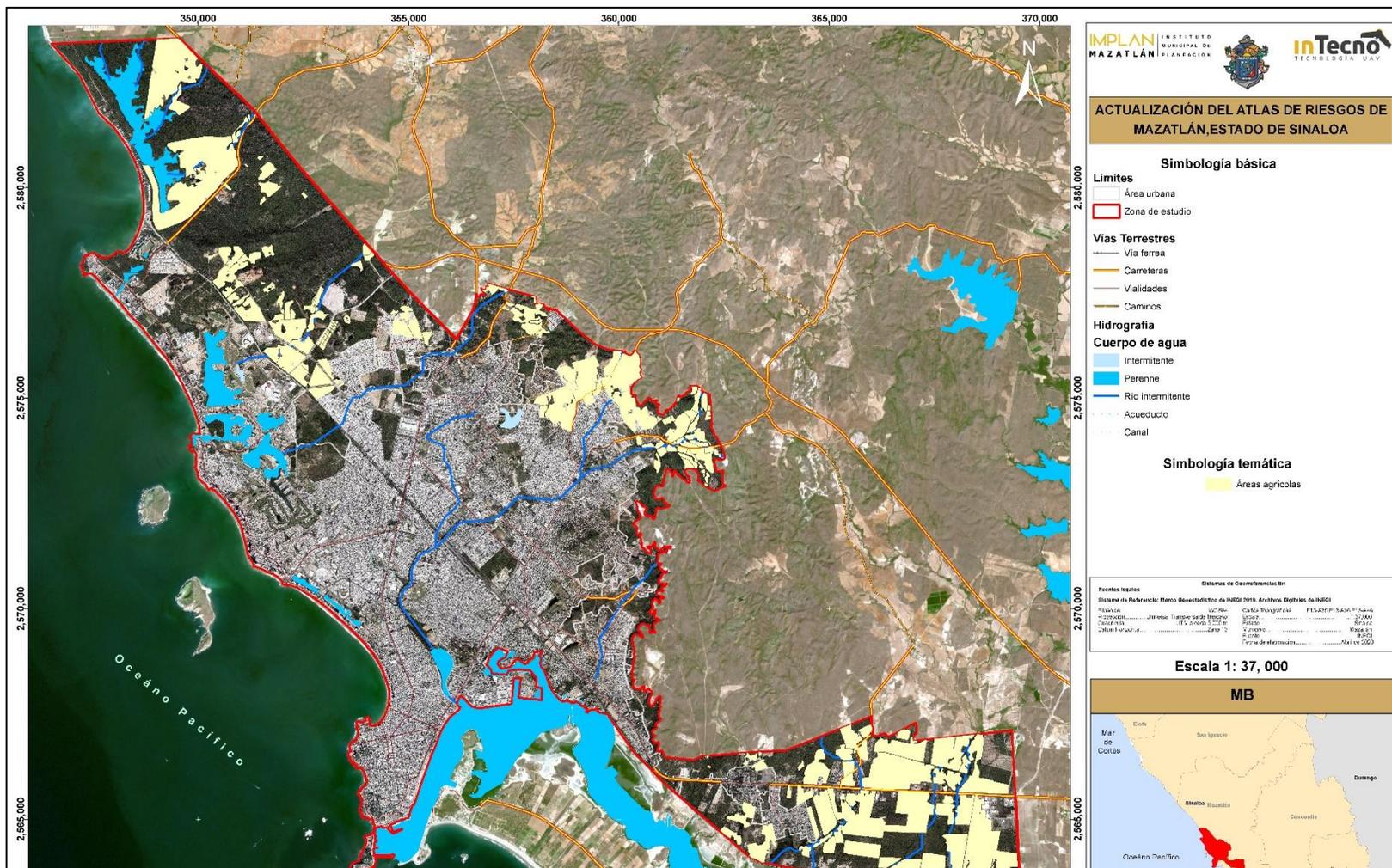


Figura I.5.01. Mapa base de Mazatlán.
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI

1.6 Caracterización de los Elementos del Medio Natural

1.6.1 Fisiografía

La ciudad y área conurbada de Mazatlán, se encuentra ubicada entre la llanura costera del Pacífico y las estribaciones de la Sierra Madre Occidental Figura I.6.01. Es una franja alargada de dirección NW-SE de unos 41 km lineales y en su parte central tiene 15 km de ancho con una dirección NE-SW. El desarrollo de la zona urbana inició en la parte central al noreste del cerro El Vigía, continuando su desarrollo sobre la llanura costera, en algunas zonas con topografías de menos de tres metros por debajo del nivel del mar y hacia el este de la línea costera hasta llegar a los límites topográficos de la serranía de Urías.

Estos relieves se caracterizan por tener un desnivel poco pronunciado y en ocasiones nulo.

En su porción central está rodeada por pequeñas serranías no mayores a los 210 msnm. Las elevaciones de 10 a 40 msnm se encuentran en la parte norte de la mancha urbana donde actualmente se extiende la ciudad de Mazatlán (Figura I.6.01). En zona sureste de la ciudad se observan llanuras de inundación y pantanos alineados paralelos a la costa; esta franja está cubierta en su mayor parte por materiales aluviales y marinos costeros que bajan de las partes altas y se depositan en la zona costera.

En el plano de altitudes se puede observar que el área en donde se desarrolló la ciudad de Mazatlán está limitada por una serranía en forma de herradura con una planicie hacia el sur de esta. En las figuras I.6.02 y I.6.03, se aprecia un alineamiento de las sierras N-S y NE-SW, y en la parte norte se forma una alineación que se presenta en los pequeños lomeríos que van de los 10 hasta los 45 metros s.n.m. con rumbo E-W. Finalmente, en la parte sureste las topoformas están conformadas por una meseta aluvial, así como zona de esteros, las cuales no presentan desarrollo de lomeríos importantes.

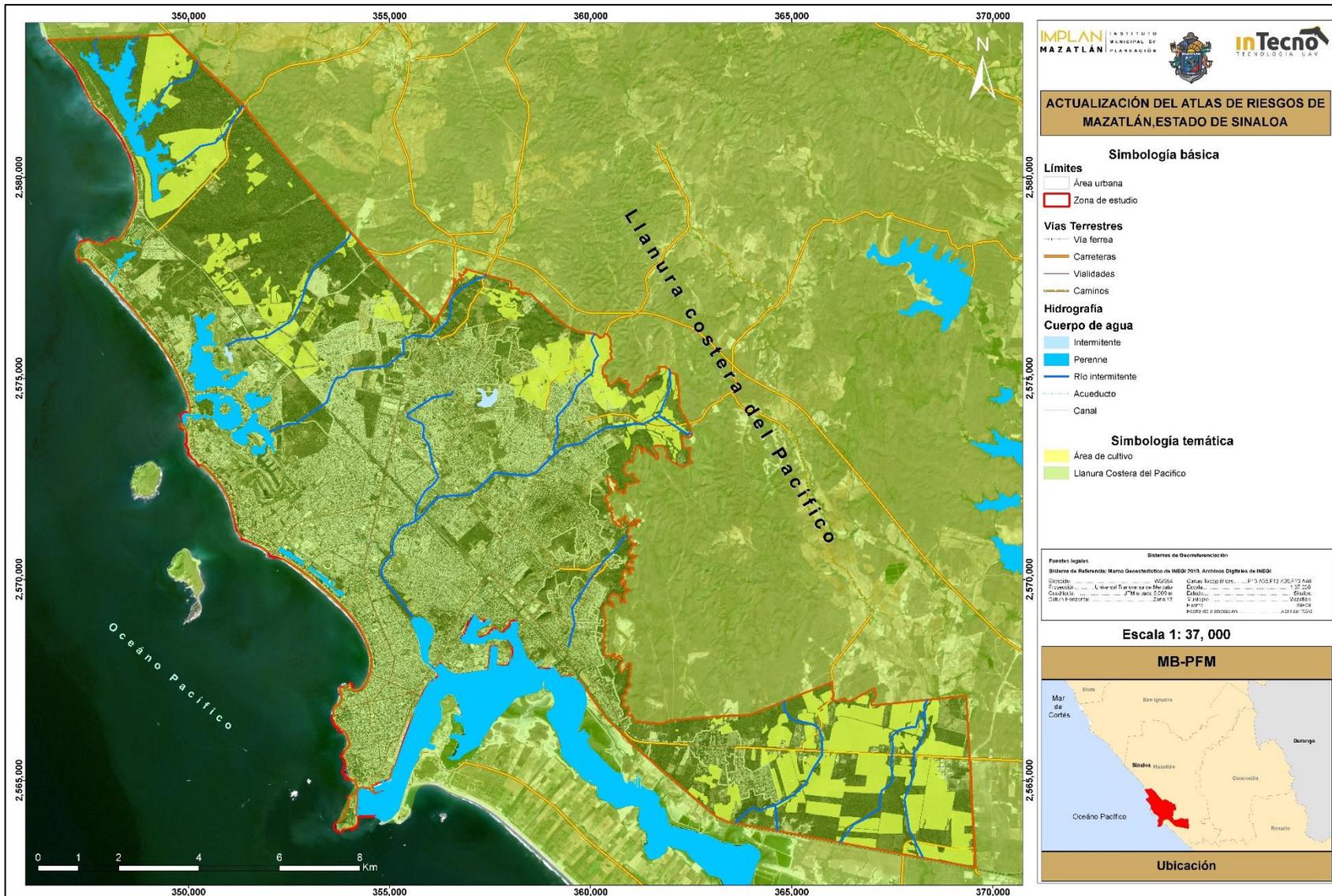


Figura I.6.01. Provincias Fisiográficas de Mazatlán.
 Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI

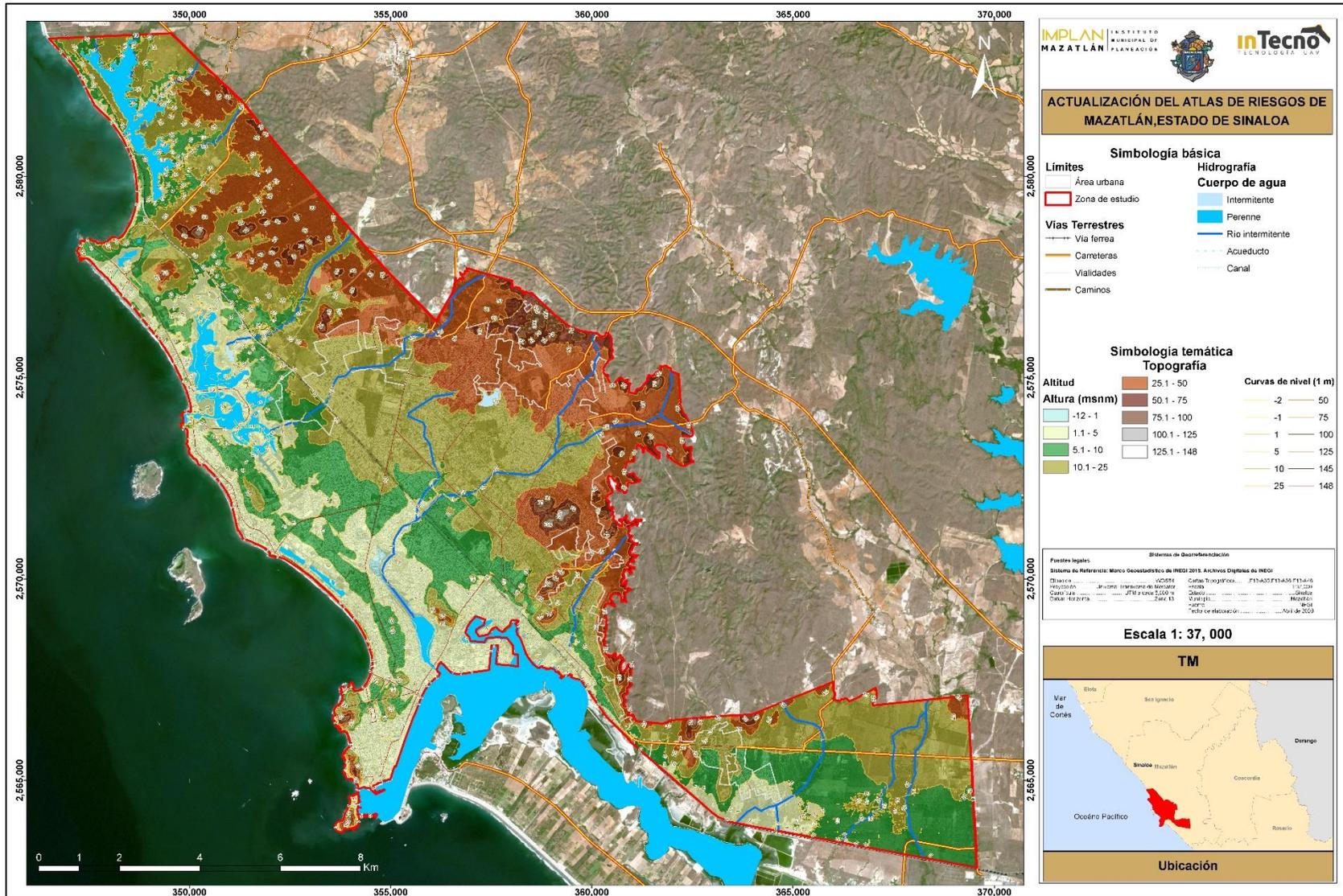


Figura I.6.02. Topoformas de Mazatlán.
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI

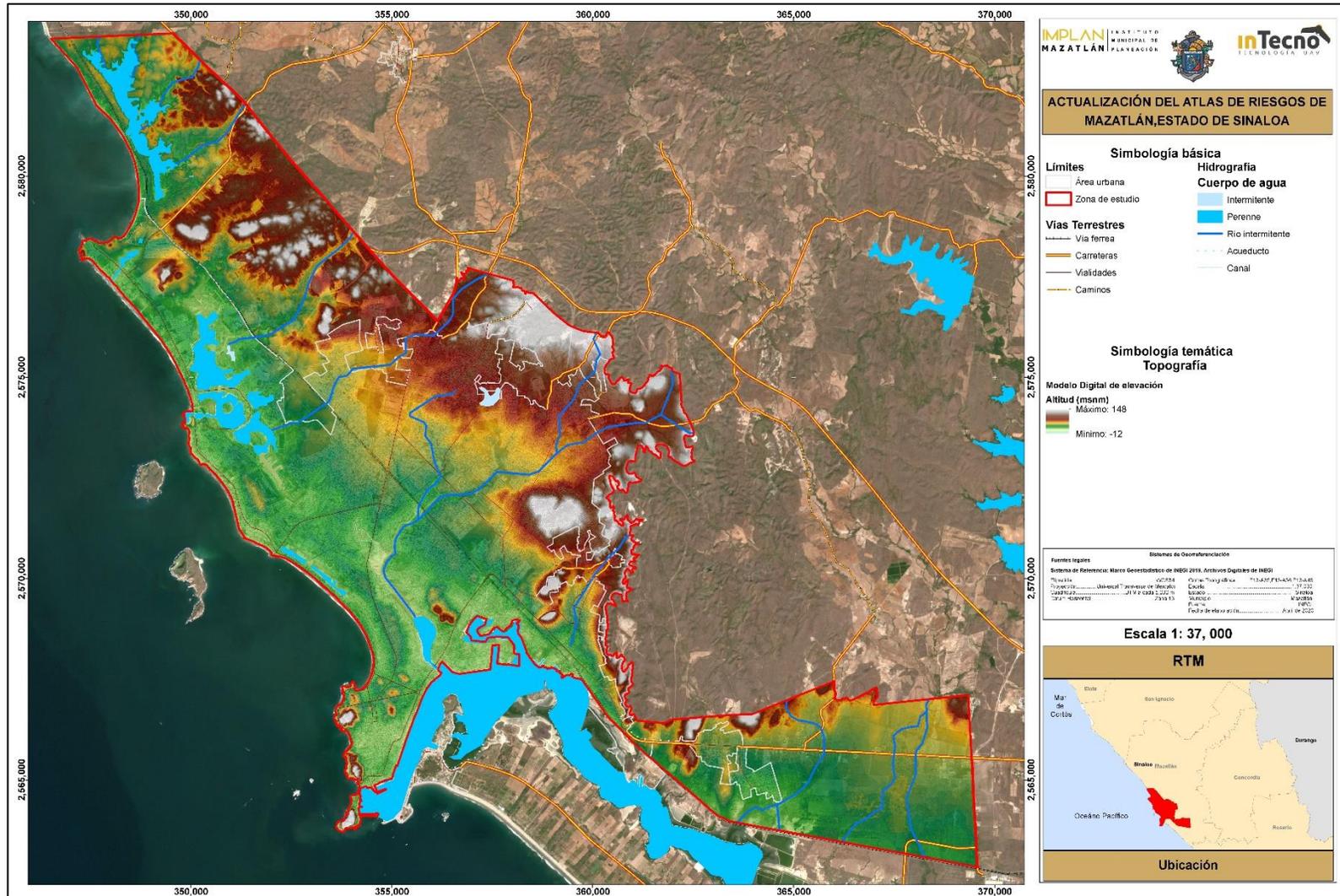
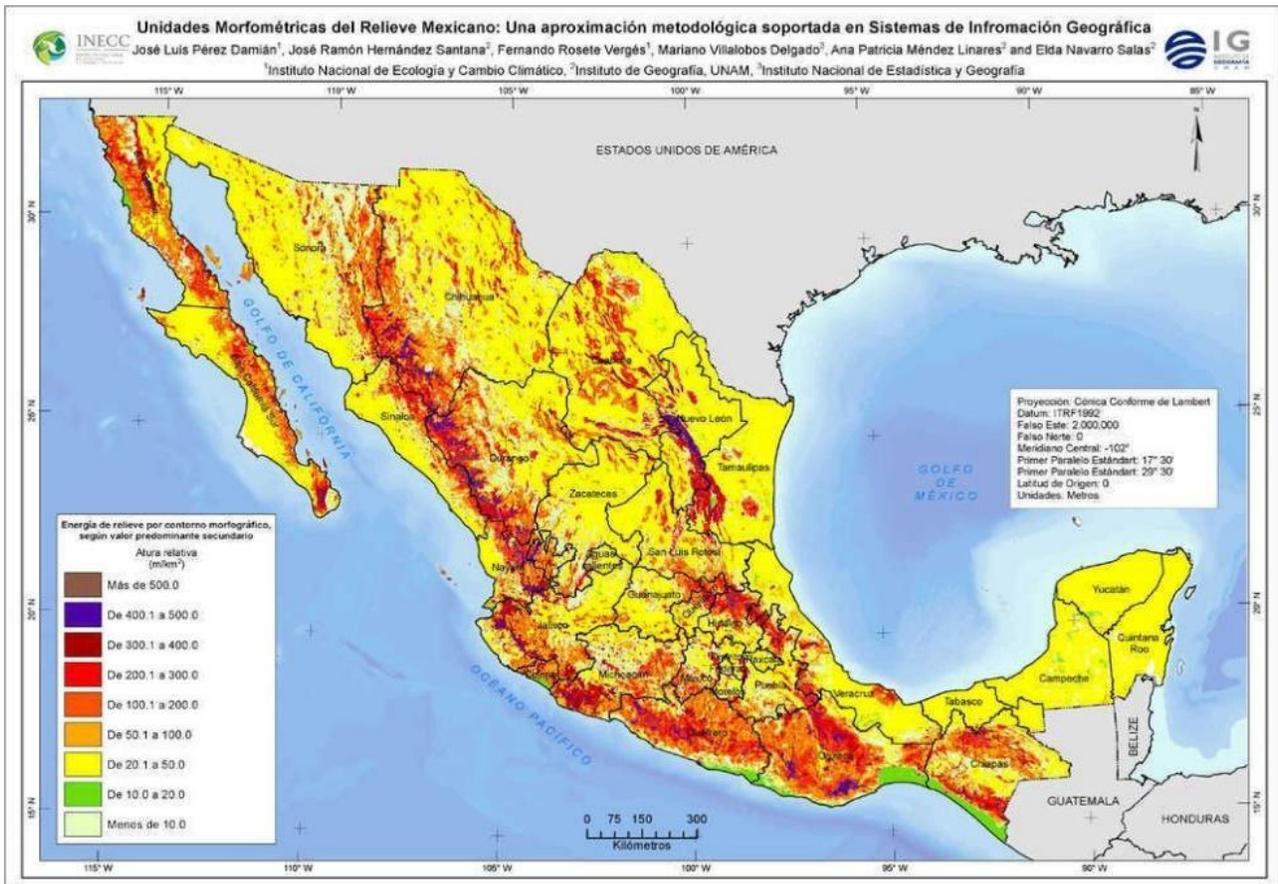


Figura I.6.03. Relieve topográfico de la zona de Mazatlán
Fuente. Elaboración propia derivada del vuelo fotogramétrico del 27-Dic-2019

1.6.2 Geomorfología

La ciudad de Mazatlán se caracteriza principalmente por tener dos topofomas distintas, desde la zona de Valle de Mazatlán con una alta infraestructura y desarrollo turístico y una alta riqueza agrícola y acuícola que es en donde se aloja tanto el acuífero del río Presidio (2509), como la zona de humedales y las lagunas que circundan la parte sureste de la ciudad.

En las zonas aledañas se observan elevaciones de hasta los 210 metros s.n.m. representadas por sierras de origen volcánico conformadas por rocas de composición riolítica, así como depósitos piroclásticos, rocas intrusivas y metamórficas. Las elevaciones mayores se localizan en la porción suroriental de la ciudad, en la parte oriental en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental y hacia la parte noroeste de la ciudad (Figura I.6.04).



Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. 2017;2017:49-63

Figura I.6.04. Unidades Morfométricas de México
Fuente. Instituto de Geografía, UNAM.

En la figura I.6.05 se observa que la mayor parte de la zona de estudio está constituida por terrenos planos (mesetas); al norte por una pequeña porción de lomeríos con un avanzado estado de erosión, conformada por formaciones de rocas de composición ignimbrítica y al este por la sierra de la Herradura. El 100% de los terrenos se localizan por abajo de los 300 metros s.n.m., y en la zona centro norte de la ciudad paralela a la línea de costa se tienen niveles por debajo de los cuatro metros bajo el nivel medio del mar.



Figura I.6.05. Subprovincia Fisiográfica de la Llanura Costera del Pacífico
Fuente. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Las geformas terrestres de la región de Mazatlán incluyen dos subprovincias fisiográficas principales (Figura I.6.05):

- 1) La subprovincia de la Llanura Costera de Mazatlán (INEGI s.f.), también denominada como subprovincia de Sierras Sepultadas y Planicie Costera por Raisz (1959), la cual se extiende a lo largo de la zona costera del Pacífico, conformada por aluvión y arenas limosas, detritos provenientes de las partes elevadas, como resultado de los fenómenos del movimiento lateral de las placas tectónicas asociadas, siendo una de estas la falla de San Andrés, así como de los procesos exógenos de alteración y transportes de material de la Sierra Madre Occidental, creándose la planicie costera actual, de tal manera que solamente sobresalen algunas de las cimas de las cordilleras sepultadas como pequeñas sierras aisladas.
- 2) La Subprovincia de Pie de la Sierra (INEGI), denominada también como Sierras de Pie de Monte por Raisz (1959), presenta una característica distintiva con altas mesetas constituidas por rocas ígneas tanto intrusivas como extrusivas, lo que generó metamorfismo regional y local en algunas zonas, así como una serie de rocas vulcano-sedimentarias, las cuales hacia la parte oriental del área adquieren elevaciones mayores, conformando la morfología actual de esta subprovincia.

1.6.3 Marco Geológico

Las unidades litoestratigráficas que afloran dentro de la zona, presentan un rango de edad que abarca desde el Paleozoico Superior hasta el Reciente. Están caracterizadas por rocas: metasedimentarias, intrusivas, volcánicas y depósitos no consolidados, las cuales se distribuyen de la siguiente manera (Figura I.6.06).

Las rocas más antiguas que afloran en el área de estudio están representadas por esquistos, pizarras y filitas, que forman parte de la secuencia terrígena metamorfizada de la Formación Venadillo (Figura I.6.06).

Arredondo-Guerrero (2004), define informalmente como Formación Venadillo a una secuencia turbidítica conformada por lutitas y areniscas de origen abanico submarino, cuya Edad es del Pre-Valanginiense (pre-Jurásico Tardío). Su isotopía Sm/Nd y edades modelo Nd (TDM) de 1.3-1.5 Ga indican una procedencia posiblemente cratónica, la cual fue depositada en un margen pasivo; esta secuencia presenta un grado bajo de metamorfismo regional de la facies esquistos verdes (Figura I.6.06).

Durante el Cretácico Superior y hasta el Paleoceno, ocurre el emplazamiento de cuerpos batolíticos de composición granítica y granodiorítica, que afectan a la secuencia de rocas del Mesozoico Temprano, incluidas las rocas del terreno Tahue.

Durante el Eoceno y atribuido al grupo de rocas postectónicas del Batolito de Sinaloa, ocurre el emplazamiento de rocas intrusivas graníticas e hipabisales relacionadas con la mineralización. Éstas se observan en forma de troncos, abarcando una serie de composiciones, desde dioritas y pórfidos andesíticos hasta pórfidos graníticos y cuarzo monzoníticos tal y como se observa en los intrusivos de Malpica en la carta Villa Unión F13-A46 (mina La Cobriza) de 53.8 ± 0.6 Ma (Henry, 1975, en Damon, 1983) y Tameapa 55.3 ± 1.2 Ma (Damon, 1983).

Durante el Oligoceno-Mioceno Medio, ocurre un vulcanismo efusivo caracterizado por tobas y rocas piroclásticas de composición dacítica a riolítica, coronadas por un paquete de ignimbritas con esporádicos horizontes de basalto. Fredrickson (1974), define a esta secuencia como "Grupo Volcánico Superior" (GVS), asignándole un espesor de hasta 1,000 metros de potencia.

Para el Mioceno Tardío, Henry y Aranda (2000), reportan un evento distensivo en el sur de Sinaloa, que origina cuencas de tipo medio graben, en donde se observan rocas volcánicas del GVS, predominantemente flujos y tobas de composición dacítica, datadas en 22.3 ± 0.6 Ma (Henry and Fredrikson, 1987, en Henry y Aranda 2000), cubiertas por una secuencia de conglomerados mal clasificados, de gravas gruesas con horizontes de areniscas y tobas riolíticas; estos conglomerados se encuentran afectados por diques de composición andesítica datados en 10.7 ± 0.2 Ma, lo que sugiere que el material del relleno de cuencas se originó entre los 21 y 11 Ma.

Para el Reciente, se tienen depósitos de detritos, no consolidados, originados a partir de rocas preexistentes, y que pueden ser separados debido a su ambiente de depósito y granulometría en depósitos de limo y arena, aluvión, rocas palustres y de litoral (Figura I.6.06).

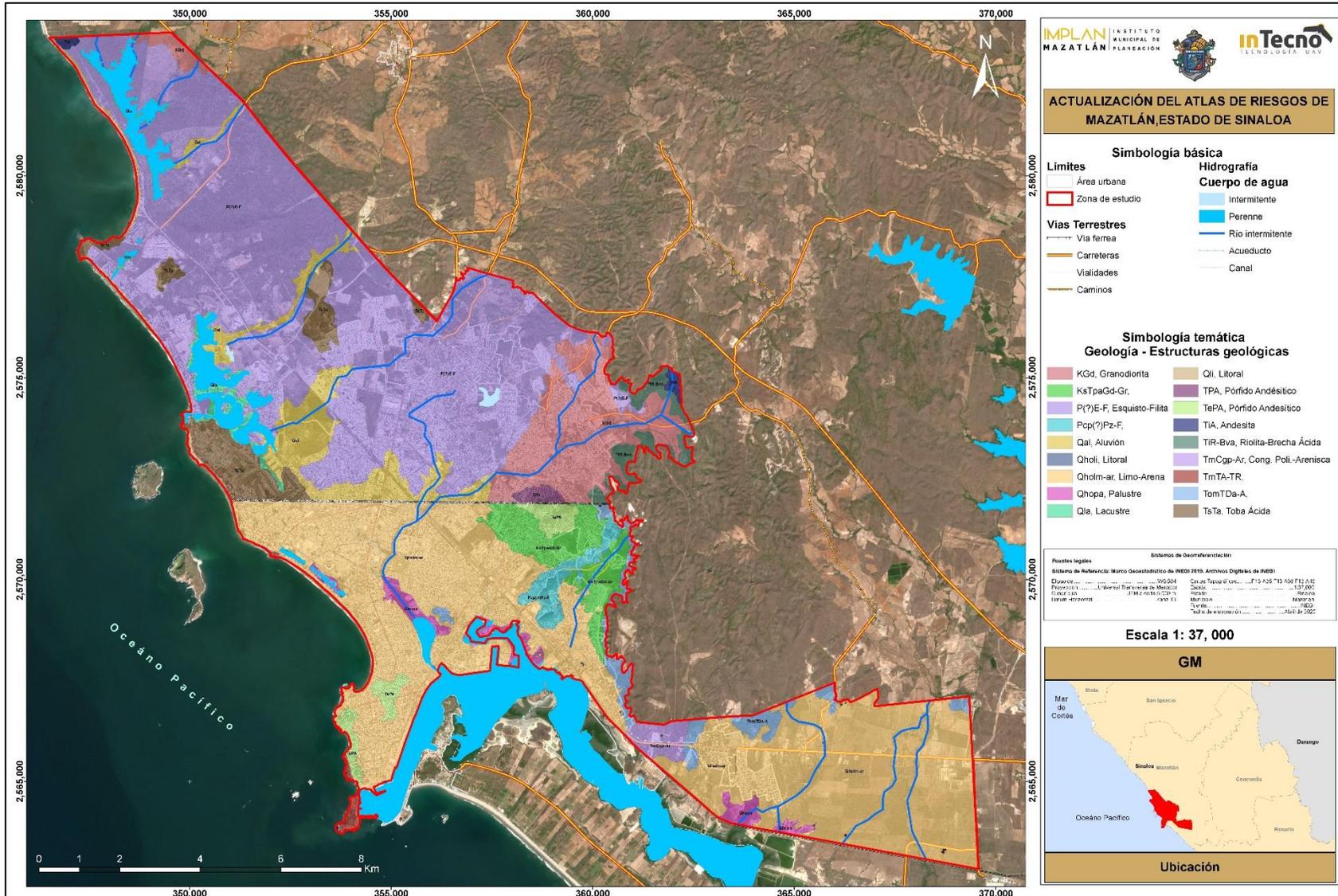


Figura I.6.06. Geología de Mazatlán.
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI

1.6.4 Geología Estructural

Tectonoestratigráficamente y tomando como base los trabajos publicados por Campa y Coney (1982), el área de estudio se ubica dentro del Terreno Guerrero y la cobertura volcánica de la Sierra Madre Occidental.

Campa y Coney (1983), definen al Terreno Guerrero como un paquete litológico, de Edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior, compuesto por una secuencia volcánica submarina y sedimentaria, la cual se extiende por la costa del Pacífico Mexicano, desde Sinaloa en la parte norte, hasta Zihuatanejo, Guerrero en la porción sur, incluyendo partes de Zacatecas y Guanajuato en México central (Mendoza y Suastegui, 2000). Posteriormente, Centeno et al. (2008), renombran a estas secuencias como Terreno Compuesto Guerrero, subdividiéndolo en al menos 5 terrenos, entre ellos el terreno Tahue, ubicado a lo largo del Estado de Sinaloa.

Estructuralmente la zona de estudio se ubica en una porción de una predominante deformación frágil, representada por una serie de lineamientos de rumbo NNW-SSE, en donde se puede observar una serie de bloques controlados por estos lineamientos, pudiéndose interpretar como una serie de fallas escalonadas que conforman estructuras de semi-graben ("Half-Graben"), que corresponden a bloques hundidos, limitados por una falla directa en uno de los extremos, los cuales están estrechamente relacionadas a la actividad tectónica de la Provincia Extensional del Golfo de California. Así mismo, se pueden observar algunos lineamientos curvos, que son truncados por lineamientos NNE-SSW; estos lineamientos se relacionan estrechamente con cuerpos subvolcánicos y probables estructuras antiguas.

El primer evento geológico que se conoce en el área es la sedimentación del paquete metasedimentario de Edad Paleozoico de la Formación Venadillo, el cual se originó a partir de corrientes de turbidez ya que presenta características sedimentológicas correspondientes a las facies tipo "Bouma", depositadas en un ambiente de abanico submarino formado con detritos provenientes del cratón norteamericano (Arredondo-Guerrero, 2004).

De acuerdo con las ideas más aceptadas, la subducción del piso oceánico, debajo del margen occidental de América del Norte, comenzó en el Triásico Medio-Tardío, como consecuencia de la extensión intracontinental asociada al rompimiento de Pangea (Dickinson y Lawton, 2001; Dickinson, 2006, en Valencia-Moreno y Ortega-Rivera, 2011), esto puede corresponder al evento de deformación más antiguo en la región, manifestándose en el plegamiento y foliación de la Formación Venadillo (Fotografía I.03).

La actividad orogénica asociada a la Orogenia Laramide se debió a la subducción sostenida de la placa oceánica Farallón, debajo del borde occidental de la placa continental América del Norte, la cual dejó marcadas evidencias de su paso por el noroeste de México, especialmente durante el Cretácico y el Paleógeno. Entre estas marcas, destaca el emplazamiento de la porción sur de un batolito que conforman las Sierras Peninsulares a través de Baja California y en la porción occidental de Sinaloa, así como del cinturón volcánico-plutónico laramídico en Sonora y Sinaloa (Valencia Moreno y Ortega-Rivera, 2011).

Durante el fin del Cretácico y principio del Terciario, el magmatismo en el norte de México estuvo dominado por la actividad de un arco denominado "Laramide", por ser contemporáneo con el periodo en que se desarrolló la deformación laramídica en Norteamérica. La actividad de este arco produjo una gran cantidad de rocas plutónicas (Batolito de Sinaloa) y volcánicas del Complejo Volcánico Inferior (Ferrari, et al., 2005), de la Sierra Madre Occidental (Fotografías I.04 y I.05).

Para el Oligoceno tardío-Mioceno, el desarrollo del arco magmático de la Sierra Madre Occidental culmina con el depósito de un paquete predominantemente de composición riolítica. La gran y potente sucesión ignimbrítica de la Sierra Madre occidental cuenta con espesores de más de 1,000 metros,

que cubre gran parte del occidente de México (McDowell y Clabaugh, 1979, en Ferrari *et al.*, 2005). Inmediatamente después del evento compresivo de la Orogenia Laramide, comienza una etapa de relajación cortical, provocando un evento distensivo que afectó a las rocas preexistentes.

Aranda-Gómez (2000), propone que dentro del “Supergrupo Volcánico Superior”, ocurrieron al menos cuatro pulsos magmáticos calcoalcalinos simultáneos con procesos de fallamiento normal, los cuales se dieron entre los 32-27 Ma, 24-20 Ma, 12 a 10 Ma y < 5 Ma, provocando que el frente del vulcanismo asociado a la subducción y el fallamiento normal intenso, se desplazaran de NE a SW y fueron reemplazados hacia el interior del continente por una actividad alcalina intraplaca y extensión de menor magnitud (Provincia Extensional del Golfo de California) (Figura I.6.07).

Las rocas plutónicas e hipabisales mencionadas, dieron origen a yacimientos minerales, que de acuerdo a la carta geológica- minera Mazatlán (SGM F13-A45, escala 1:50,000), puede contener principalmente yacimientos minerales de forma irregular, con mineralización diseminada y en “stockwork”, asociados a yacimientos de tipo pórfido de Cu y Au, así como vetas epitermales con valores de Ag, Pb-Zn y Cu, relacionados a los sistemas de fallamiento NW-SE, NE-SW y emplazamiento de rocas hipabisales y subvolcánicas.

Durante el Eoceno, el margen activo provocó el emplazamiento de cuerpos subvolcánicos de composición diorítica que han arrojado edades K-Ar de 39.9 a 36.6 Ma, así como un batolito granodiorítico-diorítico fechado en 45.1 Ma (Enríquez y Rivera, 2001, en Ferrari *et al.*, 2005). En el sur de Sinaloa el río Piaxtla ha disectado un profundo cañón que expone por lo menos 1,500 metros de la secuencia volcánica de Edad Eocénica.



Fotografía I.03. Cerro Colorado, Formación Venadillo del Paleozoico



Fotografía I.04. Cerro El Vigía conformado por rocas de composición andesítica.



Fotografía I.05. Cerro de Nevería constituido por de rocas andesíticas compactas de color verde olivo

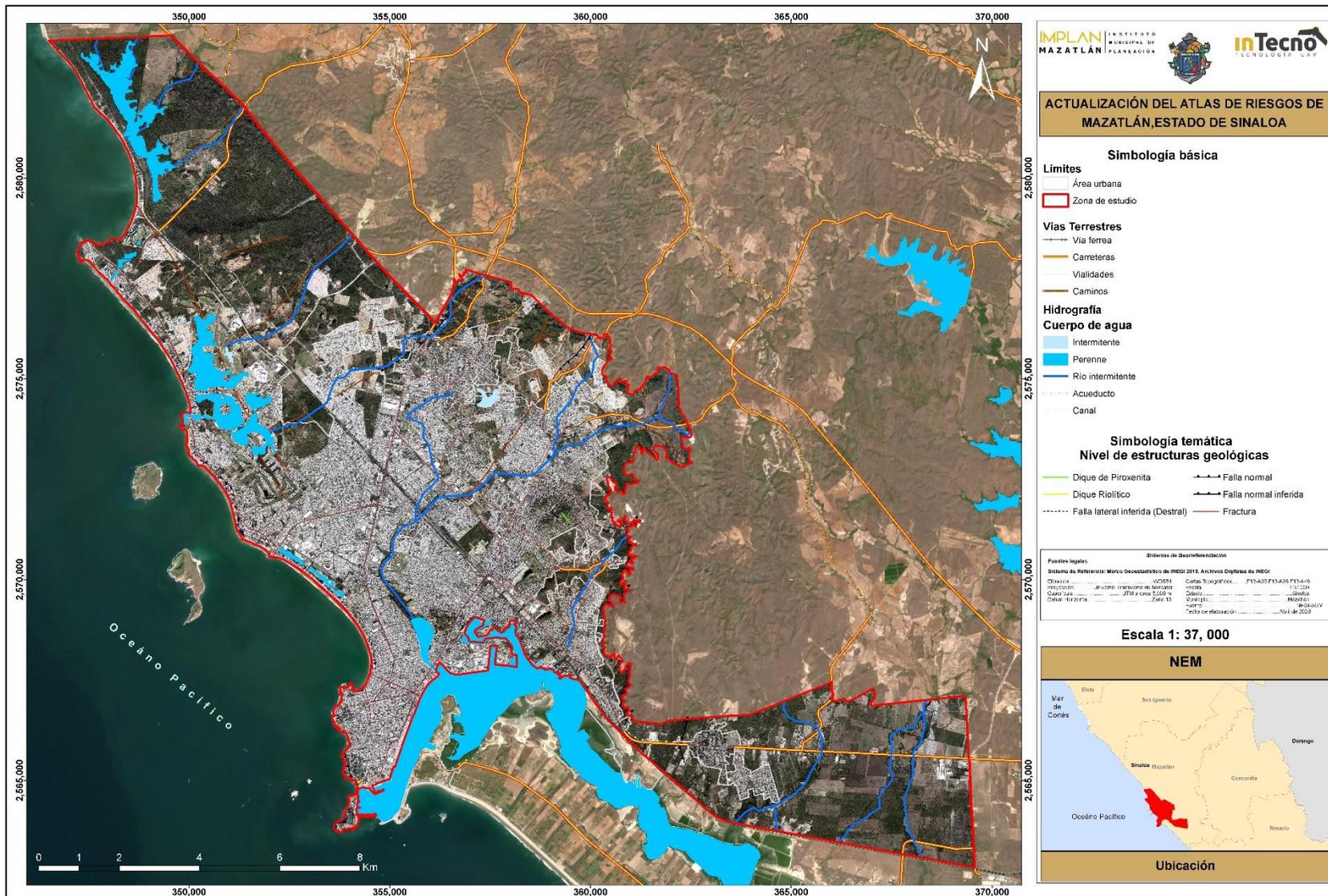


Figura I.6.07.- Nivel estructural de Mazatlán.
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI y SGM

En el Mioceno Temprano, se inicia la orogenia distensiva denominada “Cuencas y Sierras” (“*Basin and Ranges*”), que produjo el levantamiento y basculamiento de bloques asociados a fallas normales con rumbo NNW-SSE, que dieron origen a depósitos clásticos continentales en las zonas de los grabens.

Para el Mioceno Tardío, Henry y Aranda (2000) reportan un evento distensivo al sur de Sinaloa, cuyos esfuerzos de extensión se dieron en dirección E-NE, originando estructuras de rumbo NNW-SSE, con inclinaciones que van de los 40° a los 70°. La edad de este evento fue determinada en ~12 Ma, con base a muestras determinadas en diques de composición máfica ubicados a 25 km al este de Mazatlán, los cuales fueron los conductos alimentadores de flujos de lava basáltica extendidos en la zona y que conforman una serie de mesetas.

Del Pleistoceno al Reciente comienza a delinarse la llanura costera debido al fallamiento en bloques con direcciones NW-SE, que favoreció la formación de deltas y paleodeltas, representados por depósitos de terrazas y abanicos, llanuras deltaicas, bermas y dunas, zonas de manglar, depósitos de llanura de inundación, así como arenas, limos y arcillas.



Fotografía I.06. Afloramiento de rocas ígneas con un sistema de fracturamiento de dirección NW-SE, con inclinaciones mayores a los 70°, con grandes bloques a favor del talud, los que pueden llegar a colapsar y afectar vehículos, inmuebles y lo más grave a personas.

Dentro de la ciudad existen varias zonas con un peligro inminente de deslizamiento o caída de bloques de los taludes que se encuentran expuestos a la intemperie, como son los cerros de El vigía, Nevería y Cerro Colorado (Fotografías I.03 a I.05) y recientemente los nuevos desarrollos habitacionales como Valle Verde al oriente de la ciudad (Fotografía I.07), los cuales se desarrollaron cortando cerros para hacer planicies dejando expuestos taludes de más de 12 metros de altura que carecen de protecciones adecuadas y que representan un riesgo para los habitantes de la zona.



Fotografía I.07. Afloramiento en donde se observa que el corte del cerro del fraccionamiento Valle Verde, tiene taludes con inclinaciones de 75° y un sistema de fracturamiento de dirección NW-SE, con emplazamiento de diques de composición aplítica y andesítica.

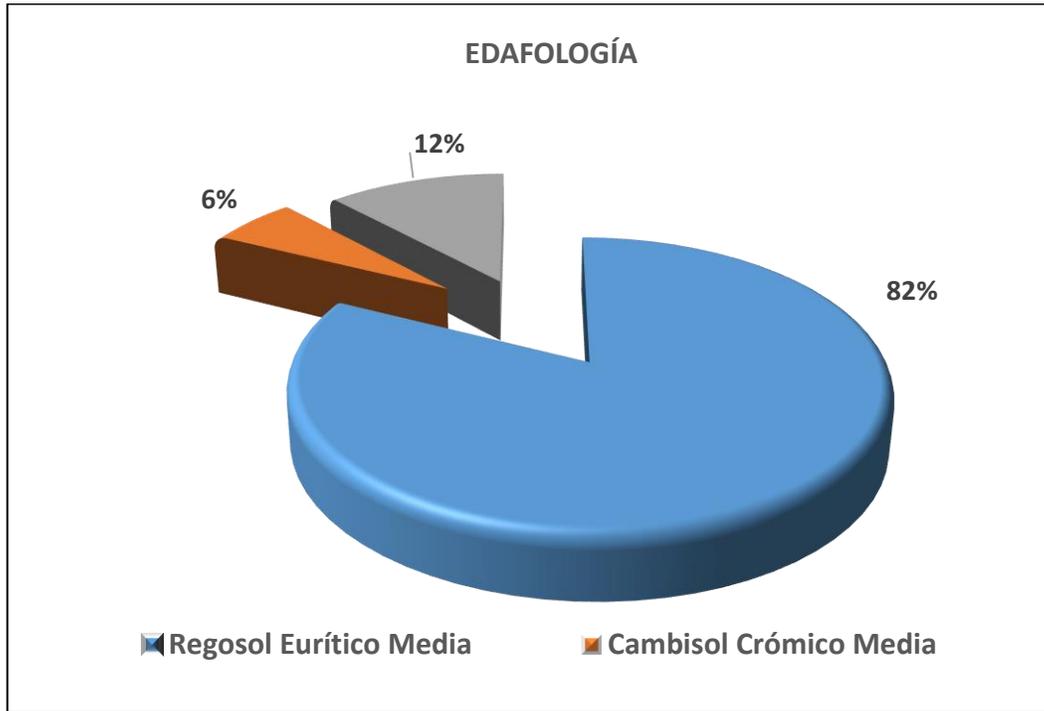
Es importante el desarrollo de monitoreo y tratamiento constructivo de estos taludes para minimizar el peligro y el riesgo para la población civil ante un eventual deslizamiento de bloques, ya que se existen bloques que, de continuar su deterioro, podrían afectar la infraestructura civil construida, un ejemplo de estos es el cerro El Vigía, en el cual se detectaron bloques sueltos que con las lluvias pueden colapsar (Fotografía I.08).



Fotografía I.08 Afloramiento al sur del cerro El Vigía, en donde se observa un bloque de andesita (círculo rojo) desprendido y con peligro de continuar su trayecto hacia la avenida Venustiano Carranza, se observa también los desprendimientos del suelo alterado sobre la guarnición y sobre la calle de la avenida.

1.6.5 Edafología

El suelo dominante en el entorno que ocupa la zona en estudio es el suelo tipo Regosol Eurítico, con textura media y fase física tipo lítica; representando el 82.3% de toda la superficie. Este mismo tipo de suelo se presenta en 11.9% del área; con una textura gruesa, con fase química tipo sódica, ver gráfica I.03. y figura I.6.08.



Gráfica I.03. Distribución del tipo de suelos, polígono en estudio, Mazatlán, Sinaloa.

Fuente. Elaboración propia con información de INEGI

Las características principales de estos suelos dominantes se definen a continuación:

- Los suelos de tipo **Regosoles**³, son suelos poco desarrollados, formados a partir de materiales de tobas y cenizas volcánicas no consolidadas en las unidades montañosas y de depósitos fluviomarinos en el litoral; generalmente tienen más de 100 cm de profundidad, hasta donde pueden limitarse por una fase dúrica o pedregosa. El horizonte de diagnóstico es un “A” ócrico o úmbrico con estructuras poco desarrolladas y sueltas; las texturas son gruesas y varían de arenas limosas a arenas; los colores se caracterizan por pardos claros; sus pH’s varían de neutros a ligeramente alcalinos.
- En las sierras se localizan en terrenos abruptos de taludes bajos, medios y altos, sobre pendientes mayores de 8 grados (16 %). La vocación de estos suelos es forestal de bosques mixtos, matorrales de encinos y selvas bajas. En materiales alcalinos, soportan el uso agrícola moderado, mismo que está condicionado por la profundidad y la pedregosidad superficial, así como, la disponibilidad de agua.

³ INEGI. Aspectos generales del territorio mexicano. Recursos Naturales. Edafología. Disponible en: <http://mapserver.inegi.org.mx>

- Los **Cambisoles**; se caracterizan por los suelos que se encuentran con etapas de formación truncadas, por erosión o cubrimiento con capas de materiales de brechas y tobas volcánicas. Su morfología presenta horizontes “A” delgados, del tipo ócricos, úmbricos o móllicos, sobreyaciendo a un horizonte “B” cámbico que es el que sirve de diagnóstico del perfil. Este horizonte presenta una saturación de bases menor del 50 % (en acetato de amonio); su pH varía de ligeramente ácido a neutro; sus texturas van de arenas limosas a limo arcillosas y la estructura es subangular con bloque de tamaño medio a pequeño; el color varía entre gris oscuro, marrón y amarillo claro.
- El material parental de estos suelos en el horizonte cámbico se compone básicamente de capas de cenizas volcánicas cuya intemperización química genera la formación de los llamados “tepetates” que son duripanes y fragipanes, en las que se han formado láminas y vetas de calcificación, silificación y ferruginización.

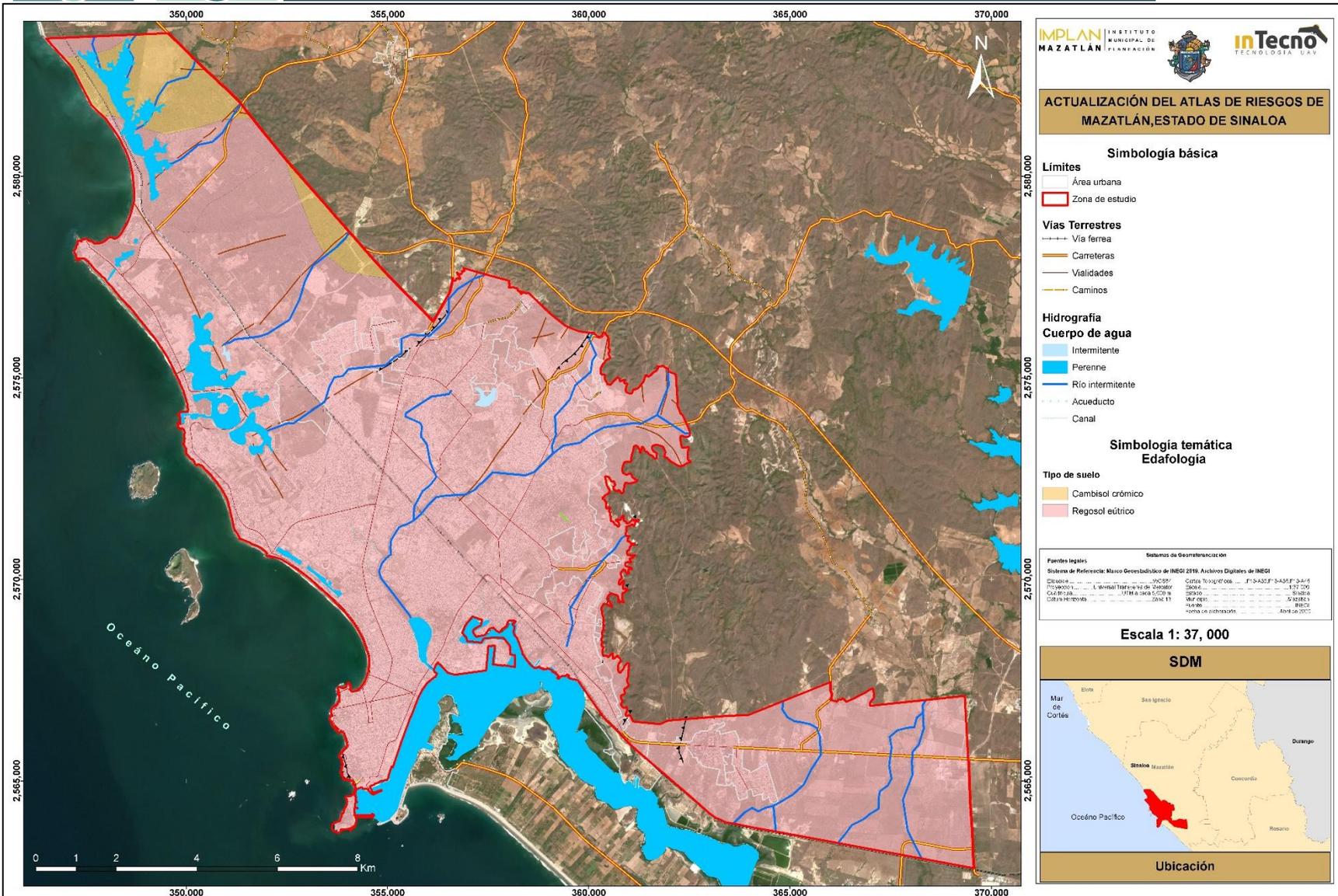


Figura I.6.08.- Suelos dominantes de Mazatlán.

Fuente. Elaboración propia

1.6.6 Hidrografía

Uno de los principales escurrimientos en la ciudad de Mazatlán es el arroyo Jabalines, el cual es de tipo intermitente, con un desarrollo de 11 kilómetros en la zona urbana de Mazatlán, con una dirección de flujo sureste y número de orden 4 (Strahler, A.N., 1952; Horton, R.E., 1945); este canal natural desemboca en el estero el Infiernillo, ver fotografía I.09 y figura I.6.09. Además de este cauce, se encuentran 52 escurrimientos más que atraviesan la ciudad, dejando a su paso en ocasiones encharcamientos e inundaciones, en la Tabla I.01 se muestran sus principales características y en la figura I.6.10 se presentan la localización de 12 sitios donde se ubican las fotografías I.10 a I.21 que fueron tomadas en campo para caracterizar físicamente estos escurrimientos.

Dada su relevancia en cuanto a afectaciones recurrentes a la zona urbana de Mazatlán, se tiene el arroyo denominado Jabalines, el cual nace al noreste de la ciudad, en el lugar llamado la Quebrada; en ese lugar este escurrimiento recibe el nombre de Arroyo el Conchi, mismo que cambia aguas abajo por el de Arroyo Jabalines. Recorre una longitud de 13.57 km desde su inicio hasta la desembocadura con el estero Infiernillo.



Fotografía I.09. Estero Infiernillo, zona de la descarga del Arroyo Jabalines. **Fuente.** Elaboración propia

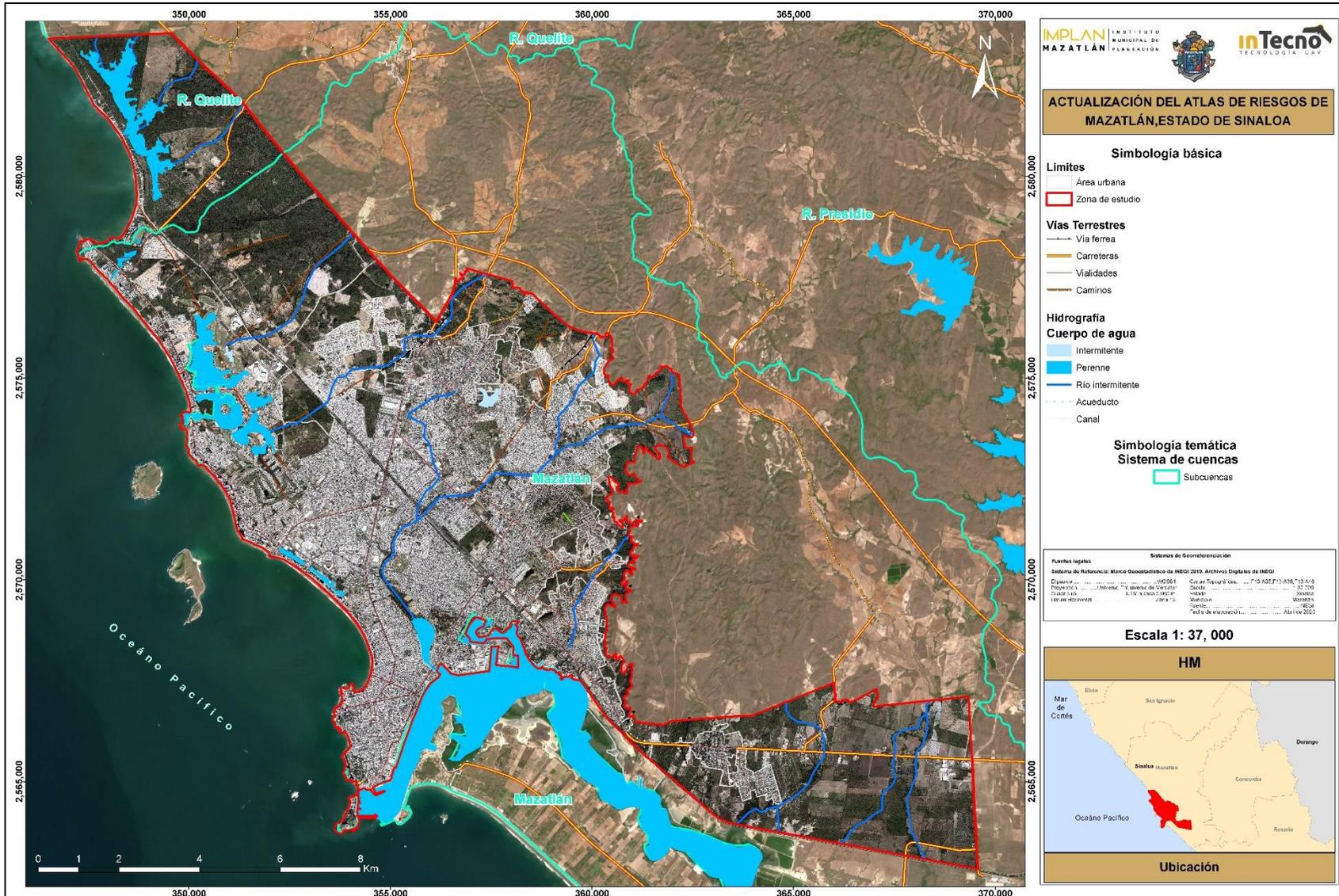


Figura I.6.09. Hidrografía
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI

#	Tipo	Condición	Nombre Común	Longitud (km)
1	Arroyo	Intermitente	JABALINES	13.57
2	Arroyo	Intermitente	VENADILLO-CID	8.75
3	Arroyo	Intermitente	SAN MARCOS-ALLENDE	6.21
4	Arroyo	Intermitente	JUAREZ-INTERNACIONAL-AZTECA	4.54
5	Arroyo	Intermitente	ALBORADA-URIAS-MAZINDUSTRIAL	4.37
6	Arroyo	Intermitente	SAN ANTONIO-PRESA DEL VALLE MUNICH-VILLA VERDE	4.06
7	Arroyo	Intermitente	UNIVERSO-HDA VICTORIAMZT 3-CAMPO GOLF-FCO IMA	4.05
8	Arroyo	Intermitente	BIMBO-PEMEX-CAFE MARINO-JESUS GARCIA-AZTECA	2.95
9	Arroyo	Intermitente	SANCHEZ CELIS-TOREO-CID	2.43
10	Arroyo	Intermitente	VILLA TUTULI-MAÑANITAS-VILLA VERDE	2.33
11	Arroyo	Intermitente	PROGRESO-PRADERA	2.17
12	Arroyo	Intermitente	CLOUTHIER-MELINA-PEMEX	2.03
13	Arroyo	Intermitente	INF. PLAYAS-JACARANDAS	1.97
14	Arroyo	Intermitente	CAMINO ARMADILLO-PRADERA-PROGRESO-TORRES BODET	1.96
15	Arroyo	Intermitente	CRUZ LGA	1.85
16	Arroyo	Intermitente	LA RAQUETA-CLOUTHIER	1.70
17	Arroyo	Intermitente	CHULAVISTA-DORADOS DE VILLA-FED 3-AV LA MARINA	1.59
18	Arroyo	Intermitente	FM-NIÑOS-HEROES-JESUS GARCIA	1.58
19	Arroyo	Intermitente	LCATSIN-CLOUTHIER	1.24
20	Arroyo	Intermitente	VALLES DEL EJIDO-H DEL PESCADOR	1.19
21	Arroyo	Intermitente	BICENTENARIO-FCO VILLA	1.10
22	Arroyo	Intermitente	CHOLOLOS-MAGUEYES-CHONITA-ARROYO JABALINES	1.10
23	Arroyo	Intermitente	FCO. VILLA- AV. LA MARINA	1.08
24	Arroyo	Intermitente	BUENOS AIRES-MAÑANITAS	0.65
25	Arroyo	Intermitente	REFORMA	0.62
26	Arroyo	Intermitente	FELIPE ANGELES-FRANCISCO VILLA	0.50
27	Arroyo	Intermitente	AV. LA MARINA-HOME DEPOT	0.26

Tabla I.01 Inventario de escurrimientos en la Ciudad de Mazatlán

Fuente. Protección Civil, Municipal

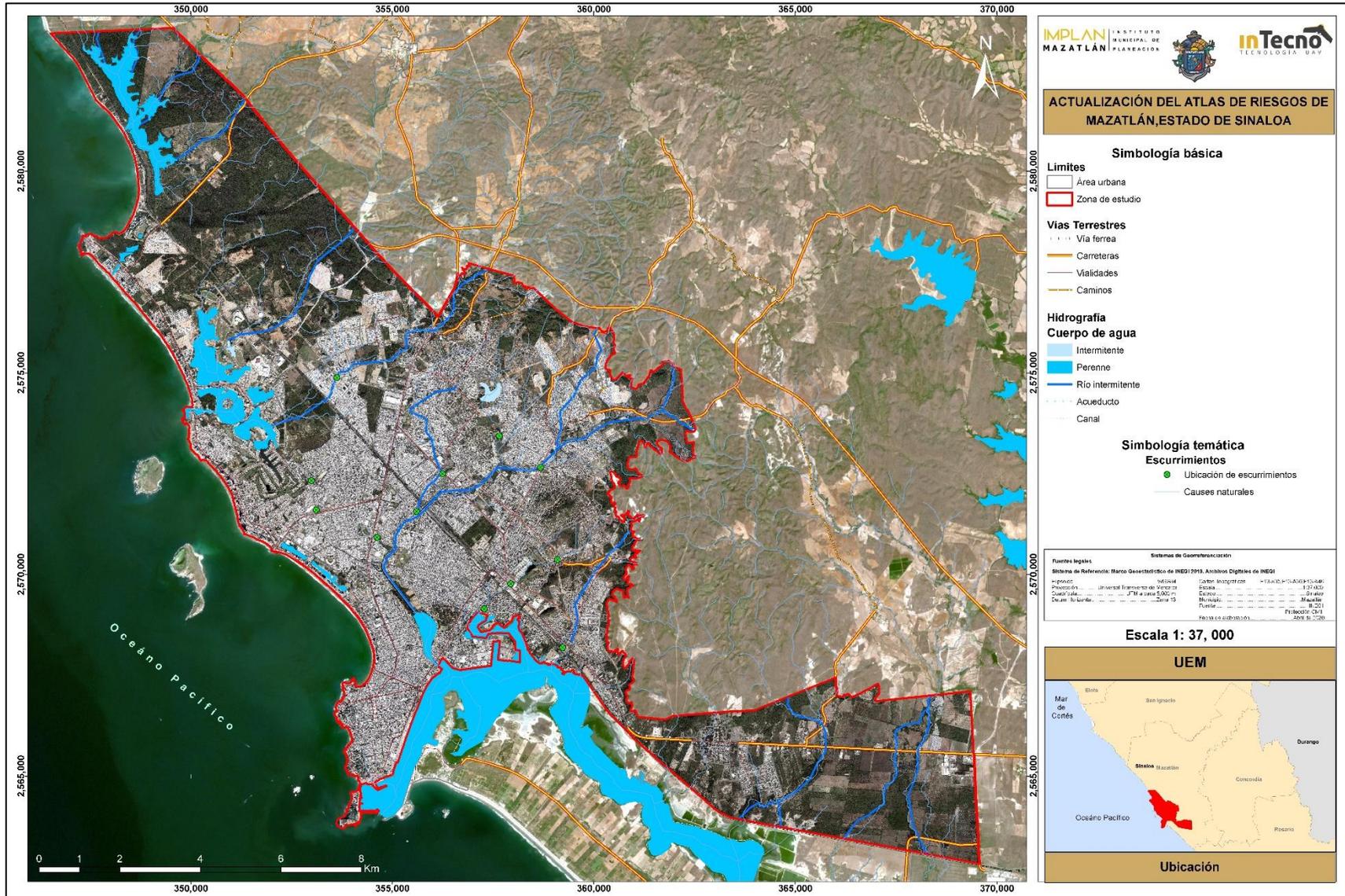


Figura I.6.10. Ubicación de 12 escurrimientos dentro de la Ciudad de Mazatlán.

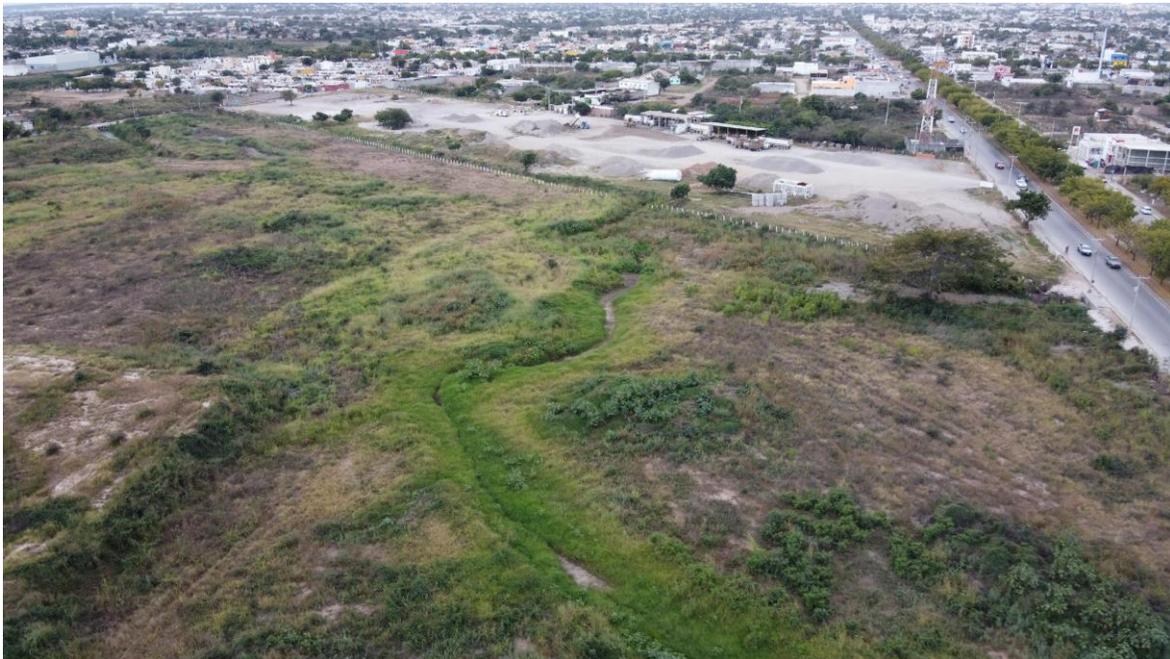
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI y Protección Civil Municipal



Fotografía I.10. Punto 01 Arroyo Venadillo-Cid Fuente. Elaboración propia



Fotografía I.11. Punto 02 Arrollo San Marcos-Allende Fuente. Elaboración propia



Fotografía I.12. Punto 03 Arroyo San Antonio-Presa del Valle Munich-Villa Verde **Fuente.** Elaboración propia



Fotografía I.13. Punto 04 Arroyo Jabalines **Fuente.** Elaboración propia



Fotografía I.14. Punto 05 Arroyo Universo-Hda Victoria MZT 3-Campo Golf-Fco I Madero
Fuente. Elaboración propia



Fotografía I.15. Punto 06 Arroyo Alborada-Urias-Mazindustrial **Fuente.** Elaboración propia



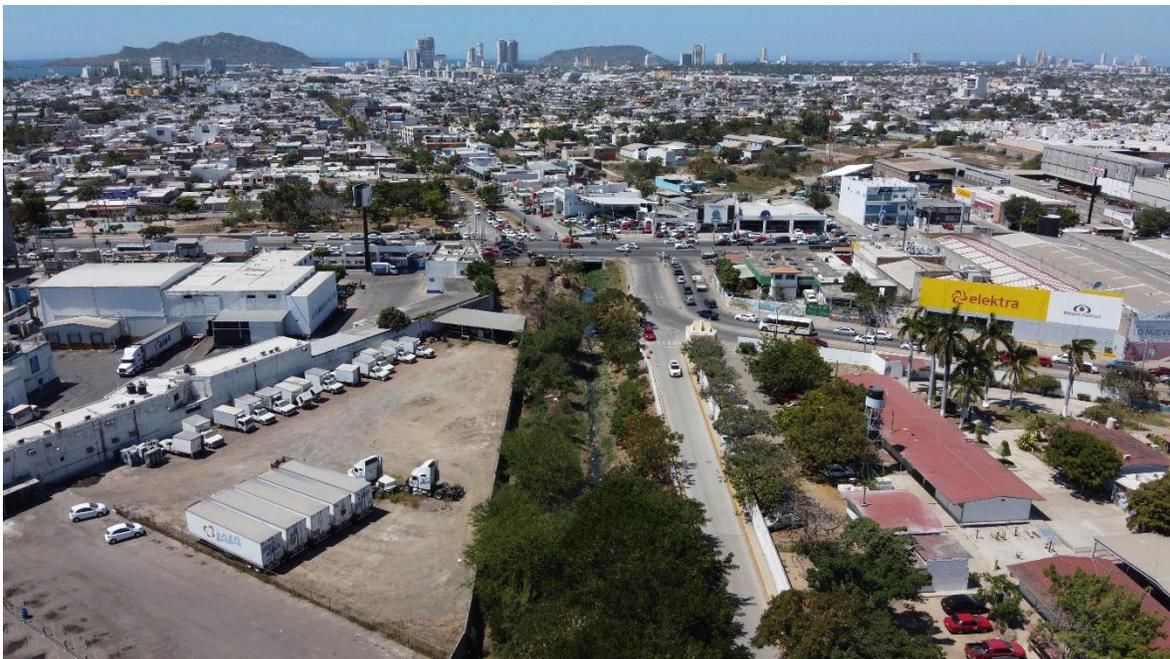
Fotografía I.16. Punto 07 Arroyo Universo-Hda Victoria MZT 3-Campo Golf-Fco I Madero
Fuente. Elaboración propia



Fotografía I.17. Punto 08 Arroyo Bimbo-Pemex-Café Marino-Jesús García-Azteca
Fuente. Elaboración propia



Fotografía I.18. Punto 09 Arroyo Jabalines Fuente. Elaboración propia



Fotografía I.19. Punto 10 Arroyo Inf Playas-Jacarandas Fuente. Elaboración propia



Fotografía I.20. Punto 11 Arroyo Sánchez Celis-Toreo-Cid Fuente. Elaboración propia



Fotografía I.21. Punto 12 Arroyo Fco. Villa-Av. La Marina Fuente. Elaboración propia

1.6.7 Cuencas y Sub Cuencas

En el municipio de Mazatlán se encuentran dos regiones hidrológicas, la No. 10 denominada Sinaloa, abarcando un 37.28% de la superficie del municipio y la región hidrológica No. 11 denominada Presidio-San Pedro, la cual abarca aproximadamente el 62.72% restante. La cuenca R. Piaxtla-R. Elota - R. Quelite (37.28%) R. Presidio (33.24%). Las subcuencas R. Quelite (31.25%), Mazatlán (12.69%), ver figura I.6.11.

Los principales escurrimientos perennes son los conocidos como: Arroyo del Favor, El Jumayal, El Palmillar, El Rinconcito, Frutillo, Los Cucharos, Los Frailes, Los Potrerillos, Presidio, Zacatecas, Zarco.

El río Presidio es uno de los más importantes en la zona, nace en el vecino estado de Durango y sigue una trayectoria de 215 kilómetros. Es de tipo perenne y nace en el Estado de Durango, donde se conoce como Río del Salto. A su paso por el Estado de Sinaloa, recibe afluentes importantes de los ríos Tepalcates, San Julián, Jacobo, Verde y Los Horcones. En la superficie del acuífero se encuentra la Presa Picachos, así como algunos embalses menores, como la Presa derivadora Siqueiros, y la presa de almacenamiento Los Horcones, en la llanura costera. Otra corriente importante dentro del municipio es el Río Quelite, los Arroyos del Zapote, La Noria y de Los Cocos forman parte de los recursos hidrológicos del municipio en su vertiente suroccidental y suroriental; estas corrientes durante la estación de lluvia aumentan su caudal considerablemente.

La corriente del Río Quelite registra una cuenca de captación de 835 kilómetros cuadrados por donde escurren anualmente un promedio de 107 millones de metros cúbicos con variantes que oscilan de 78 a 163 millones de metros cúbicos. Esta corriente hidrológica a su paso por el municipio de Mazatlán toca los poblados de El Castillo, Las Juntas, Amapa, Los Naranjos, El Quelite, Estación Modesto y El Recreo entre otros. Tras recorrer una distancia de 100 kilómetros desde su nacimiento, descarga sus aguas en el Océano Pacífico. Los arroyos de El Zapote y de Los Cocos, escurren en dirección sureste para desembocar en el Río Presidio a la altura de los poblados de los que toman sus nombres.

Sobre la vertiente suroriental de la sierra del Quelite nace el Arroyo de La Noria y en la vertiente norte de la misma, algunos afluentes del Río Quelite. El arroyo de La Noria escurre en dirección sureste tocando en su curso el poblado de igual nombre para finalmente desembocar sobre el Río Presidio.

Los escurrimientos intermitentes en la zona son conocidos como: Agua de la Puerta, Boca de los Arroyos, Buen Retiro, Cantera, Carrasco, Cerro Prieto, Colima, Corral Falso, A. de Chapalota, A. de La Escondida, A. de las Chicuras, A. del Sauce, El Aguaje, El Armadillo, El Barbecho, El Burro, El Cabral, El Cabaloz, El Callejón, El Capomal, El Chamizal, El Chapotal, El Chilar, El Conchi, El Mecatal, El Conchi, El Colegio, El Cofital, El Cuervo, El Limón, El Llorón, El Magistral, El Maicero, El Pescado, El Placer, El Pochote, El Quelite, El Rincón, El Sombreroete, El Tecolote, El Tule, El Tunal, El Zacate, Grande, Higuera de los Bueyes, Hondo, Jabalines, La Cabaña, La Cantera, La Ciudadela, La Crucita, La Curva, La Mapa, La Noria, La Piedra, La Revolcada, La Saliva, La Tasajera, La Tepozana, La Tinaja, Las Caleras, Las Camichinas, Las Lagunas, Las Mimbres, Las Palmitas, Las Peñas, Las Peñitas, Las Playas, Las Purinas, Las Sábilas, Los Brasiles, Los Capomos, Los Cedros, Los Metates, Los Otates, Los Tulitos, Mangota, Mezquites, Monte Verde, Nacaral, Palmaritos, Potrerillos, Puente de Fierro, Quebrada Verde, San Marcos, Santa Ana, Torres y Verde.

Los principales esteros, lagos y lagunas resaltan los esteros de la Escopama, Yugo e Infiernillo así como la conocida laguna del Camarón.

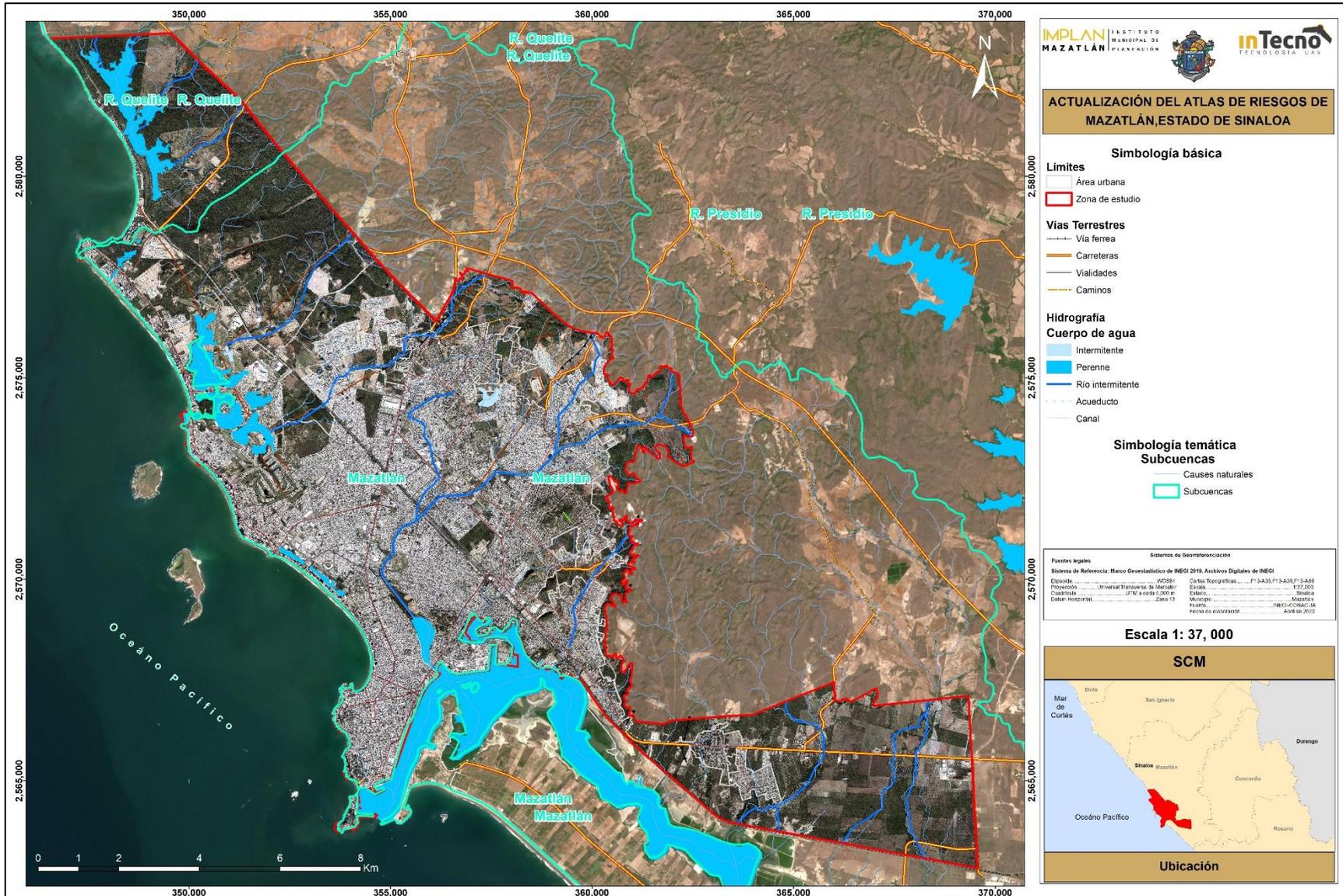


Figura I.6.11. Sub cuencas de Mazatlán.
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI y CONAGUA

1.6.8 Clima

Climatología

El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (59.29%), semiseco muy cálido y cálido (27.22%), cálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (6.48%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (4.11%), templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (2.20%) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (0.70%); porcentaje correspondiente al total de la superficie municipal de Mazatlán, Sinaloa (Figura I.6.12).

La temperatura máxima histórica registrada en la zona es de 48.9°C; presentándose el 29 de abril de 1987 de acuerdo con las normales climatológicas diarias de la estación Observatorio Meteorológico de Mazatlán (No. CLICOM 25062) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

La gráfica I.04 representa la distribución de las temperaturas máximas por mes, mientras que, las temperaturas mínimas son representadas en la gráfica I.05. La temperatura máxima promedio es registrada en el mes de agosto con 32.5°C, mientras que la temperatura máxima promedio anual de 31.4°C.

La temperatura mínima registrada es de 1.9°C el día 01 de marzo de 1997. De acuerdo con la gráfica I.04, los valores más bajos de la temperatura mínima promedio mensual se presentan en febrero con valores que oscilan entre los 10.3°C (Min mensual) y 15.6°C (Min normal). La temperatura mínima anual promedio es de 17.2°C.

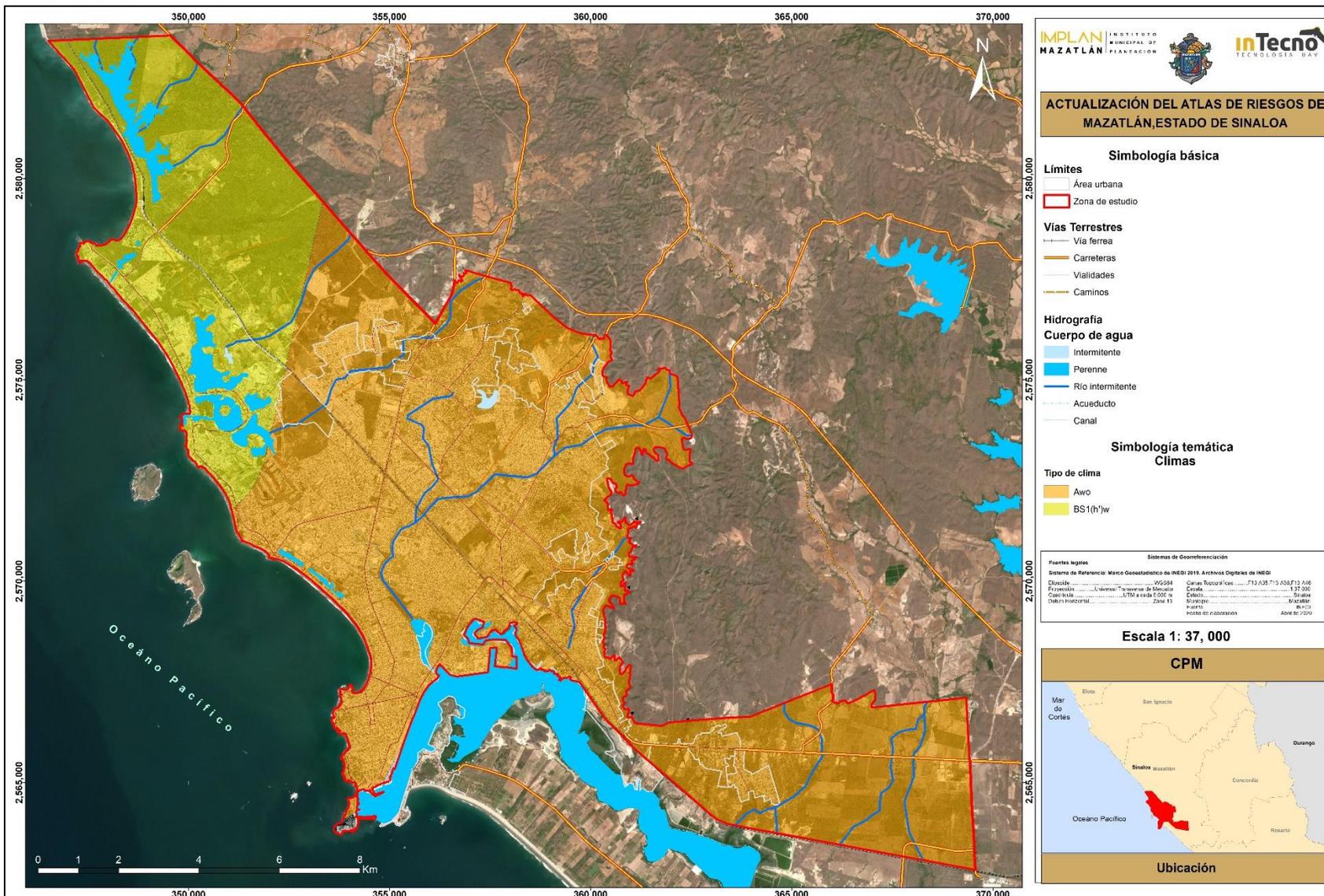
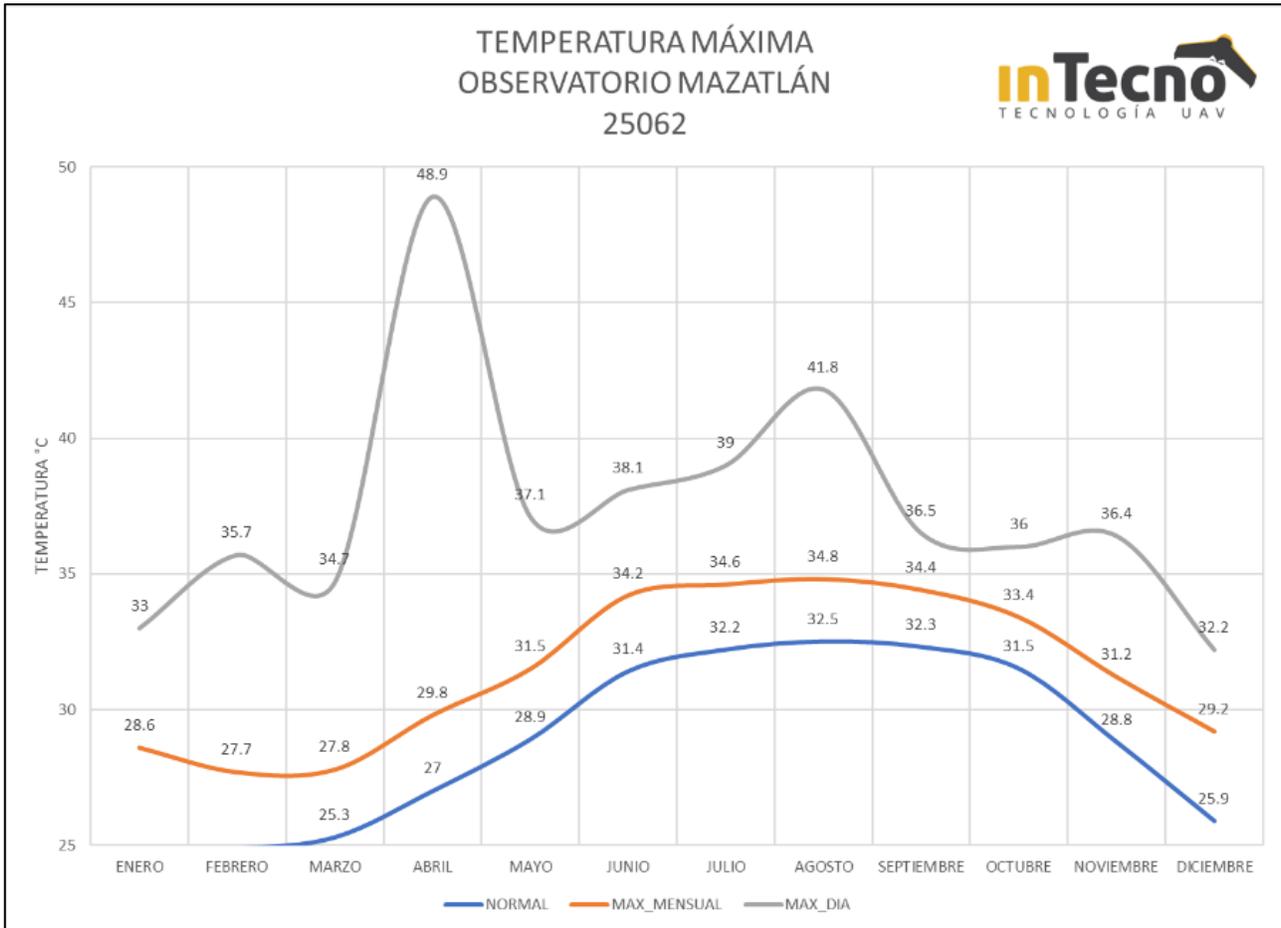


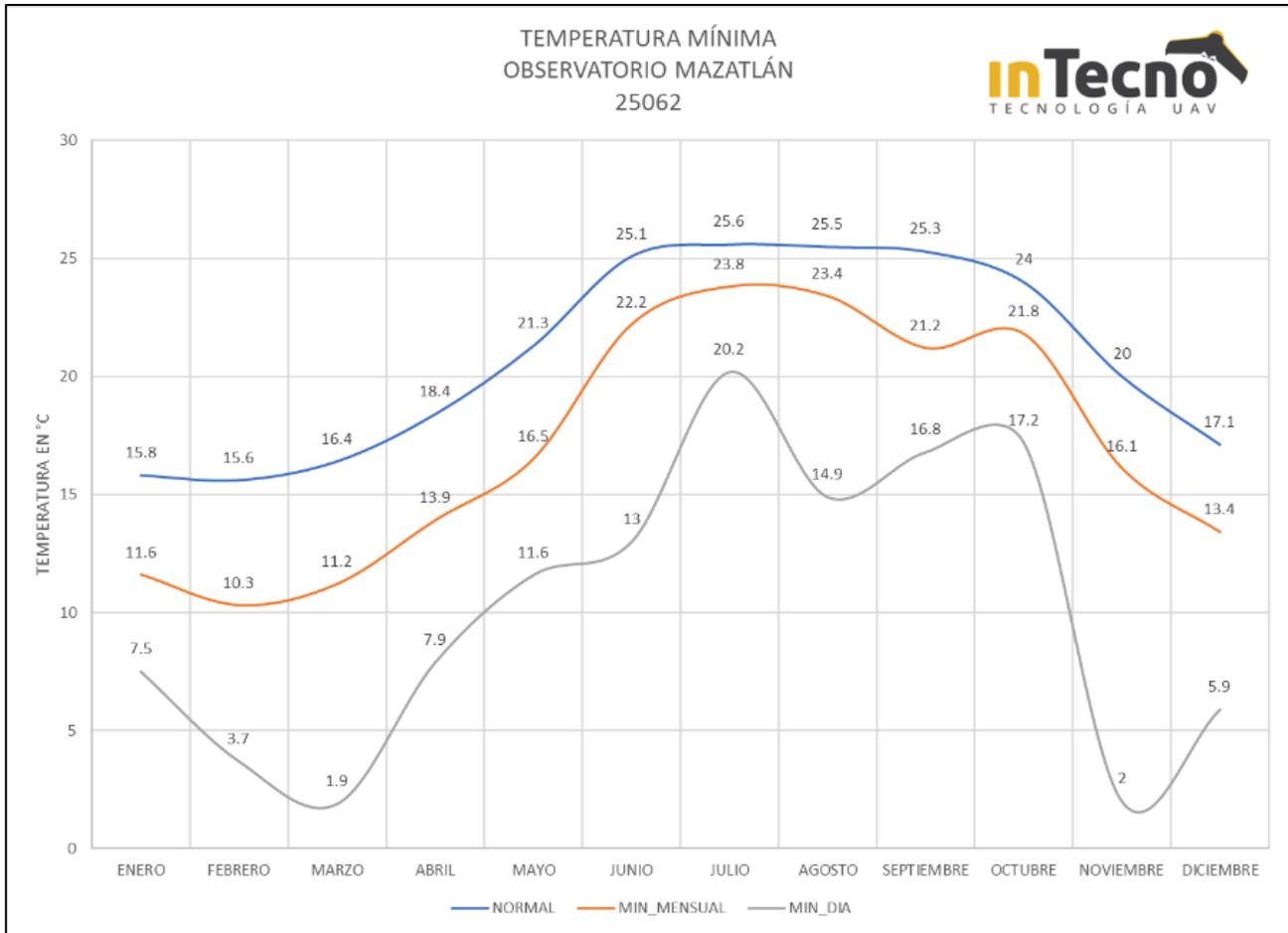
Figura I.6.12. Climas predominantes de Mazatlán.
Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI y CONABIO

Es de hacer notar que en la zona en estudio se cuenta con un observatorio meteorológico en superficie, el cual se encuentra en las inmediaciones de la zona conurbada de la ciudad de Mazatlán, denominado Observatorio Mazatlán con número de CLICOM 25062, cuya operación compete a la Comisión Nacional del Agua, a través del Servicio Meteorológico Nacional (CONAGUA). Toda la información climatológica fue proporcionada por la CONAGUA y procesada en el desarrollo del presente estudio.



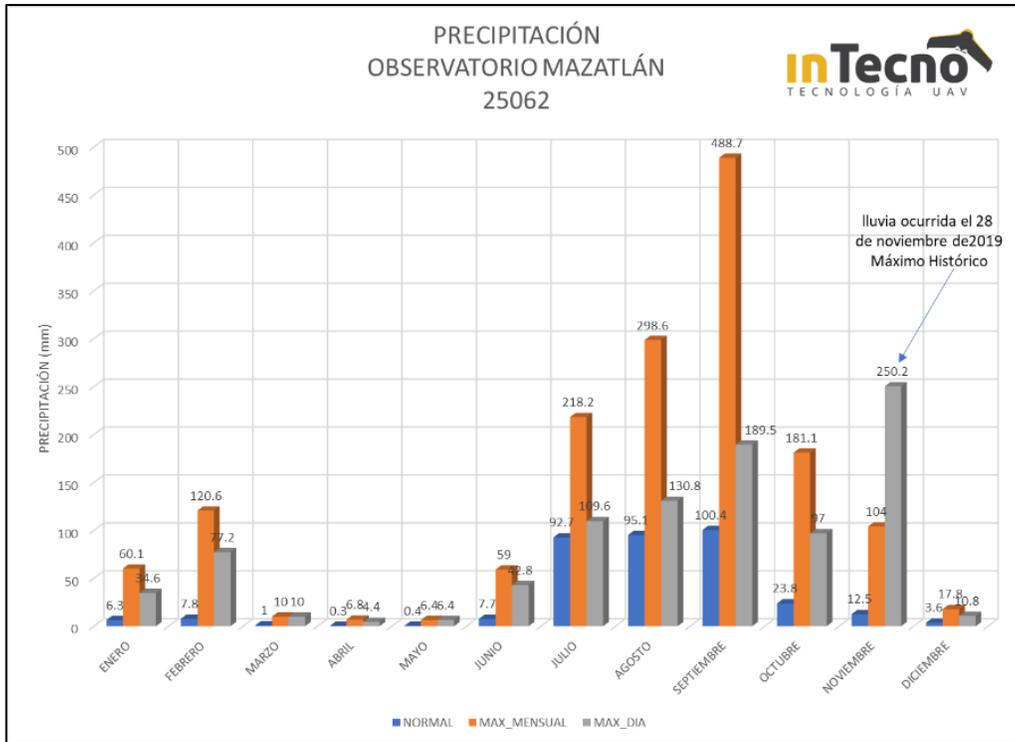
Gráfica I.04. Distribución de las temperaturas máximas por mes

Fuente. Observatorio Meteorológico de Mazatlán (No. CLICOM 25062) del Servicio Meteorológico Nacional

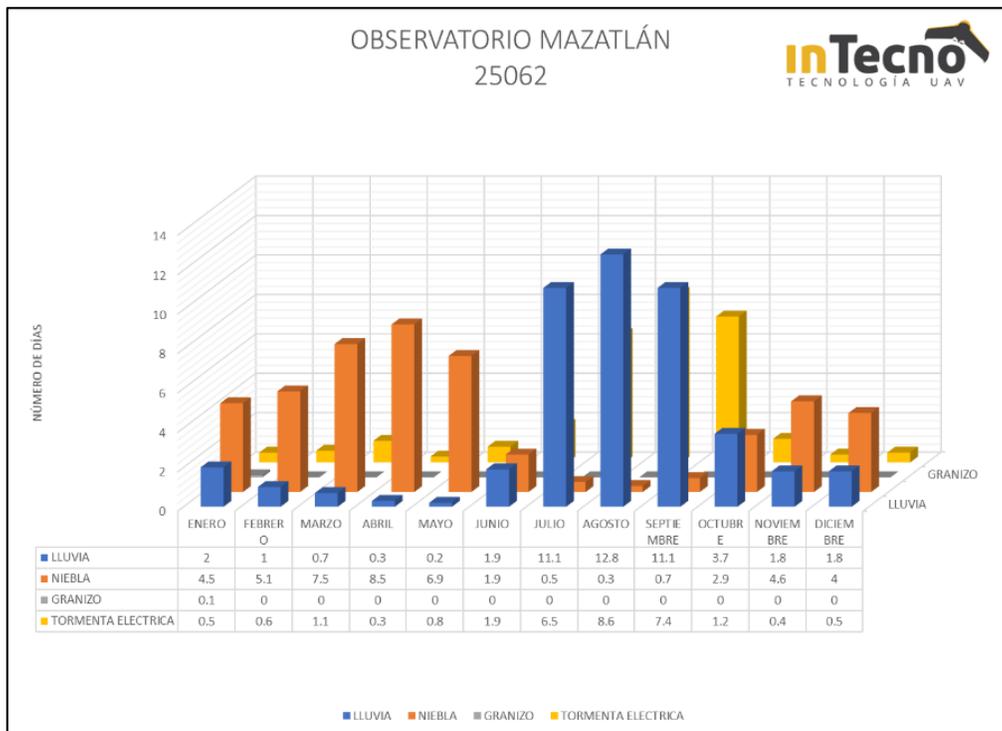


Gráfica I.05. Distribución de las temperaturas mínimas por mes. **Fuente.** Observatorio Meteorológico de Mazatlán (No. CLICOM 25062) del Servicio Meteorológico Nacional

Al igual que la temperatura, la precipitación de la zona de estudio fue calculada a partir de las normales climatológicas del SMN (Estación 25062). La precipitación acumulada se calculó en 859.49 mm anualmente. La precipitación máxima histórica acumulada en 24 horas se registró el 17 de octubre de 2006 con 189.5.0 mm, mientras que, la precipitación máxima acumulada en una hora histórica se registró el 23 de agosto de 1996. La temporada de lluvias es entre mayo y noviembre, promediando 48 días con lluvia por año (gráfica I.06). De acuerdo con la gráfica I.07, en promedio se presentan 47 días con niebla al año, ningún día con granizo y 30 días con tormentas eléctricas.



Gráfica I.06. Distribución de precipitación por mes. **Fuente.** Observatorio Meteorológico de Mazatlán (No. CLICOM 25062) del Servicio Meteorológico Nacional

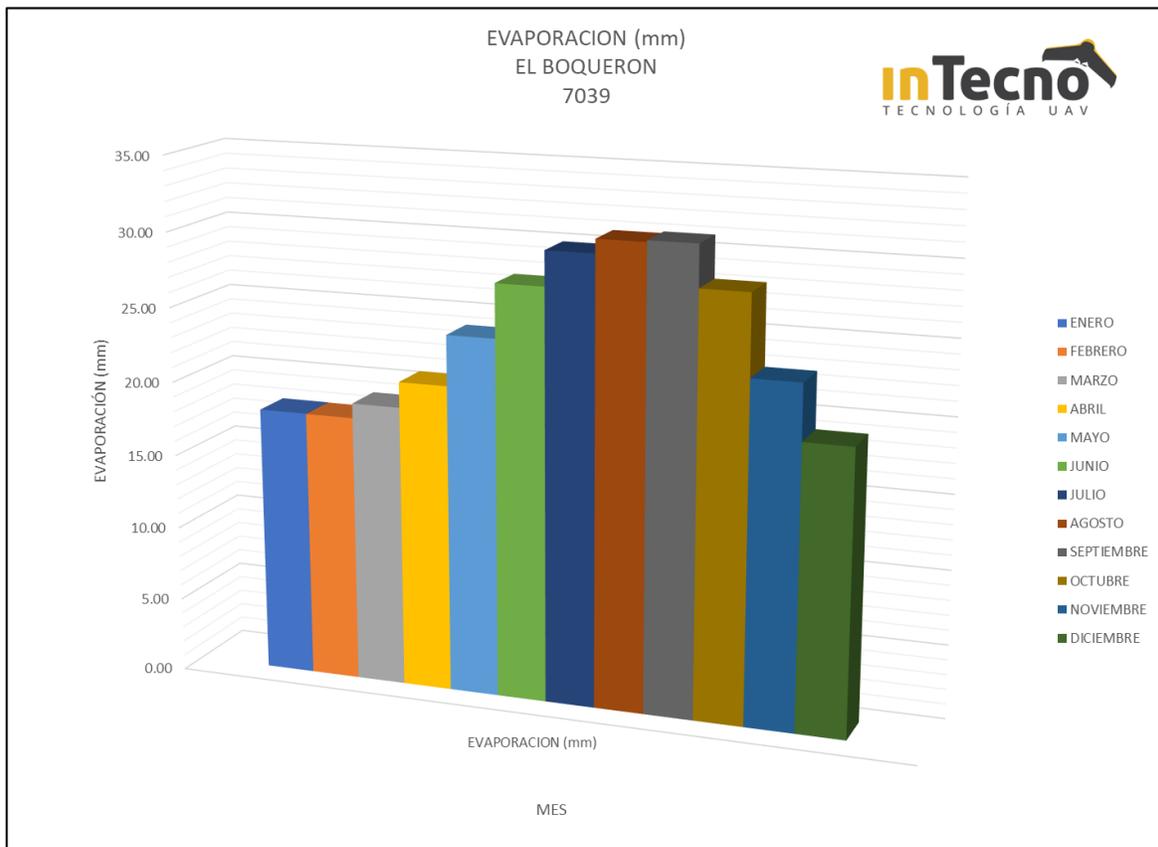


Gráfica I.07. Distribución de los cualitativos climatológicos por mes. **Fuente.** Observatorio Meteorológico de Mazatlán (No. CLICOM 25062) del Servicio Meteorológico Nacional

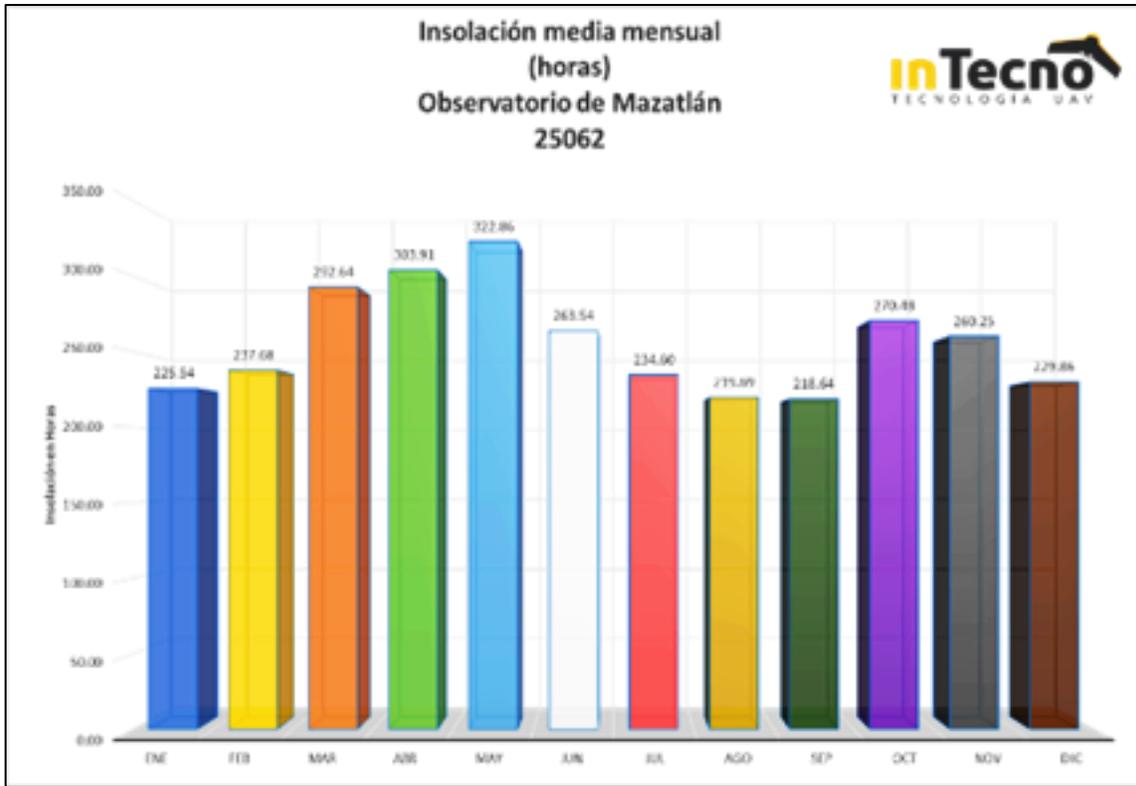
La lámina media de evaporación anual es de 289.10 mm, siendo el mes de septiembre cuando se presenta la máxima evaporación (30.97 mm) en promedio mensual (gráfica I.08). Las horas de insolación a las que están sujetos en la zona de influencia de la estación meteorológica, observatorio de Mazatlán son de 3,079.70 horas en promedio anual (gráfica I.09).

Las curvas de iso radiación son presentadas en la figura I.6.13. La zona en estudio presenta una radiación solar promedio de 2,200 kwh/m². La mayor radiación se presenta en la zona costera, mientras que los valores más bajos se encuentran en la zona centro este, un terreno escarpado donde se encuentran las principales serranías.

La evapotranspiración es la pérdida de humedad de una superficie por la evaporación directa, junto con la pérdida de agua por transpiración directa de la vegetación, en la zona urbana de Mazatlán en promedio se evapotranspiran del orden de 700 mm por año, siendo la zona de la “Marina del Cid” donde esta disminuye a rangos menores a los 650 mm. (Figura I.6.14)



Gráfica I.08. Evaporación media mensual. **Fuente.** Observatorio Meteorológico de Mazatlán del Servicio Meteorológico Nacional



Gráfica I.09. Insolación media mensual en horas. **Fuente.** Observatorio Meteorológico de del Servicio Meteorológico Nacional

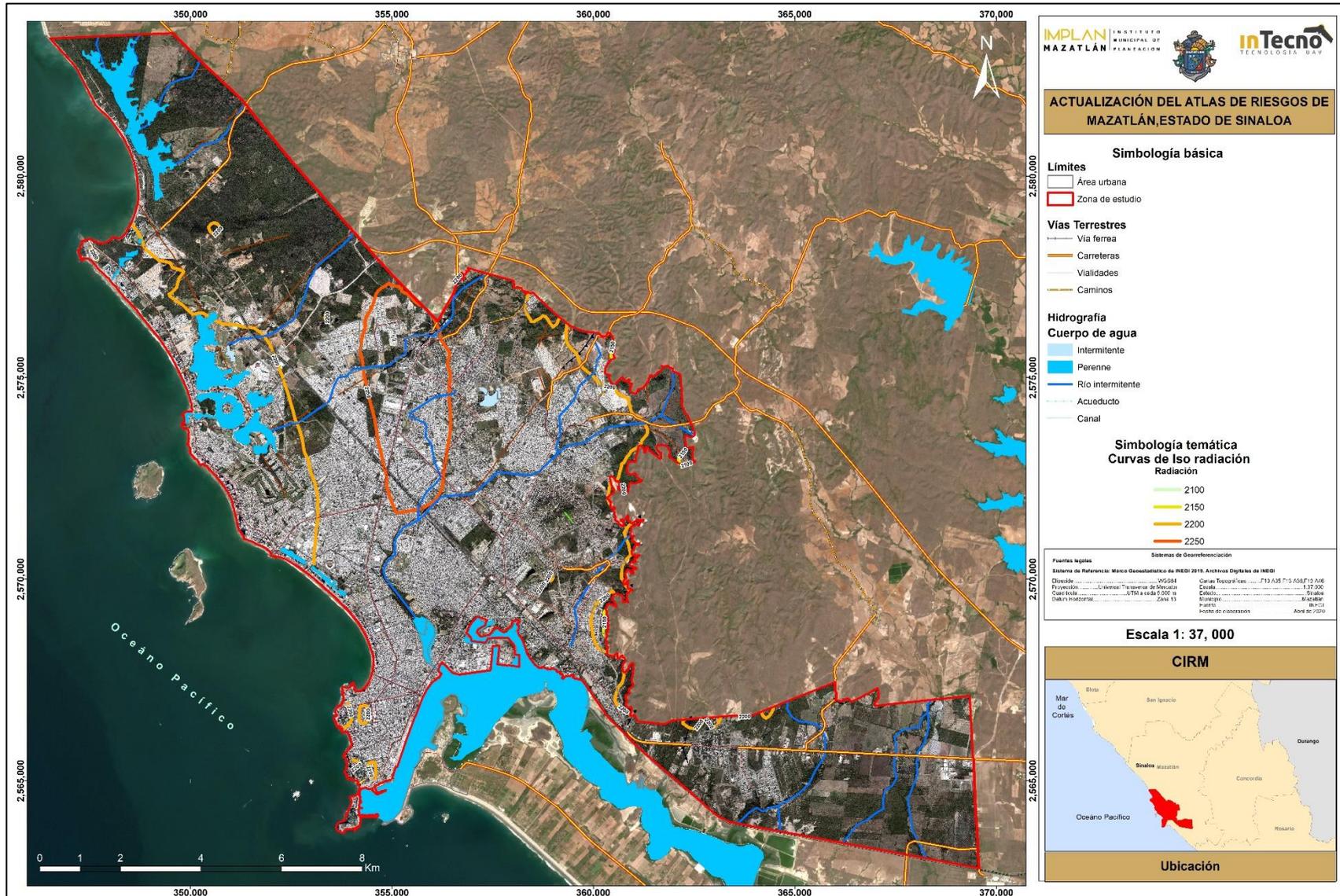


Figura I.6.13. Curvas de Iso radiación de Mazatlán.

Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI

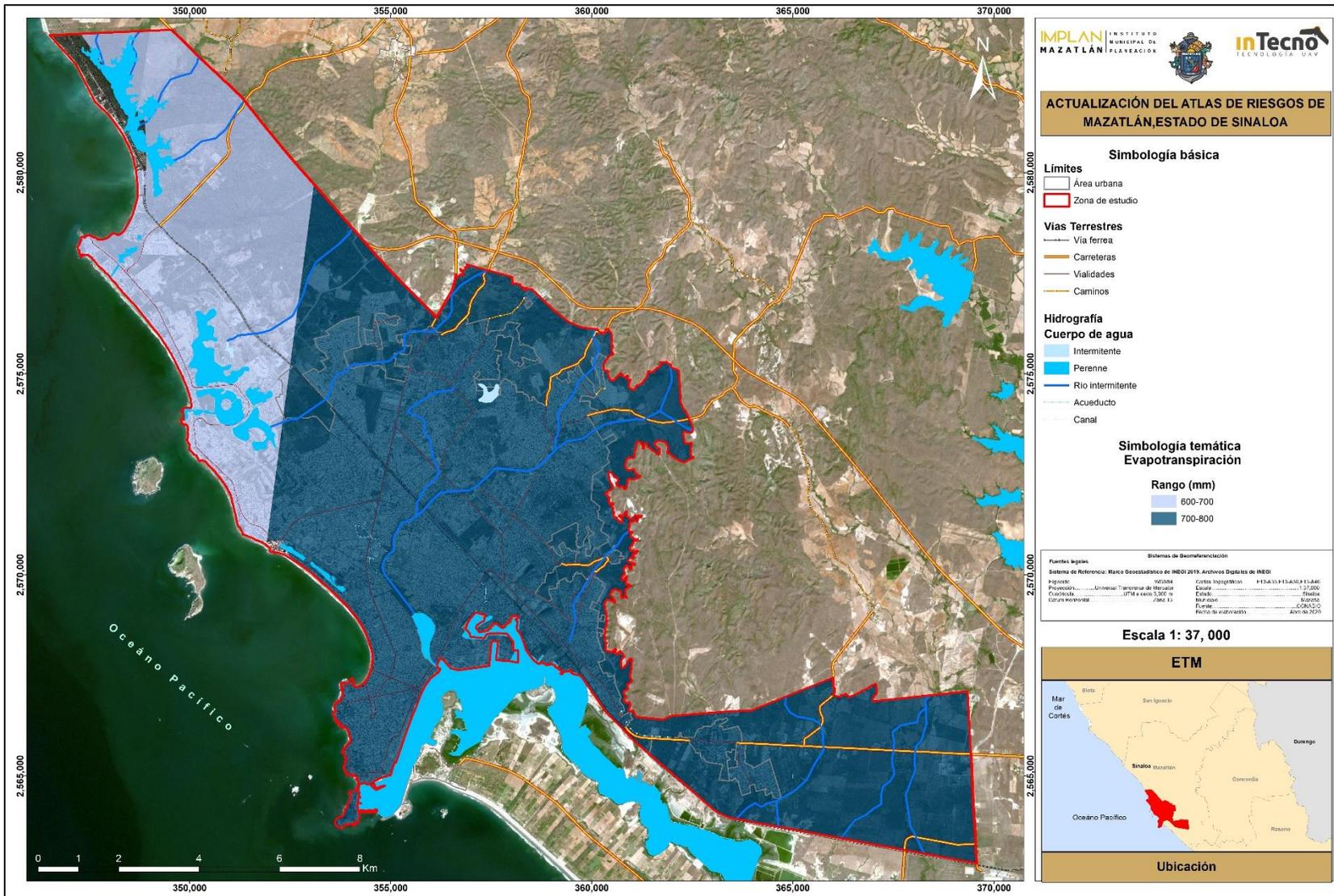
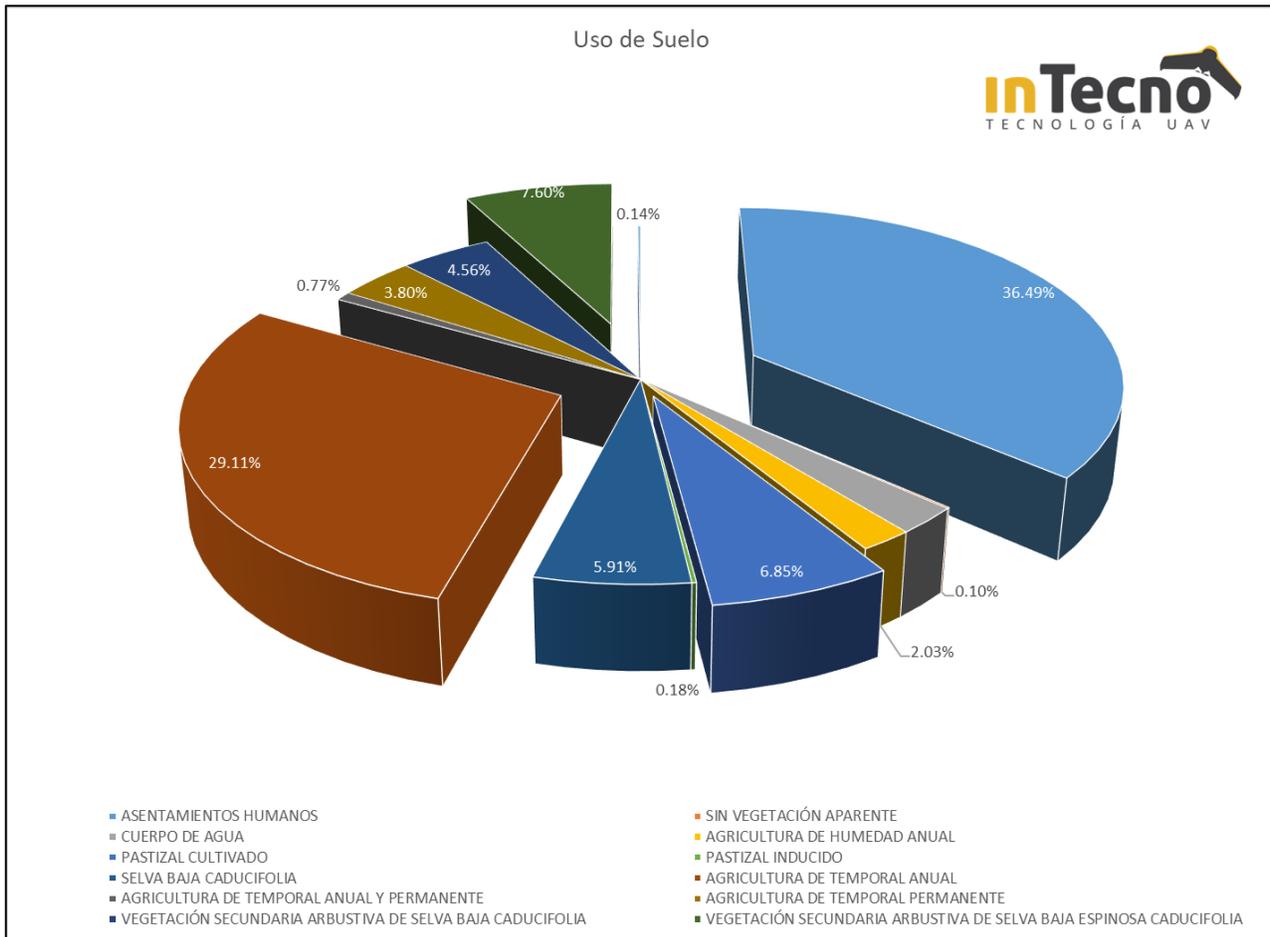


Figura I.6.14. Evapotranspiración en milímetros
Fuente. CONABIO

<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

1.6.9 Uso de Suelo y Vegetación

La extensión de cada una de las coberturas de Uso de Suelo y Vegetación de la zona de estudio se representa en la gráfica I.10. Los asentamientos urbanos representan el 36.49% de la superficie total, la agricultura de temporal anual está formada por el 29.11%, vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia tiene un 7.60%, el pastizal cultivado un 6.85%, la selva baja caducifolia 5.91%, vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia 4.56%, agricultura de temporal permanente 3.80%, los cuerpos de agua 2.47%, la agricultura de humedad anual 2.03%, la agricultura de temporal anual y permanente 0.77%, los pastizales inducidos 0.18%, el manglar 0.14% y suelos desnudos 0.10% (Figura I.6.15).



Gráfica I.10. Uso del suelo de forma particular en la zona en estudio
Fuente. Datos vectoriales continuo nacional serie VI de INEGI (2017).

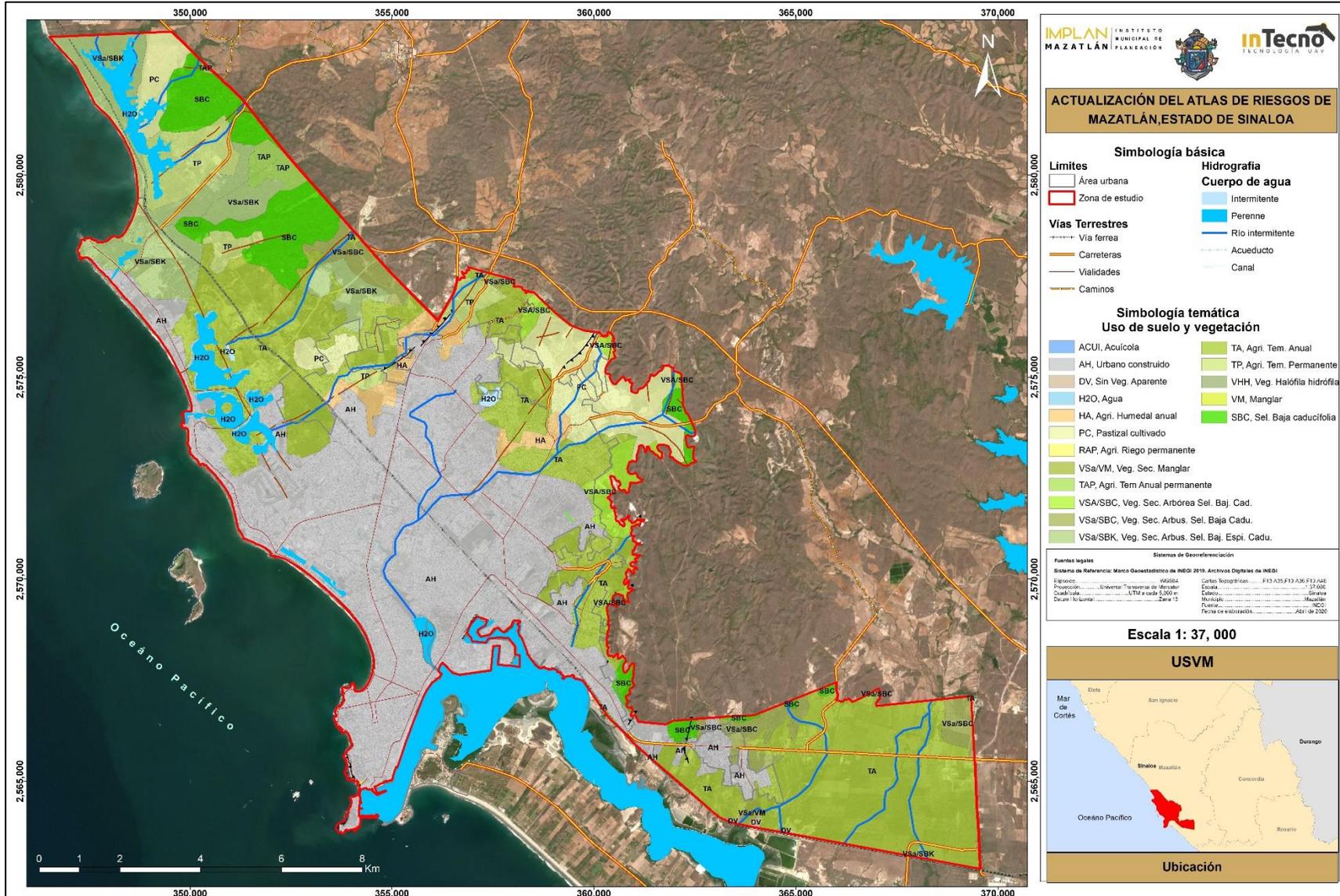


Figura I.6.15. Uso de suelo y vegetación de Mazatlán.

Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI

1.6.10 Áreas Naturales Protegidas

Islas del Golfo de California

Islas del Municipio de Mazatlán identificadas como: Islas Pájaros; Islas Venados; Islas Lobos; Isla Cordones; Isla Hermano del Norte; Isla Hermano del Sur; Isla Piedra Negra; Isla Roca Tortuga; La Playa el Verde Camacho, Zona de reserva ecológica y zona de refugio de aves marinas y migratorias y de fauna y flora silvestre, ver fotografías I.22 a I.24 y figura I.6.16.

MESETA DE CACAXTLA DECRETO

Por el que se declara área natural protegida, con el carácter de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Meseta de Cacaxtla, ubicada en los municipios de San Ignacio y Mazatlán, en el estado de Sinaloa, con una superficie total de 50,862.31 hectáreas.



Fotografía I.22. Isla de los Lobos



Fotografía I.23. Isla Venados



Fotografía I.24. Isla Pájaros

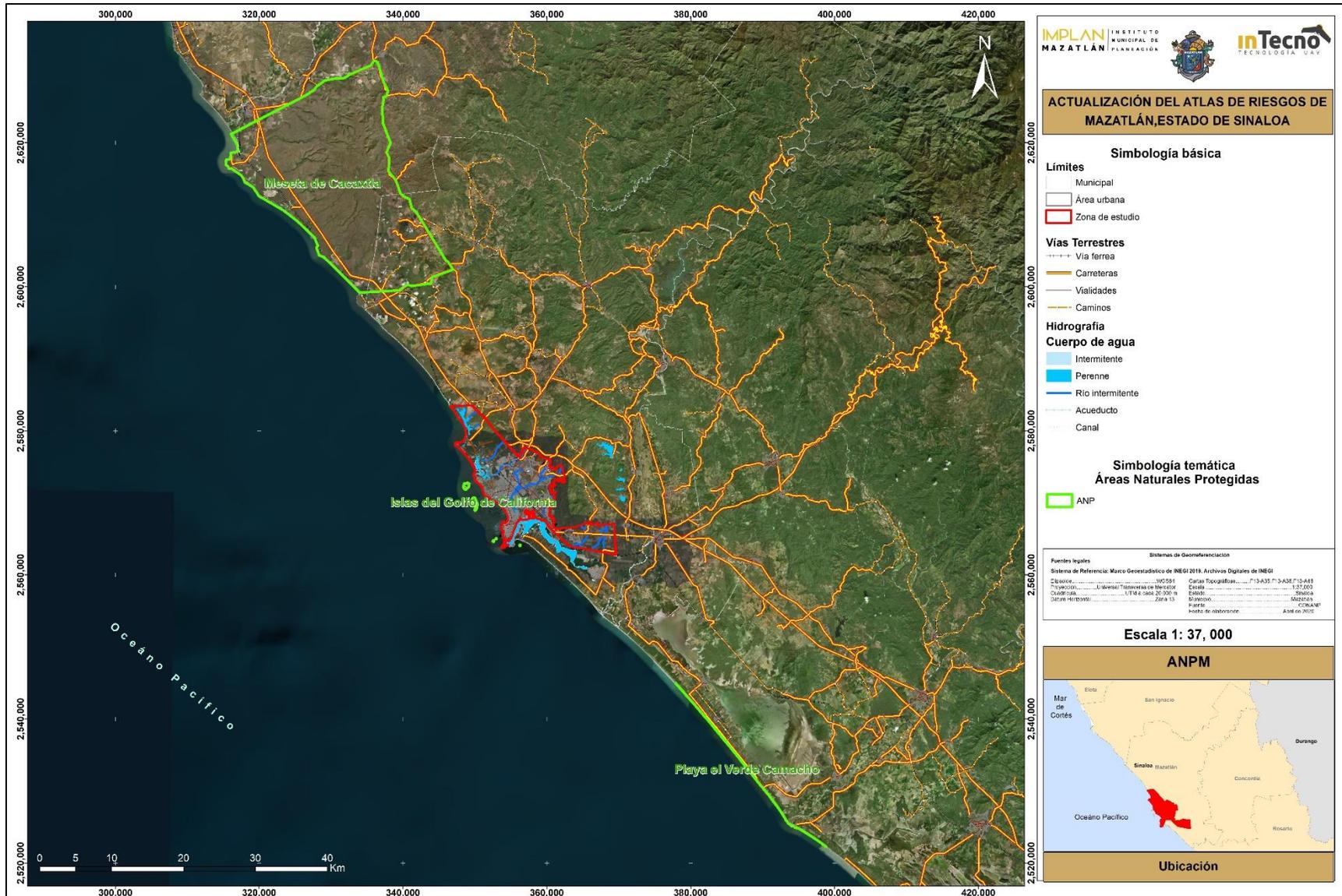


Figura I.6.16. Áreas Naturales Protegidas en el municipio de Mazatlán.

Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI y CONANP

1.6.11 Sitios RAMSAR

RAMSAR LAGUNA HUIZACHE-CAIMANERO

Huizache-Caimanero, es una laguna costera ubicada entre los ríos Presidio y Baluarte, en el sur del estado de Sinaloa, que es la región costera menos desarrollada económica y socialmente de la entidad. Los recursos pesqueros de este cuerpo de agua son la principal fuente de proteína animal para la mayoría de los poblados aledaños. La pesca de camarón es la principal actividad económica de los 1 886 socios organizados en 19 cooperativas de producción pesquera, y de un número importante pero indeterminado de pescadores libres (ilegales) de los poblados aledaños. Huizache-Caimanero fue la laguna costera más productiva de camarón del Pacífico mexicano. En una sola noche se llegaron a pescar hasta 32 toneladas en un solo tapo (barreras filtradoras que se utiliza como arte de pesca) que equivale actualmente a la captura de un barco durante un período de cinco meses o más (Fritch L.P.L. 2005). Esta laguna se está fragmentando por procesos de deposición de sedimentos originados por causas naturales y antropogénicas. Actualmente, consta de dos cuencas someras con niveles de agua variables que dependen de las precipitaciones pluviales y los aportes fluviales. Sus principales características geomorfológicas son una larga y angosta barrera arenosa denominada Isla Palmito de la Virgen, y dos bocas que se cierran pero que los pescadores o las autoridades dragan frecuentemente para mantenerlas abiertas. Esta laguna es el hábitat de al menos 83 especies de peces, y de importantes poblaciones de aves playeras, y está ubicada estratégicamente en la ruta migratoria de las aves que invernan, así como un número indeterminado de mamíferos, reptiles, y anfibios. Además, es un hábitat temporal para los camarones peneidos que habitan la zona y un hábitat esencial para la especie de camarón blanco (*Litopenaeus vanamei*)⁴.

RAMSAR PLAYA TORTUGUERA EL VERDE CAMACHO.

Es una playa índice para áreas de arribada de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), catalogado como Santuario de Tortugas Marinas por la CONANP en 2001. Con trabajos de investigación sostenida desde 1975, es la zona más importante para la reproducción de la tortuga golfina en Sinaloa. También es un hábitat de alimentación y corredor migratorio de juveniles, subadultos y adultos de tortuga Carey, *Eretmochelys imbricata* y tortuga negra *Chelonia agassizi* y de manera esporádica anida la tortuga laúd, *Dermochelys coriacea*. El área contigua a la playa de anidación cuenta con nueve sistemas estuarinos y marismas de tamaño variable, que al conectarse temporalmente al mar aportan un pulso significativo de energía a la zona costera adyacente.

El humedal costero de mayor tamaño es El Verde, alimentado por el flujo estacional del río Quelite. Esta gran riqueza de humedales de agua dulce, salobre y marina, son utilizados como área de reproducción, crecimiento, refugio y alimentación por una alta diversidad de especies, entre las que destacan: aves residentes y migratorias, otros reptiles además de las tortugas y mamíferos terrestres clasificados como especies en riesgo. La diversidad ictiofaunística que migra ente los humedales costeros y la zona marina es alta. La langosta, camarón, pulpo, ostión, mamíferos (lobos marinos y delfines) y peces son algunas de las especies conspicuas presentes en la zona marina adyacente. Por su relativo aislamiento y nulos asentamientos humanos costeros en la zona núcleo del santuario, las funciones ecológicas del sitio se mantienen aún en condiciones saludables, ver figura I.6.17.

4

http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Sinaloa/Laguna_Huizache_Caimanero/Laguna%20Huizache-Caimanero.pdf (Consultado el 21-Febrero-2020).

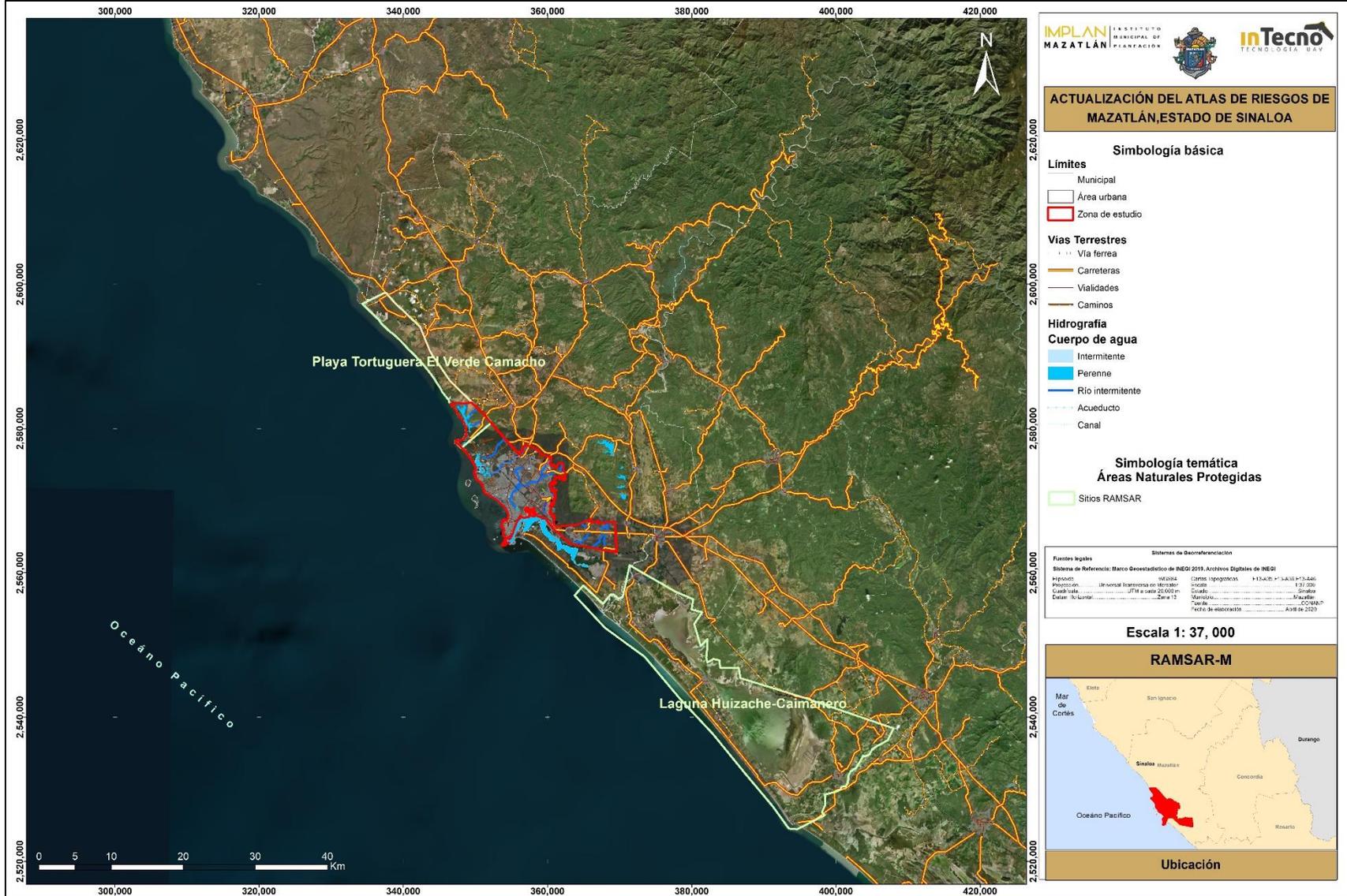


Figura I.6.17. Sitios RAMSAR en el municipio de Mazatlán.
Fuente. Elaboración propia con datos de CONANP

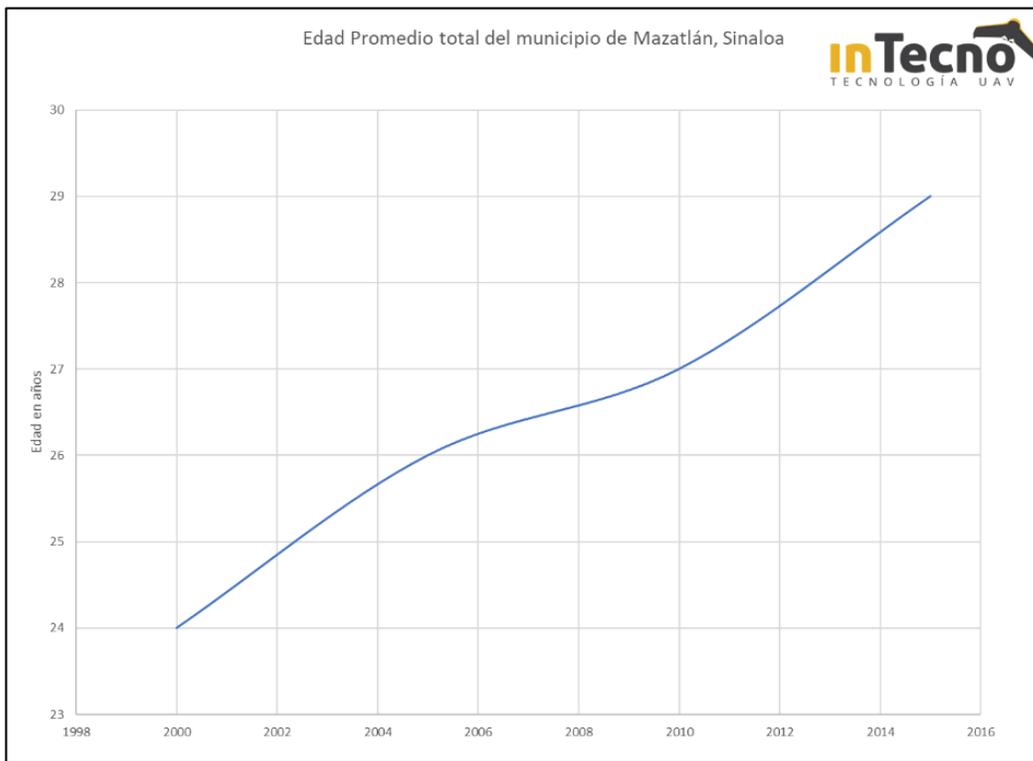
1.7 Caracterización de los elementos Sociales, Económicos y Demográficos

Históricamente, el municipio de Mazatlán ha tenido un proceso de urbanización expansivo y un crecimiento poblacional descontrolado. En los últimos 28 años (1990-2018) se ha incrementado 129% la extensión de la superficie territorial (5,042.42 ha.) mientras que la población ha tenido un aumento de tan sólo 82% en el mismo periodo.

La Población total en viviendas particulares habitadas (Número de personas), 2015 en Mazatlán, Sinaloa era de 502,547, con una densidad de población de 198.5 habitantes/km² (INEGI, 2015).

El porcentaje de la población predominante es de 15 a 29 años con un 25.2%, siendo la edad mediana 29 años, valor que sufrió un incremento de 5 años, ya que, al inicio del presente milenio, esta edad mediana era de 24 años (Gráfica I.11).

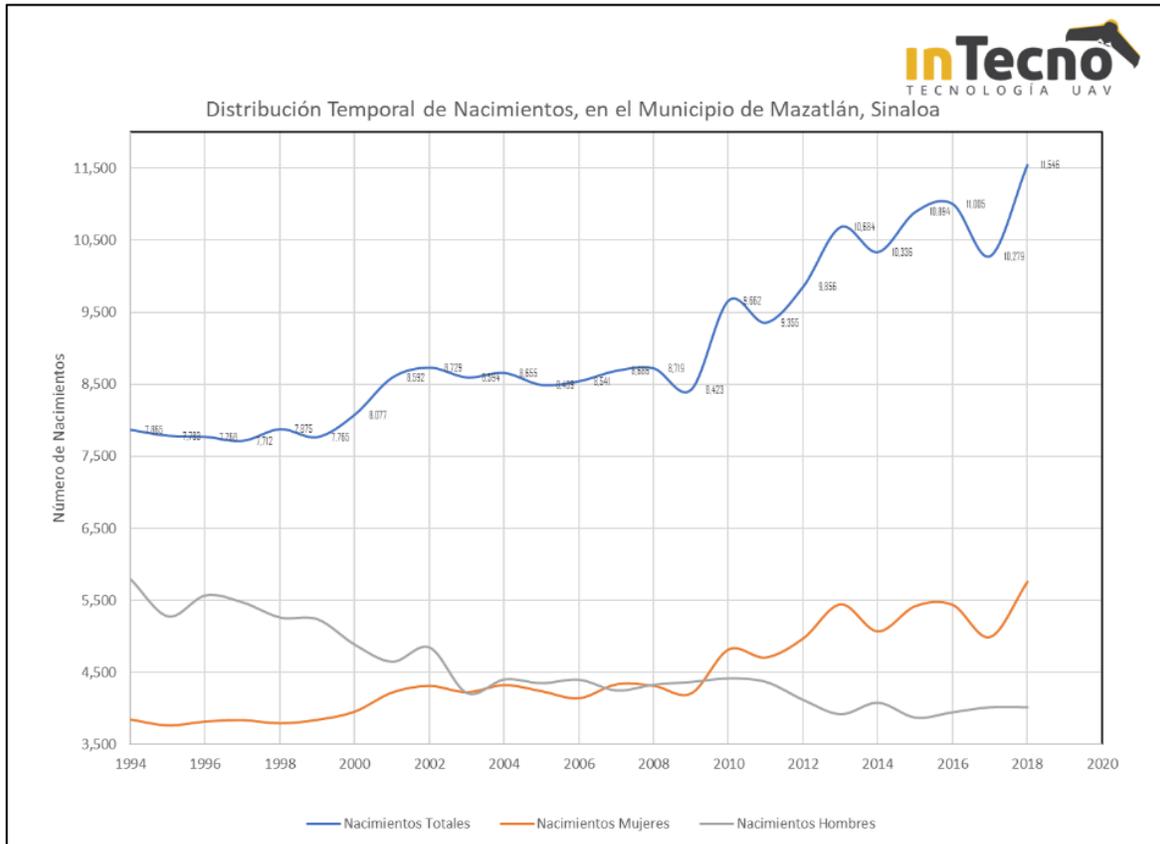
Fuentes: <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?t=0200&ag=25012#divFV3105001001>



Gráfica I.11. Distribución temporal en la edad media de la población en el municipio de Mazatlán, Sinaloa (INEGI, 2015)

1.7.1 Dinámica demográfica

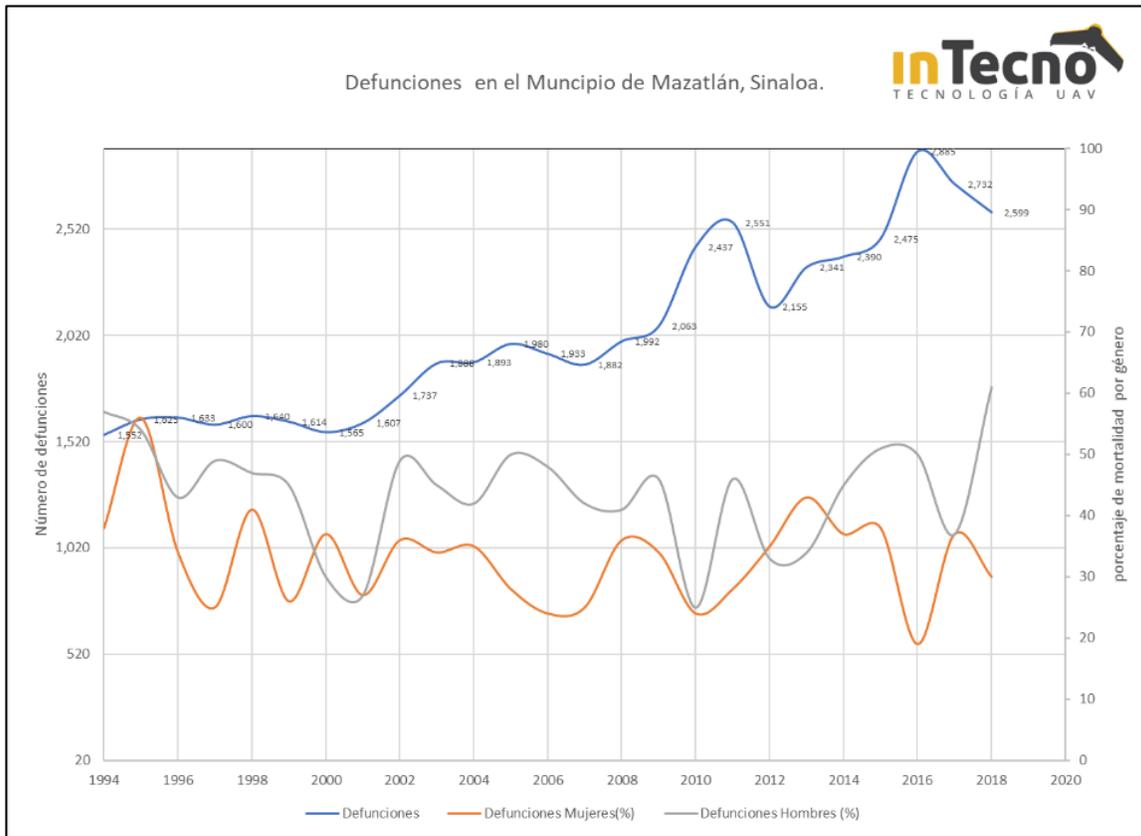
La incidencia de nacimientos en el Municipio de Mazatlán, Sinaloa, ha sufrido una disminución, ya que, en el año de 1998, el número de nacimientos en el municipio era de 10,336 y para el 2018 este número a 7,865 nacimientos; en promedio nacen 49.45% mujeres y 50.55% hombres, en la gráfica I.12 se presenta la evolución de la natalidad en el municipio de Mazatlán, Sinaloa (fuente, INEGI, 2018).



Gráfica I.12. Distribución temporal de la natalidad en el municipio de Mazatlán, Sinaloa

El promedio quinquenal de hijos nacidos muertos de las mujeres de 15 a 49 años es de 1.66%.

Para el rubro de defunciones, se observa un alza en la tasa de mortalidad en los últimos años según los datos del INEGI; siendo visible este crecimiento del año 1998 al 2016, que pasó de 1,640 defunciones a 2,885 defunciones. Este valor disminuyó para el año 2018 donde se registraron un total de 2,599 defunciones, para mayor apreciación de esta tendencia ver gráfica I.13.



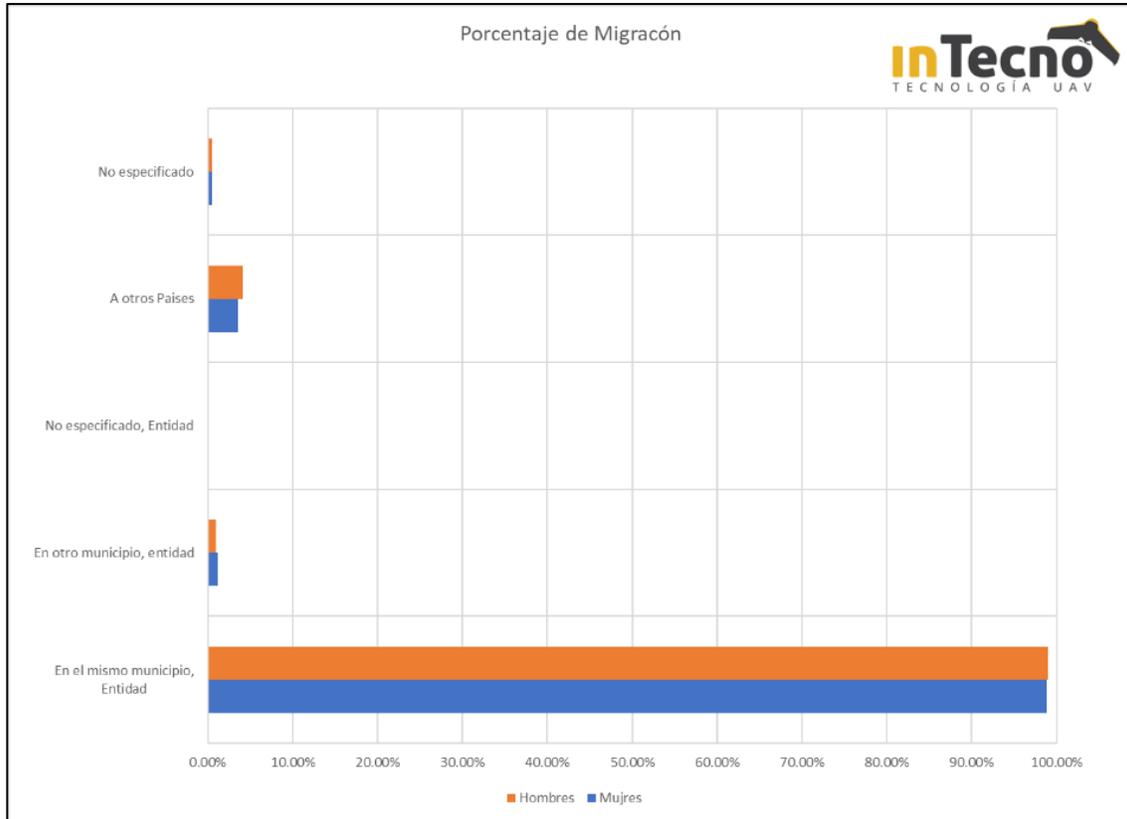
Gráfica I.13. Distribución Temporal de la mortalidad en el municipio de Mazatlán, Sinaloa

El porcentaje respecto del total de defunciones del municipio corresponde en promedio a 41.83% en mujeres y de 58.13% en hombres, el restante porcentaje pertenece a decesos en personas con sexo no especificado. El porcentaje de hijos fallecidos en mujeres de 15 a 49 años es de 1.66%, porcentaje quinquenal.

El porcentaje de la población de 3 años y más que habla una lengua indígena es de 0.50% de la población total del municipio. El porcentaje de la población de 3 años y más que habla una lengua indígena que no habla español es de 0.75% de la población total municipal. El porcentaje de la población que se considera indígena es de 6.87% así como el porcentaje de la población que se considera afrodescendiente es de 0.04%.

Para el año de 2018 se contabilizaron 2,793 matrimonios y 1,522 divorcios.

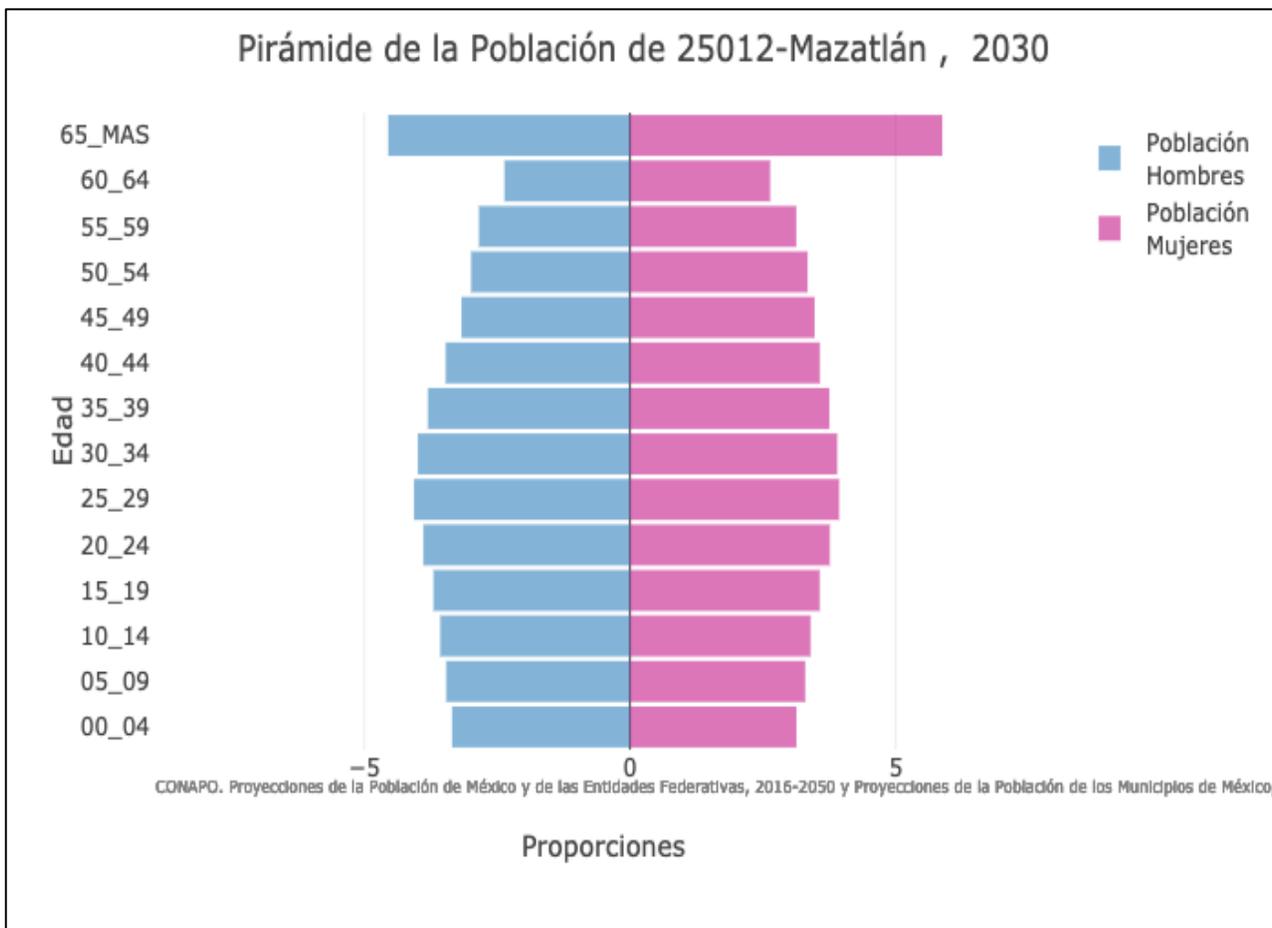
La tasa de migración en el municipio de Mazatlán Sinaloa, principalmente se dan en el mismo municipio con porcentajes mayores del 90% tanto en mujeres como en hombres (gráfica I.14).



Gráfica I.14 Porcentaje de Migración por destino



Se estima un envejecimiento de la población para el año 2030. La mayoría de la población del municipio de Mazatlán serán adultos mayores de 65 años y la minoría serán adultos de entre 60 y 64 años (gráfica I.15).



Gráfica I.15. Pirámide Poblacional en el Municipio de Mazatlán, Sinaloa,

Fuentes <http://indicadores.conapo.gob.mx/Proyecciones.html>

1.7.2 Estimación de crecimiento poblacional

Para estimar la población a futuro se utilizaron los registros de la CONAPO y del INEGI, valores que hasta el momento se encuentran subestimados, ya que la población con el último conteo realizado supera los 500,000 habitantes (**Tabla I.02**).

Año	Población	Crecimiento promedio anual	Tasa de crecimiento promedio
1990	314,345	6,436	2.3
2000	380,509	6,616	1.93
2010	438,434	5,793	1.43
2020	467,040	2,861	0.63
2030	490,414	2,337	0.49

Tabla I.02. Crecimiento Poblacional en proyección.
Fuentes <http://indicadores.conapo.gob.mx/Proyecciones.html>

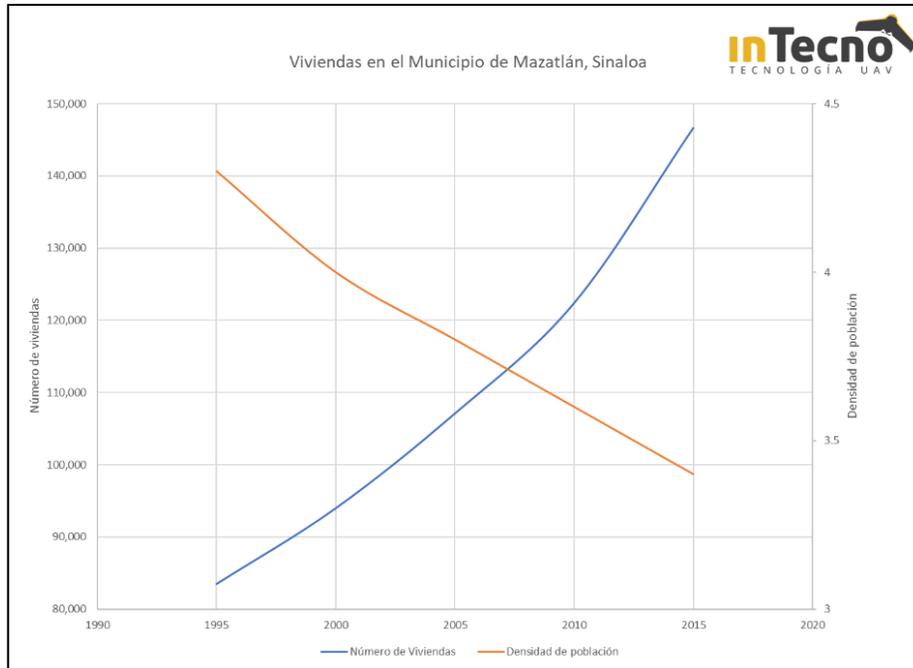
1.7.3 Características sociales

Vivienda y grado de marginación de la población

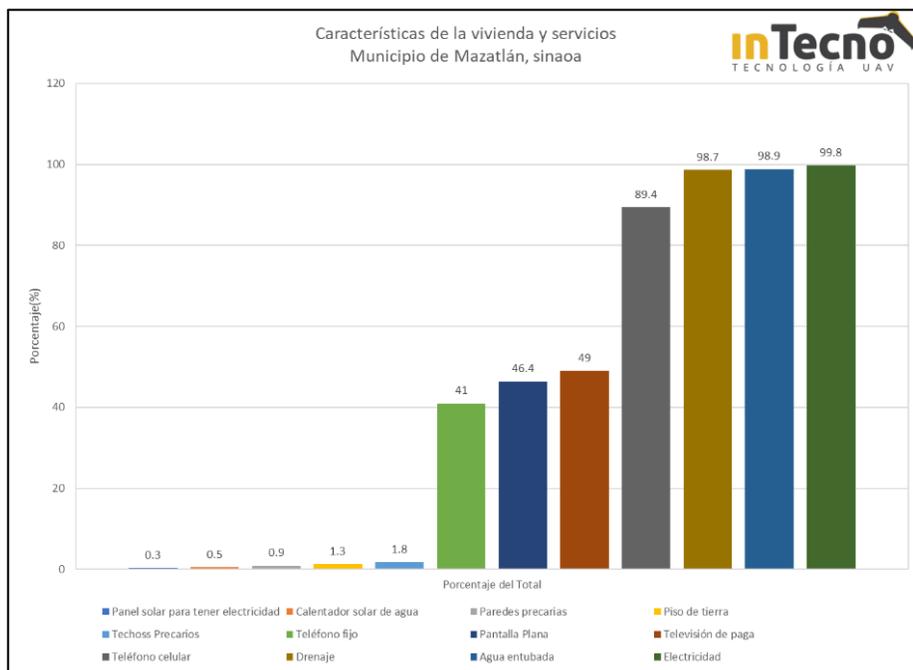
En el año 2015 se contabilizaron 146,636 viviendas en el municipio de Mazatlán, Sinaloa, de las cuales se considera una densidad de 3.42 habitantes por vivienda, como se puede ver en la gráfica I.16, esta densidad disminuyó de 4.3 en 1995 a el valor actual.

El grado de marginación de la ciudad de Mazatlán es muy bajo como se puede observar en el mapa, según los datos de la CONAPO de 190 Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) existentes solo se encuentran 6 áreas en muy alto grado de marginación, 28 en grado alto de marginación, 57 en grado medio, 46 en grado bajo y 53 en grado muy bajo por lo tanto el porcentaje de población por grado de marginación nos dice que el 28.4% de la población vive en grado muy bajo, 28.4% en grado bajo, 31.8% en grado medio, 10% en grado alto y solo un 1.2% en grado muy alto de marginación.

Actualmente los porcentajes de la caracterización de la vivienda en el municipio de Mazatlán, Sinaloa; denotan un alto porcentaje en la dotación de servicios primarios, como son el Agua entubada, Drenaje y electricidad, con porcentajes mayores al 98 %, así como las características precarias son bajas, como por ejemplo Pisos de tierra con 1.34%; techos precarios con el 1.81% y paredes precarias con 0.88%, para mayor detalle se muestra la gráfica I.17.



Gráfica I.16. Número de viviendas y densidad poblacional en ellas, Municipio de Mazatlán Sinaloa. Fuentes <http://indicadores.conapo.gob.mx/Proyecciones.html>



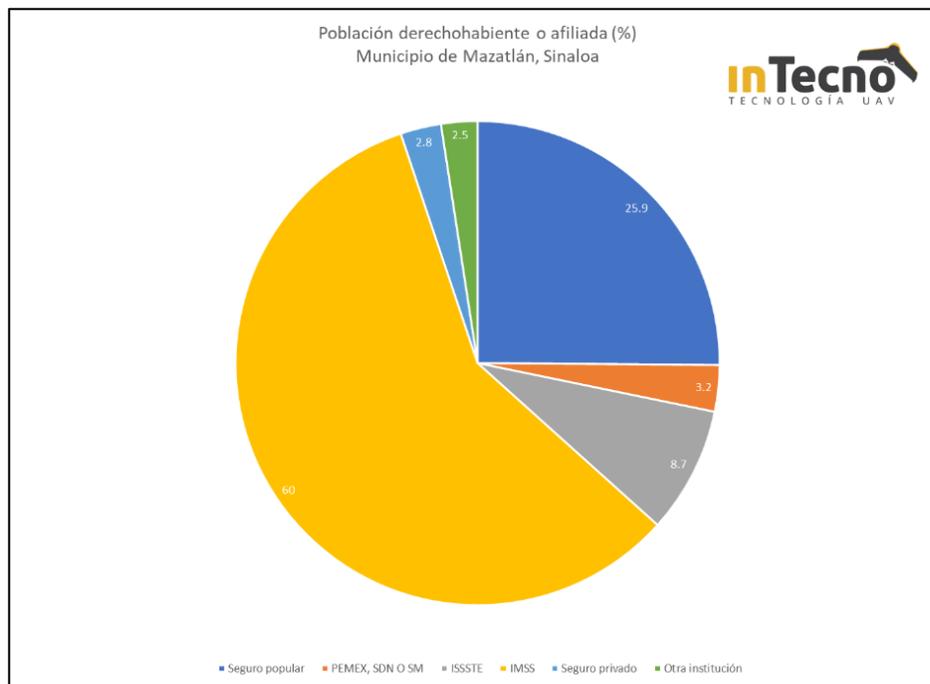
Gráfica I.17. Caracterización de los servicios con que cuenta las viviendas en el Municipio de Mazatlán, Sinaloa. Fuentes <http://indicadores.conapo.gob.mx/Proyecciones.html>

1.7.4 Situación de pobreza y rezago social CONEVAL (2010)⁵

En 2010, 119,926 individuos (28.1% del total de la población) se encontraban en pobreza, de los cuales 107,372 (25.2%) presentaban pobreza moderada y 12,553 (2.9%) estaban en pobreza extrema.

En el mismo año las unidades médicas en el municipio eran 32 (6.4% del total de unidades médicas del estado). La población que cuenta con acceso a los servicios de salud se distribuye de la siguiente manera (gráfica I.18). Se puede observar que el 84% de los habitantes de Mazatlán, Sinaloa, se encuentran afiliados a una institución de Salud y el restante (16%) no se encuentra afiliada o no cuenta con este servicio.

El 55,74% del total de la población están económicamente activos y, de estos, el 95,93% están ocupados laboralmente.



Gráfica I.18. Porcentajes de derechohabientes por institución⁶.

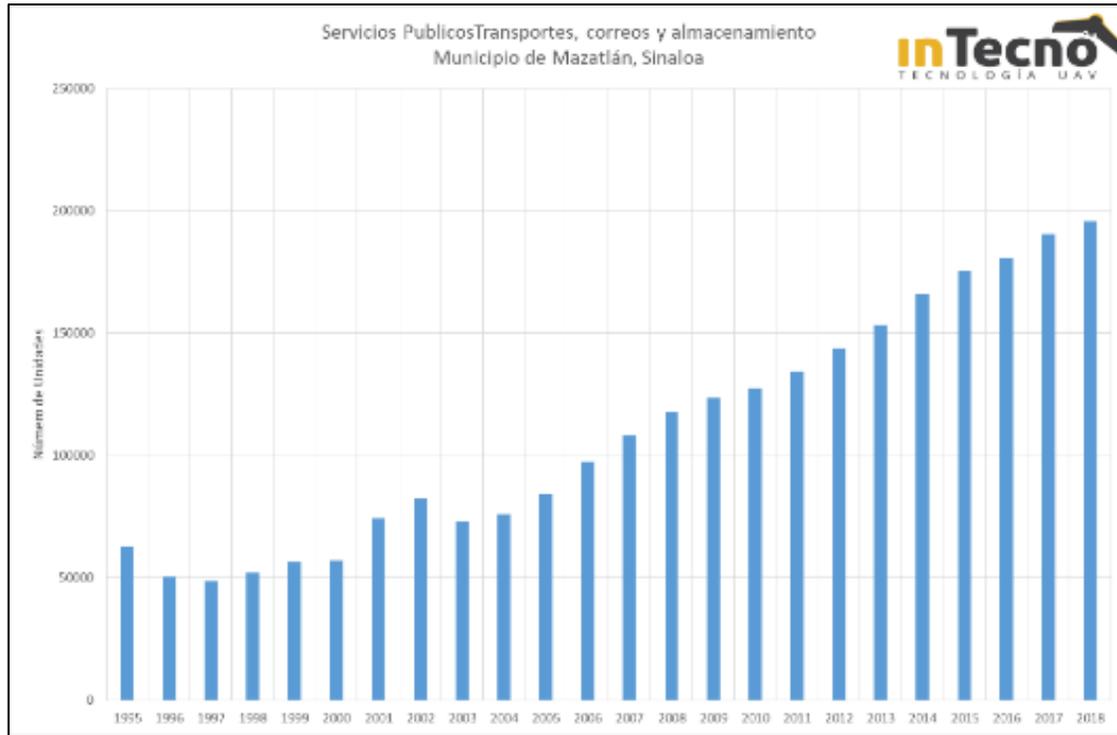
El grado promedio de escolaridad de la población de 15 años o más en el municipio era de 9.8, frente al grado promedio de escolaridad de 9.1 en la entidad. El municipio contaba con 214 escuelas preescolares (8.7% del total estatal), 265 primarias (9.4% del total) y 84 secundarias (9.8%). Además,

⁵ http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/indices_margina/marginacion_urbana/AnexoA/Documento/04A_AGEB.pdf

⁶ https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/46336/Sinaloa_012.pdf

el municipio contaba con 42 bachilleratos (14.8%), ocho escuelas de profesional técnico (18.6%) y 30 escuelas de formación para el trabajo (24%).

En el rubro de transporte se tiene con una cobertura de unidades de transporte, correo y almacenamiento de 195, 808 unidades, esta ha ido crecido significativamente en el al pasar de 62, 833 unidades en año de 1995 a la cifra actual, que supera en más de 100% en su crecimiento, ver gráfica I.19.



Gráfica I.19 Unidades de transportes diversos.

1.7.5 Principales actividades económicas en la zona.

El “Comercio al por menor”, “Otros servicios excepto actividades gubernamentales”, “Servicios de alojamiento temporal y de preparación de bebidas”, “Industrias manufactureras” y “Servicios de salud y asistencia social”, son las principales actividades económicas de la ciudad de Mazatlán. La ciudad alberga uno de los destinos turísticos de playa favoritos a nivel nacional y tiene la segunda mayor flota pesquera de México. Según el banco de indicadores del INEGI en el año 2019 la república mexicana generó un Total de **\$18,466,832.00** de ingresos por suministro de bienes y servicios en el Sector 11 Pesca y acuicultura de los cuales Sinaloa generó **\$3,838,869.00** y tan solo el municipio de Mazatlán aportó **\$2,402,304.00** lo equivalente al **13.01% de total nacional** y un **62.58% del total estatal** siendo Sinaloa el principal productor del sector a nivel estatal.

FACTOR	NACIONAL	ESTATAL	MAZATLÁN	SIN A MX	MZN A MX	MZN A SIN
Valor agregado censal bruto. Sector 11. Pesca y acuicultura.	9,559,697.00	1,848,659.00	1,080,026.00	19.34%	11.30%	58.42%
Total, de ingresos por suministro de bienes y servicios. Sector 11. Pesca y acuicultura.	18,466,832.00	3,838,869.00	2,402,304.00	20.79%	13.01%	62.58%
Total, de gastos por consumo de bienes y servicios. Sector 11. Pesca y acuicultura.	9,104,486.00	2,002,355.00	1,324,285.00	21.99%	14.55%	66.14%

Tabla I.03. Comparativo Estado Ciudad de Mazatlán

Mazatlán con un total de **23,767** establecimientos siendo el “Comercio al por menor” la actividad económica predominante en cuanto a establecimientos de la ciudad:

- **Comercio al por menor, 8,240** establecimientos (clave 46) Entre las cuales se encuentran; el Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco (clave 461), Comercio al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales (clave 462), Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado (clave 463), Comercio al por menor de artículos para el cuidado de la salud (clave 464), Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal (clave 465), Comercio al por menor de enseres domésticos, computadoras, artículos para la decoración de interiores y artículos usados (clave 466), Comercio al por menor de artículos de ferretería, tlapalería y vidrios (clave 467), Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes (clave 468), Comercio al por menor exclusivamente a través de Internet, y catálogos impresos, televisión y similares (clave 469).
- **Otros servicios excepto actividades gubernamentales, 4,042** establecimientos (clave 81) entre los cuales se encuentran; Servicios de reparación y mantenimiento (clave 811), Servicios personales (clave 812), y Asociaciones y organizaciones (clave 813).
- **Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas, 3,313** establecimientos (clave 72); Servicios de alojamiento temporal (clave 721) y Servicios de preparación de alimentos y bebidas (clave 722).
- **Industrias manufactureras, 1,929** establecimientos (clave 31-33) abarcando; Industria alimentaria (clave 311), Industria de las bebidas y del tabaco (clave 312), Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles (clave 313), Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir (clave 314), Fabricación de prendas de vestir (clave 315), Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos (clave 316), Industria de la madera (clave 321), Industria del papel (clave 322), Impresión e industrias

conexas (clave 323), Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón (clave 324), Industria química (clave 325), Industria del plástico y del hule (clave 326), Fabricación de productos a base de minerales no metálicos (clave 327), Industrias metálicas básicas (clave 331), Fabricación de productos metálicos (clave 332), Fabricación de maquinaria y equipo (clave 333), Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos (clave 334), Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica (clave 335), Fabricación de equipo de transporte (clave 336), Fabricación de muebles, colchones y persianas (clave 337), Otras industrias manufactureras (clave 339).

- **Servicios de salud y de asistencia social, 1,457** establecimientos (clave 62) incluyendo: Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados (clave 621), Hospitales (clave 622), Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud (clave 623), Otros servicios de asistencia social (clave 624).

En la tabla I.04 se resumen las principales actividades económicas en el municipio de Mazatlán, Sinaloa (fuente, INEGI 2019) en la figura I.7.1 se muestran los rangos de los números de empleados distribuidos entre los comercios antes mencionados.

(CLAVE DEL SECTOR Y ACTIVIDAD)	TOTAL
(46) Comercio al por menor	8,240
(81) Otros servicios excepto actividades gubernamentales	4,042
(72) Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	3,313
(31-33) Industrias manufactureras	1,929
(62) Servicios de salud y de asistencia social	1,457
(43) Comercio al por mayor	732
(54) Servicios profesionales, científicos y técnicos	656
(61) Servicios educativos	604
(52) Servicios financieros y de seguros	520
(53) Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	486
(11) Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	373
(71) Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	343
(56) Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	324
(93) Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	260
(23) Construcción	186
(48-49) Transportes, correos y almacenamiento	184
(51) Información en medios masivos	55
(22) Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	49
(21) Minería	12
(55) Corporativos	2
TOTAL	23,767

Tabla I.04. Resumen de las principales actividades económicas.

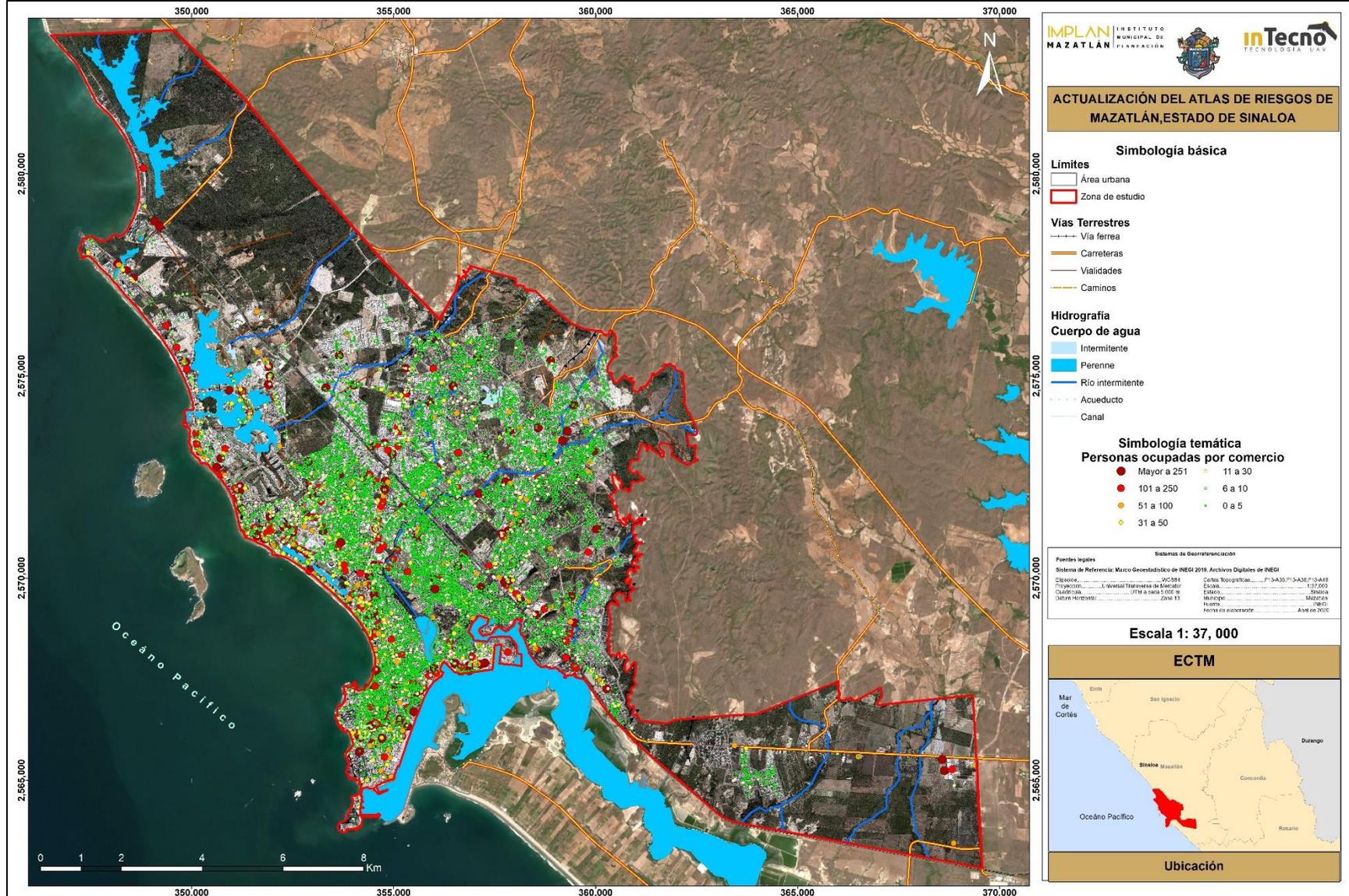
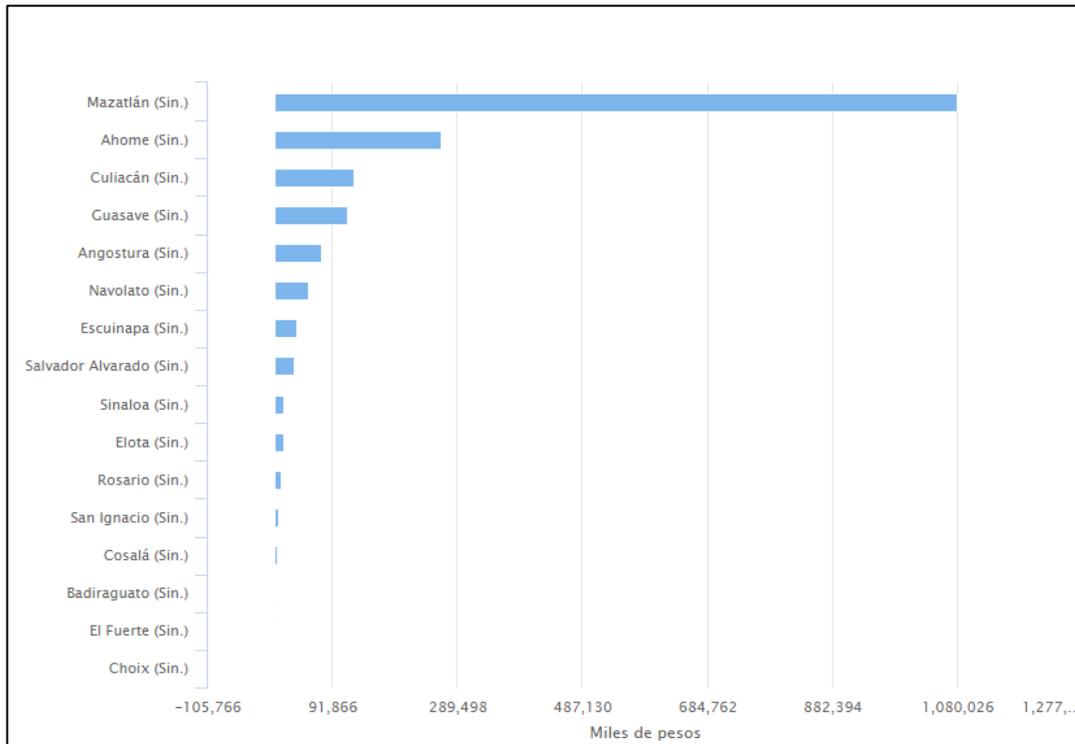


Figura I.7.1. Rangos de empleados por centro de trabajo. Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI

El sector pesquero arrojó los siguientes resultados según los estudios realizados en el 2018 (INEGI, 2019).



Gráfica I.20. Evolución de las Unidades Económicas⁷.

1.7.6 Equipamiento

El equipamiento urbano es el conjunto de edificios y espacios, predominantemente de uso público. En donde se realizan actividades complementarias a las de habitación y trabajo. Además, estas instalaciones son motivantes de actividades ajenas al trabajo o a la rutina de las personas.

En la ciudad de Mazatlán existen 8 cementerios, 36 hospitales, 90 instalaciones deportivas o de recreación, 20 instalaciones diversas, 17 mercados, 40 plazas, 293 escuelas, 9 estructuras elevadas, 1 faro, 1 palacio municipal, 3 tanques de agua y 136 templos, ver figura I.7.14.

⁷ <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/inv/>

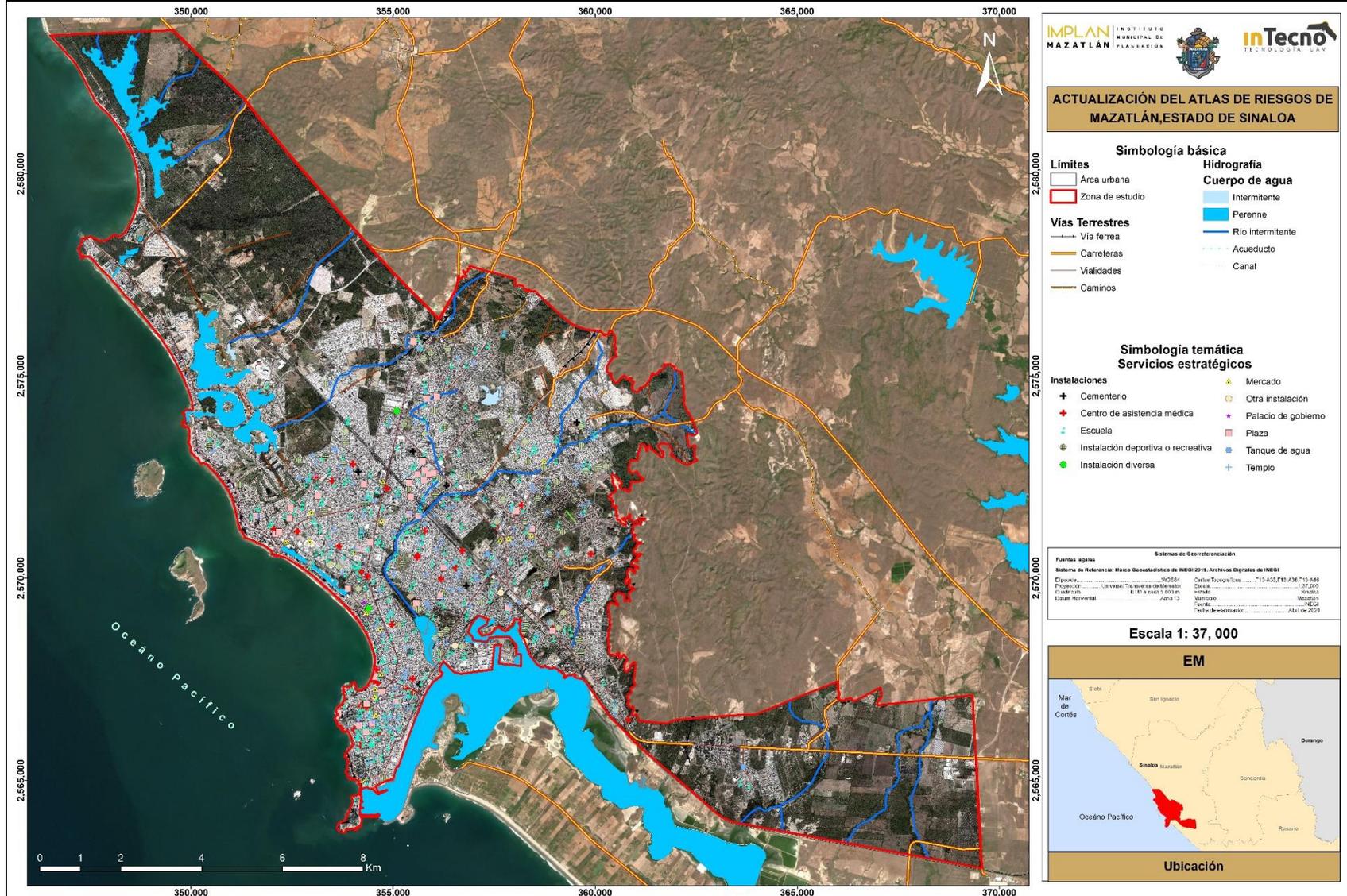


Figura I.7.14. Equipamiento. Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI

II. Fenómenos Perturbadores

Los expertos urbanistas coinciden que el lugar en el que se fundó la ciudad y puerto de Mazatlán no era el más apropiado⁸. Por el contrario, los terrenos sobre los que originalmente se originó la ciudad, carecían de las condiciones elementales que pudiera garantizar la supervivencia saludable a cualquier grupo poblacional.

Con una superficie irregular, entre cerros y largas extensiones de esteros salobres cubiertos de manglares y erizos, saturada de lagunas hediondas llenas de insectos y alimañas, la ubicación de la ciudad dejaba mucho que desear.

Sin fuentes permanentes de suministro de agua y una vegetación escasa, tal pareciera que de todos los lugares propicios para que se fundara una ciudad, Mazatlán era el sitio menos indicado.

No obstante, el descubrimiento de múltiples yacimientos mineros en el sur de Sinaloa y en la serranía del estado de Durango, concretamente en las cercanías de las comunidades de Cósala, Concordia, Rosario, Pánuco y Cópala, trajo consigo la imperiosa necesidad para los dueños de esos fondos mineros, de contar con un lugar apropiado en el que pudieran embarcar su rica y copiosa producción de metales preciosos y que a la vez les permitiera embarcar toda clase de implementos que necesitaban para la óptima operación de las minas.

Este auge minero fue en gran parte el causante de que aun en contra de todas las condiciones adversas para que el Puerto de Mazatlán surgiera y en muy poco tiempo se convirtiera en una próspera comunidad.

⁸ “Fuera de estas poblaciones, no existió en el área de lo que hoy es Mazatlán, ningún asentamiento español debido a la presencia de asentamiento indígena previo, ya que, como ha quedado dicho, ni las condiciones geográficas, ni los recursos naturales determinaron ventaja alguna para un probable establecimiento español permanente”. **El viejo Mazatlán...donde todo comienza. Identidad, representaciones e historia. Dra. Leticia Alvarado Fuentes. Eae Editorial Academia Española (18 abril 2012).**

II.1 Fenómenos Hidrometeorológicos

Infraestructura de Protección contra inundaciones.

Para hacer frente y minimizar los daños causados a centros de población y zonas de cultivo generados por los desbordamientos de los ríos y arroyos, se han construido diferentes tipos de obras de protección entre las cuales figuran las presas de almacenamiento, presas derivadoras, bordos y estructuras de protección.

Cauce del Río Quelite.

No cuenta con obras de control (presas), existe una obra de protección a la altura de la comunidad del Quelite (construida en el año 2007), esto con la finalidad de que el río siga erosionando el bordo de protección de esta población. La obra consistió en la protección de la margen derecha del río, a la altura del pueblo del Quelite a base de muros de gavión, ver fotografía II.1.01.



Fotografía II.1.01. Muros de gavión como obras de protección contra inundaciones en el poblado del Quelite, río del mismo nombre. **Fuente.** Elaboración propia.

Presa de almacenamiento Picachos.

Se localiza entre los municipios de Mazatlán y Concordia, entre las coordenadas geográficas 23°28'51" de latitud norte y 106°12'21" de longitud oeste, su función es para riego (22,500 has), suministro de agua a la ciudad de Mazatlán (3.0 m³/s), y control de avenidas, se construyó en el periodo de febrero de 2006 a marzo de 2009, para controlar la corriente del Río Presidio, la capacidad de la presa es de 258.0 Mm³ y la capacidad de conservación de 247.0 Mm³, ver fotografía II.1.02.

Datos de la presa:

- Desagüe de fondo, diseño para descargar 30 m³/s, para una elevación de 103.85 msnm.
- Cresta vertedora, el canal de descarga (rápido), muros de encauzamiento y cubeta deflectora, ubicados en el centro de la cortina, se conocen en conjunto como obra de excedencias.
- La avenida máxima de diseño del vertedor es de 16,560 m³/s para un periodo de retorno de 10,000 años.
- La cresta del vertedor central se localiza a una elevación de 124.70 m.s.n.m., sus descargas serán confinadas por muros laterales los cuales presentan una convergencia de 5 grados con relación al eje ortogonal a la cresta.
- La cresta del vertedor lateral se localiza a una elevación de 124.70 msnm., sus descargas serán confinadas por muros laterales similares a la cresta central.
- Obras de excedencia:
 - ✓ Tipo de cresta libre.
 - ✓ Avenida máxima probable 19,820.00 m³/s.
 - ✓ Gasto máximo de diseño 16,560.00 m³/s.
 - ✓ Gasto unitario máximo de descarga 64.68 m³/s.
 - ✓ Periodo de retorno 10,000 años.
 - ✓ Carga sobre la cresta 9.60 m.
 - ✓ Longitud de la cresta 256.00 m.



Fotografía II.1.02. Presa de almacenamiento Picachos, ubicada entre los municipios de Mazatlán y Concordia, Sinaloa. **Fuente.** Elaboración propia.

Presa derivadora Siqueiros.

Se ubica en el municipio de Mazatlán, entre las coordenadas geográficas 23°20'30" de latitud norte y 106°15'10" de longitud oeste, su propósito es la derivación de las aguas del Río Presidio a los canales principales, margen izquierda $Q= 7.5 \text{ m}^3/\text{s}$, y margen derecha $Q= 15.0 \text{ m}^3/\text{s}$, para el riesgo de 22,300 has, del sistema Baluarte Presidio DR111, se construyó en el periodo 1981-1984, y se reparó en 1995-1997. La elevación del lecho del río es de 28.50 m.s.n.m., la elevación de la cortina de 36.50 m.s.n.m., y la longitud del vertedor de 274.9 m., ver fotografía II.1.03.

La capacidad de desfogue por la cresta vertedora es de $8,000 \text{ m}^3/\text{s}$, las estructuras de desfogue son:

- Elevación 31.40 m.
- Margen derecha, dos compuertas radiales de 3.0 por 3.55 m.
- Capacidad de desfogue (elevación 34.10 m), es de $70.0 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Margen izquierda, una puerta radia de 3.00 por 3.55 m.
- Capacidad de desfogue (elevación 34.10 m), de $35 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Obra de toma margen derecha, tiene dos compuertas deslizantes de 1.83 por 1.83 m.
- Gasto de $15.00 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Obra de toma margen izquierda, dos compuertas deslizantes de 1.22 por 1.52 m.
- Gasto de $7.50 \text{ m}^3/\text{s}$.



Fotografía II.1.03. Presa derivadora Siqueiros, ubicada en el municipio de Mazatlán, Sinaloa. **Fuente.** Elaboración propia.

Presa de almacenamiento Los Horcones (mejor conocida como Escamilla)

Se ubica sobre el Arroyo Los Horcones, en el municipio de Mazatlán, entre las coordenadas geográficas 23°17'11" de latitud norte y 106°16'35" de longitud oeste, su propósito es aprovechar los escurrimientos del arroyo Los Horcones y almacenar un volumen total de 14 millones de metros cúbicos, a efecto de regar una superficie de 1,049 ha. Se construyó en el periodo de 1975 a 1981, la capacidad de la presa es de 14 Mm³, capacidad de conservación 13.4 Mm³, longitud de la cortina 750 m, longitud del vertedor 80 m, capacidad máxima 563 m³/s, ver fotografía II.1.04.



Fotografía II.1.04 Planta potabilizadora Los Horcones, Mazatlán, Sinaloa. **Fuente.** Elaboración propia.

2.1. Análisis histórico de eventos ocurridos durante los últimos 10 años

En el presente capítulo se hace una reseña de los eventos de tipo “**Fenómenos hidrometeorológicos**” que ocurrieron dentro del período de los 10 años; estos se resumen en:

1. Inundaciones Costeras por Marea de Tormenta
2. Inundaciones Fluviales.
3. Inundaciones Pluviales
4. Inundaciones Lacustres.
5. Tormentas Eléctricas.
6. Ciclones (Tormenta Tropical)
7. Ciclones Tropicales Ondas Tropicales.
8. Lluvias Extremas.
9. Ondas Cálidas.
10. Vientos Fuertes.

Mazatlán está expuesto a los embates producidos por fenómenos naturales como son los ciclones y las precipitaciones pluviales extraordinarias que traen consigo inundaciones en gran parte de la ciudad, misma que se encuentra a 3 m sobre el nivel del mar, aunado a las deficiencias en los drenajes fluviales, a la invasión de los cauces de los arroyos, y muy especialmente a la falta de obras hidráulicas para el control de las crecientes que se originan en los arroyos que cruzan la ciudad.

Basta recordar el 24 de agosto del año 2000, cuando por una tormenta eléctrica acompañado de lluvias extraordinarias con vientos huracanados afecto a la ciudad y el puerto, dejando un saldo de varias viviendas destruidas construidas con materiales endeble, infinidad de árboles arrancados de raíz, postes y líneas de alta tensión caídos, el derrame de diésel y turbosina en el embarcadero de la Isla de Piedra y en el parque industrial Bonfil un barco atunero estuvo a punto de irse a pique.

En 1968, la Tormenta Tropical Naomi provocó inundaciones y grandes daños, en octubre de 1975 el ciclón Olivia, afectó 7,000 viviendas de la ciudad y 14 comunidades, en 1986 el Huracán Roselyn también causó afectaciones, en 1993 el Huracán Lidia por inundaciones causó daño a 15 comunidades, dañando la Presa Derivadora Siqueiros e interrumpió la comunicación por la carretera federal No. 15 y del ferrocarril Guadalajara-Nogales, el principal problema que ocasionó para la ciudad de Mazatlán fue la interrupción de suministro de agua potable por el azolvamiento de los pozos abastecedores que se localizan en el Río Presidio.

En septiembre de 2006 el Huracán Lane, afectó a más de 14,000 habitantes de Villa Unión, en 2007 la Tormenta Tropical Henriette provocó inundaciones en diferentes partes de la ciudad, en agosto y septiembre de 2008 las lluvias registradas provocaron inundaciones en los fraccionamientos El Toreo y Flamingsos, los Huracanes Jimena y Rick se presentaron en agosto y octubre de 2009 afectaron varias colonias, lo mismo causaron las lluvias de enero, agosto y octubre de 2011, el 28 de septiembre de 2012 la Tormenta Tropical Norman al igual que las lluvias de agosto de 2014 generaron problemas en vialidades, en agosto de 2016 las lluvias generadas por la Tormenta Tropical Javier que generaron inundaciones en las avenidas Camarón Sábalo, Insurgentes, Internacional y Primavera, ver figura II.1.01

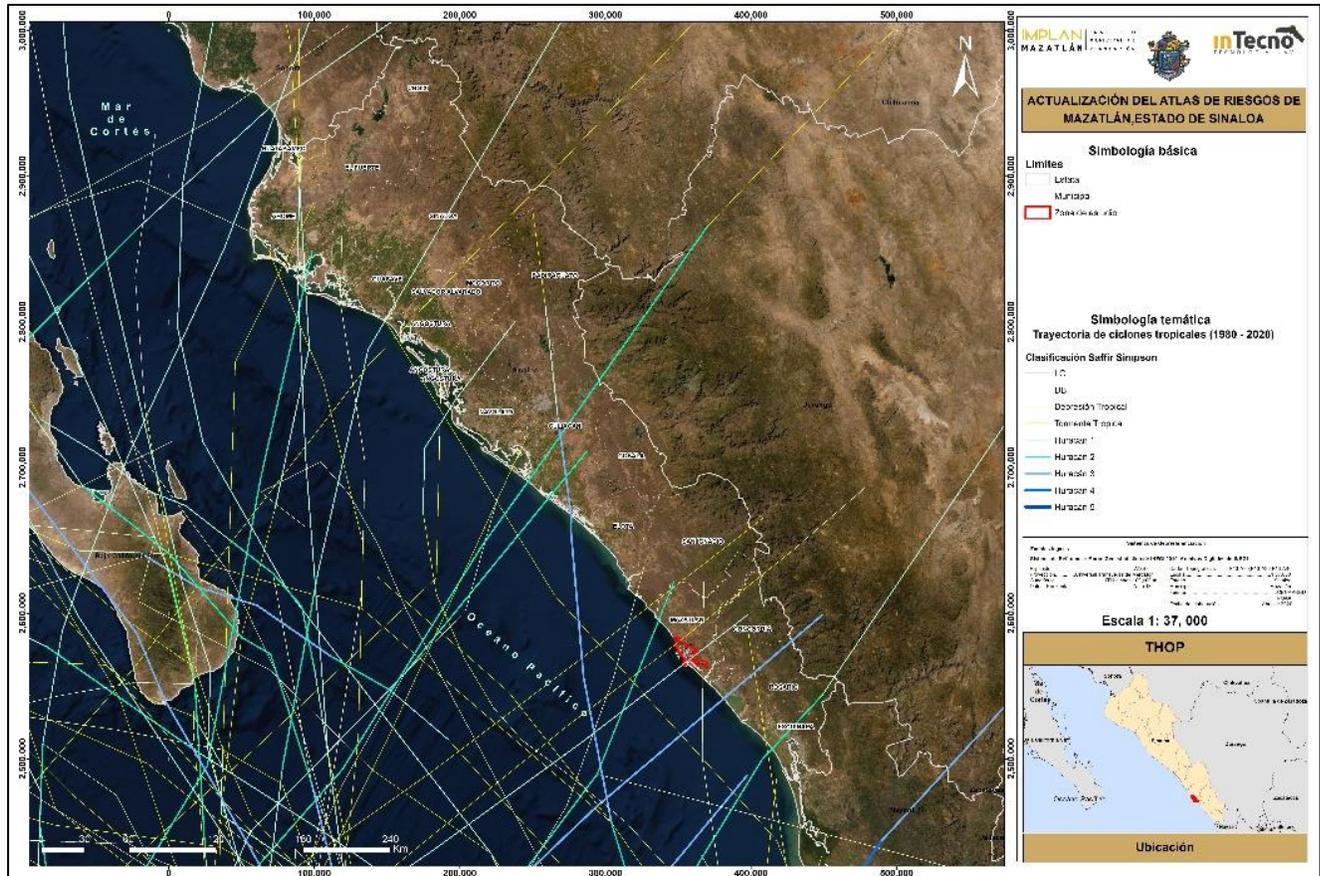


Figura II.1.01. Trayectoria de ciclones tropicales del Pacífico Nororiental 2009. Fuente. Servicio Meteorológico Nacional⁹.

La noche del 23 de octubre de 2018, el Huracán Willa tocó tierra en la Isla del Bosque, a 15 km al sur de Escuinapa, Sin., se disipó el 24 de octubre aproximadamente a 50 m al oeste de Saltillo, Coahuila., fue de categoría 3 con vientos máximos sostenibles de 195 km/h y rachas de 240 km/h, sus lluvias causaron inundaciones en casi toda la entidad.

El jueves 22 de agosto de 2019, el gobierno del estado de Sinaloa y la Secretaría de Educación Pública, suspenden clases en los turnos matutino y vespertino de todos los niveles y modalidades educativas de los 18 municipios del estado de Sinaloa ante las fuertes lluvias provocadas por la Tormenta Tropical Ivo, en Mazatlán al menos 50 personas fueron desalojadas en las colonias INDECO, Jacarandas y Villa Jaraco, además de varios autos quedaron varados.

La ciudad afronta embates hidrometeorológicos periódicamente, ejemplo de ello fue la lluvia extraordinaria del 28 de noviembre 2019, donde se presentó el máximo histórico en lo que refiere a lluvias acumuladas en 24 horas así como su precipitación puntual en una hora; valores que superan a los que tiene la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) desde el año de 1930 a la fecha; esta lluvia tuvo una magnitud de **250.2 milímetros** acumulados en todo el día y de **94 milímetros** registrados a las 5:00 horas del día en cuestión, esta información valiosa la proporcionó el Observatorio Meteorológico de superficie Ubicado en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, el cual pertenece a la red Nacional de Observatorios Meteorológicos en superficie, operados por el Servicio Meteorológico Nacional; dependencia del gobierno federal que pertenece a la CONAGUA.

⁹ <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Resumenes/2009.pdf>

Esta lluvia máxima histórica generó inundaciones fluviales y pluviales, lo que puso en un estado de emergencia a la ciudad; el cual, generó cuantiosas pérdidas desde el punto de vista económico,

Otro foco de atención para Mazatlán, son las inundaciones provocadas por el arroyo Jabalines cuyo cauce fluye por más de 11 km en la zona urbana de la ciudad de Mazatlán, hasta su desembocadura al estero Infiernillo; el cual ha tenido modificaciones en su forma natural, lo que ha ocasionado que este escurrimiento se desborde y provoque daños a la población, comercios, industria y la infraestructura municipal, ver figura II.1.02.

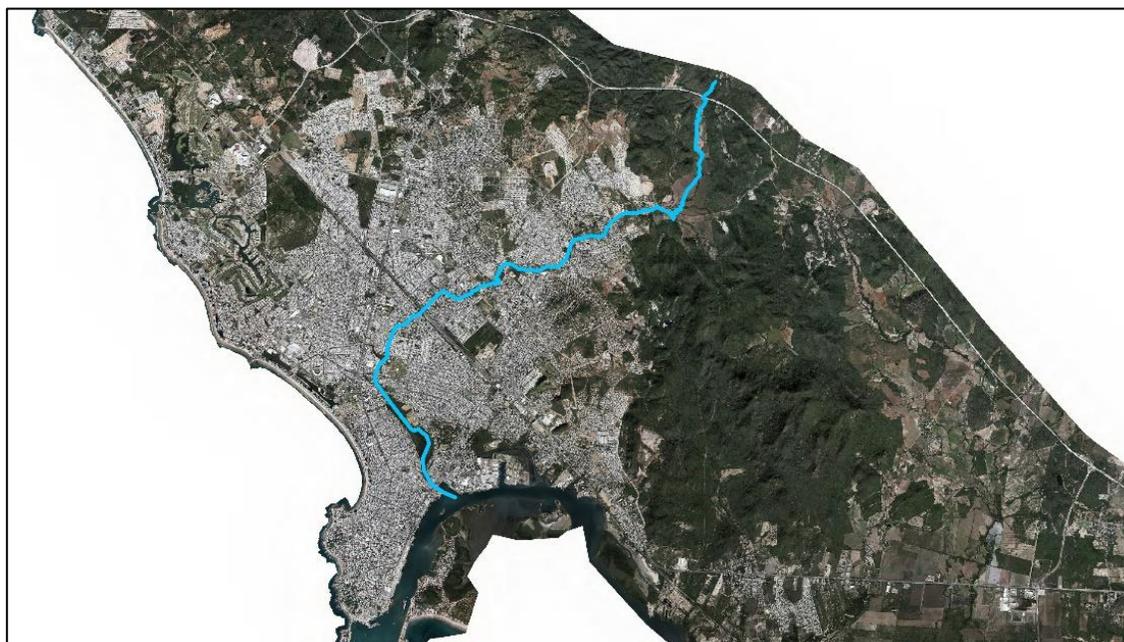


Figura II.1.02. Vista aérea del Arroyo Jabalines. **Fuente.** Elaboración propia

Breve descripción de los daños ocurridos por diferentes fenómenos (BASE_IMPACTO_SOCIOECONOMICO_DESASTRES 2000-2015)¹⁰

15 de agosto del 2005, tipo de fenómeno Lluvia Extrema

Se reportaron 10 viviendas con afectaciones menores, asimismo se reporta una persona desaparecida, lo anterior debido a las fuertes lluvias.

27 de julio del 2004, tipo de fenómeno Lluvia Extrema

Se reportaron fuertes lluvias en el municipio de Mazatlán, provocando afectaciones en las vialidades y la muerte de una menor al ser arrastrada por el canal de aguas pluviales.

23 de agosto del 2009, tipo de fenómeno Lluvia Extrema

Se registraron fuertes lluvias. Se reporta la muerte de una persona al intentar cruzar el cauce de un arroyo denominado Los Jabalines.

¹⁰ <http://www.atlasmunicipaldesastres.gob.mx/archivo/descargas.html>

24 de enero del 2011, tipo de fenómeno Lluvia Extrema

Se reportan 32 colonias afectadas por desbordamiento del arroyo Jabalines, llegando a alcanzar una altura de inundación de 1.8 m. Se realizó la evacuación preventiva de 42 personas, trasladándolas a los refugios temporales habilitados. Se reportó un incendio en una casa habitación, por efecto de un rayo, y el desgajamiento de un cerro. Se reportaron 8 Escuelas con inundación. Durante la madrugada, 4 familias (12 personas) fueron evacuadas, siendo llevadas al albergue municipal. Asimismo, se reporta que el agua de la Presa Higueras comenzó a verter el agua, originando que el río Roberto se desbordara afectando 9 comunidades con tirantes de los 35 a 80 centímetros. Como dato preliminar reportan de 700 a 900 viviendas afectadas, se evacuaron a varias familias, mismas que se trasladaron con familiares y amigos, por lo que no fue necesario abrir el Refugio Temporal que se tiene habilitado.

25 de mayo de 2011, tipo de fenómeno Lluvia Extrema

15 personas trasladadas a un Refugio Temporal. Se presentó una fuerte lluvia acompañada de vientos en el municipio de Mazatlán, lo que provocó que el arroyo Jabalines se desbordara y ocasionara inundaciones en 54 colonias de la zona urbana y 1 colonia más de la zona rural. Se presentó el colapso de un muro de contención lo que ocasiono la muerte de 2 menores y lesiones en 5 personas.

24 de junio de 2011, tipo de fenómeno Lluvia Extrema

Se desarrolló un sistema de tormenta local entre las sindicaturas de Higueras y Rosario. Se presentaron inundaciones en las zonas bajas del municipio, mientras que el arroyo de los jabalines se desbordo en la mayor parte de su canal. Se contabilizaron un aproximado de 3,004 viviendas afectadas.

08 de agosto de 2011, tipo de fenómeno Lluvia Extrema

Derivado de la intensa lluvia registrada en la fecha señalada, se presentaron daños en 2 centros de salud, infraestructura carretera y urbana. Desafortunadamente dos menores perdieron la vida.

24 julio de 2011, tipo de fenómeno Lluvia Extrema

Se afectaron 15 colonias por anegamientos, debido a ellos se evacuaron a 14 personas (7 adultos y 7 niños) se encuentran con familiares y amigos. Rosario: desbordamiento de arroyos, anegamientos en poblados de Potrerillos, agua Verde y Zona Urbana de Rosario. Escuinapa: 175 personas evacuadas de las cuales 45 están albergadas en un Refugio Temporal de la Parroquia Francisco de Asís, el resto se encuentra con familiares y amigos. 300 casas afectadas de las colonias Pueblo Nuevo, Insurgentes, azteca, INFONAVIT arroyo, INFONAVIT arroyo Seco, Malecón Siglo XXI, Calle Occidental y parte de la Colonia Centro. En las comunidades del Valle de Escuinapa Celaya, Isla del Bosque, Palmito del Verde, Cristo Rey y Teacapan, por reblandecimiento de tierra, se registró el desgajamiento de cerro de la Maxi Pista Mazatlán Tepic, en el lugar personal de obras públicas trabajan con maquinaria, no hubo la necesidad de cerrar la carretera.

17 de agosto de 2014 tipo de fenómeno Lluvia Extrema

Lluvias fuertes causaron inundaciones con las Col. Prado Bonito, Hogar del Pescador, Centro, Juarez, Esperanza, Paseo Alameda, Zona Dorada, Fuentes del Valle, Villa Tutuli y Salvador Allende. En la Col. El Toreo se reporta 1 persona fallecida debido a que la arrastro una corriente.

11 de septiembre de 2015, tipo de fenómeno Inundación

Derivado de la inundación se declaró en emergencia al municipio de Mazatlán, por lo que se repartieron a la población 3,060 despensas, 6,120 cobertores "b", 6,120 colchonetas, 1,250

impermeables, 10 rollos de hule, 1,530 kits de limpieza, 1,530 kits de aseo personal y 3,442 láminas tipo "a".

Estos daños se contabilizaron en más de 20 millones de pesos, como se muestran en la gráfica II.1.01



Gráfica II.1.01. Daños potenciales por fenómenos hidrometeorológicos. **Fuente.** Elaboración propia

2.2. Marea de Tormenta y Ciclones

La marea de tormenta es el ascenso del nivel medio del mar debido a la acción de los vientos de los ciclones tropicales sobre una región del océano. Este levantamiento tiene la apariencia de un domo de agua, agregado a la superficie habitual del mar. Esta marea dura de 12 horas a 3 días puede causar inundaciones en las zonas bajas del continente, colindantes a la costa y oleaje que impacte sobre las estructuras y construcciones cercanas al mar, así como la remoción de la arena de las playas por las corrientes de agua que inducen las olas. Cuando al ascenso del nivel del mar (pleamar), correspondiente a la marea ordinaria (astronómica) se combina con la marea de tormenta, provoca una sobre elevación más alta.

Antes de continuar se definirá la escala **Safir-Simpson**:

La evolución de un ciclón tropical puede llegar a desarrollar cuatro etapas:

- **Perturbación Tropical:**

Zona de inestabilidad atmosférica asociada a la existencia de un área de baja presión, la cual propicia la generación incipiente de vientos convergentes cuya organización eventual provoca el desarrollo de una depresión tropical.

- **Depresión Tropical:**

Los vientos se incrementan en la superficie, producto de la existencia de una zona de baja presión. Dichos vientos alcanzan una velocidad sostenida menor o igual a 62 kilómetros por hora.

- **Tormenta Tropical:**

El incremento continuo de los vientos provoca que éstos alcancen velocidades sostenidas entre los 63 y 118 km/h. Las nubes se distribuyen en forma de espiral. Cuando el ciclón alcanza esta intensidad se le asigna un nombre preestablecido por la Organización Meteorológica Mundial.

- **Huracán:**

Es un ciclón tropical en el cual los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan los 119 km/h. El área nubosa cubre una extensión entre los 500 y 900 km de diámetro, produciendo lluvias intensas. El ojo del huracán alcanza normalmente un diámetro que varía entre 24 y 40 km, sin embargo, puede llegar hasta cerca de 100 km. En esta etapa el ciclón se clasifica por medio de la escala **Saffir-Simpson**, como se indica en la tabla.

Categoría	Vientos Máximos (km/h)	Características de los Posibles Daños Materiales Provocados por el Viento
Uno	119 a 153	Árboles pequeños caídos; daños al tendido eléctrico.
Dos	154 a 177	Adicionalmente a los daños del Categoría Uno: Daño en techados, puertas y ventanas; desprendimiento de árboles.
Tres	178 a 208	Adicionalmente a los daños del Categoría Dos: Grietas en construcciones.
Cuatro	209 a 251	Adicionalmente a los daños del Categoría Tres: Desprendimiento de techos en viviendas.
Cinco	252 o Mayores	Adicionalmente a los daños del Categoría Cuatro: Daño muy severo y extenso en ventanas y puertas. Falla total de techos en muchas residencias y en construcciones industriales.

El tipo de daños provocados por las lluvias y escurrimientos de los ciclones tropicales varía dependiendo de varios factores:

- Velocidad de desplazamiento: ciclones que se mueven lentamente o permanecen estacionarios tienden a dejar más lluvia.
- Tamaño del fenómeno: mientras más grande es un ciclón, mayor es el área que recibe lluvias del mismo.
- Trayectoria específica.
- Hora del día.
- Efectos locales debidos a la topografía.
- Interacción con otros sistemas meteorológicos presentes, por ejemplo: frentes fríos, ondas tropicales, canales de baja presión, un segundo ciclón tropical.

El tipo de efectos en zonas costeras provocados por el oleaje y marea de tormenta que acompañan a los ciclones tropicales pueden ser altamente destructivos y varía de acuerdo a factores locales como la forma específica de la costa y del lecho marino circundante, así como al viento del ciclón, el campo de presión atmosférica y el tamaño del fenómeno.

Las precipitaciones asociadas al ciclón tropical pueden reblandecer el suelo en algunas regiones, por lo que se exhorta a la población a extremar precauciones debido a que pudieran registrarse deslaves, deslizamientos de laderas, desbordamientos de ríos y arroyos, o afectaciones en caminos y tramos carreteros, así como inundaciones en zonas bajas y saturación de drenajes en zonas urbanas.

La navegación marítima en las inmediaciones del sistema deberá extremar precauciones, así como las operaciones aéreas.

Para el caso de este estudio en particular del polígono que define la Ciudad de Mazatlán se aplicaron las metodologías descrita por el CENAPRED; para conocer el radio de acción y la velocidad del viento a este radio, que pueden generarse por el tipo de evento ciclónico.

Se analizaron las trayectorias que siguieron los fenómenos denominados, Depresión Tropical (DT), Tormenta Tropical (TT), Huracán nivel 1 (H1), Huracán Nivel 2 (H2), Huracán nivel 3 (H3), Huracán nivel 4 (H4) y Huracán Nivel 5 (H5).

Teniendo en cuenta que el análisis se realizó para los 18 eventos que incidieron en el periodo de 1950 a 2019 en la zona en estudio como se puede observar en la figura II.1.03.

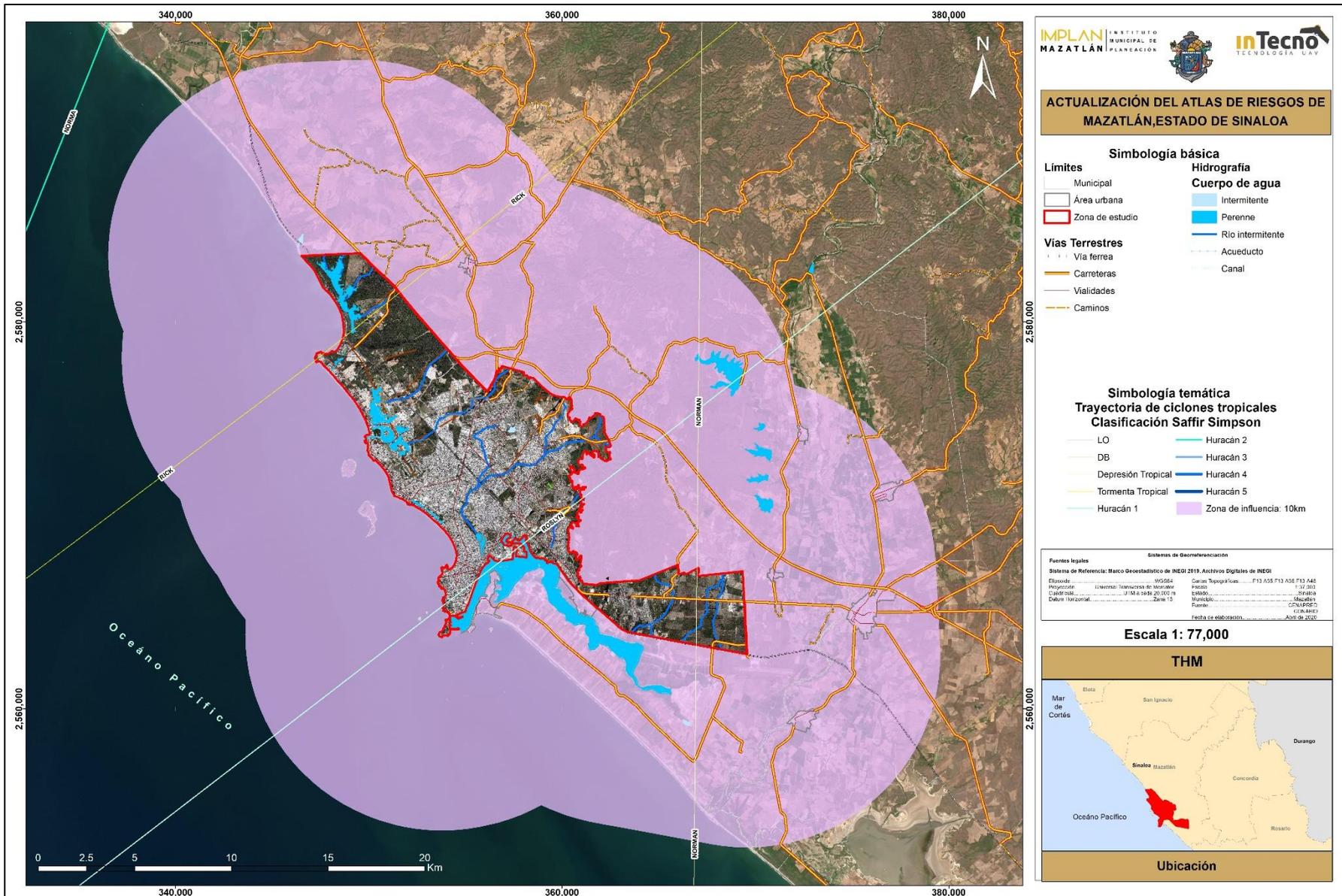


Figura II.1.03. Mapa de trayectorias por tipo de evento ciclónico en la zona en estudio. Fuente. Elaboración propia con información del SMN.

Como se observa en la figura anterior, se definió un radio de acción del polígono que envuelve la zona urbana de Mazatlán para determinar el número de eventos que pudieron tener incidencia en dicha zona.

Para determinar las trayectorias antes mencionadas se utilizó el programa busca Ciclones, el cual fue desarrollado por el CENAPRED, ver figura II.1.04.

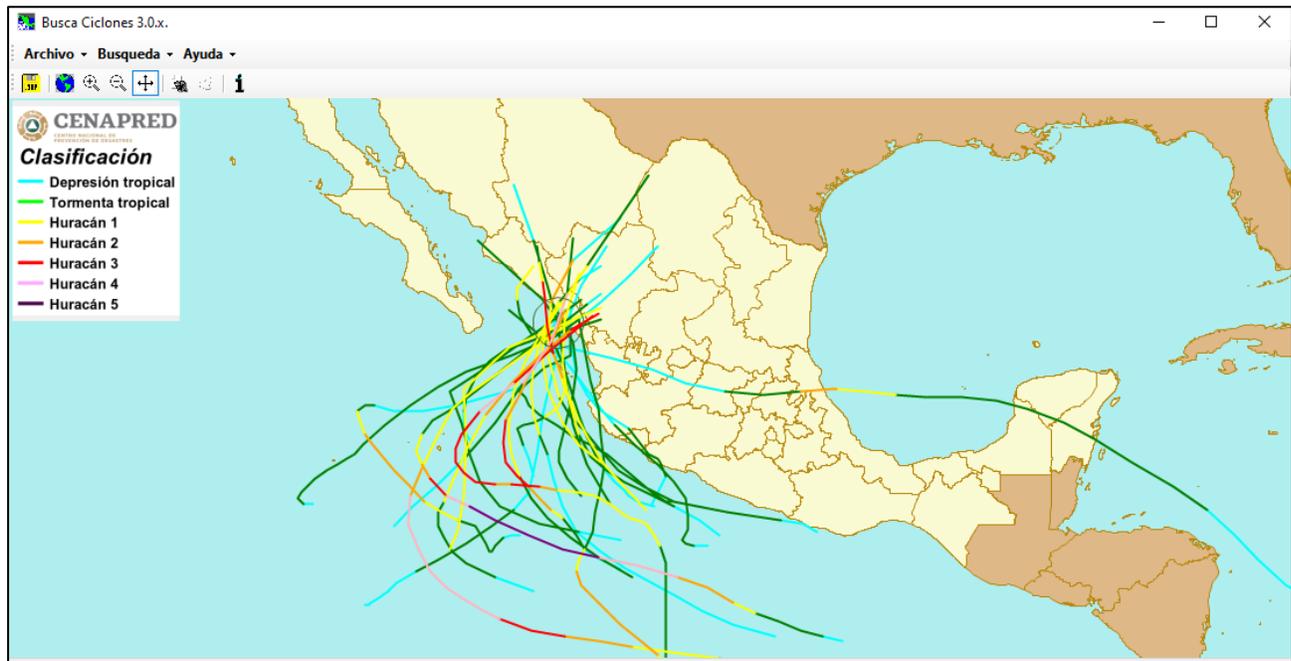


Figura II.1.04. Resultados obtenidos con el programa “Busca Ciclones”. **Fuente.** CENAPRED

El radio de búsqueda fue de 100 km, no limitando la vertiente de dónde provenía el fenómeno ciclónico, ya que, como se puede ver en la figura II.1.05, el huracán Diana, se inició en el océano Atlántico en año de 1990 en el mes de agosto, el cual literalmente dividió en dos al país con su trayectoria.

Lo contenido en el anterior párrafo indica que no se deben despreciar las consecuencias que se generan en el Atlántico en sus efectos en la zona de estudio, ya que estos pueden inducir en trayectorias paralelas a la línea de costa y/o, con su circulación trasladar humedad proveniente del pacífico hacia sus costas, como lo que ocurre en las costas de los estados de Chiapas, Oaxaca y Guerrero.

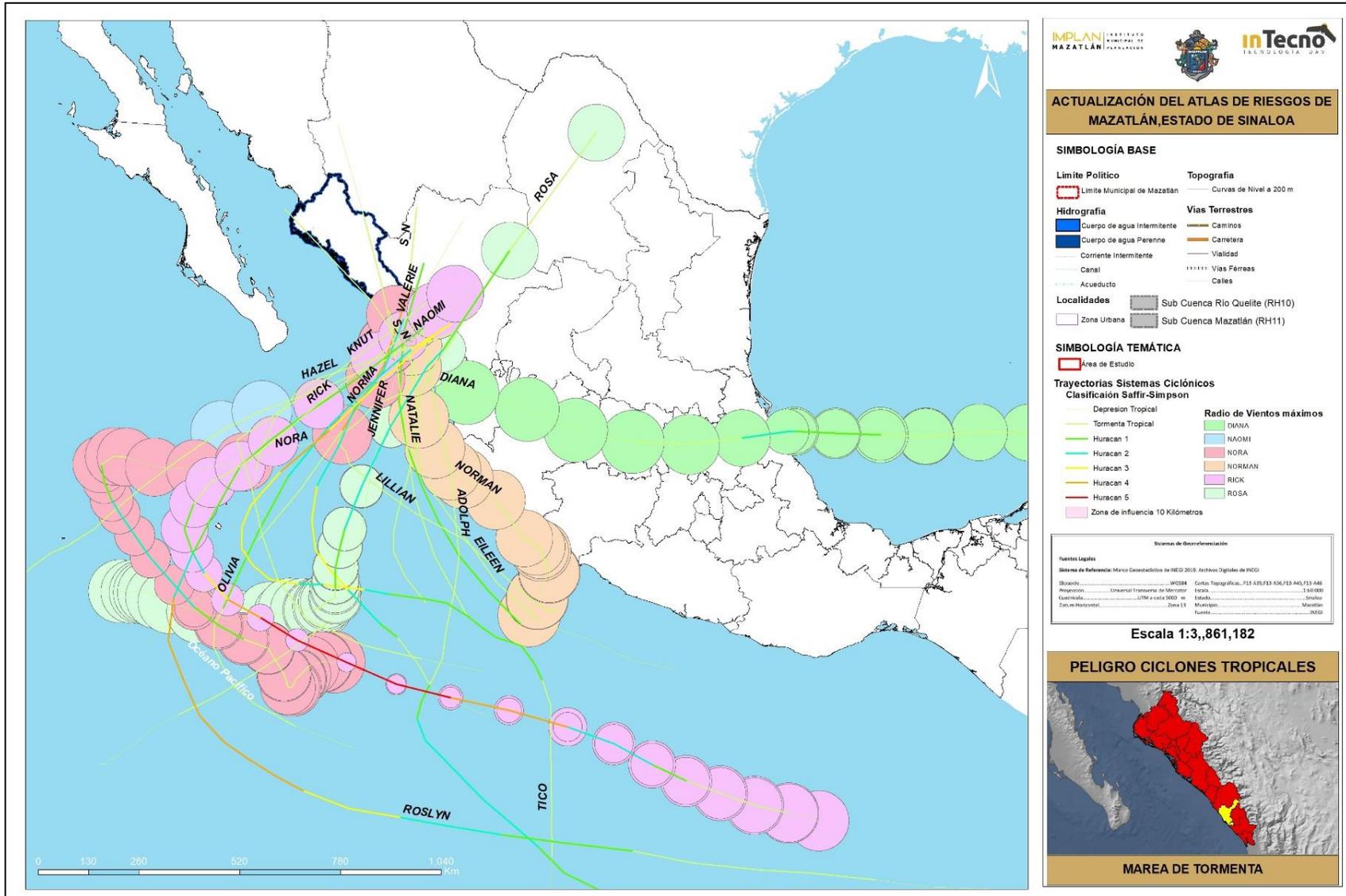


Figura II.1.05. Radios de acción de los diferentes sistemas ciclónicos que se presentaron en Mazatlán. Fuente. Elaboración propia con información de CENAPRED

2.2.1 Estimación de la altura máxima de la Marea de Tormenta

La elevación h (en m) más grande que alcanza a ascender el nivel medio del mar por la marea de tormenta (amplitud de la marea de tormenta), puede ser calculada a partir de la velocidad V del viento sostenido (km/h) y del radio de máximo viento R (en km).

Con base en el análisis de mediciones sobre elevaciones de la marea de tormenta de algunos ciclones tropicales y de expresiones empíricas propuestas en Estados Unidos y Japón, se obtuvo una expresión para conocer la amplitud máxima de la marea de tormenta debida a un ciclón tropical:

$$h = (0.03R + 0.000119V^2 - 1.4421) F$$

Donde:

- (h) es elevación (en metros) más alta que alcanza la marea de tormenta en el mar cerca de la costa.
- (R) es el radio de máximo viento (en km)
- (V) es la velocidad máxima del viento sostenido (en km/h) calculado a 10 m sobre la superficie media del mar a la distancia (R) del centro del ciclón tropical (puede obtenerse a partir de la presión central del ciclón tropical, radio de máximo viento, latitud del centro del ciclón tropical y la velocidad de traslación como se describió en 2.2).
- (F) es un factor correctivo por dirección del viento.

El factor correctivo (F) , se determina a partir del ángulo (α) que forma la dirección de desplazamiento del ciclón tropical con respecto a la línea de costa próxima al sitio de interés. Este factor se determina por medio de la siguiente expresión:

$F =$

$$0.6(1 + \text{sen } \alpha) \text{ si } 0^\circ < \alpha < 180^\circ$$

$$0.6 \text{ en otros casos}$$

Para el caso de la altura h , se utilizó el método simplificado descrito anteriormente, el ángulo de incidencia se muestra en la figura II.1.06.

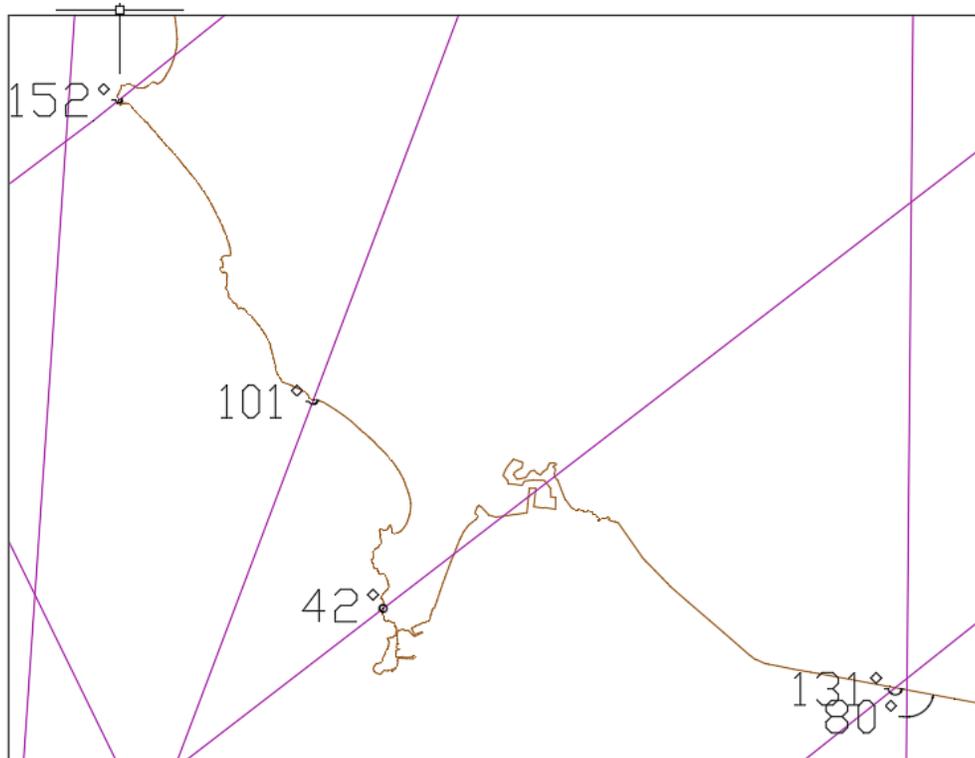


Figura II.1.06. Ángulos de incidencia de los sistemas ciclónicos. **Fuente.** CENAPRED

La figura anterior se creó dibujando la línea de costa correspondiente al polígono urbano de Mazatlán, posteriormente se superpusieron las trayectorias de los eventos, teniendo como resultado los ángulos antes vistos; es importante mencionar que solo dos huracanes categoría 1 han llegado a esta línea de costa, estos fueron Roslyn, en el año de 1986 con un ángulo respecto a la línea de costa de 42° y Mona en el año de 1963 con un ángulo de 152°. Si observamos la figura anterior, estos huracanes tienen prácticamente la misma trayectoria, pero la diferencia en el ángulo se marca en la fracción de línea de costa donde impactó.

El ángulo de 42° se tomó como representativo para los eventos superiores o iguales de categoría 1 y los demás, se les asignaron sus respectivos ángulos estimados, en la Tabla II.1.01 se resumen las alturas de olas que se pueden generar por evento.

Clasificación	h(m)	Categoría	Tr (años)	P(i)
Depresión Tropical	1.72	Moderada	3.89	0.30
Tormenta Tropical	2.10	Alta	5.58	0.30
Huracán 1	2.77	Alta	9.87	0.23
Huracán 2	3.16	Alta	23.31	0.06
Huracán 3	4.16	Muy alta	36.63	0.06
Huracán 4	5.02	Extraordinaria	70.00	0.05
Huracán 5	6.26	Extraordinaria		0.00

Tabla II.1.01. Resumen de altura de ola por categoría de evento ciclónico.

En el sentido estricto del cálculo la estimación de la probabilidad de ocurrencia de cada tipo o nivel del evento, para el caso de una Depresión Tropical (DT) y de una Tormenta Tropical (TT), se interpolaron geográficamente los valores.

Para el caso particular de los H1 al H5 se emplearon las Isolíneas de probabilidad de ocurrencia que concentró la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.

Estas isolíneas de probabilidad se resumen en la figura II.1.07.

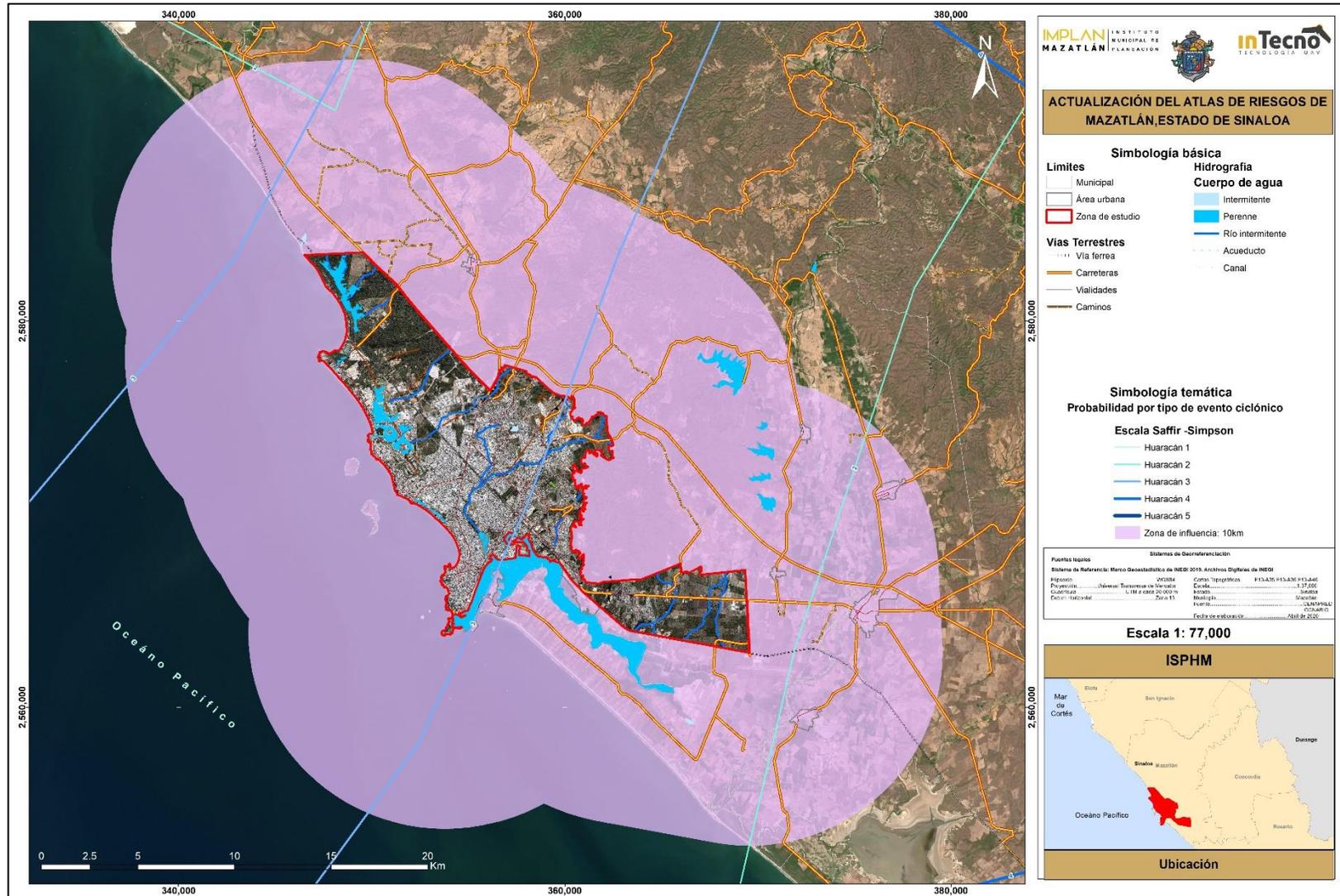


Figura II.1.07. Isolíneas de probabilidad de ocurrencia por tipo de Ciclón Tropical. Fuente. Elaboración propia con información de CONABIO.

Una vez obtenidos los parámetros necesarios, se plasmaron los escenarios de severidad por cada tipo de evento, teniendo en consideración lo siguiente:

1. No se modeló la refracción del oleaje producido por cada tipo de fenómeno ya que no se cuenta con batimetría del fondo marino.
2. El procesamiento geográfico se realizó mediante el álgebra de rasters:
 - a. Determinando el alcance de la amplitud de la altura de marea de tormenta con base al modelo digital de terreno
 - b. Se restó el raster de marea de tormenta, multiplicándolo por su respectiva elevación “h” menos el raster del modelo del terreno.
3. Se formaron polígonos con el raster generado por la h de tormenta por cada tipo, se realizó un corte vectorial del producto del inciso anterior.
4. Se reclasificó el raster según la profundidad de inundación, como lo marca la tabla siguiente:

Clasificación de la inundación generada por Marea de Tormenta (CENAPRED)

Amplitud de la marea de tormenta (m)	Categoría
<0.5	Somera
0.51 a 1.00	Baja
1.01 a 2.00	Moderada
2.01 a 3.50	Alta
3.51 a 5.00	Muy alta
>5.00	Extraordinaria

Los resultados se hicieron en todos los niveles del fenómeno y en la h de Marea de Tormenta histórica entre 2003 y 2017 (ver figura II.1.08).

En la figura II.1.09 se presentan los mapas que se procesaron en el presente estudio para identificar la inundación por marea de tormenta.

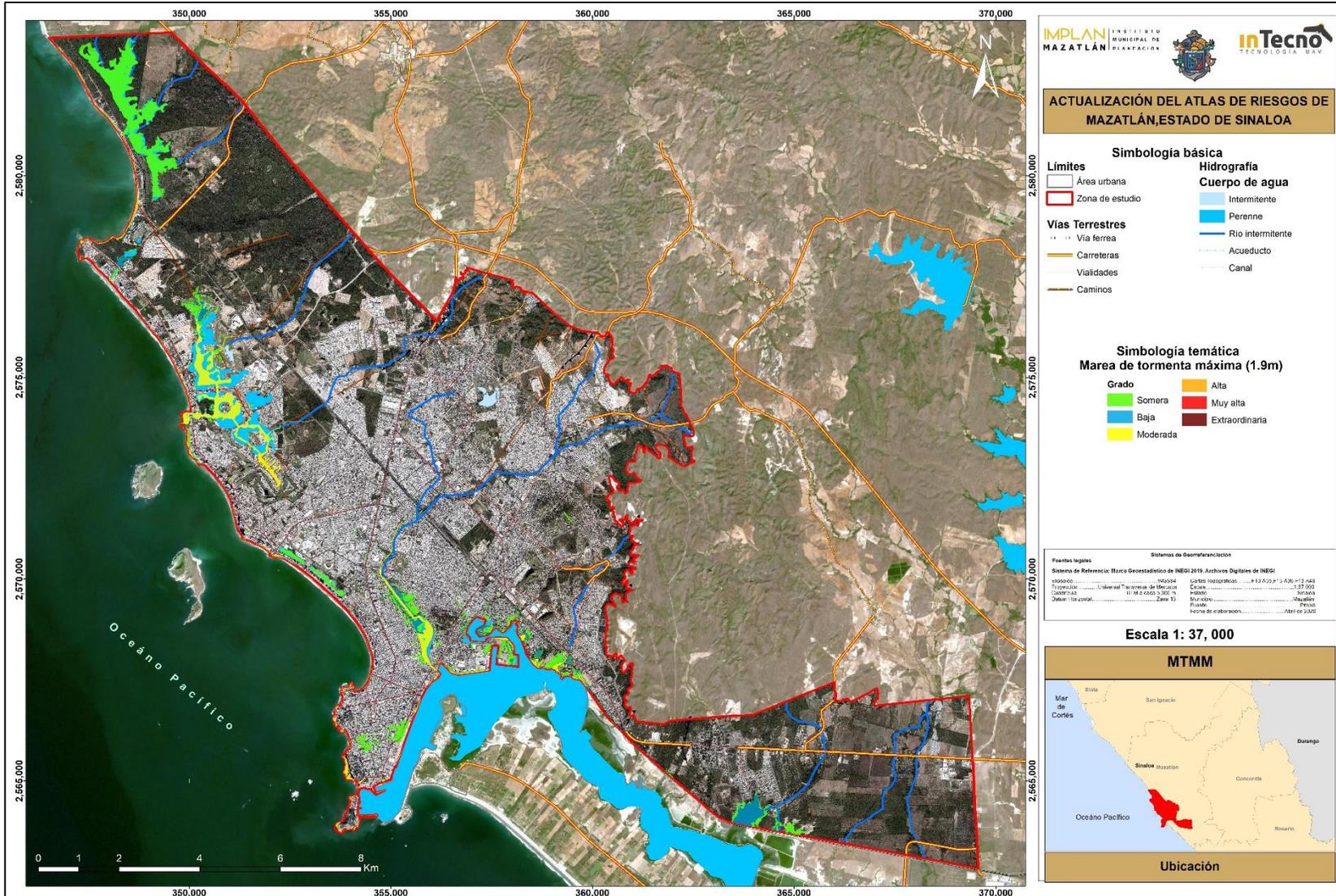


Figura II.1.08. Marea de Tormenta Máxima en el periodo de 2002 al 2017, h=1.9 m. Fuente. Elaboración propia.

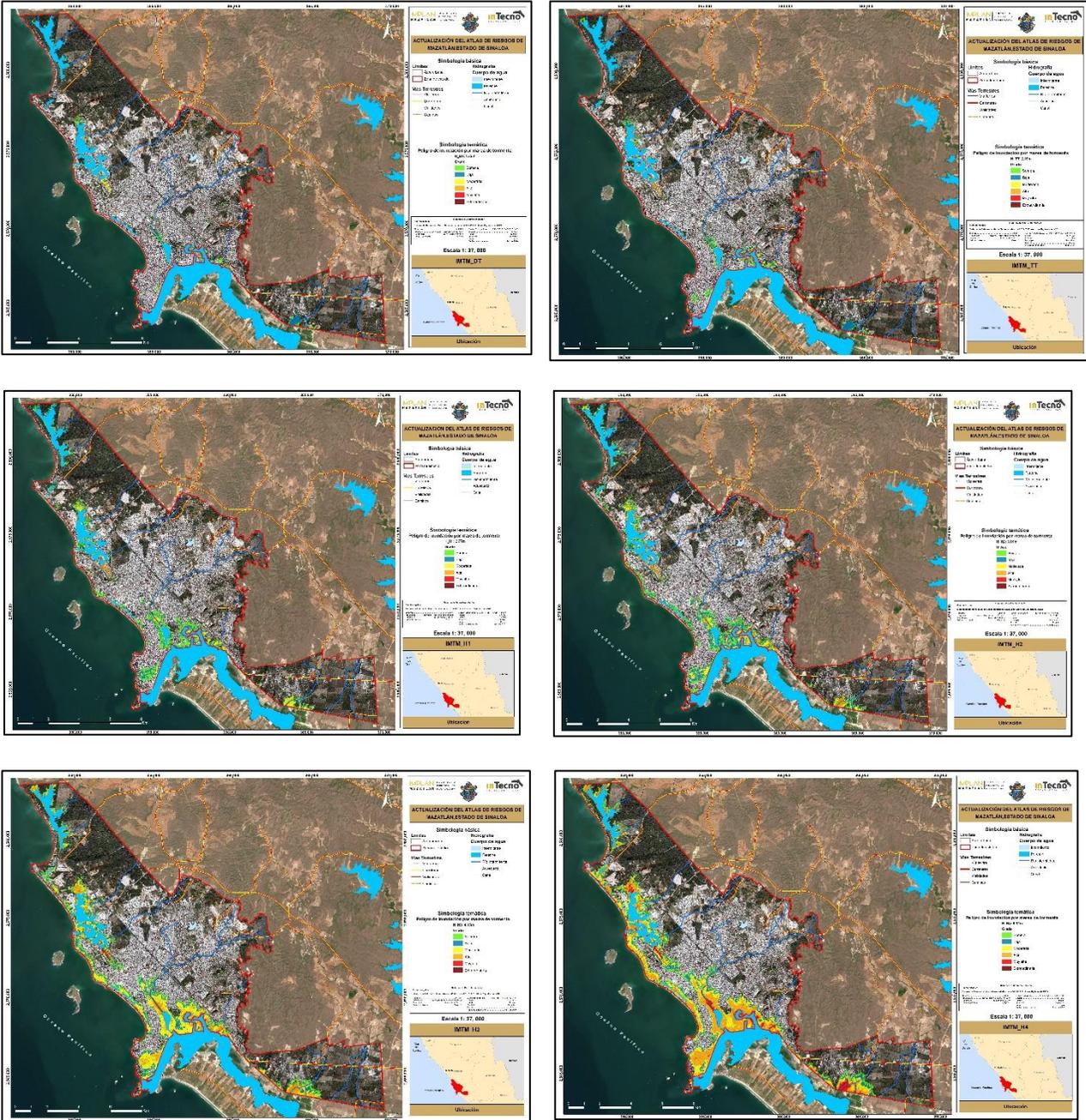


Figura II.1.09. Mapas inundación por marea de tormenta por tipo de evento ciclónico. Fuente. Elaboración propia.

2.2.2 Peligro Por inundación por marea de tormenta (nivel 2 según términos de referencia)

Para elaborar los mapas de peligro por inundación de marea de tormenta se emplearon los parámetros establecidos por el CENAPRED en la figura II.1.10. Con este esquema se definieron las zonas que posiblemente se inundan, encharquen o aneguen por los efectos de la Marea de Tormenta. Dichos mapas se presentan en la figura II.1.11.

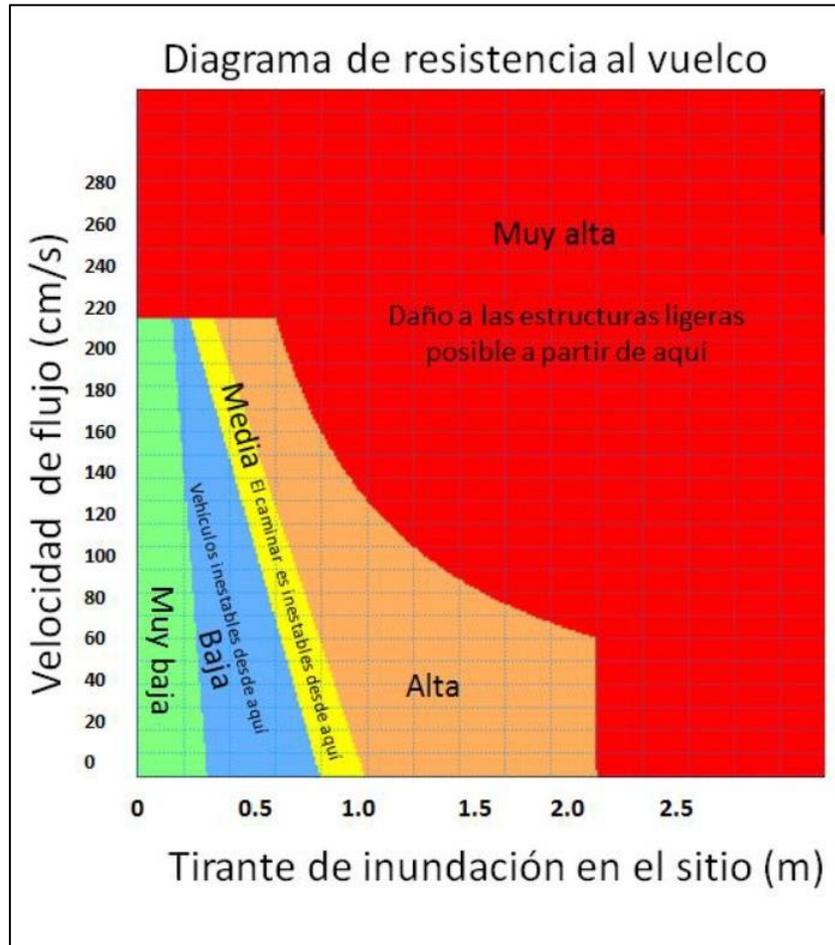


Figura II.1.10. Diagrama de resistencia al vuelco. Fuente. CENAPRED

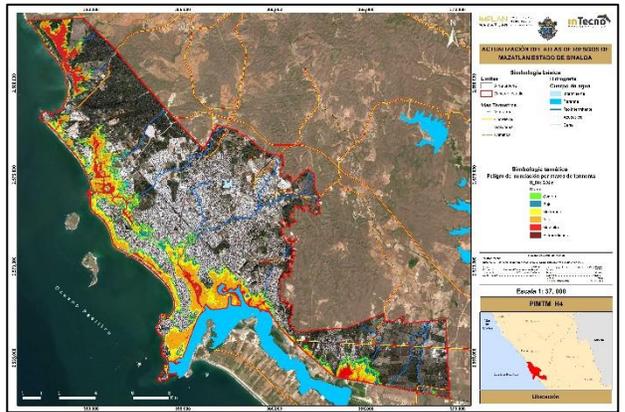
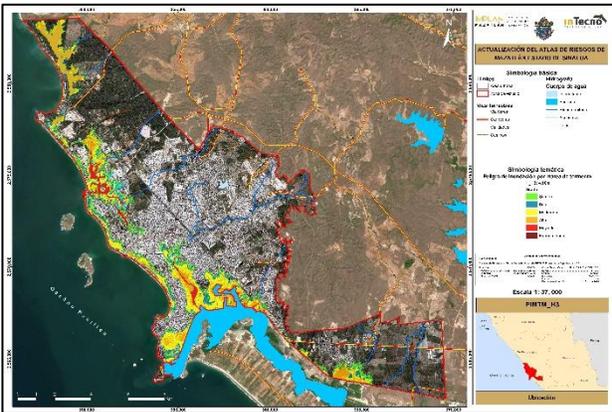
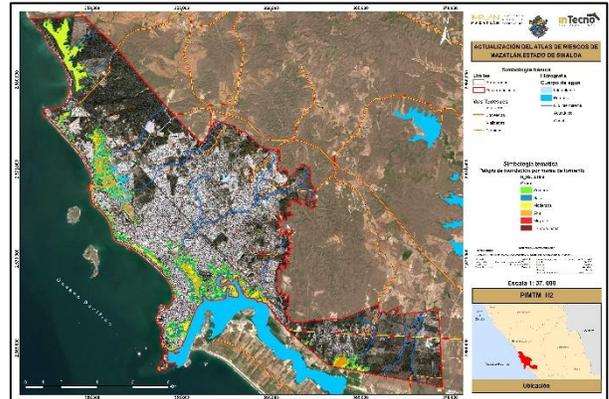
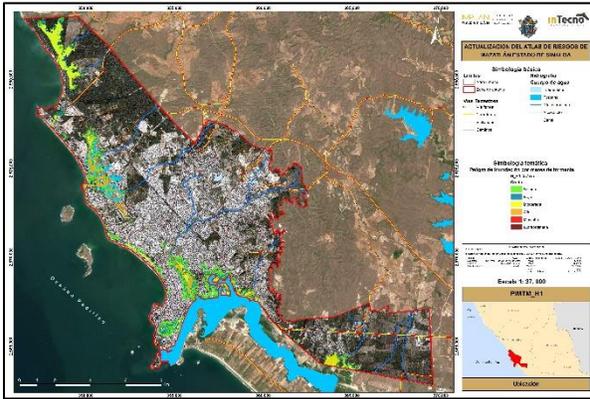
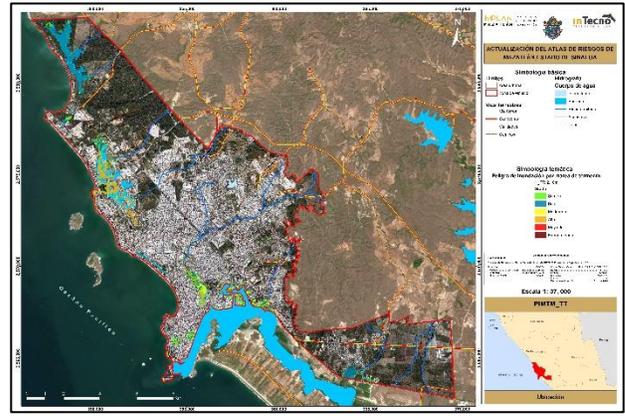
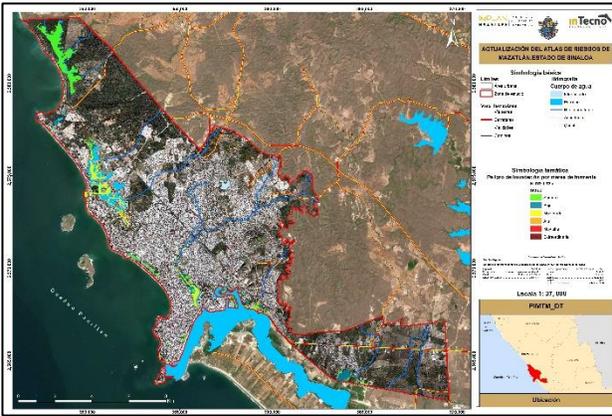


Figura II.1.11. Mapas Peligro por inundación por Marea de Tormenta por tipo de evento ciclónico. Fuente: Elaboración propia.

2.3. Inundaciones Fluviales

Las inundaciones han coexistido con el hombre desde épocas muy antiguas, generando condiciones adecuadas para el desarrollo de las civilizaciones, enriqueciendo con nutrientes los suelos agrícolas y facilitando la movilidad de gran variedad de productos y personas mediante la navegación.

Sin embargo, la tendencia actual de migraciones de población de las zonas rurales a lo urbano genera un crecimiento constante de las ciudades. Este progresivo aumento de la densidad poblacional genera un panorama de presión en los suelos y servicios, originando el aumento de asentamientos humanos en tierras costeras y a lo largo de laderas inestables, zonas inundables y sectores propensos al riesgo, como lo es el caso de Mazatlán.

Las inundaciones fluviales se generan cuando el agua que se desborda de ríos queda sobre la superficie de terreno cercano a ellos, ejemplo de ello la inundación producida el 29 de noviembre del 2019, ver figura II.1.12.

De acuerdo con lo anterior, la dinámica de construcción de condiciones de riesgo por inundación es creciente, es consecuencia del desarrollo de actividades productivas como las agropecuarias, industriales y mineras, se traducen en el cambio del uso de suelos dejando de ser pasivos como generalmente se recomienda para las zonas de ronda y protección ambiental de los cuerpos de agua, conforme a la normatividad ambiental vigente.

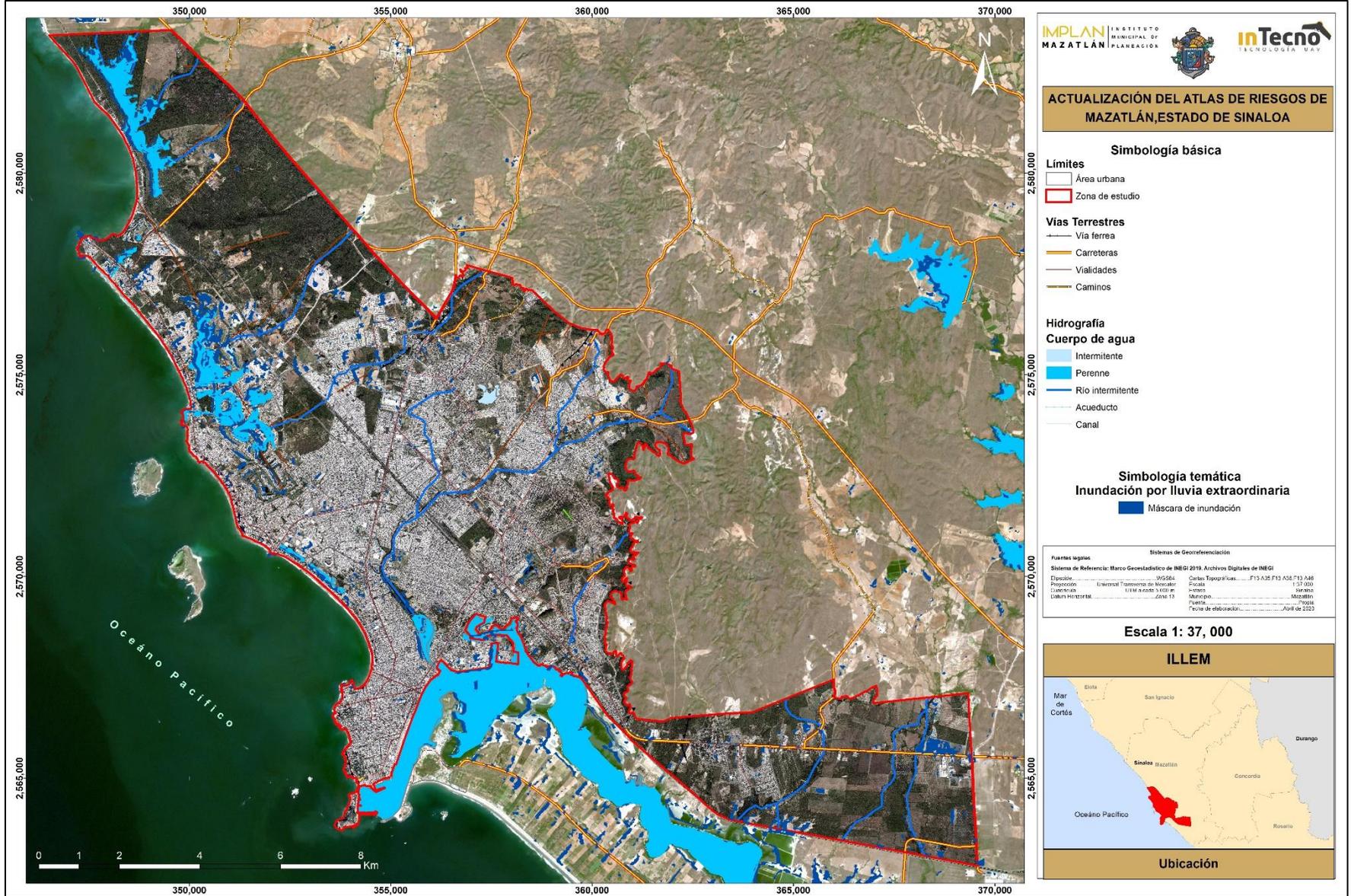


Figura II.1.12. Inundación por lluvia extraordinaria, 29 de noviembre de 2019. Fuente. Elaboración propia con imagen de satélite Sentinel II

Actualmente se tienen ubicadas las siguientes zonas que son afectadas por inundaciones en la Ciudad de Mazatlán, ver tabla II.1.02.

1.- Avenida Alemán y Calle Belisario Domínguez (Centro)	2.- Av. Alemán y Serdán (Centro).	3.- Av. Camarón Sábalo y Paseo Lomas (Lomas de Mazatlán)
4.- Av. Camarón Sábalo y Sierra Nevada (Lomas de Mazatlán)	5.- Av. Camarón Sábalo y Tiburón (Sábalo Country), frente a CONAPESCA.	6.- Av. Circunvalación y Av. Múnich (Lico Velarde).
7.- Av. Clouthier y Jabalíes (Frente a Soriana).	8.- Av. Clouthier y Tec. De Monterrey (Ex Hacienda del Conchi)	9.- Av. Colosio Inf. Jabalíes (Frente a Soriana)
10.- Av. Colosio y Arroyo Jabalíes (Echeverría)	11.- Av. Colosio y Bahía Magdalena (Rincón de Urías).	12.- Av. Colosio y Carretera Internacional (Ampliación Esperanza frente a la Pepsi)
13.- Av. Colosio y Compostela (Mar de Cortez)	14.- Av. Colosio y Orquídea (Rincón de Urías)	15.- Av. De las Torres y División del Norte (Playas frente a CFE).
16.- Av. Gabriel Leyva y Calle Rafael Buelna (Lomas de Juárez frente a la gasolinera)	17.- Gabriel Leyva y Robles (12 de mayo)	18.- Av. Gutiérrez Nájera y Corona (Centro).
19.- Av. Gutiérrez Nájera y Juan Carrasco (Reforma).	20.- Av. Insurgentes y Múnich (Toledo Corro).	21.- Av. Insurgentes y Calle A. Ortiz (Flamingos).
22.- Av. Insurgentes y Calle Cuitláhuac (López Mateos)	23.- Av. Insurgentes y Calle Heraclio Bernal (Olímpica)	24.- Av. Insurgentes y Gabriel Leyva (Loma de Juárez).
25.- Av. La Marina y Universidad (Fracc. Alameda cerca de Av. R. Buelna).	26.- Av. La Marina y Calle Luis Castro (El Toreo).	27.- Av. Leonismo y Reforma (Estadio)
28.- Av. Mazatlán y Santa Rosa (Lico Velarde)	29.- Av. México 68 y Av. Insurgentes (Olímpica)	30.- Av. México 68 y Carretera Internacional (Toledo Corro)
31.- Av. Pino Suarez y Guadalupe Miranda (Campo 7)	32.- Av. Pino Suarez y Vías del Ferrocarril (Pino Suarez).	33.- Av. Pino Suarez y Vías del Ferrocarril (Quinta Chapalita)
34.- Av. Revolución y Negrete (López Mateos)	35.- Av. Río Fuerte y Av. De los deportes (Tellería)	36.- Av. Río Fuerte y Nazas (Ferrocarrilera)
37.- Av. Río Fuerte y Ham (Ferrocarrilera).	38.- Robles Quintero y Calle Cauce del Río (20 de noviembre)	39.- Rodolfo TI Loaiza y Buganvilias (Fracc. Laguna, Las Garzas Playa).
40.- Av. Trafico y Ejidal (Urías)	41.- Calle Pesqueira y 13 de mayo (Fco. Solis).	42.- Carretera Internacional y Asunción Mazatlán III (cerca de la entrada a Alianza).
43.- Glorieta Alarcón (Alarcón)	44.- Pescadores de Mazatlán y Arroyo Hogar del Pescador (Atrás de Bodega Tecate).	

Tabla II.1.02. Cruceos de la ciudad susceptible a inundaciones en periodos anuales de lluvia. **Fuente.** Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa.

En Mazatlán se tienen 289 colonias con niveles alto y muy alto de peligro y riesgo por inundación, muchos de estos sectores son vulnerables porque no respetaron el sistema hidrológico natural de la ciudad. Según el Plan Municipal de Contingencia de Mazatlán, muestra 8,600 hectáreas susceptibles de inundación que afecta cada temporada de lluvias a por lo menos 60,000 habitantes en 289 colonias. El 40% de las zonas más vulnerables de Mazatlán están en peligro debido a que utilizan los cauces como calles o se han realizado asentamientos habitacionales junto al arroyo Jabalines. Los rellenos antrópicos o humanos del sistema lagunar del Infiernillo, Urías y El Sábalo, conllevan a la degradación y colapso de los sistemas estuarinos (ver figura II.1.13).

Se ha visto una gran transformación del entorno natural, los procesos que la componen son la construcción de la industria pesada, la invasión y crecimiento no controlado de los asentamientos humanos.

Las zonas más peligrosas en Mazatlán:

- Se ubican en 94 asentamientos humanos sobre la cuenca principal del arroyo Jabalines, que representan la zona más vulnerable a inundaciones.
- 72 horas es el tiempo de anticipación que el Sistema de Alerta Temprana informa a la población ante cualquier eventualidad.
- Entre 13 y 18 sistemas meteorológicos con nombre en promedio se registran al año desde los años 50.
- Hay colonias inundables que tienen una densidad muy alta de personas, entre los 149 y 238 por hectárea.
- 5,000 personas pueden ser atendidas en los 7 albergues de primera instancia que se disponen en temporada de ciclones.
- 8,600 ha susceptibles de inundación.
- 60,000 habitantes en riesgo de afectación.

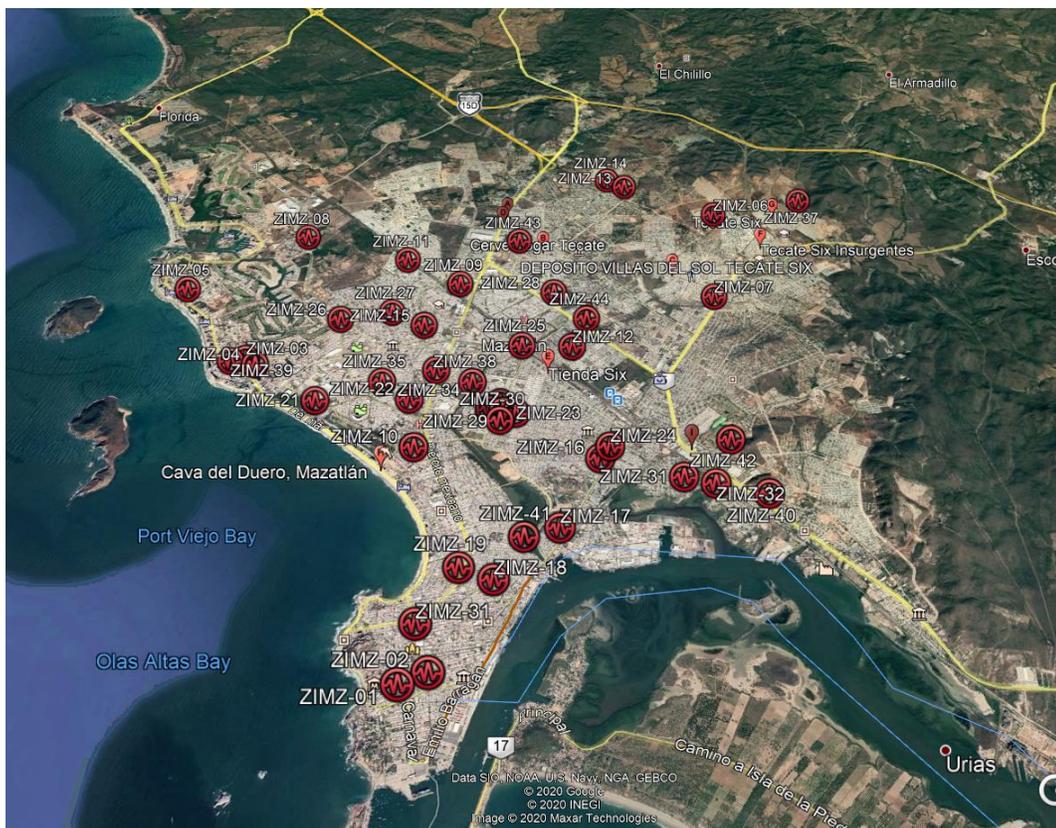


Figura II.13. Cruceros susceptibles a inundaciones. **Fuente.** Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa.

Otros factores acelerantes de las inundaciones son la basura y los desechos que se acumulan en los esteros como El Infiernillo, descargas de aguas sin tratar que producen malos olores; también el sistema de drenaje municipal se colapsa, entre otras razones, porque las personas conectan sin autorización de desagüe pluvial, o porque destapan las alcantarillas para que el agua que se acumula en la vía pública fluya por la tubería, esta práctica ocasiona que la basura que es arrastrada por el agua forme taponamiento en los ductos.

Entre los asentamientos que han presentado situaciones críticas por vertimiento de aguas negras, se encuentran casi todos en las zonas bajas, además de Villa Verde, Urías, Playa Sur y Centro, por mencionar algunas, ver tabla II.1.03 y figura II.1.14.

1.- Centro	2.- Lázaro Cárdenas	3.- Benito Juárez	4.- Toledo Corro
5.- Rubén Jaramillo	6.- Fracc. Villas del Estero	7.- 20 de noviembre	8.- Ramón F. Iturbe
9.- FOVISSSTE Mazatlán	10.- Ampliación Lico Velarde	11.- Fracc. Playas del Sol	12.- Fracc. Flamingos
13.- Fracc. Alameda	14.- Genaro Estrada	15.- Villas del Sol	16.- Fracc. La Floresta
17.- Fracc. Villa Verde	18.- Col. Ampliación Villa Verde	19.- Colonia San Jorge	20.- Fracc. Los Laureles
21.- Fracc. Gaviotas	22.- Fracc. Sábalo Country	23.- Colonia Pino Suarez	24.- Col. Francisco I. Madero
25.- Col. Rafael Buelna	26.- Col. Burócratas	27.- Fracc. Olas Altas	28.- Col. Salvador Allende
29.- Col. Insurgentes	30.- Col. Tierra y Libertad	31.- Col. 12 de mayo	32.- Col. Casas Económicas
33.- Col. Bahías	34.- Fracc. Valle Dorado	35.- Col. Hogar del Pescador	36.- Col. López Mateos
37.- INFONAVIT Playas	38.- Col. Pueblo Nuevo	39.- Fracc. El Toreo	40.- Col. Francisco Villa
41.- Col. Anabella de Gavica	42.- Fracc. Playa Sur	43.- Col. Lico Velarde	44.- Fracc. Jacarandas
45.- Col. Anáhuac	46.- Col. Jesús García	47.- Col. Santa Cecilia	48.- Col. Azteca
49.- Fracc. Ex Laguna Gaviota	50.- Fracc. El Toreo	51.- Col. Labastida Ochoa	52.- Col. Huertos Familiares
53.- Col. Lomas de San Jorge	54.- Fracc. Bosque del Arroyo	55.- Fracc. Ex Hacienda del Conchi	56.- Col. Rinconada del Valle
57.- Col. La Chonita	58.- Camino a Cerritos	59.- Col. Urías	60.- Col. Ampliación Urías I
61.- Col. Ampliación Urías II	62.- Col. Ampliación Urías III	63.- Col. La Sirena	64.- Col. Luis Echeverría
65.- Col. Emiliano Zapata	66.- Col. Klein	67.- Col. Reforma	68.- Col. Ferrocarrilera
69.- Col. Palos Prietos	70.- Fracc. Tellería	71.- Col. Casa Redonda	72.- Col. Loma Atravesada
73.- Col. Ejidal Francisco Villa	74.- Col. Pueblo Nuevo	75.- Fracc. Hacienda del Mar.	76.- Col. Universidad
77.- Col. Libertad de Expresión	78.- Col. Esperanza	79.- Mazatlán II	80.- Col. Urías
81.- Col. San Rafael	82.- Col. Dorados de Villa		

Tabla II.1.03. Colonias susceptibles a inundaciones. **Fuente.** Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa.

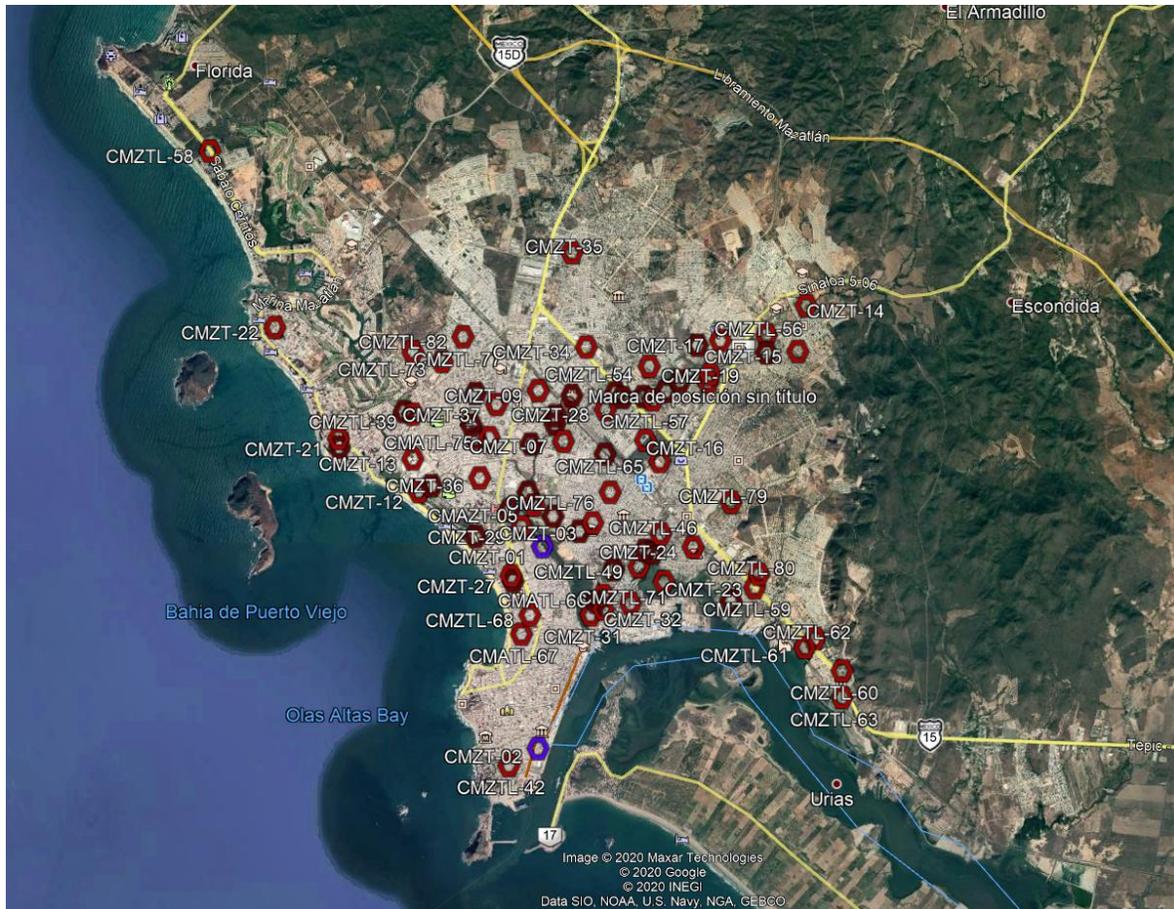


Figura II.1.14. Colonias en Peligro por inundaciones. **Fuente.** Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa.

La infraestructura instalada para el desalojo de aguas pluviales que se conecta a los escurrimientos son los siguientes:

- Colector Gutiérrez Nájera (entre Juan Carrasco y Av. Del Mar);
- Colector Roosevelt (en el centro de la Ciudad);
- Ducto Banrural (Av. Camarón Sábalo hacia el Mar);
- Ducto Hotel Hacienda (Calle Río Fuerte hacia el Mar);
- Ducto Lico Velarde (Fovissste, Lico Velarde y Amp. al Arroyo Jabalines);
- Ducto Pemex (Pemex, G. Leyva y Zapata al Estero del Infiernillo);
- Ducto Rafael Valbuena (Jesús Kumate y Av. La Marina);
- Ducto Zona Dorada (Calle Laguna hacia el Mar);
- Canal Av. Emilio Barragán (Av. Emilio Barragán y Miguel Alemán al Muelle);
- Canal Av. Francisco Solís (Av. Fco. Solís hacia Arroyo Tiros Cuates);
- Canal Av. Internacional (Av. Internacional y Priv. del Estero a Col. Azteca);
- Canal Col. López Mateos (Col. López Mateos hacia Arroyo Jabalines);
- Canal Col. Zapata (Col. Zapata con salida a Av. Manuel J. Clouthier)
- Canal Fracc. Infonavit Alarcón (Alarcón, Arboledas y Misiones al Arroyo Jabalines);
- Canal Frac. Infonavit Playas (Inf. Playas a Leche Suprema al Arroyo Jabalines).

Se realizaron visitas en campo para recopilar información de los niveles de agua que se alcanzaron en noviembre de 2019 a causa de la lluvia, los sitios y sus alturas de inundación se resumen en la tabla II.1.04 y su ubicación en la figura II.1.15. El objeto específico fue contar con registros de la inundación Para la calibración del modelo numérico que sirvió para definir los escenarios de amenaza y peligro por inundación.

<u>UBICACIÓN</u>				
<u>PUNTO</u>	<u>ESTE</u>	<u>NORTE</u>	<u>ELEVACION NIVEL CALLE</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>
1	353,463	2,571,492	80	TACOS FIGUEROA
2	352,989	2,572,116	100	TOREO
3	352,844	2,570,606	70	FRENTE GRAN PLAZA
4	354,156	2,570,350	130	LOPEZ MATEOS PARQUE AV INSURGENTES
5	354,423	2,570,731	130	LOPEZ MATEOS, COSTADO INTERNACIONAL
6	354,798	2,570,809	115	JACARANDAS CALLE HIGUERAS
7	355,114	2,571,231	125	JACARANDAS CALLE ANAXAGORAS
8	355,728	2,571,608	130	PUENTE LICO VELARDE
9	356,012	2,572,490	60	AV SANTA ROSA JABALIE
10	356,283	2,572,511	60	INTERNACIONAL FRENTE A RENACIMIENTO
11	357,406	2,569,596	110	COL. JESUS GARCIA
12	357,376	2,569,300	90	CO FCO MADERO
13	356,754	2,568,984	85	COL. LOMA ATRAVESADA
14	355,487	2,568,907	130	COL. INDEPENDENCIA COSTADO INFIERNILLO
15	354,635	2,568,149	65	ESPALDA HOTEL HACIENDA
16	352,847	2,570,353	60	FLAMINGOS

Tabla II.1.04. Sitios donde se tomaron alturas de la inundación de 2019. **Fuente.** Elaboración propia.

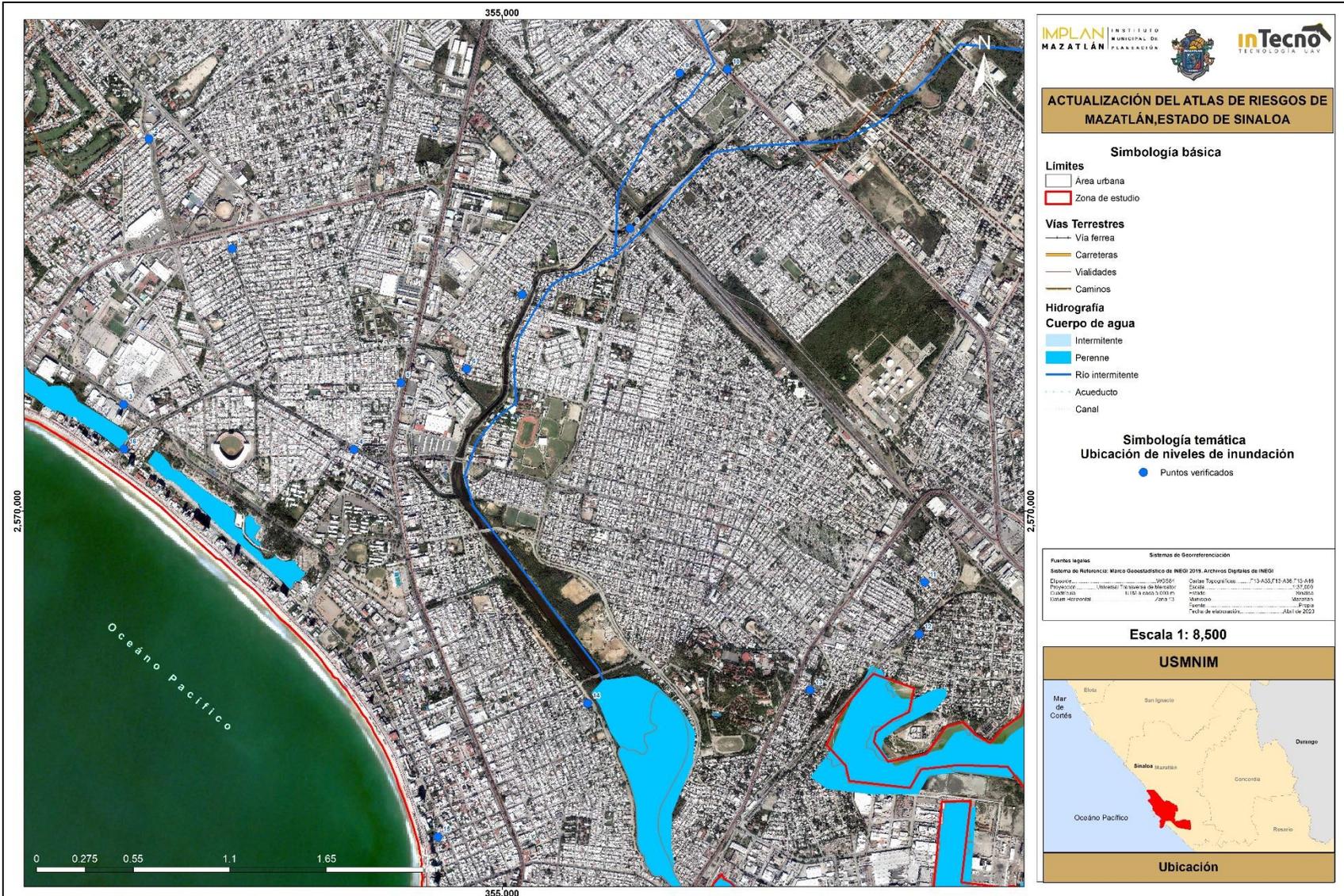


Figura II.15. Ubicación de los sitios donde se tomaron niveles de inundación. Fuente. Elaboración propia.

2.3.1 Parámetros hidrológicos

Para definir los parámetros hidrológicos se emplearon por una parte la división de las cuencas hidrológicas que ingresan al sistema, ver figura II.1.16.

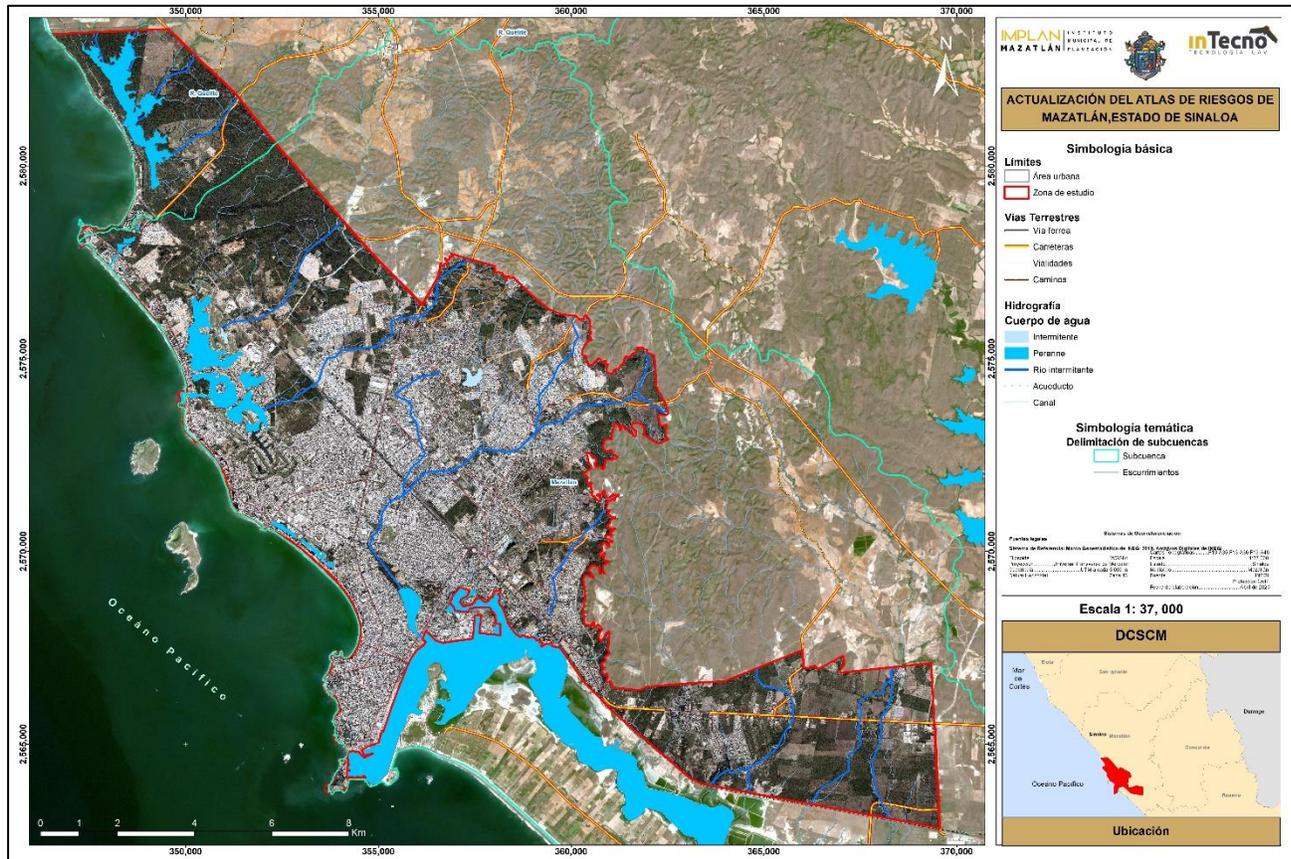


Figura II.1.16. Delimitación de las cuencas y subcuencas. **Fuente.** Elaboración propia, con información topográfica producto del vuelo fotogramétrico.

Es importante mencionar que la zona en estudio se encuentra en las Regiones Hidrológicas 10 y 11.

Para caracterizar los principales afluentes, intermitentes que comprenden la zona en estudio, se realizó una subdivisión en 24 cuencas, las cuales fueron delimitadas con la información topográfica que se generó para este análisis, mediante vuelo fotogramétrico con precisión de 0.09 metros por pixel (fecha de elaboración enero 2020, elaboración propia).

El criterio para delimitar estas cuencas fue la información proporcionada por Protección Civil municipal de Mazatlán, cuya importancia resalta que estas cuencas son las áreas de aportación de los escurrimientos que han generado inundación pluvial.

Las tormentas de diseño se describen en el anexo denominado estudio hidrológico, los resultados de aplicar la metodología descrita en el estudio hidrológico se resume en la tabla II.1.05.

Subcuenca	Área cuenca (km ²)	L (m)	S (adim)	Tc(h)	Tr(h)	de(h)	Tp(h)	Tb(h)	q _p (m ³ /s/mm)	Hp_tr2 (mm)	Hp_tr5 (mm)	Hp_tr10 (mm)	Hp_tr25 (mm)	Hp_tr50 (mm)	Q_tr2 (m ³ /s)	Q_tr5 (m ³ /s)	Q_tr10 (m ³ /s)	Q_tr25 (m ³ /s)	Q_tr50 (m ³ /s)
JABALINES1	12.548	5726.101	0.009	1.54	0.93	2.49	2.17	5.79	1.19	0.25	5.43	15.15	41.10	62.89	0.30	6.46	18.05	48.96	74.92
JABALINES10	5.095	4296.971	0.004	1.69	1.01	2.60	2.31	6.17	0.45	23.02	50.76	82.43	143.91	184.65	10.46	23.06	37.44	65.37	83.88
JABALINES13	1.463	1620.709	0.007	0.64	0.38	1.60	1.18	3.15	0.26	1.00	9.06	23.02	58.13	85.42	0.26	2.31	5.88	14.85	21.82
JABALINES21	2.632	2322.693	0.003	1.19	0.71	2.18	1.80	4.81	0.30	31.59	63.98	101.72	173.50	218.74	9.51	19.26	30.63	52.24	65.85
JABALINES4	20.003	13693.248	0.003	4.44	2.66	4.21	4.77	12.74	0.86	15.77	39.78	69.80	130.75	171.40	13.62	34.36	60.30	112.95	148.06
JABALINES5	2.093	855.885	0.005	0.46	0.28	1.36	0.96	2.56	0.45	0.08	4.69	14.44	40.84	62.72	0.04	2.11	6.48	18.33	28.16
JABALINES7	2.446	1645.158	0.009	0.61	0.37	1.56	1.15	3.06	0.44	1.08	8.99	22.11	55.04	81.11	0.48	3.95	9.71	24.17	35.63
JABALINES8	3.093	2771.445	0.006	1.01	0.61	2.01	1.61	4.31	0.40	6.83	23.02	44.71	92.07	126.05	2.70	9.10	17.66	36.37	49.80
MAZATLAN13	13.939	10868.506	0.006	3.05	1.83	3.49	3.58	9.55	0.80	1.74	11.32	26.66	64.06	92.71	1.40	9.08	21.39	51.40	74.40
MAZATLAN21	0.869	846.678	0.005	0.46	0.28	1.35	0.95	2.54	0.19	2.03	12.43	28.83	68.04	97.61	0.38	2.34	5.42	12.79	18.35
MAZATLAN22	1.230	1517.130	0.003	0.83	0.50	1.82	1.40	3.75	0.18	4.90	19.45	40.04	86.14	119.43	0.88	3.51	7.22	15.54	21.54
MAZATLAN26	4.993	3264.217	0.004	1.37	0.82	2.34	2.00	5.33	0.52	25.82	55.68	90.43	157.33	200.45	13.31	28.70	46.61	81.09	103.32
MAZATLAN3	10.616	7784.300	0.003	2.96	1.77	3.44	3.49	9.33	0.63	0.68	7.90	20.23	50.83	75.34	0.43	4.95	12.66	31.81	47.15
MAZATLAN4	15.079	8409.516	0.004	2.97	1.78	3.44	3.50	9.35	0.89	3.84	16.43	33.87	73.36	103.08	3.41	14.57	30.04	65.08	91.45
PENINSULA P12	3.209	3829.736	0.007	1.29	0.77	2.27	1.91	5.09	0.35	14.90	38.14	66.58	123.54	161.99	5.17	13.23	23.09	42.85	56.19
PENINSULA P16	1.031	727.215	0.004	0.43	0.26	1.31	0.91	2.44	0.23	36.04	69.36	106.51	175.80	219.77	8.38	16.13	24.77	40.88	51.10
PENINSULA P17	5.701	5179.302	0.009	1.47	0.88	2.42	2.09	5.58	0.56	3.08	14.71	31.40	68.71	96.70	1.73	8.26	17.63	38.59	54.31
PENINSULA P2	55.472	21014.127	0.004	5.94	3.56	4.87	6.00	16.02	1.90	3.59	14.59	27.10	51.63	71.54	6.84	27.79	51.62	98.33	136.26
PENINSULA P20	3.365	2521.048	0.001	1.65	0.99	2.57	2.28	6.08	0.30	31.38	63.77	101.84	174.28	219.80	9.55	19.41	31.00	53.04	66.90
PENINSULA P3	11.567	7808.750	0.011	1.83	1.10	2.71	2.45	6.54	0.97	1.63	10.20	21.06	42.80	60.58	1.58	9.92	20.48	41.62	58.91
QUELITE1	2.825	2892.500	0.002	1.62	0.97	2.55	2.25	6.00	0.26	0.03	4.17	12.30	32.55	50.12	0.01	1.08	3.19	8.43	12.98
QUELITE2	2.689	2203.565	0.001	1.58	0.95	2.52	2.21	5.89	0.25	0.55	7.15	17.58	41.97	62.26	0.14	1.79	4.41	10.53	15.62
QUELITE4	3.513	2784.297	0.004	1.28	0.77	2.26	1.89	5.06	0.38	0.12	5.04	14.22	37.35	56.99	0.05	1.92	5.43	14.27	21.77
QUELITE6	6.976	3742.112	0.002	2.03	1.22	2.85	2.64	7.05	0.54	6.47	22.03	41.09	80.83	110.48	3.52	11.99	22.37	44.01	60.15

Tabla II.1.05. Características fisiográficas de la cuenca y cálculo de los gastos de diseño. **Fuente.** Elaboración propia.

Con los datos hidrológicos obtenidos se realizó el modelo hidráulico conceptual, este fue procesado mediante el *software* Iber v5.2 de divulgación gratuita.

En ese modelador hidráulico se conceptualizaron los ingresos mediante los hidrogramas triangulares que se muestran en la tabla anterior, así como los ingresos por cuencas interiores como fuentes y las descargas en las zonas donde desembocan los escurrimientos al mar como se puede ver en la figura II.1.17.

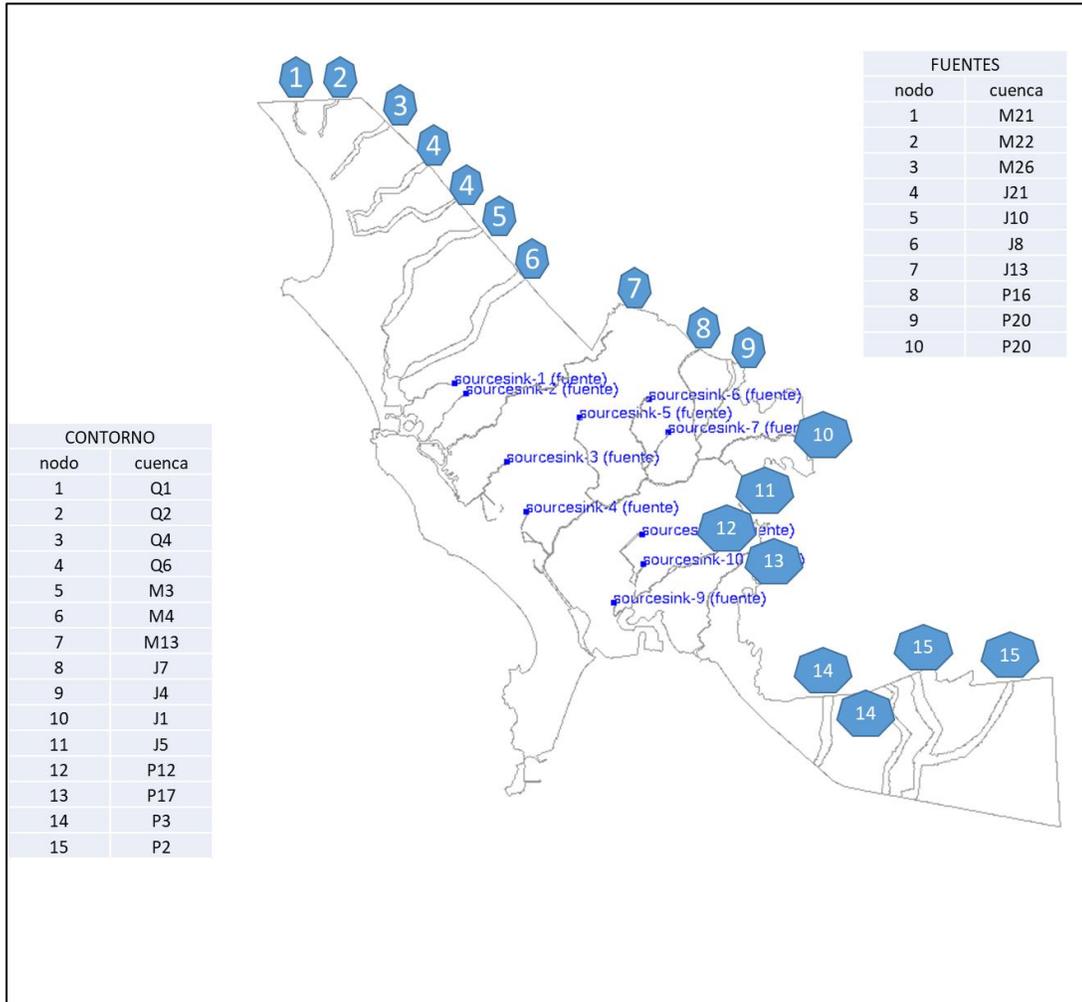


Figura II.1.17. Modelo conceptual hidráulico. **Fuente.** Elaboración propia.

La topografía fue obtenida del modelo digital de terreno que se obtuvo del vuelo fotogramétrico restituído a una 1:1,000, ver figura II.1.18.

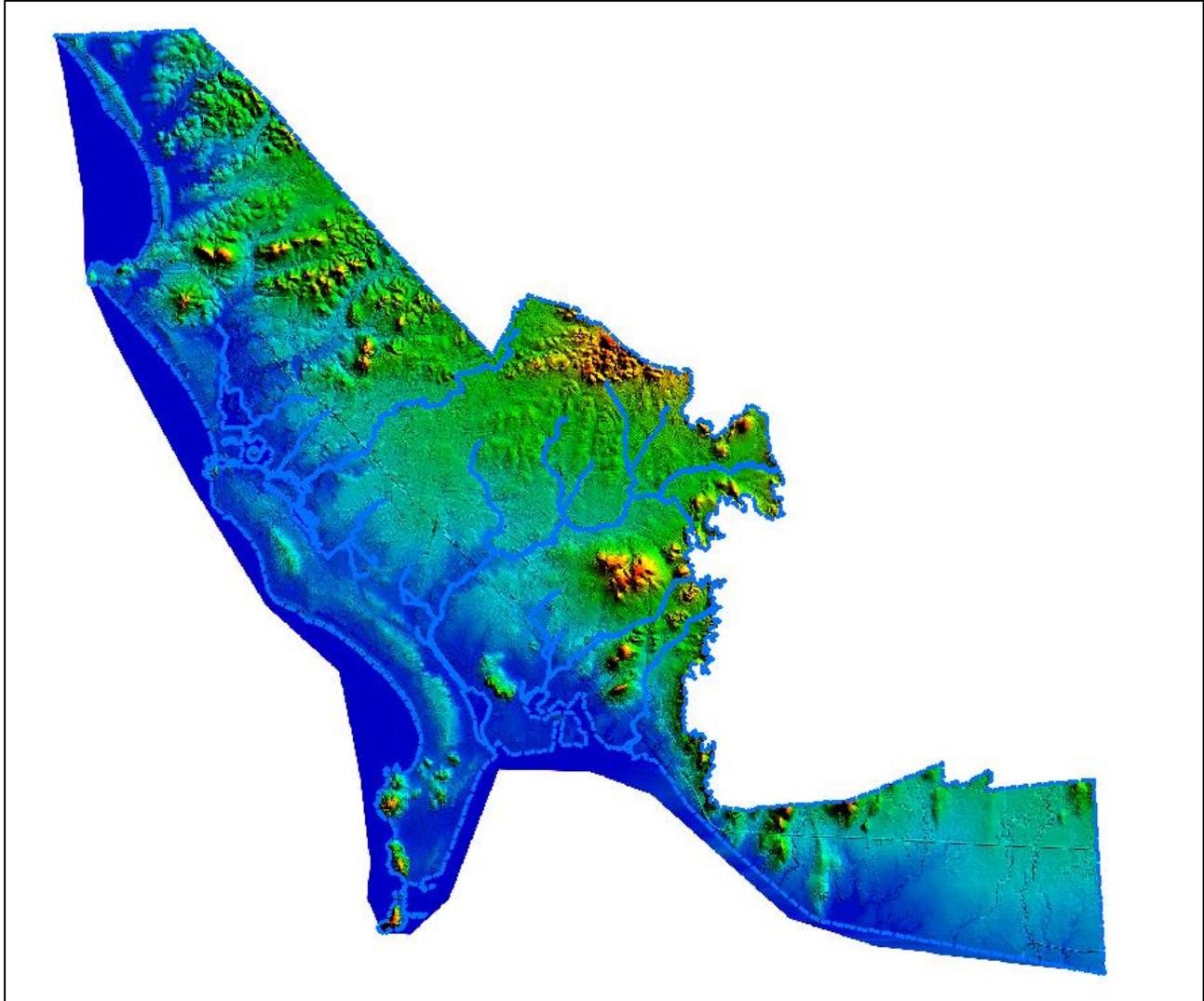


Figura II.1.18. Modelo digital del terreno de la zona de estudio. **Fuente.** Elaboración propia.

Es importante señalar que se usó el modelo digital del terreno ya que la precisión del modelo es inferior al metro y los obstáculos naturales y artificiales no tuvieron que simplificarse con coeficientes de rugosidad. Así mismo, que se eliminaron las estructuras de cruce del modelo original que suman más de 200 puentes y se sustituyeron por nodos que poseen las mismas características.

El modelo se calibró con la lluvia generada en noviembre de 2019, evento más reciente que afectó a la ciudad con las mediciones de nivel realizado en campo. Teniendo en promedio diferencias de más menos 15 cm, esto se logró estableciendo diferentes coeficientes de rugosidad en la zona de los cauces, cuya iteración fue planteada en más de 20 escenarios hasta lograr el grado de exactitud adecuado, ver figura II.1.19.

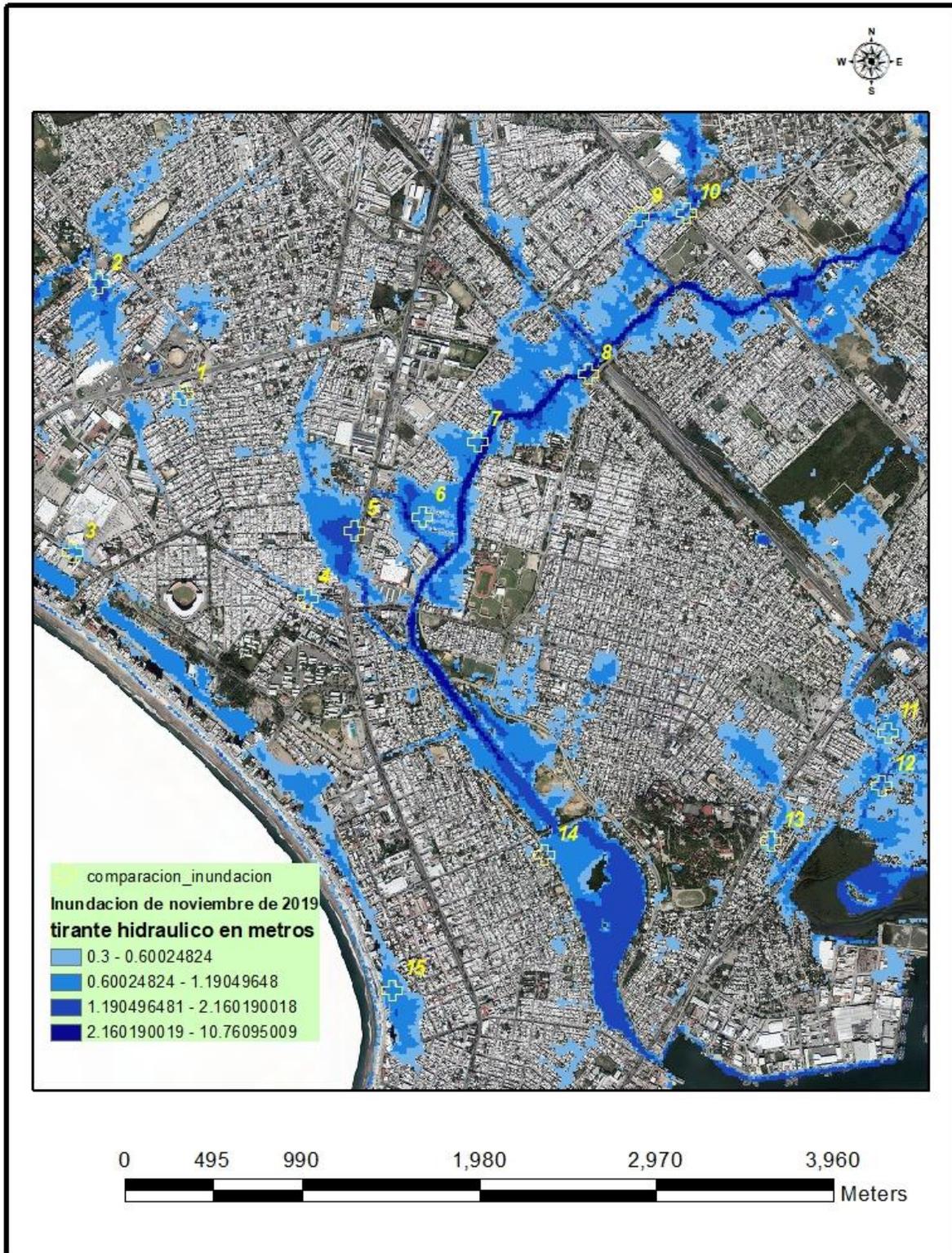


Figura II.1.19. Calibración del modelo hidráulico. **Fuente.** Elaboración propia.

Con el modelo calibrado se procedió a realizar los escenarios de inundación para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años denominados planos de severidad, ver figura II.1.20.

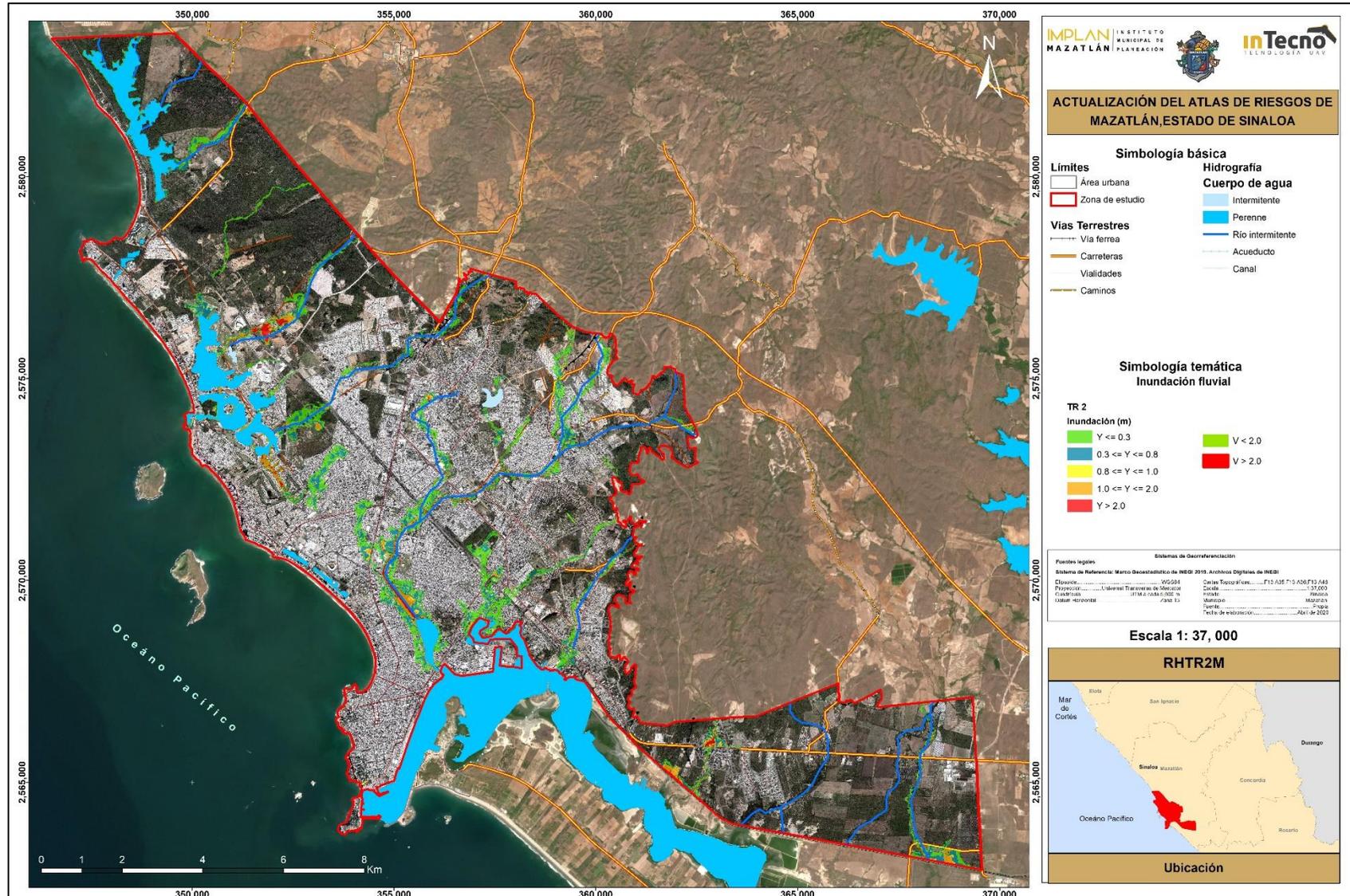


Figura II.1.20. Resultados hidráulicos Tr 2, Tirante en m. plano de severidad. Fuente. Elaboración propia.

2.3.2 Peligro por inundación fluvial (nivel 2, según términos de referencia)

Para conocer los cambios que ocurren sobre una corriente o una planicie de inundación (profundidad del agua, velocidad de la corriente, zona inundada, etc.) durante el paso de una crecida, se debe llevar a cabo el tránsito de la avenida. Con la interacción de los planos de tirante y velocidad se realizaron los planos de peligro por inundación los cuales se presentan en las figuras II.1.21 y II.1.22.

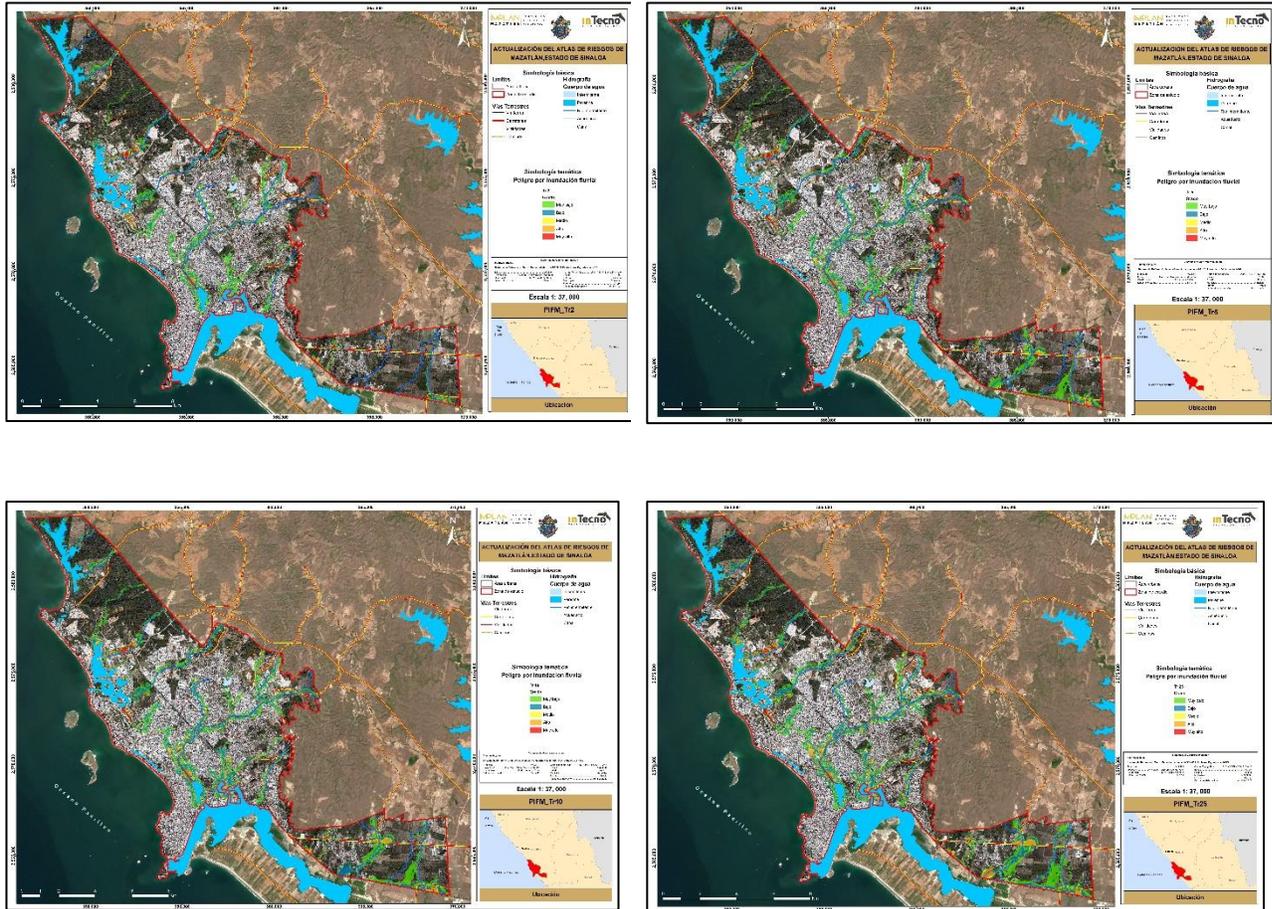


Figura II.1.21. Mapas de peligro para diferentes Tr, en años. Fuente. Elaboración propia

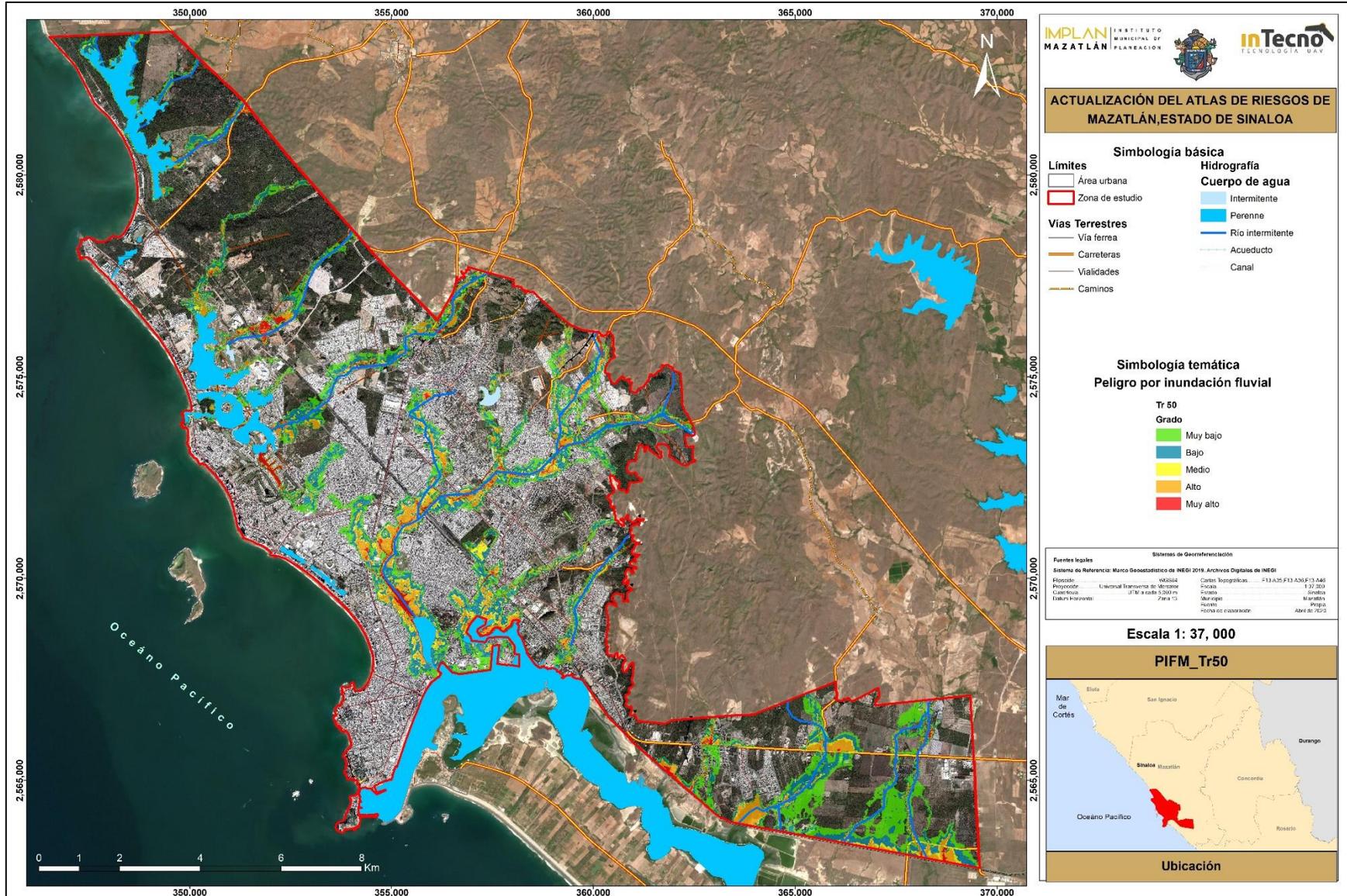


Figura II.1.22. Mapa de peligro para Tr 50 años. Fuente. Elaboración propia.

2.4 Inundación Pluvial, Tormentas Extremas e Inundaciones Lacustres (nivel 2, según términos de referencia)

La precipitación pluvial se refiere a cualquier forma de agua, sólida o líquida que cae de la atmósfera y alcanza a la superficie de la Tierra. La precipitación puede manifestarse como lluvia, llovizna, nieve, granizo o cellisca. La lluvia consiste en gotas de agua líquida con diámetro mayor a 0.5 mm. La llovizna está formada con gotas más pequeñas, de 0.25 mm o menos, que caen lentamente, por lo que rara vez la precipitación de este tipo supera 1 mm/h. La nieve está compuesta de cristales de hielo que comúnmente se unen para formar copos.

Por otra parte, el granizo está constituido por cuerpos esféricos, cónicos o irregulares de hielo con un tamaño que varía de 5 a más de 125 mm; la cellisca está formada por granos sólidos de agua cuando se congela al atravesar una capa el aire con temperatura cercana a los 0° C.

La humedad siempre está presente en la atmósfera, aun en los días que el cielo está despejado, corresponde a la cantidad de vapor de agua en el aire. Cuando existe un mecanismo que enfría al aire, este vapor se condensa y se transforma al estado líquido en forma de gotas, o bien, al estado sólido como cristales de hielo; ambos estados dan lugar a cuerpos muy pequeños (su diámetro es del orden de 0.02 mm) que en conjunto constituyen las nubes.

Para que ocurra la precipitación se requiere que en las nubes exista un elemento (núcleo de condensación o de congelamiento) que propicie la unión de pequeños cuerpos (gotas de agua o cristales) que forman las nubes, a un tamaño tal que su peso exceda a los empujes debidos a las corrientes de aire ascendentes. Estas gotas al caer también hacen que se junten con otras, por lo que el proceso se extiende como una reacción en cadena. La humedad se produce por la evaporación en la superficie del agua de océanos, mares, lagos, lagunas, ríos, arroyos y de los suelos, así como por la evapotranspiración de plantas y animales.

2.4.1 Tipos de precipitación

La precipitación lleva el nombre del factor que causó el ascenso del aire húmedo, mismo que se enfría conforme se alcanza mayores alturas. La lluvia ciclónica es resultado del levantamiento de aire por una baja de presión atmosférica. La lluvia de frente cálido se forma por la subida de una masa de aire caliente por encima de una de aire frío. La orográfica se da cuando las montañas desvían hacia arriba el viento, sobre todo aquel proveniente del mar. Del mismo modo, la convectiva se forma con aire cálido que ascendió por ser más liviano que el aire frío que existe en sus alrededores. Esta última se presenta en áreas relativamente pequeñas, generalmente en zonas urbanas.

Para el desarrollo de este tema se empleó el modelo conformado en el capítulo anterior (inundación fluvial), sin embargo, para este tipo de fenómeno perturbador, el ingreso de información no fue por el flujo del río como condición de frontera, sino que se usaron las isoyetas para duración de una hora y periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años, las cuales se presentan en las figura II.1.23 y los demás periodos de retorno en el anexo correspondiente, las cuales previamente fueron analizadas en el estudio hidrológico.

La información anterior se incorporó al modelador hidráulico Iber que simula el efecto de la distribución del agua en superficie en dos dimensiones.

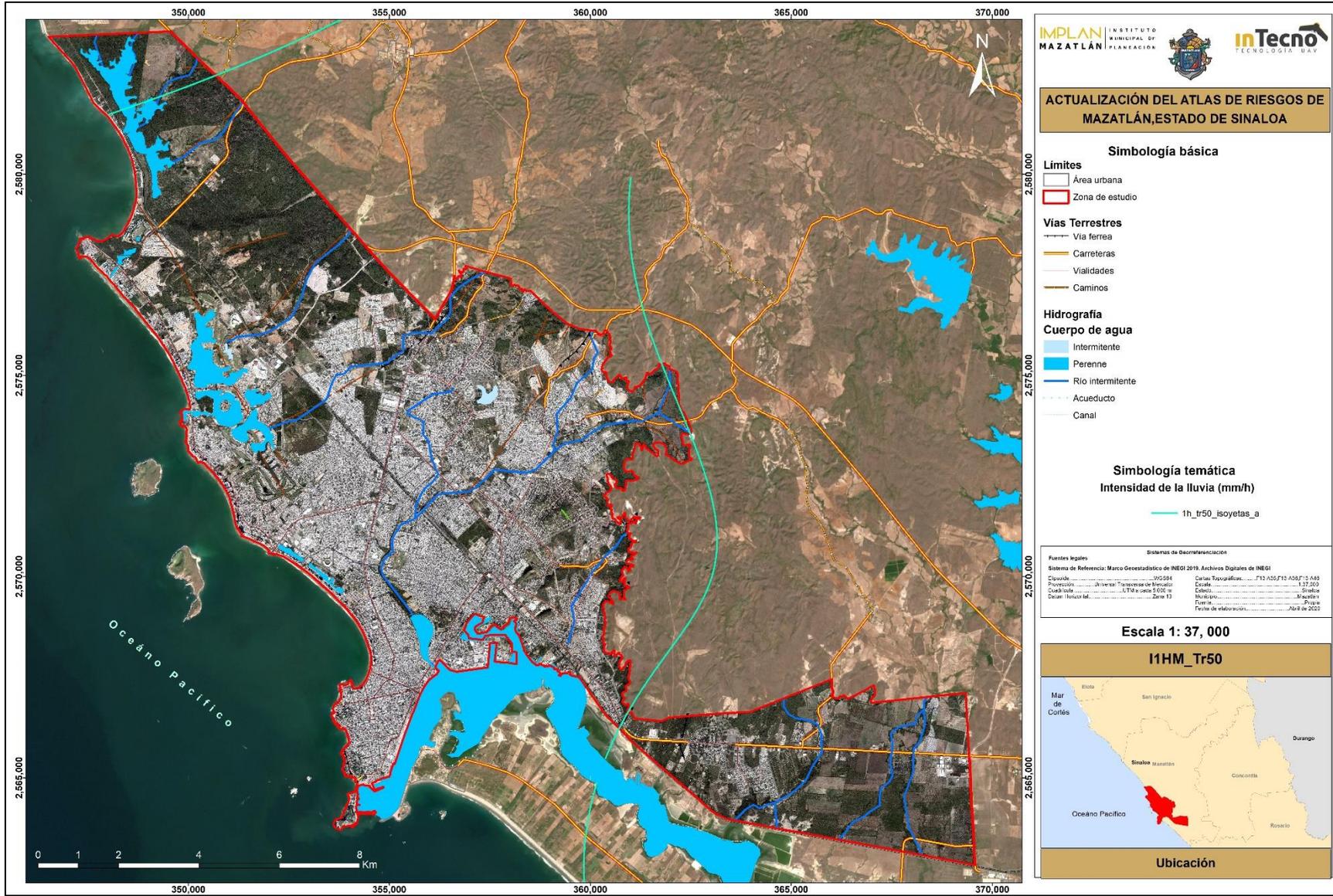


Figura II.1.23. Mapa de isoyetas duración 1 hora en mm/h para Tr 50 años. Fuente. Elaboración propia.

2.4.2 Peligro por inundación pluvial, lluvias extremas e inundaciones lacustres (nivel 2, según términos de referencia)

Para conocer los cambios que ocurren sobre una corriente o una planicie de inundación (profundidad del agua, velocidad de la corriente, zona inundada, etc.) durante el paso de una crecida, se debe llevar a cabo el tránsito de la avenida.

Para generar los mapas de peligro se usaron los resultados del modelo hidráulico en dos dimensiones, teniendo como base la tabla II.1.06 “Diagrama de resistencia al vuelco”. Se realizó una rutina en manejador de datos geográficos, condicionando los niveles o grados de peligro como se muestra en la figura antes mencionada, utilizando los archivos de profundidad de inundación (tirante hidráulico) y el correspondiente a la velocidad, esta rutina se resume en el cuadro siguiente.

Donde:

1. Peligro Muy Bajo
2. Peligro Bajo
3. Peligro Medio
4. Peligro Alto
5. Peligro Muy Alto.

Nombre	Hmax	Vmax	HVmax
1	0.3	2	
2	0.8	2	
3	1	2	
4	2	2	
5	2.1	2.5	

Tabla II.1.06. Resultados del modelo hidráulico en dos dimensiones. **Fuente.** Elaboración propia.

Con este criterio se realizaron los planos de peligro por inundación los cuales se presentan en las figuras II.1.24 y II.1.25.

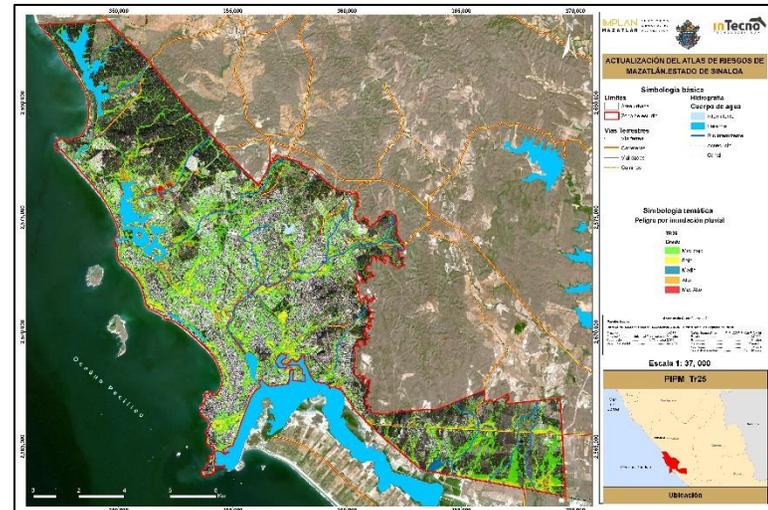
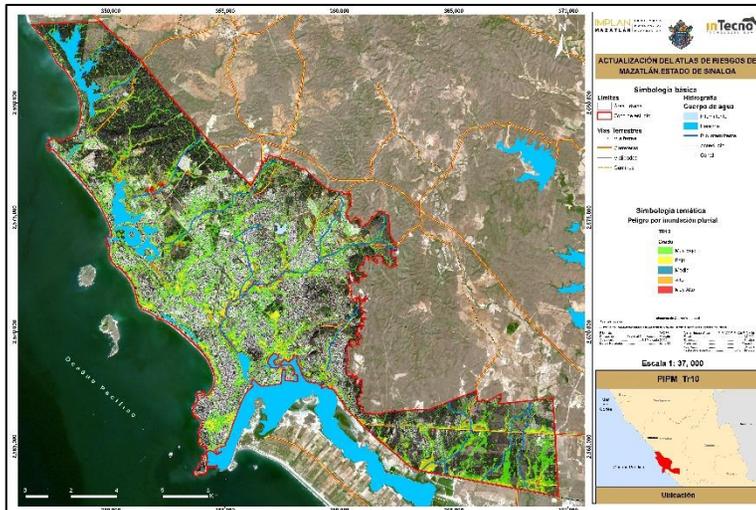
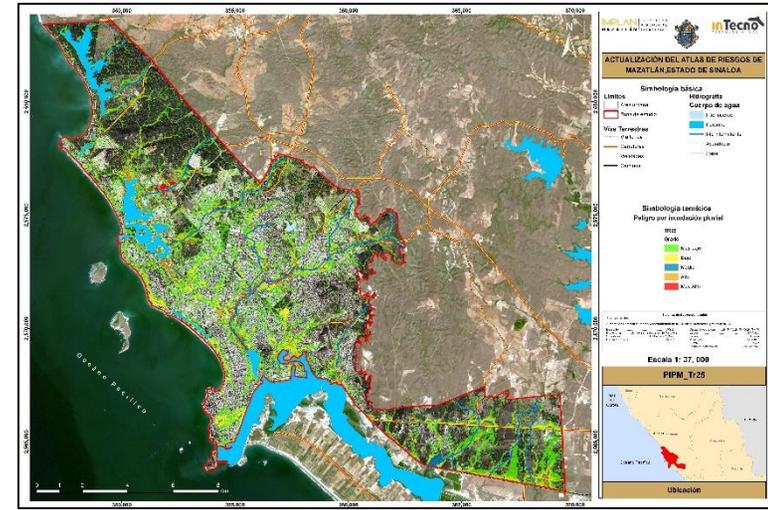
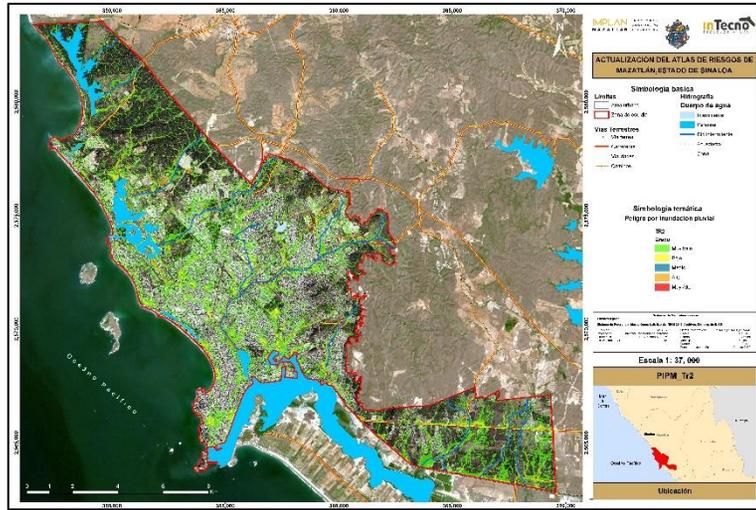


Figura II.1.24. Mapas de peligro por inundación pluvial, por tormentas extremas en zonas urbanas y lacustres para diferentes periodos de retorno. Fuente. Elaboración propia

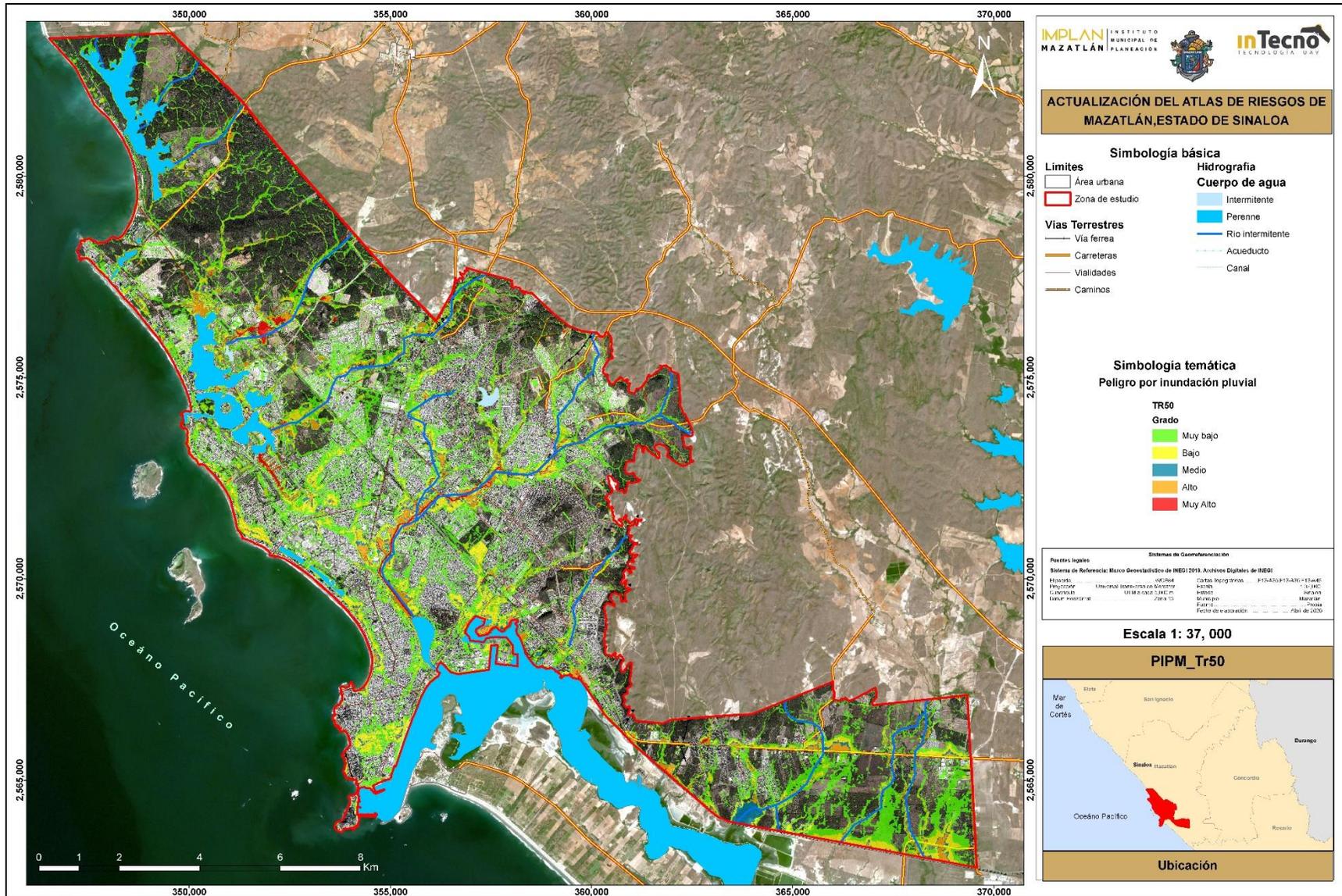


Figura II.1.25. Mapa de peligro por inundación pluvial, por tormentas extremas en zonas urbanas y lacustres para Tr 50 años. Fuente. Elaboración propia

2.4.3 Inundación Lacustre

Para realizar los esquemas de inundación lacustre, se realizó simulación numérica de la lluvia en dos dimensiones, para ello se empleó el programa de cómputo IBER, el cual se alimentó con la lluvia para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años, los resultados de los niveles de los que produjeron estas tormentas se presentan en los mapas de la figura II.1.26.

Es importante resaltar que no se contó con información batimétrica para realizar las simulaciones y la topografía utilizada fue la que se obtuvo del vuelo fotogramétrico, el cual tiene dimensiones de 10 centímetros por pixel.

Los cuerpos de agua analizados fueron:

1. Estero Escapoma
2. Estero el Yugo
3. Laguna el Camarón
4. Estero Infiernillo.

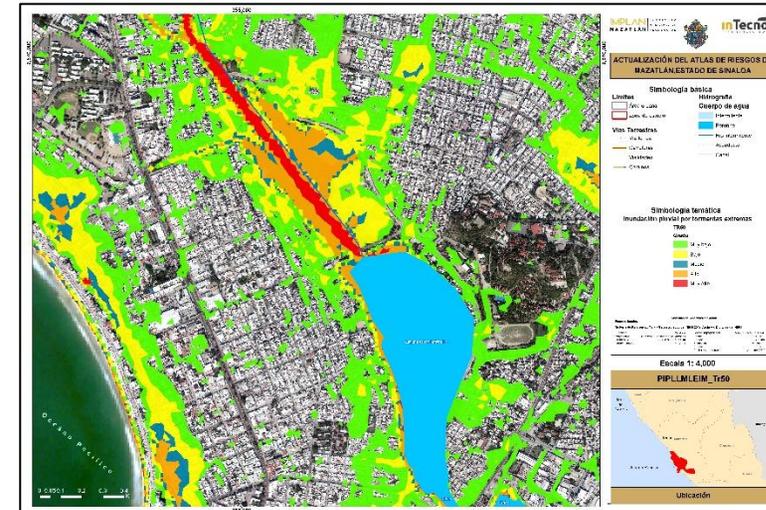
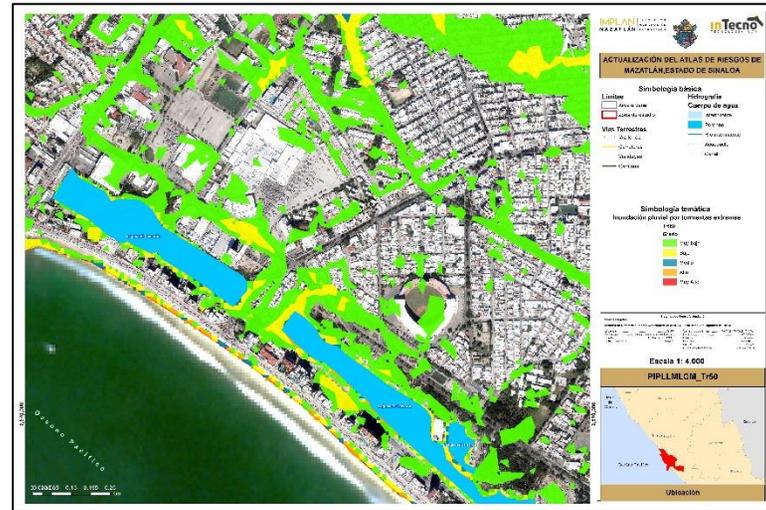
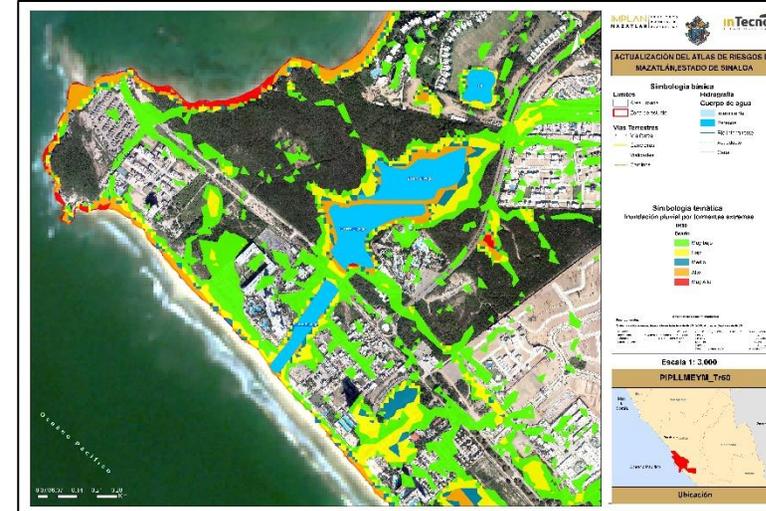


Figura II.1.26. Mapa de peligro por inundación pluvial, por tormentas extremas en zonas urbanas y lacustres para Tr 50 años. Fuente. Elaboración propia

2.5 Tormentas Eléctricas (nivel 2, según términos de referencia)

Las tormentas eléctricas son descargas bruscas de electricidad atmosférica que se manifiesta por un resplandor breve (rayo) y por un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas y puede ser acompañada de precipitación, en ocasiones puede ser nieve o granizo (OMM, 1993). Su ciclo de duración es de sólo una o dos horas y empieza cuando una porción de aire está más caliente que el de su entorno, o bien, cuando el aire más frío penetra por debajo de ella.

Se analizaron 10 estaciones climatológicas, 9 se encuentran en la periferia de la zona de estudio y solamente una se encuentra ubicada dentro.

Se aplicó la metodología propuesta por el CENAPRED para el análisis de este tipo de fenómenos perturbadores y los resultados se resumen en la tabla II.1.07 considerando los valores de la caracterización del índice de peligro del mismo instituto, ver tabla II.1.08.

ESTACION	ANUAL	VALOR	INDICE	CATEGORIA
25021	0.0000	0.0	0.00	Muy Bajo
25050	0.4524	0.0	0.00	Muy Bajo
25052	1.0909	1.0	0.25	Bajo
25078	1.3091	1.0	0.25	Bajo
25119	0.2745	0.0	0.00	Muy Bajo
25150	0.0909	0.0	0.00	Muy Bajo
25161	0.4000	0.0	0.00	Muy Bajo
25176	0.0000	0.0	0.00	Muy Bajo
25192	4.2727	1.0	0.25	Bajo
25062	29.0833	4.0	1.00	Muy alto

Tabla II.1.07. Resumen del análisis de 10 estaciones en la influencia de la zona en estudio. **Fuente.** Elaboración propia con información del SMN y CENAPRED

Número de días con tormentas	Valor	Índice	Categoría
Cero	0	0	Muy baja o nula
1 - 9	1	0.25	Baja
10 - 19	2	0.50	Media
20 - 29	3	0.75	Alta
>30	4	1.0	Muy alta

Tabla II.1.08. Caracterización del índice de peligro para tormentas eléctricas. **Fuente.** CENAPRED

En las figuras II.1.27 y II.1.28 se presentan los planos de severidad y peligro respectivamente.

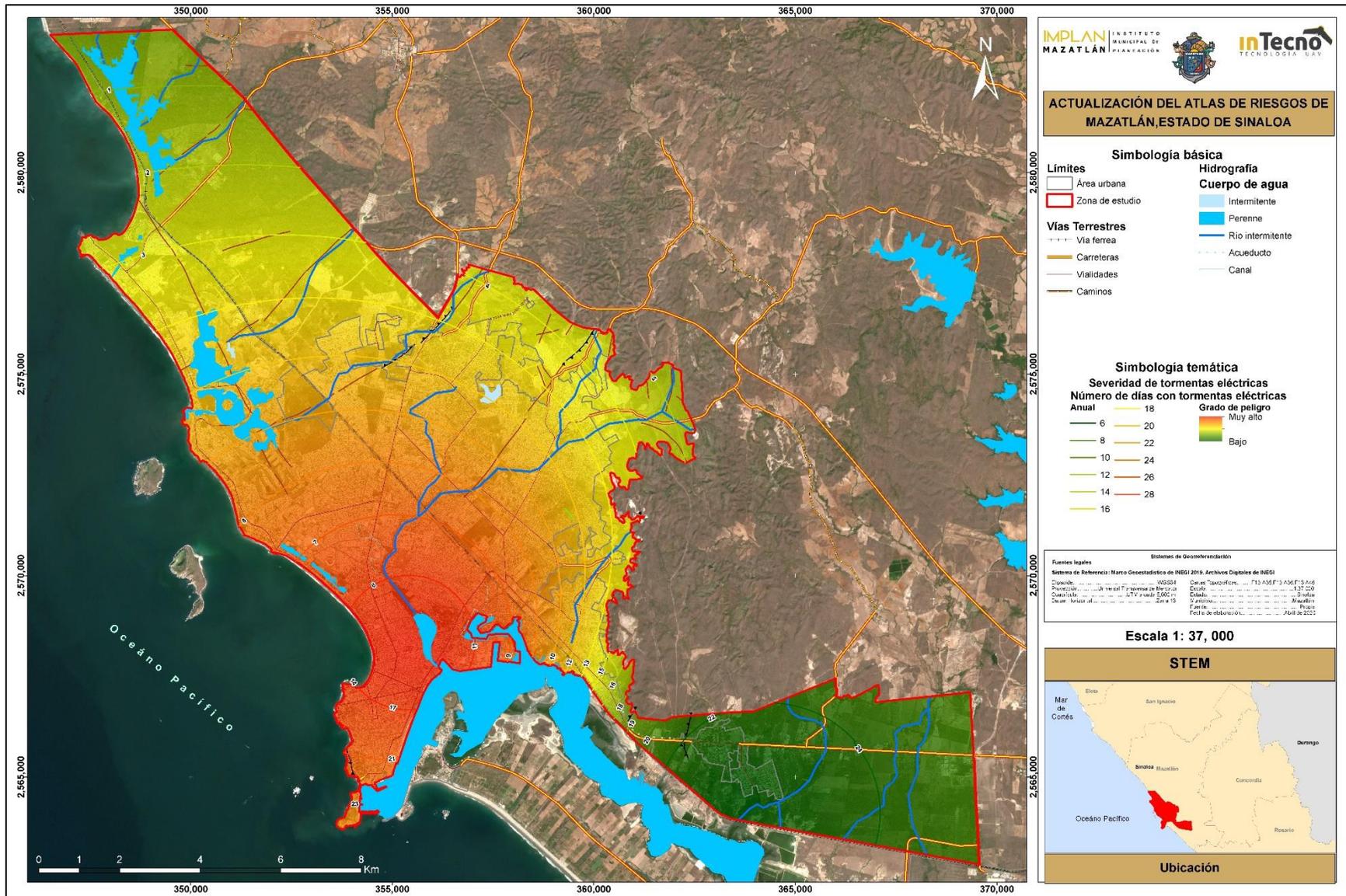


Figura II.1.27. Mapa de severidad por tormentas eléctricas. Fuente. Elaboración propia.

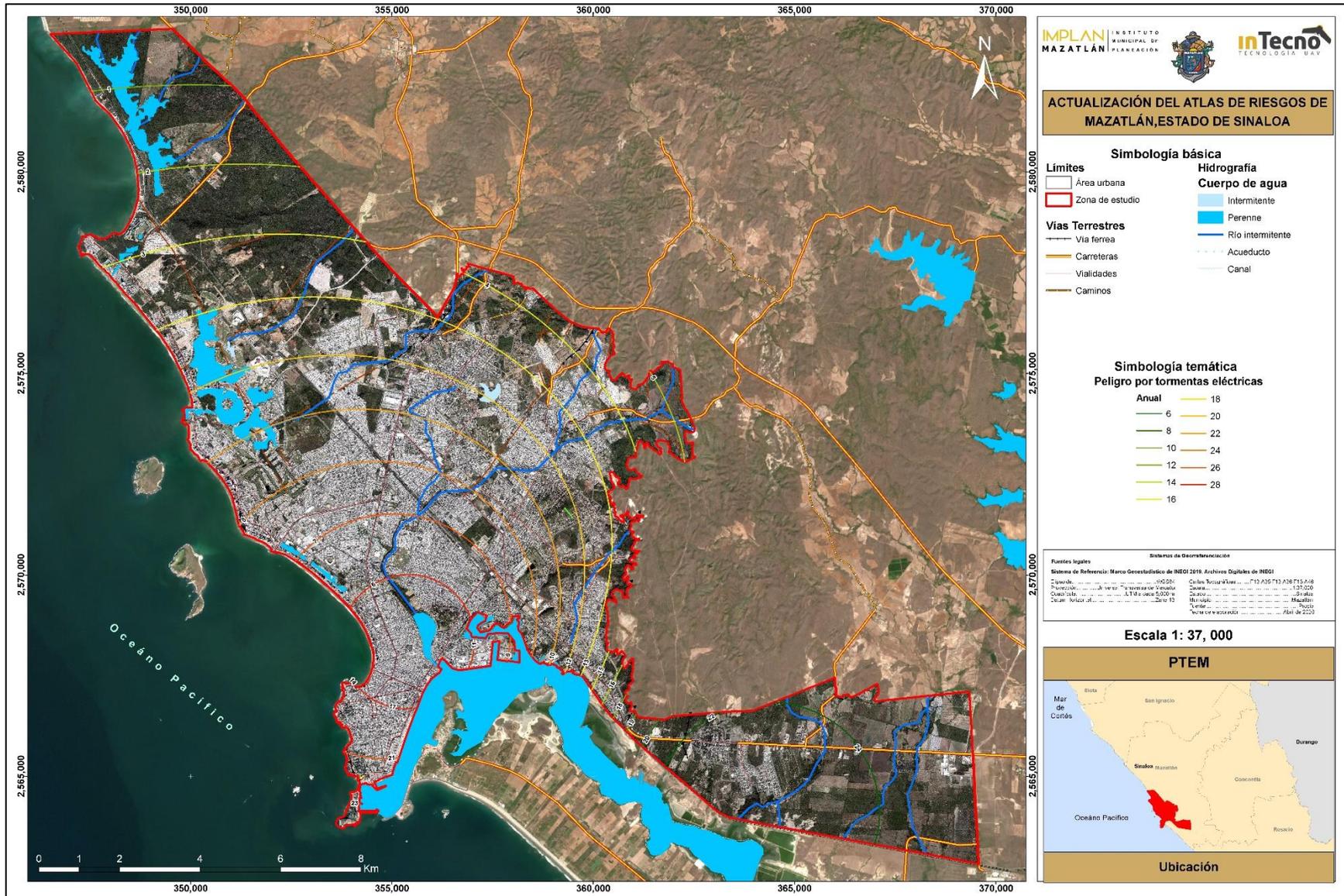


Figura II.1.28. Mapa índice de peligro por tormentas eléctricas. Fuente. Elaboración propia.

2.6 Ondas Cálidas (nivel 2, según términos de referencia)

Cálculo del peligro por ondas cálidas

Se analizaron 10 estaciones climatológicas de las cuales 9 se encuentran en la periferia de la zona de estudio y solamente una se encuentra ubicada a su interior.

Para calcular la probabilidad para cada serie de datos, se realizó el análisis de las temperaturas máximas para cada estación utilizando el percentil 90 (P90), en la tabla II.1.09 se resumen los cálculos del percentil al 90 por ciento. Se categorizaron los datos de acuerdo con el “Índice de severidad y clasificación del peligro” del CENAPRED, ver tabla II.1.10.

ESTACION	ANUAL	GRADO DE SEVERIDAD	CATEGORIA
25021	35.2	3.0	Alto
25050	36.4	3.0	Alto
25052	37.8	3.0	Alto
25062	34.6	3.0	Alto
25078	37.4	3.0	Alto
25119	38.6	3.0	Alto
25150	38.1	3.0	Alto
25161	38.0	3.0	Alto
25176	36.5	3.0	Alto
25192	34.1	3.0	Alto

Tabla II.1.09. Resumen de los cálculos de temperaturas máximas para P90. **Fuente.** Elaboración propia con información del SMN y CENAPRED

INTERVALO DE TEMPERATURA C°	Valor	Categoría
>40	4	Muy alta
34 - 39.9	3	Alta
30 - 33.9	2	Media
26 - 29.9	1	Baja

Tabla II.1.10. Índice de severidad y clasificación del peligro. **Fuente.** CENAPRED

En las figuras II.1.29 y II.1.30 se presentan los planos de severidad y peligro respectivamente, por ondas cálidas.

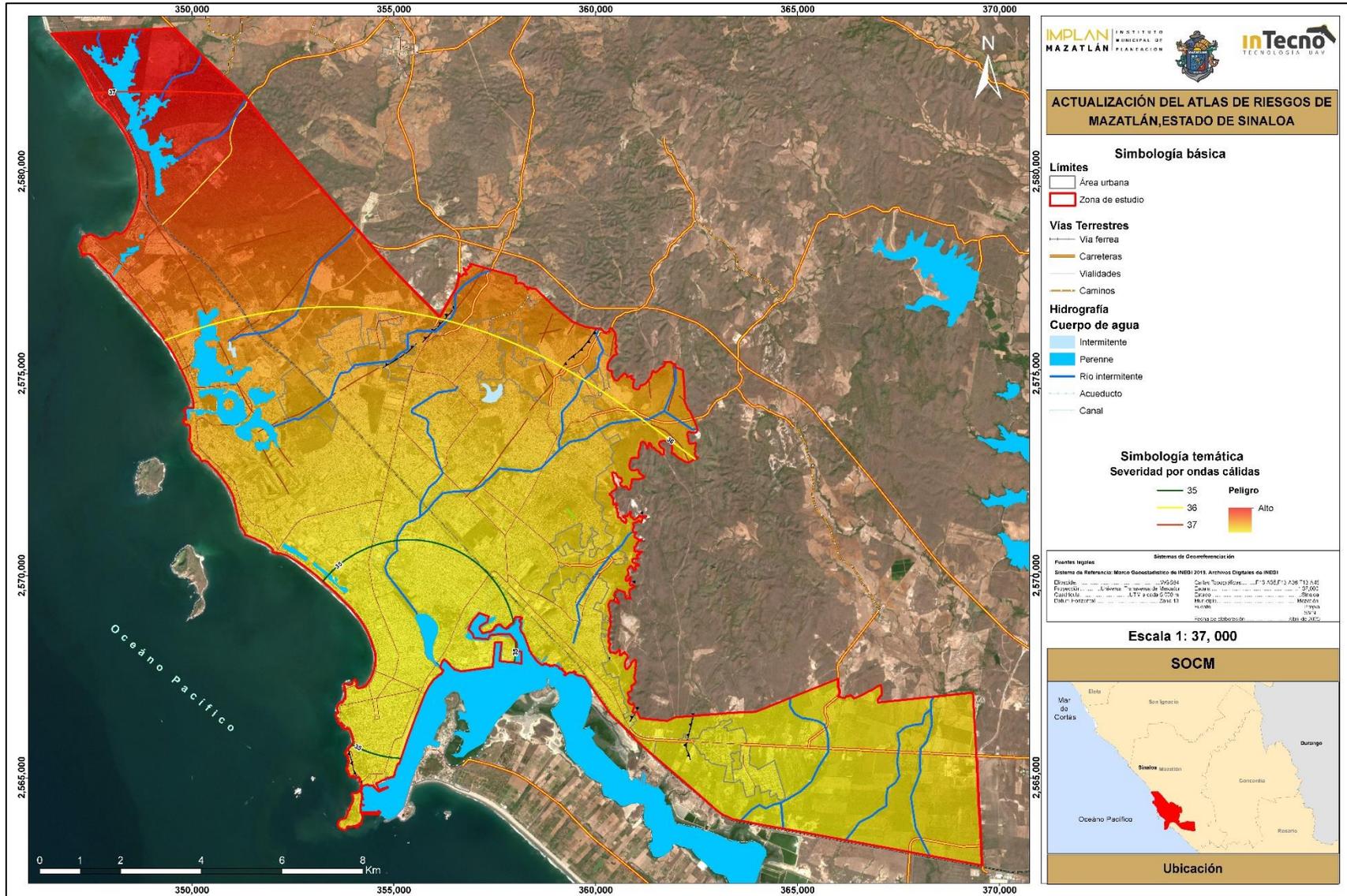


Figura II.1.29. Mapa de severidad por ondas Cálidas. Fuente. Elaboración propia con información del SMN.

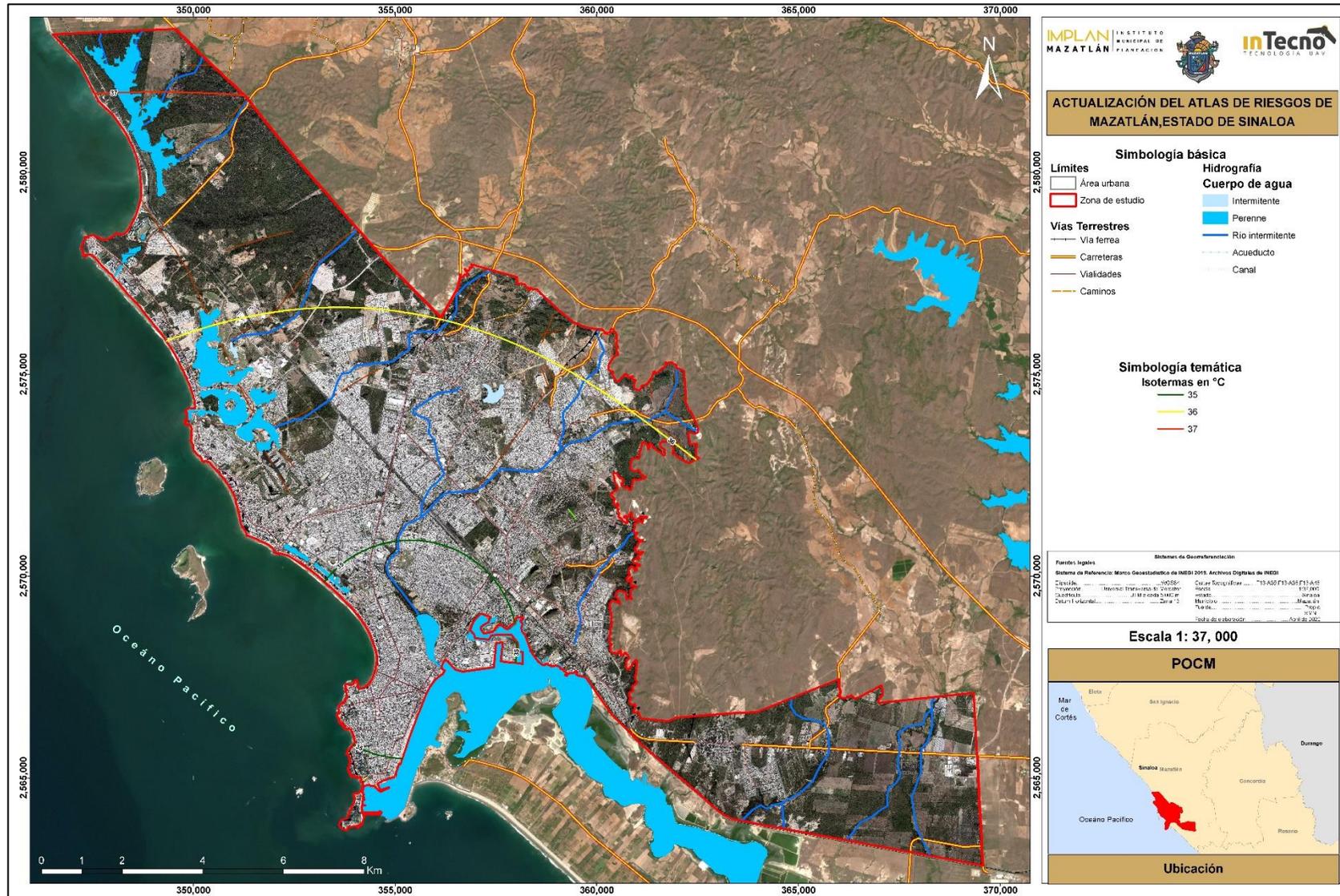


Figura II.1.30. Mapa de Peligro por ondas Cálidas. Fuente. Elaboración propia con información del SMN.

2.7 Vientos Fuertes (Elaboración de acuerdo con la guía de contenido mínimo para la elaboración de Atlas Nacional de Riesgo)

Los vientos de mayor intensidad en México son los que se producen durante los huracanes; de hecho, la velocidad de viento es precisamente el parámetro con lo que se miden estos fenómenos en la escala más comúnmente usada (Escala de Saffir-Simpson). Por tanto, las zonas costeras, y en particular las que tienen una más frecuente incidencia de huracanes, son las que están expuestas a un mayor peligro por efecto de viento. Sin embargo, otros fenómenos atmosféricos son capaces de producir fuertes vientos, por lo que aun en el interior del territorio existen zonas con peligro de vientos intensos. La forma más refinada de regionalización del peligro por viento es la que se usa para fines de ingeniería, en las normas para diseño de edificios y de otras estructuras. Se emplea como parámetro la velocidad máxima de viento que tiene cierto período de retorno, y con ella se preparan mapas de curvas llamadas isotacas que corresponden a sitios con una misma velocidad máxima de viento.

Para caracterizar los vientos se utilizaron los registros de la estación observatorio meteorológico de Mazatlán estos se resumen en la tabla II.1.11.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máxima Anual
1997	7.3	8.9	9	8.9	8.9	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	9
DIRECCIÓN	315	292.5	292.5	270	360								292.5
1998	8.4	10.6	9	8	7.3	8.4	16.8	8.9	17.8	11.2	10.1	39	39
DIRECCIÓN	315/292.5	315	292.5	315	270	180	90	292.5	135	180	315	180	180
1999	10.1	9.8	10.1	11.2	9.5	8.4	11.8	8.9	11.2	9.5	7.3	9.5	11.8
DIRECCIÓN	315	292.5	292.5	315	292.5	292.5/180	157.5	180	135	180	315	292.5	157.5
2000	9	N/D	8.9	10.6	6.7	12.6	10.6	11.2	11.3	8.4	9	8.4	12.6
DIRECCIÓN	292.5		292.5	292.5	292.5/225/270	135	135	135	90	315/337.5	337.5	315	135
2001	8.4	11.8	11.7	7.8	18.4	16.7	7.8	10.6	11.2	9.2	6.2	7.8	18.4
DIRECCIÓN	315	315/292.5	292.5	315	180	202.5	22.5	112.5	135	180	180	292.5	180
2004	16.7	10.8	10.1	8.3	9.1	11.9	16.8	14.3	17.6	14	10.1	10.1	17.6
DIRECCIÓN	90	292.5	315	292.5	292.5	45	135	180	157.5	112.5	315	292.5	157.5
2005	17	17.4	N/D	11.2	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7.4	N/D	17.4
DIRECCIÓN	292.5	135		292.5							315		135
2006	12.6	7.6	9.2	8.4	N/D	7.4	N/D	13.7	N/D	9.1	6.4	8.4	13.7
DIRECCIÓN	292.5	270/315	292.5	292.5		247.5		135		270	315	270	135
2007	11.2	8.3	8.8	7.3	6	11.4	9	18.2	11.8	N/D	8.4	7.7	18.2
DIRECCIÓN	315	292.5	292.5	315	315	360	112.5/157.5	45	157.5		247.5	292.5	45
2008	7.3	7.8	9.5	7	N/D	7.4	12.9	11.3	9.5	9.1	7.1	8.3	12.9
DIRECCIÓN	292.5	292.5	292.5	292.5		247.5	135	112.5	135	135	270	225	135
2009	N/D	8.4	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	8.4
DIRECCIÓN		225											225
2010	7.7	9.8	10.5	7.8	7.8	6.6	9.5	14.6	16.9	8.8	7.3	6.7	16.9
DIRECCIÓN	292.5	157.5	22.5	292.5	225	270	292.5	135	90	247.5	292.5	270	90
2011	8.4	13.2	6.9	11.6	7.1	5	18.2	14	15.7	12.3	11.8	13	18.2

DIRECCIÓN	292.5	315	292.5	292.5	270	270	112.5	90	112.5	292.5	292.5	315	112.5
2013	12.2	10.8	11.9	10.1	11.5	9.9	13.9	17.5	13.4	9	21	10.4	21
DIRECCIÓN	315	292.5	292.5	247.5	292.5	90	135	67.5	90	292.5	202.5	315	202.5
2014	9.5	9.8	13.4	9.9	10.8	9.2	22.7	17.9	16.8	11.5	9.5	9	22.7
DIRECCIÓN	292.5	292.5	22.5	270	292.5	292.5	270	112.5	135	315	360	337.5	270
2016	11.9	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	11.3	N/D	N/D	N/D	N/D	11.9
DIRECCIÓN	337.5							180					337.5
2017	11.9	9.5	11.6	8.4	8.4	7.8	14.3	17.9	16.2	13.4	6.4	9.8	17.9
DIRECCIÓN	315	315	337.5	315	225	315	135	135	135	157.5	292.5	360	135
2018	9.5	13.2	11.3	10.6	9.4	7	13.2	14	11.5	10.9	11.3	8.4	14
DIRECCIÓN	315	337.5	315	337.5	292.5	292.5	112.5	180	135	225/292.5	67.5	270	180
2019	12.4	12.6	12.4	8.4	6	5.6	12.2	17.5	22.4	10.6	12.4	N/D	22.4
DIRECCIÓN	292.5	292.5	292.5	180/292.5	360/247.5/135	292.5	180	157.5	67.5	135	315		67.5

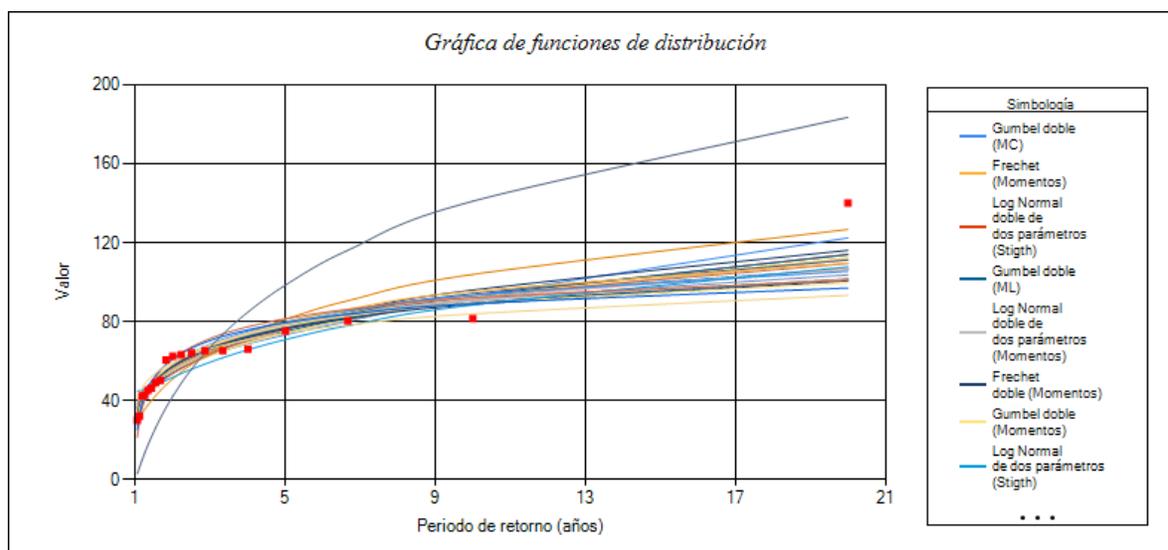
Tabla II.1.11. Resumen del análisis de vientos máximos. **Fuente.** Elaboración propia con información del Observatorio Meteorológico de Mazatlán.

De la tabla anterior se separaron los vientos máximos por año y se le aplicaron análisis de frecuencias, ver tabla de la tabla II.1.12.

Los resultados del análisis de frecuencia se resumen en la gráfica II.1.02.

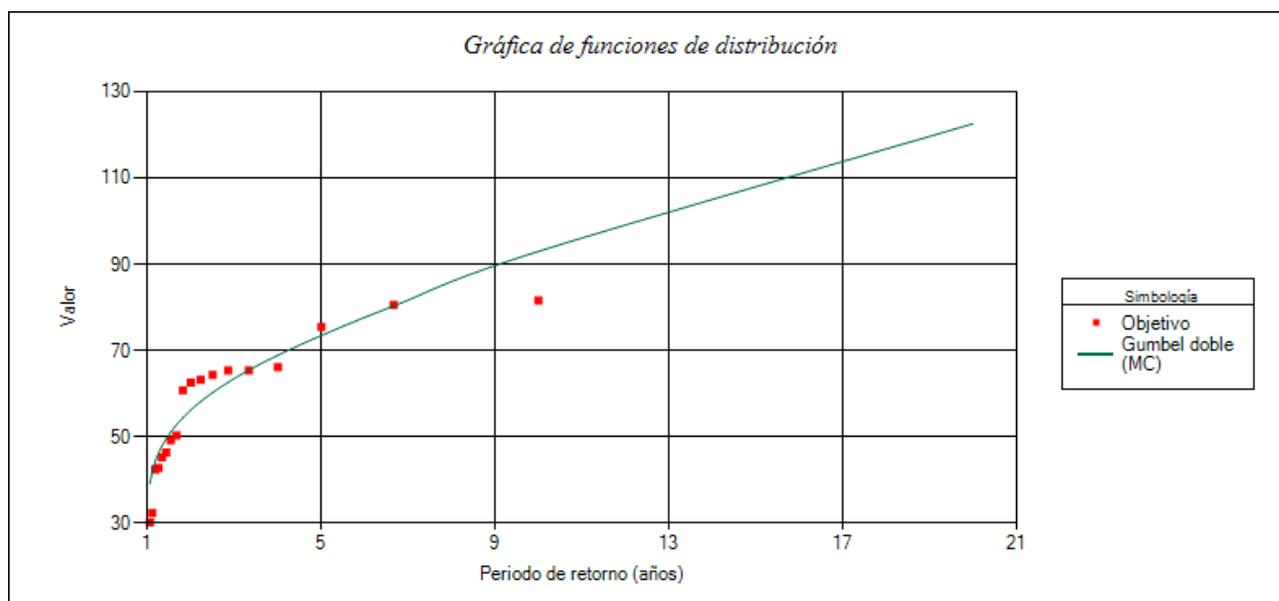
año	V(km/h)
2009	30.24
1997	32.4
1999	42.48
2016	42.84
2000	45.36
2008	46.44
2006	49.32
2018	50.4
2010	60.84
2005	62.64
2004	63.36
2017	64.44
2007	65.52
2011	65.52
2001	66.24
2013	75.6
2019	80.64
2014	81.72
1998	140.4

Tabla II.1.12. Vientos máximos. **Fuente.** Elaboración propia con información del Observatorio Meteorológico de Mazatlán.



Gráfica II.1.02. Análisis de Frecuencia. **Fuente.** Elaboración propia con información del Observatorio Meteorológico de Mazatlán.

La función de mejor ajuste fue la doble Gumbel como se puede observar en el grafico anterior, en la gráfica II.1.03 se presenta la bondad del ajuste.



Gráfica II.1.03. Bondad del ajuste. **Fuente.** Elaboración propia con información del Observatorio Meteorológico de Mazatlán.

Se extrapolaron los valores para periodos de retorno de 50, 100 y 200 años, los resultados se presentan en las figuras II.1.31 a II.1.33. presentan en las figuras II.1.31 a II.1.33.

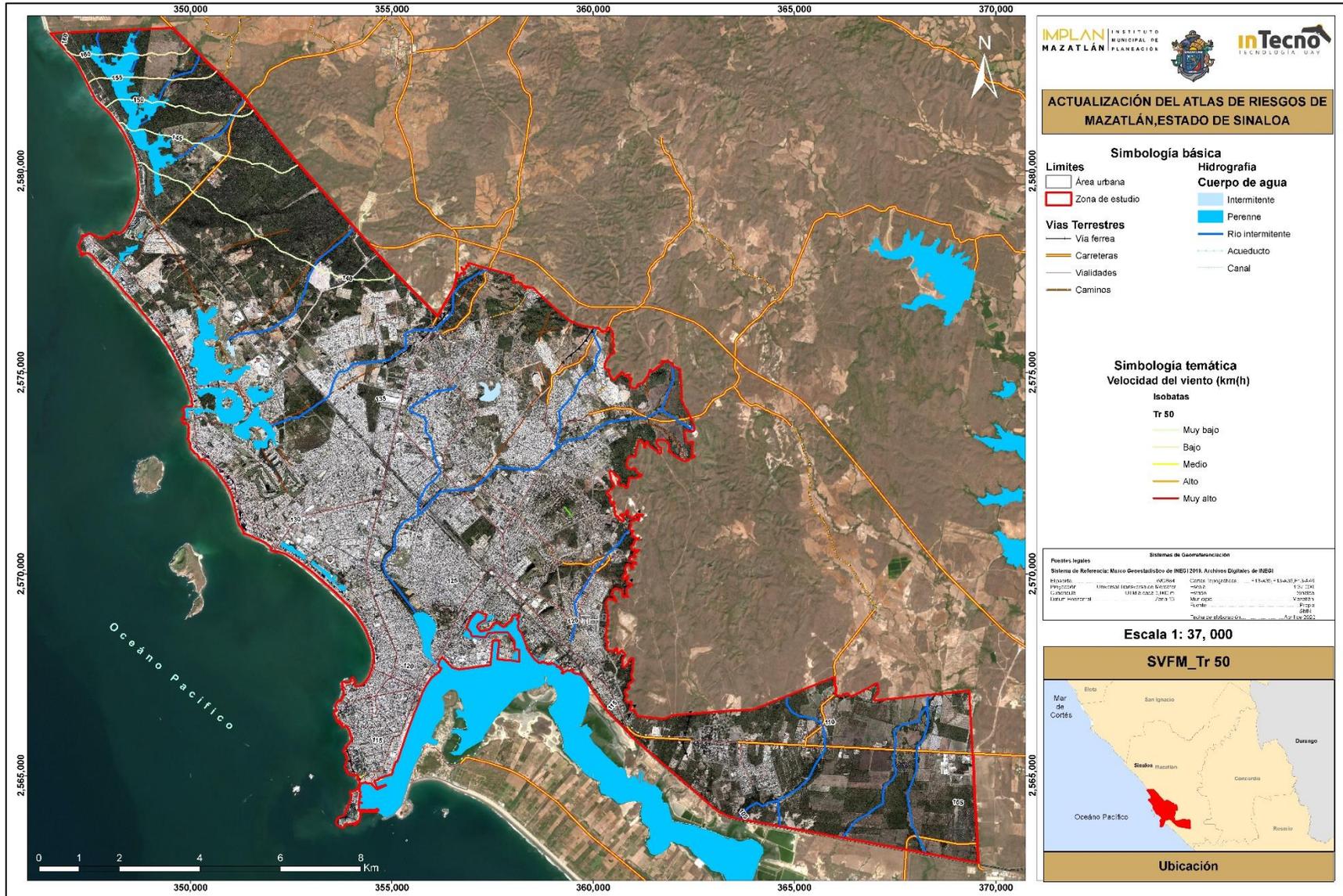


Figura II.1.31. Mapa de Severidad por Vientos Fuertes Tr 50 años. Fuente. Elaboración propia.

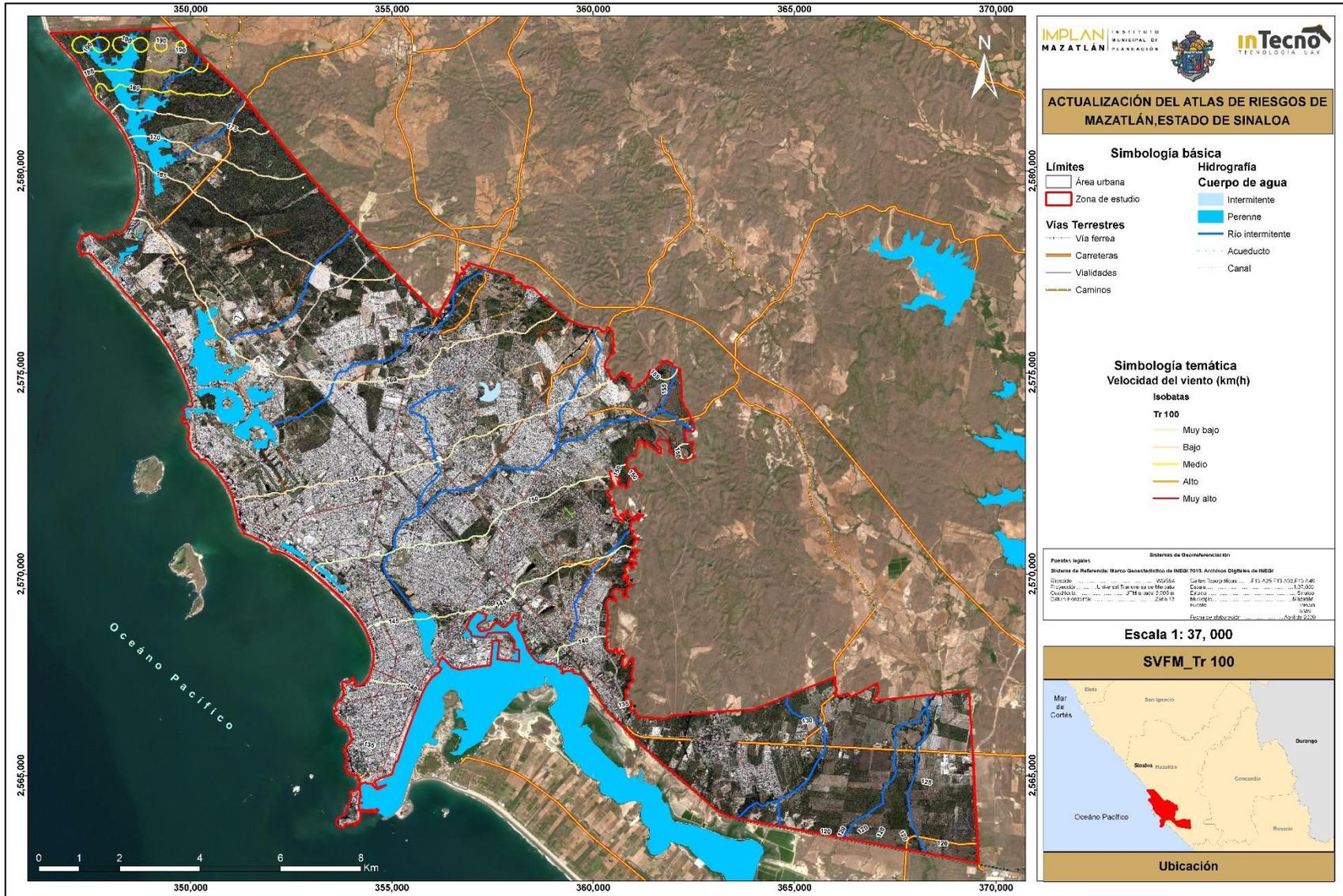


Figura II.1.32. Mapa de Severidad por Vientos Fuertes Tr 100 años. Fuente. Elaboración propia.

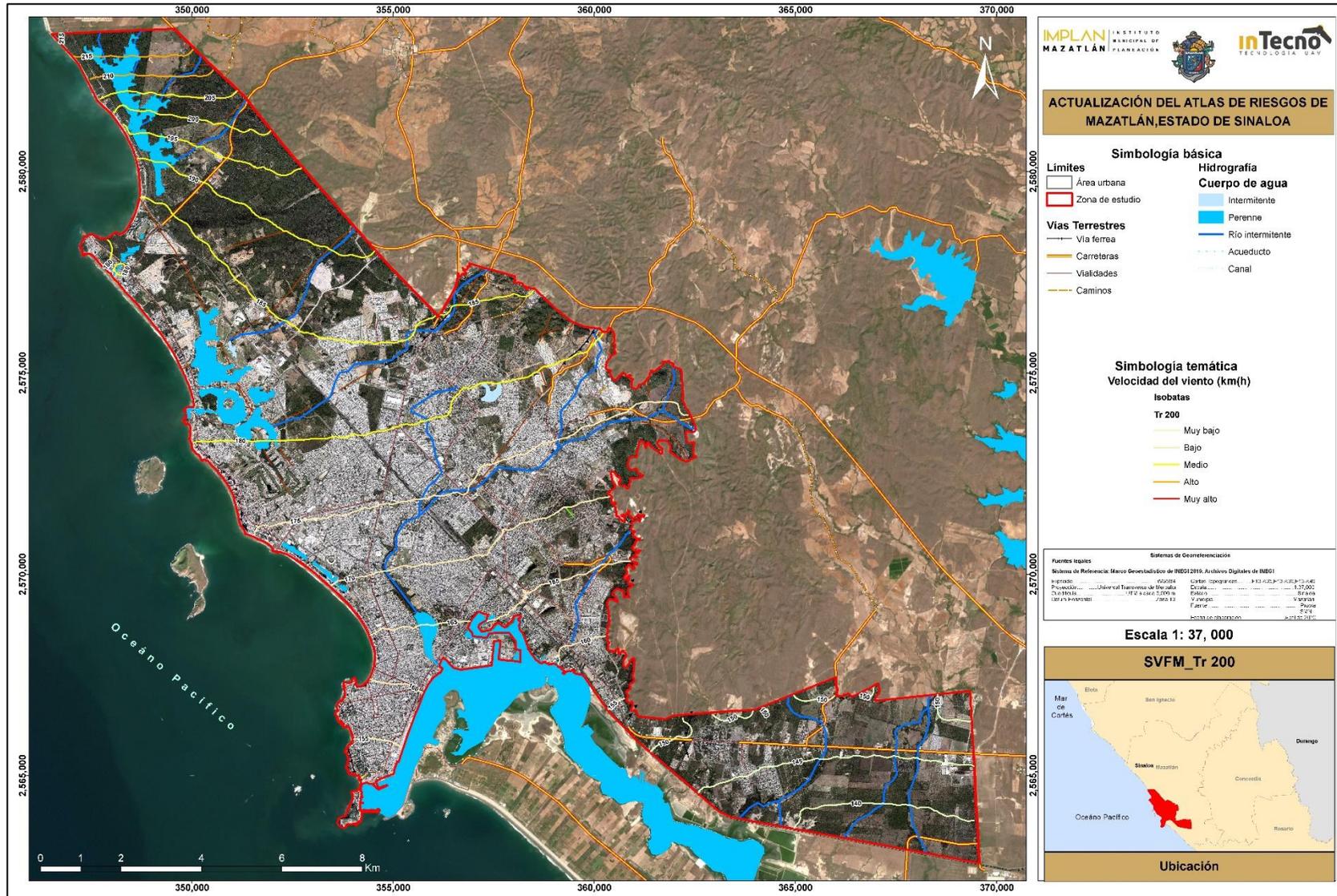


Figura II.1.33. Mapa de Severidad por Vientos Fuertes Tr 200 años. Fuente. Elaboración propia

II.2 Fenómenos Geológicos

En el presente apartado se definirán los riesgos geológicos en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de su superficie, entre ellos: los sismos, el vulcanismo, los tsunamis o maremotos y los movimientos de laderas y suelos.

2.1 Registros Históricos de los últimos 10 años.

Se revisaron las bases de datos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), los archivos históricos de Protección civil Municipal del H. Ayuntamiento de Mazatlán y solo se encontró un evento de tipo Geológico este ocurrió en el año de 2010, el 11 de septiembre, el cual fue tipificado como deslizamiento, siendo:

Ante los desprendimientos del cerro Colorado en la comunidad San Marcos, se inunda con agua y lodo. Colonias Rincón de Urías, Felipe Ángeles y Ampliación Felipe Ángeles. Afectando a 350 personas, 70 viviendas dañadas, no se afectaron caminos y el daño fue de 0.358 millones de pesos.

No existen registros de daños por Flujos.
No existen registros de daños por derrumbes.
No existen daños por Tsunami.
No existen daños por hundimientos.
No existen daños por Sismos.



2.2 Peligro Geológico

Los peligros geológicos que se consideran en este apartado se enlistan a continuación:

1. Inestabilidad de Laderas (deslizamientos, flujos y caídas o derrumbes)
 - 1.1 Deslizamiento
 - 1.2 Flujos
 - 1.3 Derrumbes
2. Tsunami
3. Hundimiento (Subsidencia) y Agrietamiento del Terreno
4. Sismo

2.2.1. Inestabilidad de Laderas (deslizamientos, flujos y caídas o derrumbes)

Para evaluar el riesgo por inestabilidad de laderas deslizamiento, flujos y derrumbes, se generaron mapas especializados que representan la Morfometría del relieve del área de estudio, con lo cual se desarrollarán los análisis de susceptibilidad que representa una condición que incide en la inestabilidad de estas; estos son:

- Densidad de pendientes
- Densidad de disección
- Profundidad de disección
- Geometría de laderas

2.2.1.1 Densidad de Pendientes

El mapa de pendiente se utilizó para definir las geoformas del terreno y su distribución, el análisis se realizó a partir del Modelo de Elevación del Terreno, el cual cuenta con una resolución de 1m por lo que con este modelo define zonas de igual grado de pendiente topográfica con un alto nivel de detalle (figura II.2.01).

Como se observa en los mapas generados, se realizó una separación de las pendientes por grados, los valores mayores se encuentran en la zona norte y sureste del área de estudio lo que define la expresión morfológica de las sierras que circundan la Ciudad de Mazatlán; en el extremo sur, en la zona del Cerro del Vigía, se presentan pendientes en el rango de 31 a 45 grados, en estas zonas las rocas aflorantes que conforman el macizo rocoso, están conformadas por andesitas formando taludes de más de 4.0 metros de altura con fracturamiento semivertical en patrones preferenciales y secundarios de dirección NW-SE.

En la zona norte, debido al crecimiento urbano, se ha requerido de la modificación del relieve natural, sin embargo, para este fin la modificación del mismo ha generado laderas con pendientes mayores a 30° en diferentes tipo de litologías, cada una de ellas con diferentes niveles de fracturamiento y orientación; al mismo tiempo, para la adecuación de las obras civiles, se ha requerido de la remoción de vegetación natural por lo que el suelo de poco espesor en ocasiones es erosionado fácilmente con el consecuente aumento de la exposición de las laderas al intemperismo, lo cual aumenta el grado de riesgo.

En la misma figura II.2.01, se observa que en la zona centro y sur del polígono se encuentran las pendientes más bajas en el rango de 0 a 5 grados que se desarrollan con una dirección sureste, en esta zona se distribuye el mayor porcentaje de la ciudad de Mazatlán.

Como se observa en los mapas generados, se realizó una separación de las pendientes por grados; distinguiéndose que las pendientes con mayor magnitud se encuentran en la zona norte y sureste del área de estudio. Esta situación define la expresión morfológica de las sierras que circundan la Ciudad de Mazatlán; en el extremo sur, en la zona del Cerro del Vigía se presentan pendientes en el rango de 31 a 45 grados, en estas porciones las rocas aflorantes que conforman el macizo rocoso están conformados por andesitas formando taludes de más de 4.0 m de altura, con fracturamiento semivertical en patrones preferenciales y secundarios de dirección NW-SE.

En la zona norte debido al crecimiento urbano se ha requerido de la modificación del relieve natural, sin embargo para este fin la modificación del mismo ha generado laderas con pendientes mayores a 30° en diferentes tipo de litologías cada una de ellas con diferentes niveles de fracturamiento y orientación al mismo tiempo para la adecuación de las obras civiles se ha requerido de la remoción de vegetación natural por lo que el suelo en ocasiones de poco espesor puede ser erosionado fácilmente con la consecuente aumento de la exposición de las laderas al intemperismo por lo cual aumenta el grado de riesgo.

2.2.1.2 Densidad de disección

Esta representación geográfica permite conocer las zonas con mayor cantidad de corrientes de aguas superficiales. El Insumo para elaborar estos mapas fue el modelo de elevación digital de elevación, obtenido del vuelo y restitución fotogramétrico realizado en el amparo de este proyecto. Se empleó la capa de drenajes de aguas superficiales (corrientes, fuente INEGI, carta hidrográfica escala 1: 50,000, RH11Df), de donde se obtuvieron las longitudes de los cauces.

El proceso para el tratamiento de esta fue auxiliándose de una malla regular (x, y), que cubre el polígono de estudio; con una equidistancia de 1.0 km por lado, se genera un conteo de las longitudes de cada cauce que se encuentran dentro de cada segmento de la retícula generada. De esta forma se obtiene el valor de cauces con longitudes equivalentes (isolongitudes).

Este resultado permitió definir; que las zonas norte y noreste que corresponden a las estribaciones de las sierras que limitan la ciudad, es en donde se obtuvieron los valores mayores, permitiendo definir en conjunto con el grado de las pendientes; aquellas zonas con mayor captación de agua de lluvia y hacia donde desemboca el agua que conducen los cauces.

Definiéndose también; que el cambio de pendiente y la baja densidad de drenaje se encuentra en la zona centro del polígono en estudio, lo que corresponde a la zona noreste de la Ciudad de Mazatlán.

A la densidad de drenaje presente en su mayor parte en la ciudad de Mazatlán, se asocian las unidades litológicas compuestas por granodioritas, andesitas, riolitas y esquistos ya que son las que tienen mayor grado de fracturamiento, pudiéndose asociar que estas unidades tendrían mayor posibilidad de ser inestables mostrando direcciones de fracturamiento preferenciales y continuo entre unidades de diferentes edades geológicas, ver figuras II.2.02. y II.2.03

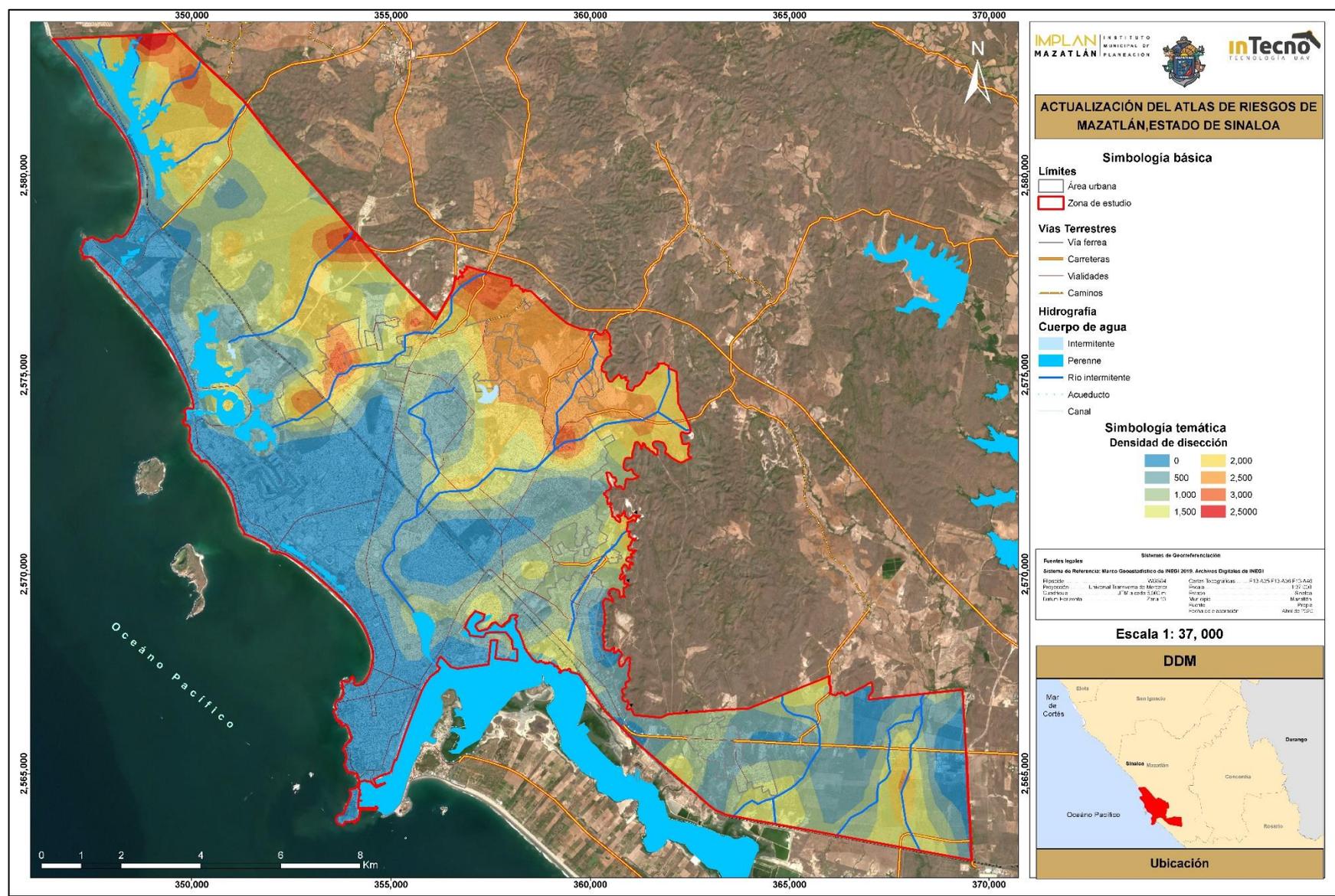


Figura II.2.02. Mapa de densidad de disección del área de estudio. Fuente. Elaboración propia con información del vuelo fotogramétrico.

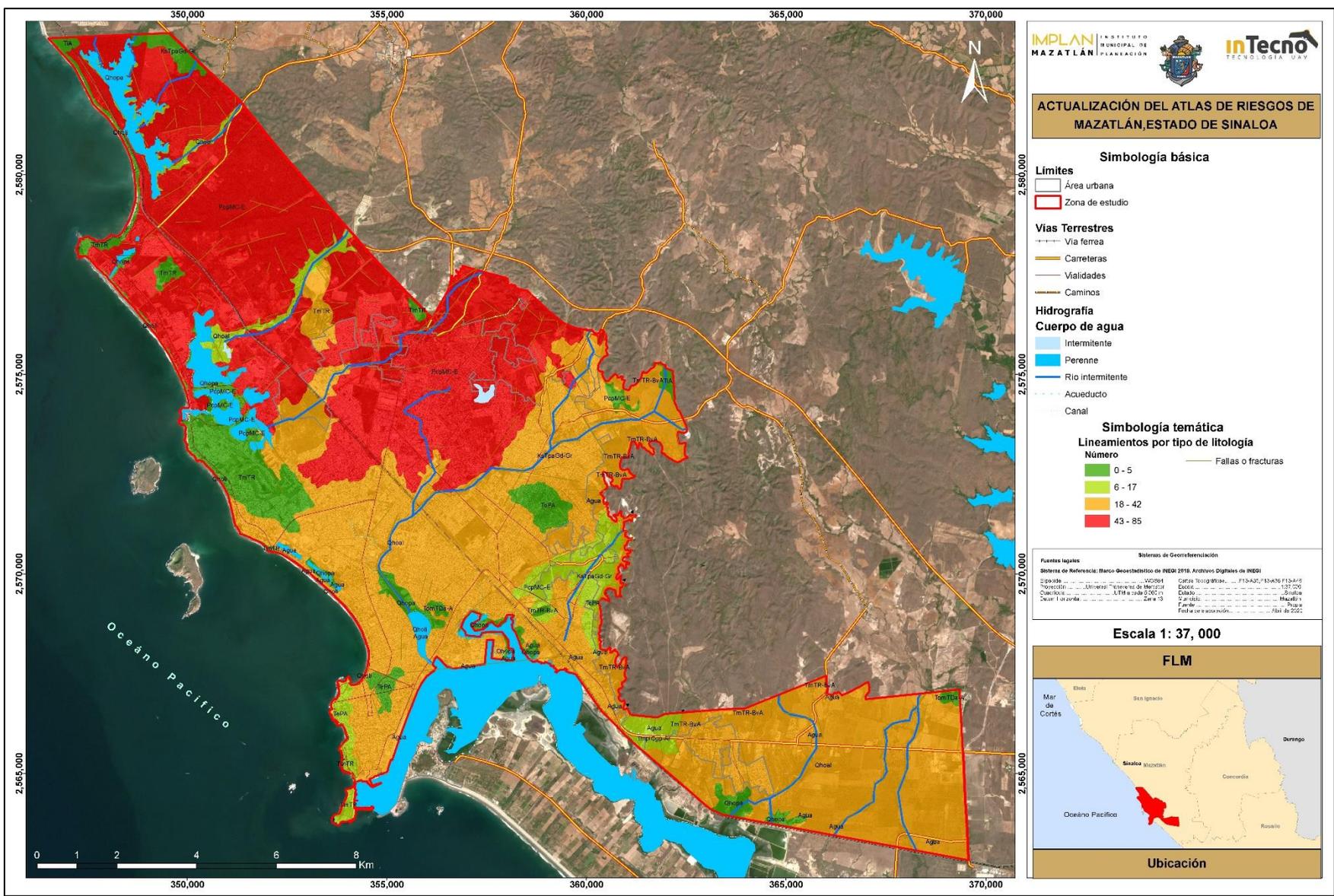


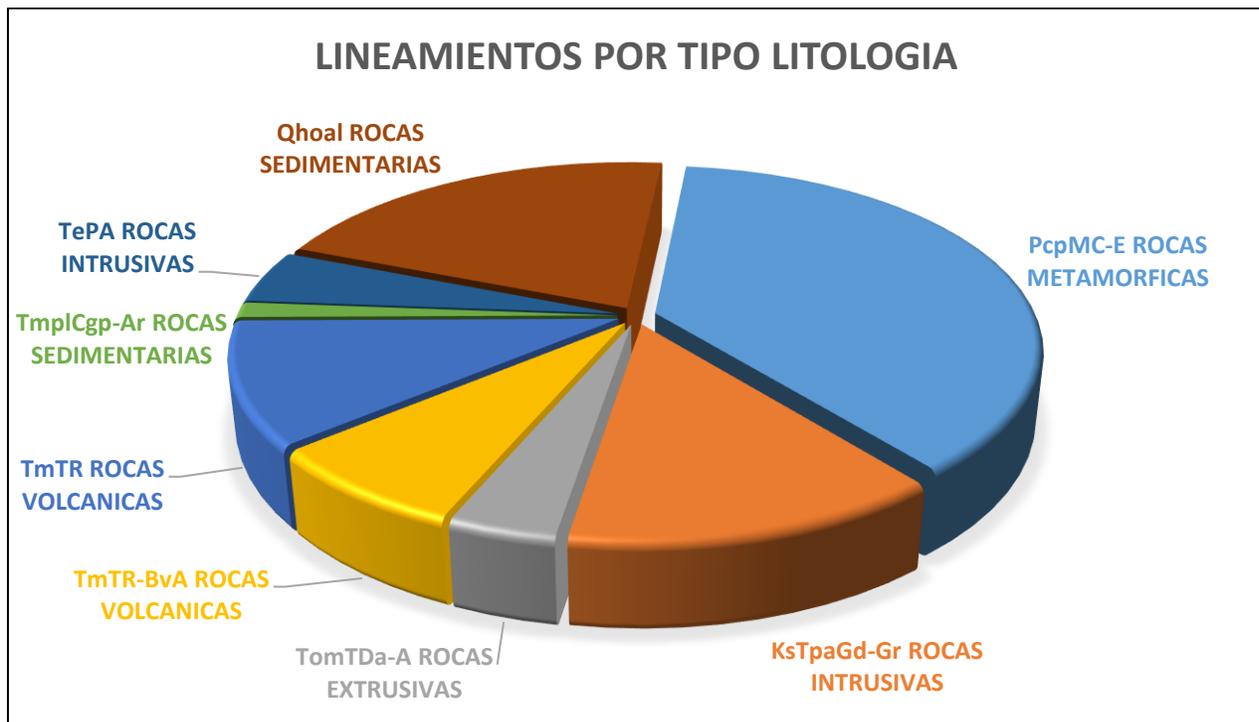
Figura II.2.03. Mapa indicando las zonas donde se presenta mayor fracturamiento asociado al tipo de litología. Fuente. Elaboración propia.

Para dar más detalle al análisis se elaboraron la tabla II.2.01 y la gráfica II.2.01, indicando las unidades que presentan mayor grado de fracturamiento. En este caso se puede observar que las rocas más competentes presentan un número acumulado de fracturas de acuerdo con la edad geológica en la que se formaron.

Litología	Tipo de roca	Área km2	Lineamientos por tipo litología
PcpMC-E	Rocas metamórficas	59.51	165
KsTpaGd-Gr	Rocas intrusivas	13.78	59
TomTDa-A	Rocas extrusivas	0.16	17
TmTR-BvA	Rocas volcánicas	4.25	33
TmTR	Rocas volcánicas	6.17	48
TmplCgp-Ar	Rocas sedimentarias	1.15	6
TePA	Rocas intrusivas	2.44	21
Qhoal	Rocas sedimentarias	53.55	91

Tabla II.2.01. Fracturamiento en unidades litológicas. **Fuente.** Elaboración propia.

En la gráfica correspondiente se determina que unidad tiene mayor grado de afectación por fracturamiento.



Gráfica II.2.01. Gráfica indicando las unidades que presentan mayor grado de fracturamiento. **Fuente.** Elaboración propia.



2.2.1.3 Profundidad de disección

Este mapa se generó de manera similar al de densidad de disección, pero para este caso se tomó como base de cálculo el modelo de elevación del terreno debido a que el parámetro a obtener es el rango de altitudes que se encuentran dentro de cada cuadro de la malla base; de esta manera se pueden discernir las zonas donde las geoformas presentan una mayor variación en cuanto a alturas en un área determinada

El resultado muestra magnitudes mayores al norte del polígono y en la zona norte de la Ciudad de Mazatlán, estos valores pueden definir geoformas más específicas, el valor 0 “cero” corresponde a zonas de inundación y planicies; encontrándose parte de la zona urbana, el valor 25 corresponde a sierras menores, estribaciones de sierras y algunos abanicos aluviales, la zona con valor 50, corresponde las zonas montañosas; en donde las diferencias altitudinales generan cortes de varios metros de alto en ocasiones generados por erosión fluvial como se observa en la zona suroeste de la ciudad y también agrupa zonas en donde los taludes de varios metros de alto son generados por afloramientos de rocas sobre todo de tipo andesítico, figura II.2.04.

La distribución de los valores más altos va relacionada con las zonas de mayor fracturamiento al mismo tiempo al tipo de litología, en esta misma integración de diferencias altitudinales quedan incluidos los taludes generados por las obras civiles indicando la altura que alcanzan algunos de ellos, lo que conlleva a el aumento de las zonas de riesgo.

En la tabla II.2.02. se indican los rangos de pendiente en grados y se especifica los niveles de peligrosidad de cada uno.

PENDIENTES(Grados)	Nivel peligrosidad
0 - 3	Muy Bajo
3 - 6	Bajo
6 - 15	Medio
15 - 30	Alto
30 - 45	Muy alto

Tabla II.2.02. Rangos de pendientes en grados y su nivel de peligrosidad. Fuente. Elaboración propia.

Con la información contenida en la tabla II.2.02, se realizó el mapa de susceptibilidad por pendientes, Figura II.2.05.

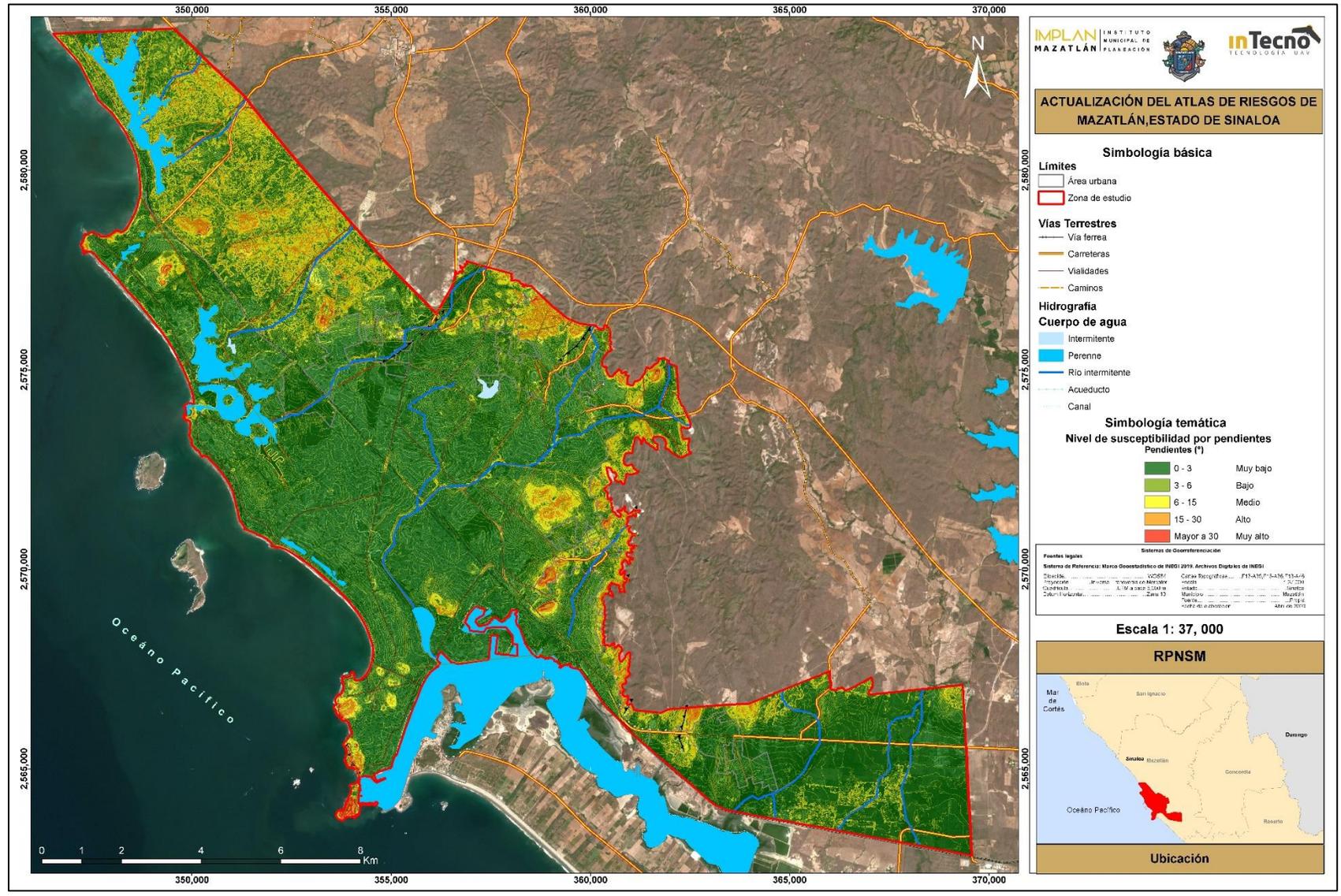


Figura II.2.04. Rangos de pendientes en grados y su nivel de susceptibilidad. Fuente. Elaboración propia.

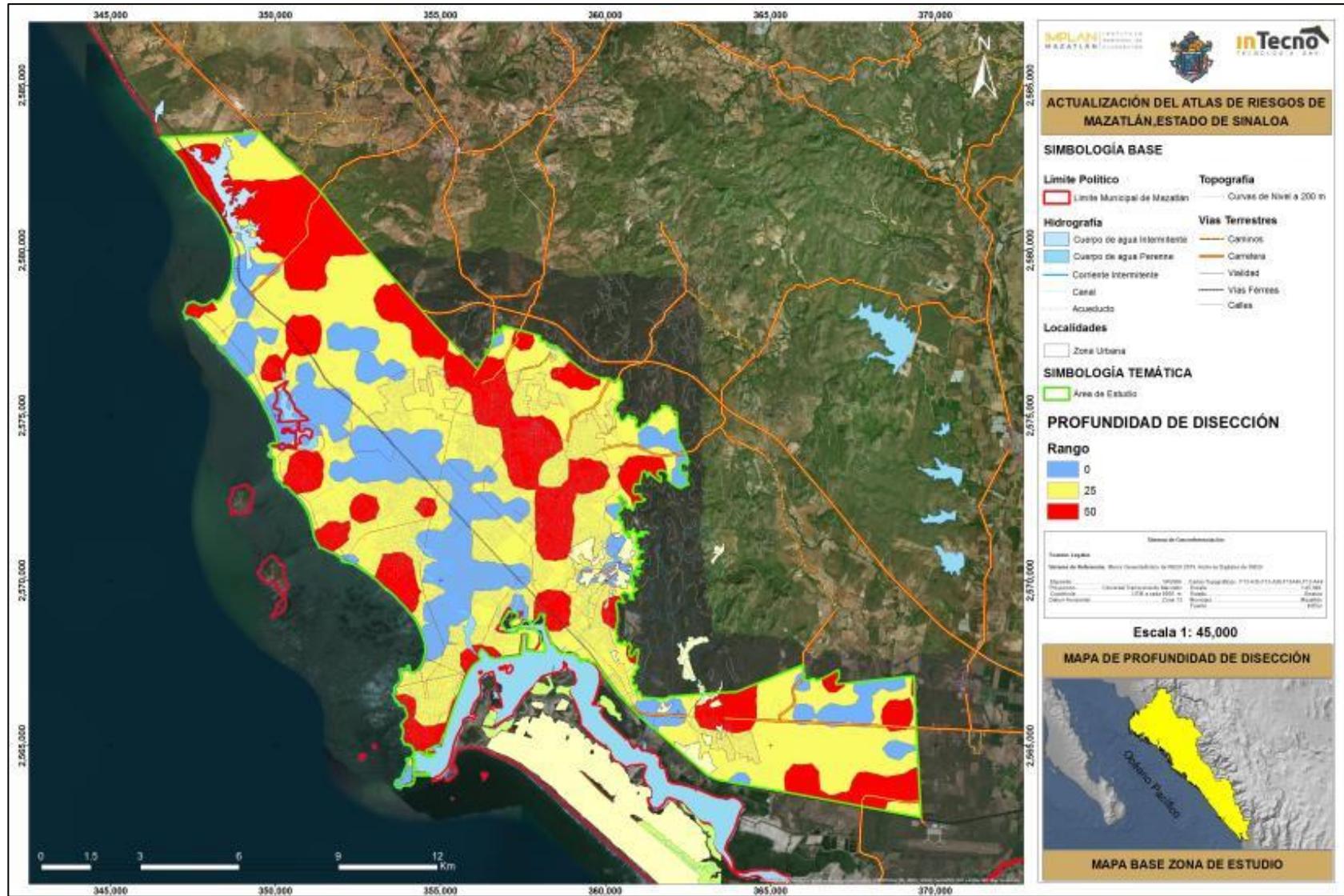


Figura II.2.05. Mapa de profundidad de disección del área de estudio. Fuente. Elaboración propia con información del vuelo fotogramétrico.



2.2.1.4 Geometría de laderas

Este mapa combinado se representa de manera simultánea la pendiente y la dirección de esta, destacando las geoformas del terreno por sus irregularidades definidas por los cambios de pendiente y la orientación de esta. Se utiliza como referencia para ubicar patrones de planos de discontinuidades de las unidades litológicas, entre otras utilidades, ya que la orientación determinada puede ser discretizada del resto de los valores.

Se observa que las zonas que corresponden a la mayor densidad de drenaje presentan orientaciones hacia el noreste y en el suroeste de la ciudad, la dirección preferencial es hacia el norte-noroeste lo que indica que la dirección de drenajes drena hacia la ciudad orientándose hacia las zonas de menor pendiente, ver figura II.2.06.

Otro aspecto importante presenta este mapa es que la zona de estudio presenta una gran influencia de los vientos en las facetas que se orientan hacia el SSE, en especial por los vientos provenientes del Océano Pacífico debido a que con la entrada de cualquier fenómeno meteorológico este aporta una cantidad de lluvia. Por lo anterior, existe una mayor actividad erosiva y de afectación en conjunto con los factores geológicos como se observa en la dirección ENE, la cual es la más frecuente en el mapa.

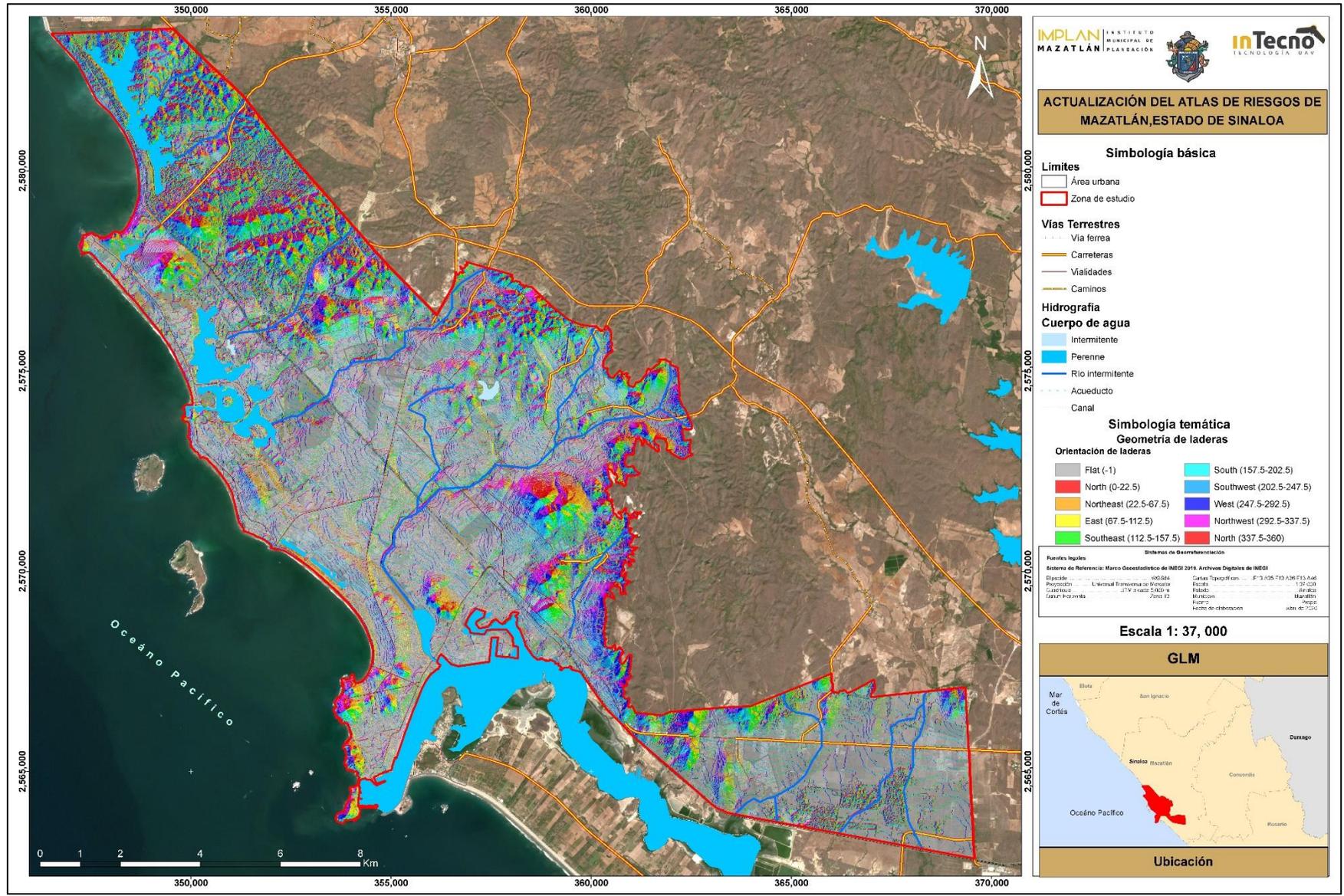


Figura II.2.06. Mapa de Geometría de laderas del área de estudio. Fuente. Elaboración propia con información del vuelo fotogramétrico.



2.2.1.5 Geología de la zona en estudio.

En este mapa se integran las unidades litológicas y los rasgos estructurales de la zona de estudio, cada unidad litoestratigráfica representa el tipo de roca y su distribución espacial respecto a las demás unidades en el tiempo geológico. Como se observa en la imagen de la figura II.2.07, las unidades litoestratigráficas principales que se encuentran en la Ciudad de Mazatlán corresponden a esquistos, granodioritas y tobas de composición riolítica; en la porción sur se encuentran distribuidas rocas de composición andesítica y las demás unidades se conforman por depósitos aluviales recientes.

En la tabla II.2.03 se hace un listado de las características texturales y litológicas de las unidades que se encuentran en el polígono de estudio.

CLAVE	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN
KsTpaGd-Gr	GRANODIORITA	Esta Unidad está conformada por una roca de composición granodiorítica, muy intemperizada, de color gris rojizo, de pobre competencia, estructura granuda y textura fanerítica, conformada por cristales de plagioclasa, anfíbol, biotita y cuarzo, así como escaso piroxeno; Dentro de esta unidad, se presentan variaciones texturales a granito, el cual presenta una coloración gris claro y textura fanerítica, compuesta por cristales bien formados de cuarzo, feldespato, biotita y hornblenda, así como finos cristales de piroxeno.
PcpMC-E	METACUARCITA-ESQUISTO	Las rocas de esta unidad están conformadas por filitas de color café a beige, de estructura foliada y textura lepidoblástica, con una mineralogía de clorita, muscovita y cuarzo; las pizarras son de color negro a gris oscuro, de estructura foliada y textura lepidoblástica conformada por clorita, fragmentos de roca y minerales opacos muy finos; en ambas litologías los minerales formadores de roca se presentan alineados en el sentido de la foliación; el espesor estimado es de unos 100 m. , las rocas de la unidad han sido afectadas por metamorfismo regional en facies de esquistos verdes y por metamorfismo de contacto originado por la intrusión de las rocas del Batolito de Sinaloa.
Qhoal	ALUVION	Esta Unidad está constituida conglomerados polimicticos de fragmentos redondeados a subredondeados de todas las rocas preexistentes que han sido afectadas por la erosión, intemperismo y transporte de rocas volcánicas de composición riolítica y andesítica, así como de rocas metamórficas cuarcíticas y meta-areniscas de granodioritas, acompañado por arenas y arcillas sobre todo en las zonas de inundación; los espesores en los lechos de los arroyos y planicies de inundación son someros, pudiendo alcanzar espesores variable de 1 a 20 m. los cuales han sido transportados por las corrientes de los arroyos provenientes de los taludes elevados.
Qholi	LITORAL	Litológicamente están constituidos por acumulaciones de arena, de grano fino a medio de color ocre, formada en una zona intermarea por la acción de ambientes marinos y continentales, en donde intervienen procesos de oleaje, mareas y corrientes fluviales; Depósitos de arena de grano medio generados por una serie de procesos dinámicos relacionados con oleaje, viento, mareas, corrientes litorales y a la influencia del continente (descargas fluviales). Estos depósitos se localizan en toda la línea de costa de la carta, que en planta se observa con un ancho de aproximadamente 70 a 150 m y se caracteriza por ser arena de grano fino a medio.
Qhopa	LACUSTRE	Esta constituida por limo y arcilla de grano muy fino de color gris oscuro, gris claro a café, con gran contenido de materia orgánica de tipo vegetal, en estado de descomposición en un medio anaeróbico, con un espesor variable de 1 a 15 m o más. Dicho material es transportado por corriente de arroyos, que desembocan en depresiones costeras formando lagunas que, por lo general, se encuentran separadas por una barrera de arena, así como de oleajes de alta densidad que al retirarse, o regresar a su estado normal, deja una zona de inundación.

CLAVE	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN
TePA	PORFIDO ANDESITICO	Se definen a estas rocas como intrusiones posteriores a la formación del batolito de Sinaloa, los cuales engloban a cuerpos hipabisales o subvolcánicos en forma de troncos, como pequeños "sills" y diques tabulares; hacia la zona costera, en el área de la Cueva del Diablo y en el cerro El Vigía, se tienen afloramientos andesíticos de coloración gris verdoso a rojizo, de textura porfídica, compuesto por fenocristales de plagioclasa, biotita y anfíbol, inmersos en una matriz fina de cristales ferromagnesianos.
TiA	ANDESITA	Esta Unidad está constituida por una secuencia de rocas compactas de composición andesítica, así como de tobas de la misma composición; son de coloración gris verdoso a rojizo, de textura porfídica microcristalina, compuesta por fenocristales de plagioclasas sódicas, hornblenda y augita, inmersos en una matriz fina y vítrea de la misma composición.
TmplCgp-Ar	CONGLOMERADO POLIMICTICO - ARENISCA	Esta Unidad se compone de una secuencia de conglomerados gruesos, con horizontes de arenisca volcánica, cuyas características son fácilmente reconocibles; los conglomerados presentan una moderada compactación, mala clasificación y una textura clástica, conformada por clastos subangulosos a subredondeados de hasta 15 cm de longitud, de fragmentos de andesita, granodiorita, riolita y diversas rocas piroclásticas, inmersas en una matriz arenosa de fragmentos de cuarzo, diversos líticos y feldespatos. Las areniscas presentan una coloración rosa a crema, de textura clástica, conformada por fragmentos de cuarzo, feldespato y líticos volcánicos, de hasta aproximadamente 1 mm de longitud, inmersos en una matriz arcillosa, con trazas de calcita.
TmTR	TOBA RIOLITICA	Esta Unidad está conformada por una secuencia de riolitas, ignimbritas y brechas riolíticas; las ignimbritas son compactas, de textura fluidal y porfídicas en una matriz microlítica a vítrea de composición ácida; en las riolitas se observan fenocristales de feldespato potásico y cuarzo, en una mesostásis microcristalina a vítrea.
TmTR-BvA	TOBA RIOLITICA-BRECHA ANDESITICA	Esta Unidad está constituida por una secuencia de riolitas, tobas riolíticas, y brechas piroclásticas de composición félsica; así mismo, se observan aglomerados y brechas de fragmentos líticos subredondeados a redondeados de andesitas y riolitas inmersos en una matriz tobácea.
TomTDa-A	ANDESITA-TOBA ANDESITICA	La secuencia volcánica expuesta en el área de estudio está conformada por una secuencia de rocas piroclásticas de composición dacítica y andesítica, así como brechas volcánicas, ignimbritas y aglomerados, con horizontes de derrames de la misma composición; las tobas presentan textura piroclástica, conformada por fragmentos de dacita, pómez y andesita, con longitudes de hasta 5 cm, inmersos en una matriz de cuarzo, feldespato y biotita. Los derrames de lava se conforman en flujos de hasta 2 m de espesor y presentan estructura compacta con textura afanítica y porfídica. Los aglomerados y brechas se componen de fragmentos de líticos subredondeados a redondeados de andesita, riolita, dacita e ignimbrita, con una longitud de hasta 20 cm, inmersos en una matriz tobácea de cuarzo, feldespato y biotita. Las ignimbritas presentan una coloración ocre y textura piroclástica, conformada por "fiammes" de hasta 2 cm de longitud, inmersos en una matriz vítrea con cuarzo y biotita.

Tabla II.2.03. Características de las unidades litológicas dentro del polígono de estudio. **Fuente.** Elaboración propia.

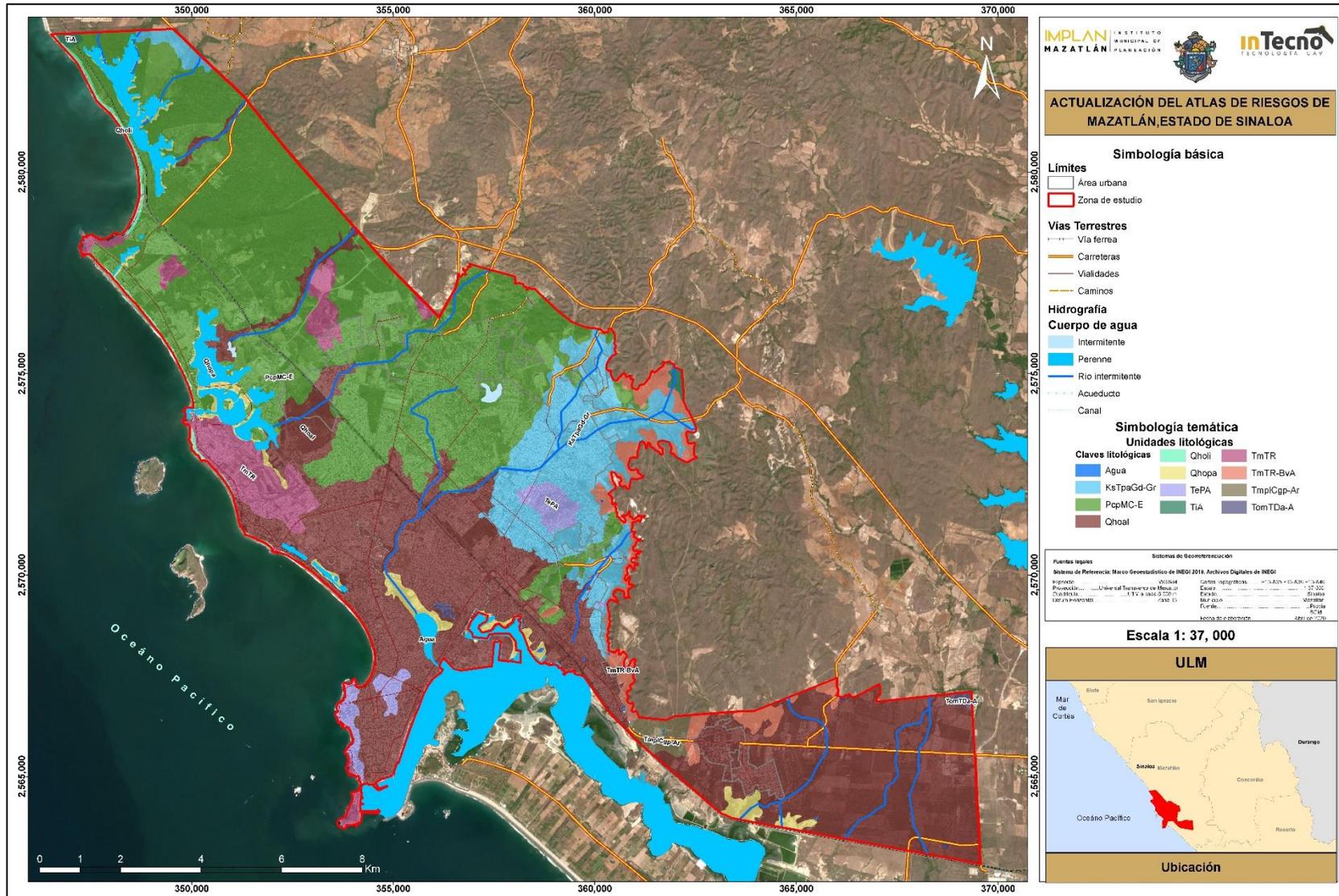


Figura II.2.07. Mapa Geológico de la zona de estudio, integrado en base a las cartas geológico-mineras. Fuente. Elaboración propia con información del SGM.



2.2.1.6 Deslizamientos (nivel 3, según términos de referencia)

Las laderas son masas de tierra y roca que debido a procesos naturales tienen su conformación actual, de manera aparente la mayoría de las laderas permanecen estables por muchos años, pero por los procesos de evolución del relieve las laderas pueden fallar en forma imprevista debido principalmente a cambios en la topografía, la sismicidad, las precipitaciones, la meteorización y también por factores de tipo antrópico (Dikau et al., 1996).

Las zonas con relieve pronunciado del norte y este de la ciudad de Mazatlán se encuentran afectadas por muchos de los cambios mencionados aunado al crecimiento de la mancha urbana. Debido a la creciente demanda de espacios para construir zonas habitacionales y su propia ubicación, el terreno natural es modificado creando taludes que incrementan el riesgo, con ello se genera un efecto erosivo que en conjunto con el agua dentro y fuera de las laderas ocasiona uno de los principales agentes desencadenantes de deslizamientos.

En la mayoría de los casos, la estabilidad de las laderas en roca depende propiamente de la resistencia de la roca y de la resistencia al corte de los planos de discontinuidad que presentan, debido a esto, es aceptable que cada unidad litológica posea una susceptibilidad específica a los procesos de remoción de acuerdo con las características físicas del material de que está compuesta.

En consecuencia, para un macizo rocoso que generalmente está formado por varios tipos de rocas y que es considerado como un medio heterogéneo y discontinuo, el comportamiento mecánico debe ser diferente en cada material.

Para conocer esta importante condición se realizaron recorridos de verificación en varios puntos de la Ciudad de Mazatlán para evaluar y clasificar sitios que presentan condiciones para generar deslizamientos, se tomó como referencia la tabla II.2.04 para obtener una estimación cualitativa de la calidad de los macizos rocosos con rangos numéricos entre 0 a 100, basado en la identificación, descripción y clasificación de las características mecánicas de la estructura y superficies de discontinuidad.

INDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA	CONDICIONES DE LA SUPERFICIE				
	MUY BUENA	BUENA	MODE RADA	ESCASA	MUY ESCASA
TIPO DE ESTRUCTURA	DISMINUCIÓN DE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE →				
INTACTA O MASIVA – Macizo rocoso masivo con escasas discontinuidades, sin planos de deformación	90			N/A	N/A
BLOQUE– Parcialmente fracturado formando bloques con hasta tres sistemas de discontinuidad	80	70			
ABUNDANTES BLOQUES– Planos angulares entrecruzados formados por más de cuatro sistemas		60			
BLOQUES ALTERADOS– Pliegues con bloques angulares formados por sistemas que se intersectan, continuidad de planos de estratificación o esquistosidad			50		
BRECHADO– Roca altamente afectada por procesos tectónicos mezcla de piezas angulares y redondeadas			40		
LAMINADA/FOLIADA– Ausencia de bloques debido a lo cerrado de los espacios entre planos de foliación				30	
				20	
					10
	N/A	N/A			

Tabla II.2.04. índice de resistencia geológica Fuente: Hoek, E. (1994) «Strength of rock and rock masses».

Actualmente, este sistema de estimación de la calidad es una fuente confiable de estimación y cuantificación de las principales características geomecánicas pues permite evaluar de manera sencilla la disminución de la resistencia y el aumento de la deformabilidad de las rocas en formaciones naturales.

En su mayoría, los eventos de la Ciudad de Mazatlán se localizaron en las laderas iniciándose en muchos casos en las zonas donde se desarrollaron conjuntos habitacionales, en los trazos carreteros y en franjas donde la deforestación es alta. Se observó que los posibles sitios con riesgo se generan a partir de la combinación de los factores geológicos (litología y estructura geológica), hidrogeológicos (presencia de agua) y geotécnicos (comportamiento mecánico de los materiales).

El mecanismo de falla y modo de desprendimiento son controlados por los factores geológicos y geotécnicos.

Estos fenómenos coinciden también con los asentamientos humanos principales dado que algunas zonas habitacionales se desarrollaron en sitios donde hubo bastante modificación de las zonas montañosas.

Para complementar la descripción de las discontinuidades de los macizos se siguió el planteamiento que marca en su manual de pruebas de campo y laboratorio la “Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas: Comisión de estandarización de pruebas de laboratorio y campo”. Las características analizadas son: orientación, espaciamiento, persistencia, rugosidad, apertura, relleno, filtración, número y tamaño de bloque

Para el caso de deslizamiento, derrumbes y flujos se tienen caracterizados varios sitios que por sus condiciones son indicativos de cada caso.

CERRO EL VIGIA

Ubicación del afloramiento, Coordenadas:

N: 23°11'17.6”

W: 106°25'26.6”

Z: 29. m.s.n.m.

Se trata de un talud expuesto por la construcción de camino pavimentado (Av. Venustiano Carranza) que conecta con Paseo del Centenario. El talud es de 15.0 m. de altura, la roca aflorante es masiva con fracturamiento vertical y semi-horizontal, lo que genera una serie de bloques con favor al deslizamiento, en donde se observa que se han dado ya desprendimiento de bloques ver fotografía II.2.01.



fotografía II.2.01. Ubicación del levantamiento geológico (recuadro en rojo) en el cerro El Vigía. **Fuente.** Elaboración propia.



Geológicamente se ubica en una unidad litológica compuesta por andesitas del Terciario por tanto el nivel de fracturamiento es elevado ver figura II.2.08.

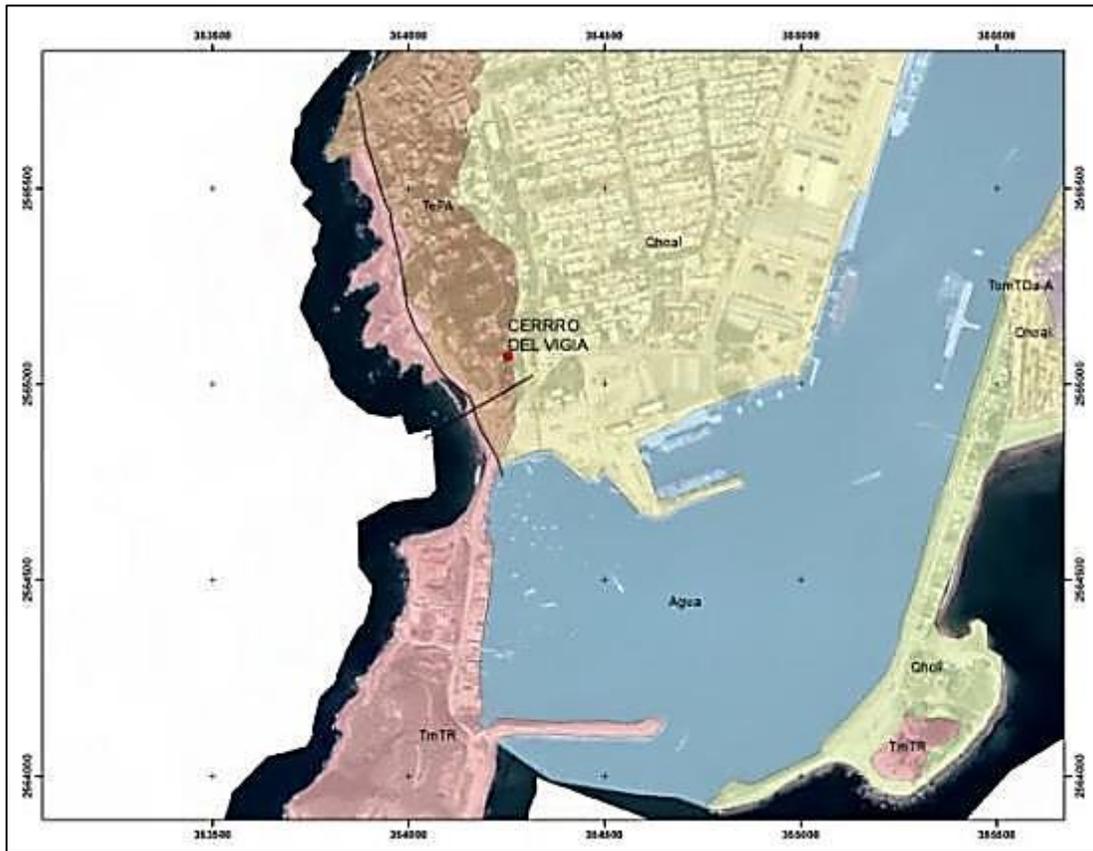


Figura II.2.08. Localización del Cerro El Vigía cuyo afloramiento corresponde a una roca de tipo andesítico de la Unidad TePA. **Fuente.** Carta geológico-minera F13-A45 del SGM.

La roca es de color ocre en superficie y en roca sana al partirla es de color verdoso; es dura, compacta y con presencia de cristales de plagioclasa; se altera e intemperiza generando fragmentos en el talud como se observa en la fotografía II.2.02.



Fotografía II.2.02. Vista del corte del macizo rocoso y la formación de bloques inestables en la unidad de Andesitas. **Fuente.** Elaboración propia.

La descripción a la lupa se observa que es una roca de color verdoso ocre, con una matriz de grano fino color verdoso, de textura porfídica, con biotita, hematita y plagioclasa; en general presenta un cierto grado de alteración por metamorfismo de contacto, ver fotografía II.2.03.



Fotografía II.2.03. Acercamiento fotográfico para observar el tipo de roca de composición andesítica, en la cual se observa una matriz color verdoso y minerales de plagioclasa, así como dos sistemas de fracturas perpendiculares entre sí. **Fuente.** Elaboración propia.



Esta zona se puede catalogar como una zona de alto peligro, ya que no se observa algún tratamiento en el talud; así mismo, que las casas habitación ubicadas en la parte alta corren un alto riesgo en caso de un movimiento masivo de la formación rocosa, ver fotografía II.2.04.



Fotografía II.2.04. Vista frontal del talud en donde se observan una serie de fracturas de dirección NW y bloques fracturados por las mismas; estas, tienen una inclinación (echado) a favor del camino, lo que genera un peligro inminente por desprendimiento de bloques. **Fuente.** Elaboración propia.

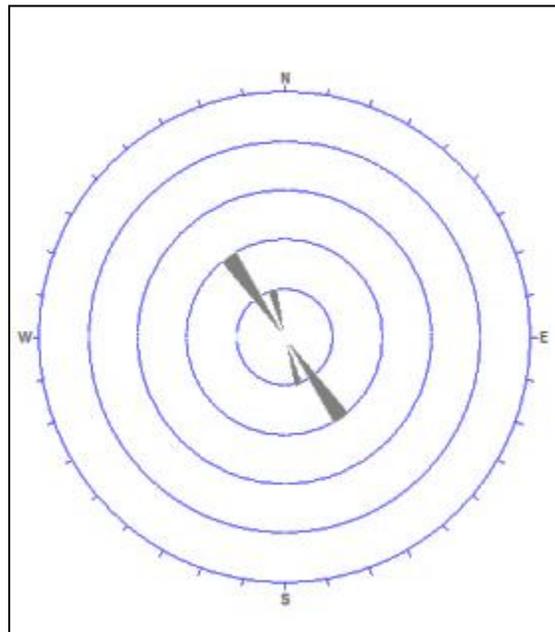
Para definir el grado de fracturamiento y la dirección de los sistemas principales se tomaron los datos estructurales (ver tabla II.2.05) para ser graficados en la roseta de fracturamiento correspondiente, en este caso se observa que la dirección principal es NW-SE30°, con una componente adicional N-S, lo que genera cuñas semiverticales (ver gráfica II.2.02).

Se presenta un fracturamiento de nivel bajo la disposición de los bloques y el ángulo formado por la intersección de los sistemas de fracturamiento mayor a 45°, mismas que generan las condiciones para posibles deslizamientos de roca, ver fotografía II.2.05.

	Número de ESTACION	Cerro del vigia	
	LOCALIDAD		
	LOCALIZACIÓN GPS (X, Y, Z)	349239.71	2577282.29
	RUMBO o DIRECCION F1	290VV	
	RUMBO o DIRECCION F2	98E	
	RUMBO o DIRECCION F3	309NW	
	INCLINACIÓN o Echado F1	55SE	
	INCLINACIÓN o Echado F2	50SW	
	INCLINACIÓN o Echado F3	70SW	
Condición de los planos	PARAMETROS		
	Espaciamiento (m)		
	Persistencia		
	Apertura de la fractura (cm)		
	Continuidad		
	Rugosidad del plano		
	Tipo de relleno		
	Alteración		
	Agua subterránea		

Continuidad:	En un solo estrato, en mas de un estrato, en toda la secuencia
Rugosidad:	Muy rugosa, Rugosa, ligeramente rugosa, lisa, espejo de falla
Alteración:	Sana, ligeramente, moderadamente, muy alterada o brecha.
Tipo de relleno:	Arcilla, gravilla, depositos minerales (calcita, cuarzo, mineral)
Agua Subterránea:	Seco, humedo, mojado, goteo, flujo

Tabla II.2.05. Tabla con la información tomada en campo en el afloramiento del Cerro El Vigía. **Fuente.** Elaboración propia.



Gráfica II.2.02. Roseta de fracturamiento construida con información estructural del Cerro El Vigía. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.05. Vista del talud del Cerro El Vigía hacia el SE de la ciudad de Mazatlán en la que se observan patrones de fracturamiento preferenciales de dirección NW-SE que generan bloques de tamaño medio a grandes mayores de 4.0 metros cuadrados. **Fuente.** Elaboración propia.

Como complemento del análisis estructural de este sitio se realizó el perfil geotécnico (ver figura II.2.09) en el que se definen los valores del factor de seguridad en diferentes segmentos del perfil, en cada análisis realizado se tomó en cuenta la aceleración sísmica generada en esta zona, por lo que el factor obtenido no solo es indicativo de las condiciones litológicas y de la pendiente de cada sitio, sino el efecto que tiene la aceleración en la litología del macizo rocoso y las estructuras que afectan a la misma. Como parte de este análisis se requirió observar el entorno del talud encontrándose que en la parte superior del perfil en el pavimento de la calle Camino al Observatorio, se observan grietas de tensión ocasionadas por asentamientos del macizo rocoso (ver fotografía II.2.06), este dato se tomó en cuenta para considerar las cargas a las que ya se encuentra sometido esta parte del talud.

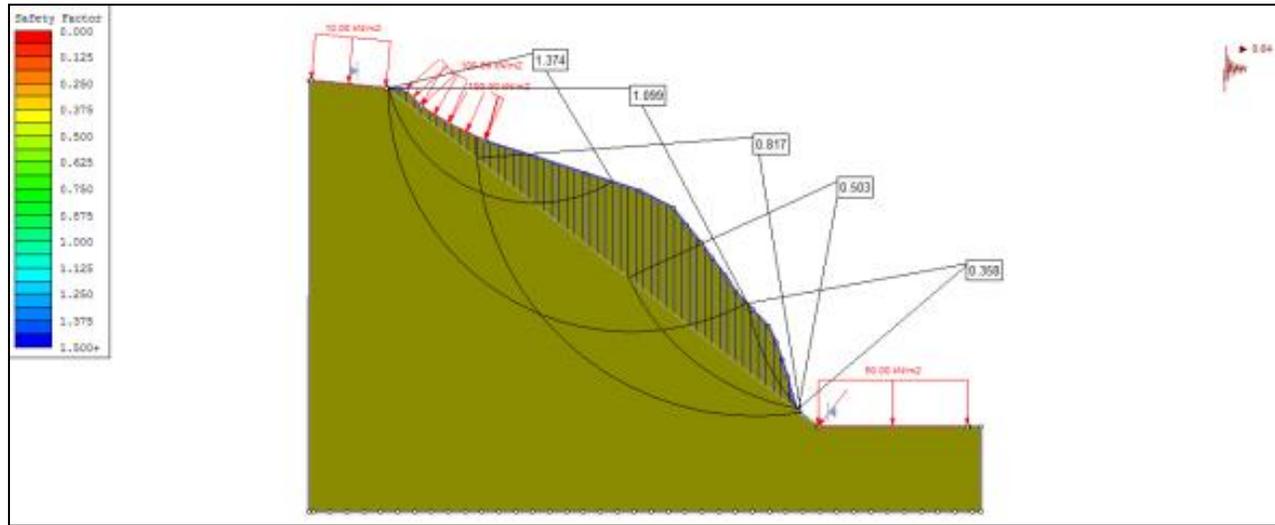


Figura II.2.09. Perfil geotécnico donde se observan los valores de factores de seguridad. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.06. Grietas de tensión observadas en la calle camino al observatorio, las cuales corresponden a la parte alta del talud rocoso. **Fuente.** Elaboración propia.

Continuando sobre el mismo talud hacia la avenida Paseo del Centenario (a 61 m sobre la calle Venustiano Carranza, al sur, (ver fotografía II.2.07) se observa una formación rocosa un poco más alterada de la misma andesita debido al proceso de alteración por hidrotermalismo y metamorfismo de contacto, lo que genera que la andesita tenga un color blanquecino a ocre, con algunas vetillas rellenas de azufre.

N: 23°11'13.9"

W: 106°25'26.6"

N: 13 m.s.n.m.



fotografía II.2.07. Imagen de la zona de estudio, que corresponde a la unidad geológica TePA conformada por andesitas y tobas andesíticas, las que observan un alto grado de alteración por metamorfismo de contacto e intrusión de una serie de diques de composición aplítica y andesítica. **Fuente.** Elaboración propia.

La zona de alteración se presenta en el resto del talud expuesto, observando que la roca se encuentra alterada por intemperismo exógeno, lo que ocasiona caídos de fragmentos de tamaños desde arena hasta de 60 cm de diámetro. Los patrones de fracturamiento se hacen caóticos, conservando el principal patrón de fracturamiento que es NW-SE; en la fotografía II.2.08 se observa la disposición caótica de los fragmentos de roca, fenómeno debido a la alteración por hidrotermalismo, así como por las intrusiones de diques de composición aplítica y andesítica.

En las fotografías II.2.08 y II.2.09 se remarca la presencia de un bloque de andesita alterada (círculo rojo) que está por deslizarse, generando un peligro para los transeúntes y vehículos que transitan por la zona.



Fotografía II.2.08. Vista hacia el sur del cerro de El Vigía, sobre la Calle Venustiano Carranza; se observa el grado de alteración del macizo rocoso, por efecto de metamorfismo de contacto y soluciones hidrotermales, así como varios sistemas de fracturas casi verticales y potenciales bloques por deslizarse. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.09. Vista frontal del cerro El Vigía, en donde se observa el nivel de alteración por hidrotermalismo, factor importante en el degradamiento del talud en la parte media, esto origina taludes invertidos con un alto peligro de que colapse el talud, existen evidencias en el mismo de los fragmentos que han caído y sus tamaños. **Fuente.** Elaboración propia.

En el recorrido del área se observó que la cimentación de la escalera de concreto que comunica la avenida Paseo Centenario al restaurante se ha visto afectada debido al empuje de los bloques en los cuales está desplantada esta estructura, ver fotografía II.2.10.



Fotografía II.2.10. Vista del fracturamiento en donde está desplantada la cimentación de las escaleras hacia el restaurante, debido a movimientos de empuje de los bloques en la cual se construyó, lo que genera una zona de peligro ante un eventual colapso de esta debido al movimiento de los bloques de las rocas andesíticas alteradas. **Fuente.** Elaboración propia.

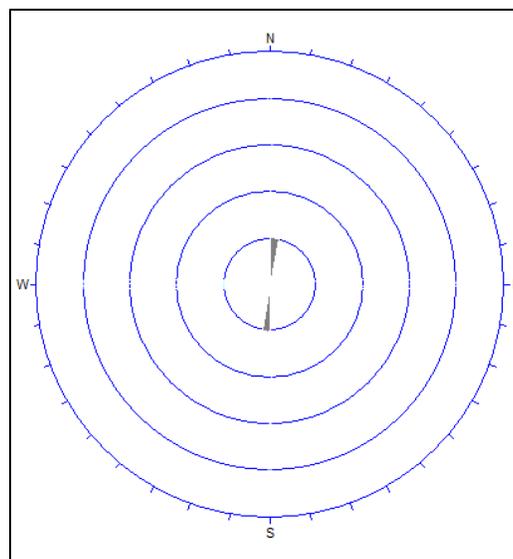
El dato estructural preferencial del sistema de fracturamiento es $NE56^{\circ}SW- 85^{\circ} NW$; las rocas en este afloramiento se observan caóticas debido a la alteración y fracturamiento intenso del macizo rocoso, ver tabla II.2.06.

La dirección de las fracturas en color rojo, tienen un rumbo preferencial NW-SE, que generan una familia de fracturas casi perpendiculares a 90° , producen bloques de manera continua adicional a los ocasionados por intemperismo, el viento y la lluvia en la zona de la costa, que afecta directamente a las rocas que conforman el macizo rocoso, por lo cual esta zona es de alto riesgo tanto para los peatones como para los automovilistas, ver gráfica II.2.03.

	Número de ESTACION	Cerro del Vigía 2		
	LOCALIDAD			
	LOCALIZACIÓN GPS (X, Y, Z)	353664	2566465	
	RUMBO o DIRECCION F1	12 N		
	RUMBO o DIRECCION F2	58NE		
	RUMBO o DIRECCION F3	349N		
	INCLINACIÓN o Echado F1	75SE		
	INCLINACIÓN o Echado F2	90		
	INCLINACIÓN o Echado F3	70SW		
	Condición de los planos	PARAMETROS		
Espaciamiento (m)				
Persistencia				
Apertura de la fractura (cm)				
Continuidad				
Rugosidad del plano				
Tipo de relleno				
Alteración				
Agua subterránea				

Continuidad:	En un solo estrato, en mas de un estrato, en toda la secuencia
Rugosidad:	Muy rugosa, Rugosa, ligeramente rugosa, lisa, espejo de falla
Alteración:	Sana, ligeramente, moderadamente, muy alterada o brecha.
Tipo de relleno:	Arcilla, gravilla, depositos minerales (calcita, cuarzo, mineral)
Agua Subterránea:	Seco, humedo, mojado, goteo, flujo

Tabla II.2.06. Tabla con la información tomada en campo en el afloramiento del Cerro El Vigía 2. **Fuente.** Elaboración propia.



Gráfica II.2.03. Roseta de fracturamiento construida con la información estructural del Cerro El Vigía 2. **Fuente.** Elaboración propia.

Como complemento se realizó el perfil para definir los factores de seguridad tomando como base el tipo de roca, como se ha señalado en los párrafos anteriores, ver figura II.2.10.

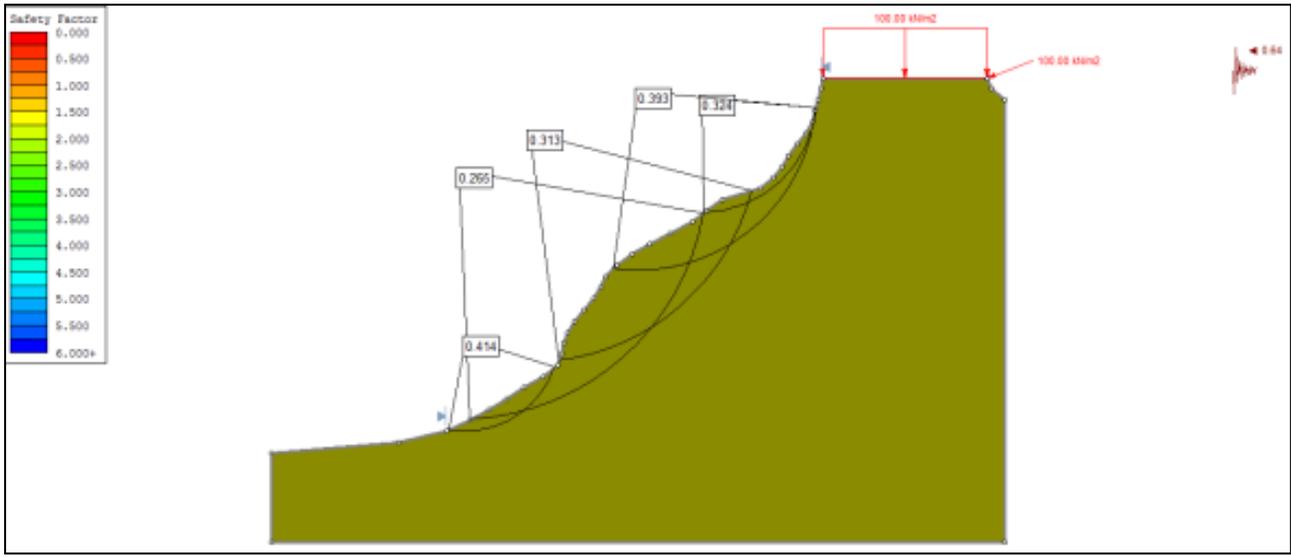


Figura II.2.10. Perfil para definir los diferentes factores de seguridad dependiendo de la pendiente del terreno, con información del Cerro El Vigía 2. **Fuente.** Elaboración propia.

Este talud también puede considerarse con riesgo de derrumbes, por lo cual se analizó sobre el perfil del terreno la posible trayectoria de las rocas que pueden desprenderse como se observa en la fotografía II.2.09 en donde se aprecia que los desprendimientos se generan en la parte intermedia del macizo rocoso, ver también la figura II.2.11.



Fotografía II.2.11. Vista del talud el cual conserva una pendiente irregular que va de los 75° a 82°, y zonas donde se observa el contra talud lo que genera zonas de alto riesgo por derrumbes de fragmentos que tienen de 20 cm. hasta más de 1.0 m. de diámetro. **Fuente.** Elaboración propia.

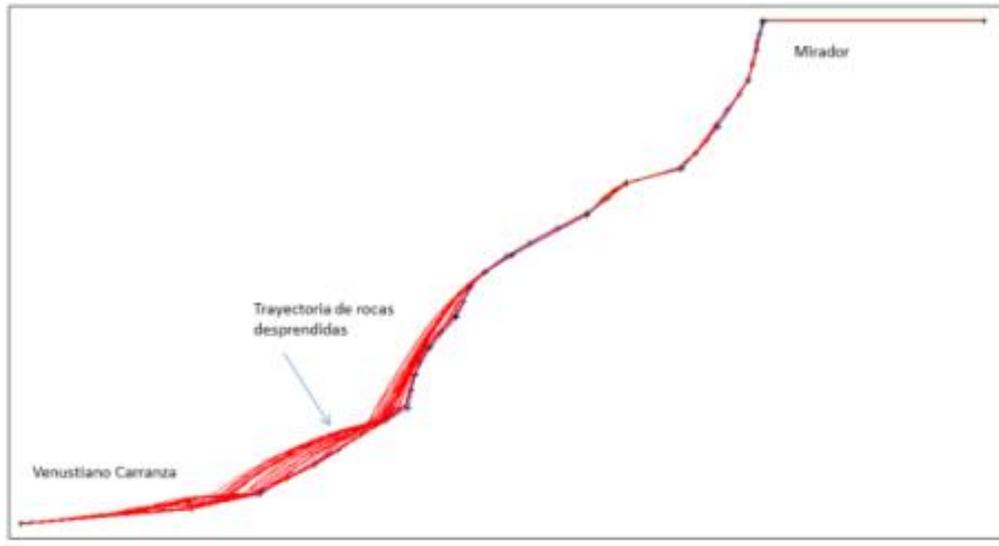


Figura II.2.11. Perfil elaborado con el software “slide” en base a información de campo y compilada. **Fuente.** Elaboración propia.

Otro factor que se observó es la zona alterada de las andesitas en la zona costera, mismas que presentan un fracturamiento a favor de potenciales deslizamientos como se muestra en la fotografía II.2.12.



Fotografía II.2.12. Talud expuesto en la zona costera del cerro El Vigía; se observan lineamientos estructurales a favor de la avenida Centenario, lo que ha provocado caídos de bloques y la pérdida de la corteza vegetal en la parte superior, evidencia de los corrimientos que se presentan por la pérdida de sustentabilidad del talud. **Fuente.** Elaboración propia.



CERRO DE NEVERIA

Se ubica en el extremo poniente de la Ciudad de Mazatlán, es una elevación cercana a los 90 m de altura sobre el nivel de mar que a través del tiempo se ha ido poblando por viviendas de clase media a alta que en su porción poniente están enfocadas al turismo; en su cima se ubica una serie de infraestructuras de comunicaciones aéreas y telefónicas, ver Fotografía II.2.13.

Ubicación geográfica del sitio:

N: 23°12'00.8"

W: 106°25'46.9"

Z: 13 m.s.n.m.

El talud estudiado se ubica a un costado de la avenida Paseo Clausén, a 916 m. en línea recta a la zona centro de Mazatlán, en dicho sitio se construyó un túnel (La Cueva del Diablo) el cual es visitado por numerosos turistas.



Fotografía II.2.13. Imagen del Cerro de Nevería y ubicación de la cueva del diablo. **Fuente.** Elaboración propia.

Geológicamente la zona de estudio corresponde a la Unidad TePA, ver figura II.2.12.

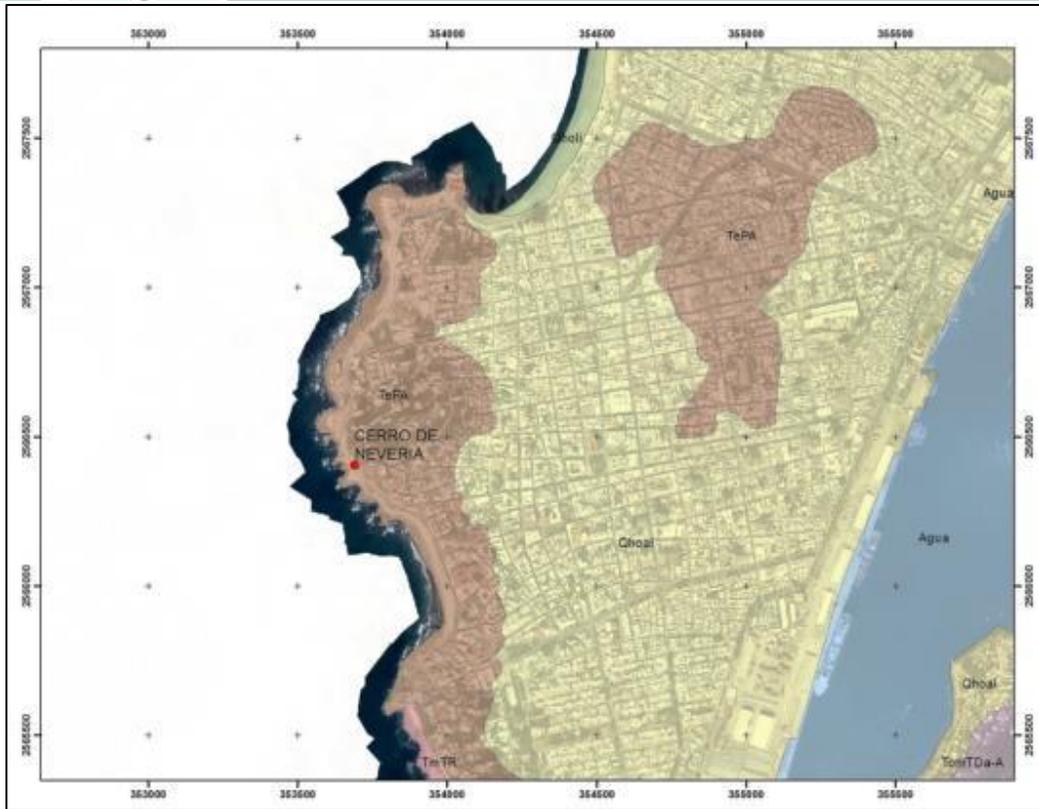


Figura II.2.12. Ubicación geológica del sitio **Fuente**. Carta geológico-minera F13-A45 del SGM.

El afloramiento está conformado por una roca dura, de color verde olivo, con cristales de plagioclasa y algunos piroxenos, con una matriz afanítica de grano medio a fino y en algunos bloques se observan dendritas de manganeso, estas tobas andesíticas y andesitas están intrusionadas por una serie de diques de composición aplítica y andesítica, ver fotografía II.2.14.



Fotografía II.2.14. Bloque de andesita con desarrollo de dendritas de manganeso. **Fuente.** Elaboración propia.



El afloramiento en el talud se observa masivo con un sistema de fracturas verticales en su mayoría; en general la roca es de color verdoso a ocre, compacta y dura, pero por el sistema de fracturas de dirección NW-SE que junto con otro fracturamiento secundario semi-horizontal genera una serie de bloques que han colapsado con el tiempo, como consecuencia se ha generado una zona inestable desde la cima hasta la base del cerro; en la fotografía II.2.15 y en la tabla II.2.07 se puede observar el grado de fracturamiento del macizo rocoso y como se generan fragmentos y bloques de tamaño mediano mayores a los 50 cm de diámetro pudiendo llegar los fragmentos y bloques hasta los 1.5 m de diámetro o aún mayores.



Fotografía II.2.15. Base del cerro de Nevería, a un costado de la entrada a la cueva del diablo. **Fuente.** Elaboración propia.

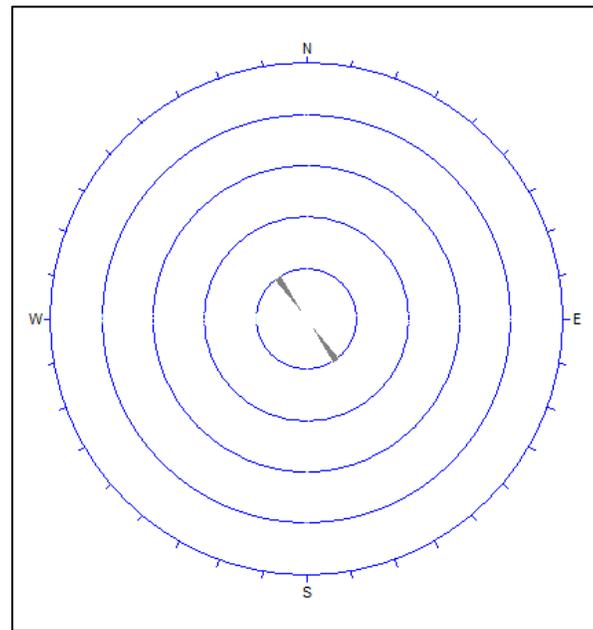


	Número de ESTACION	Cerro de Nevería	
	LOCALIDAD		
	LOCALIZACION GPS (X, Y, Z)	354076	2565085
	RUMBO o DIRECCION F1	324NW	
	RUMBO o DIRECCION F2		
	RUMBO o DIRECCION F3		
	INCLINACIÓN o Echado F1	60SW	
	INCLINACIÓN o Echado F2		
	INCLINACIÓN o Echado F3		
Condición de los planos	PARAMETROS		
	Espaciamiento (m)		
	Persistencia		
	Apertura de la fractura (cm)		
	Continuidad		
	Rugosidad del plano		
	Tipo de relleno		
	Alteración		
	Agua subterránea		

Continuidad:	En un solo estrato, en mas de un estrato, en toda la secuencia
Rugosidad:	Muy rugosa, Rugosa, ligeramente rugosa, lisa, espejo de falla
Alteración:	Sana, ligeramente, moderadamente, muy alterada o brecha.
Tipo de relleno:	Arcilla, gravilla, depositos minerales (calcita, cuarzo, mineral)
Agua Subterránea:	Seco, humedo, mojado, goteo, flujo

Tabla II.2.07. Tabla con información de los sistemas de fracturamiento, tomados en el afloramiento del Cerro de Nevería. **Fuente.** Elaboración propia.

Con los datos obtenidos se generó la roseta de fracturamiento mostrando un sistema principal en dirección NW-35°-SE, lo cual indica que el frente del talud tenderá a formar cuñas que se forman al intersectar dicho plano principal de fracturas, ver gráfica II.2.04.



Gráfica II.2.04. Roseta de fracturamiento construida con la información estructural del Cerro de Nevería. **Fuente.** Elaboración propia.



La zona es de peligro actual ya que existe una serie de bloques inestables que, al caer se generan otros que por las condiciones de intemperismo exógeno y el fracturamiento intenso del macizo rocoso pueden perder su estabilidad y caer, por lo que los transeúntes, turistas y automovilistas que transitan por la zona se encuentran en una zona de peligro de acuerdo con el análisis y el mecanismo de movimiento de material sobre el perfil general, ver figura II.2.13.

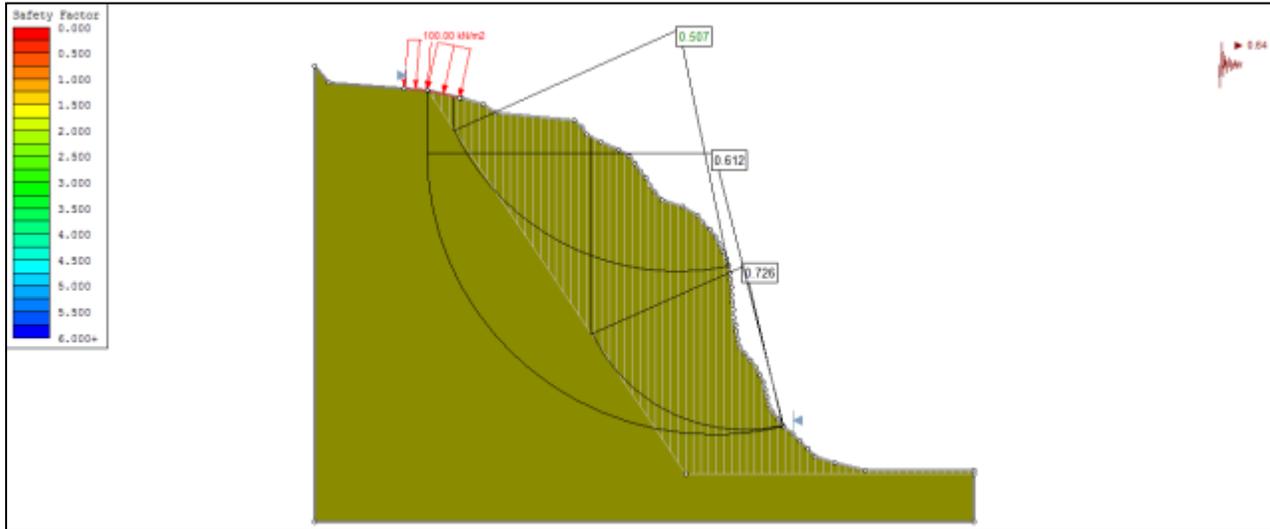


Figura II.2.13. Perfil del talud del Sitio Cerro de Nevería, en donde se observan los valores de los factores de seguridad para cada segmento. **Fuente.** Elaboración propia.

Conforme a las condiciones observadas se determina que en este talud se pueden generar derrumbes, los cuales se modelaron para conocer las posibles trayectorias de acuerdo con las características del talud, ver figura II.2.14.

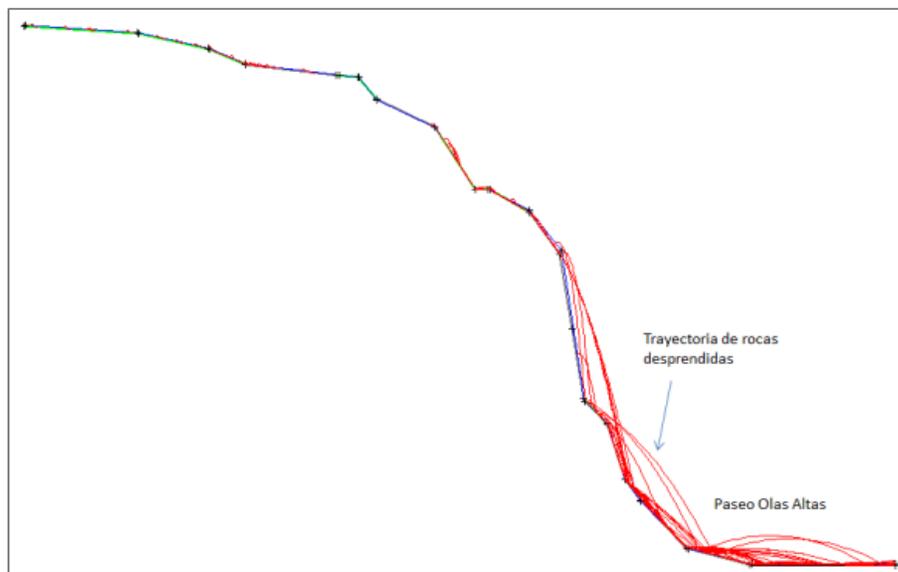


Figura II.2.14. Perfil con el resultado de modelar la trayectoria de las rocas que se desprenden del talud del Cerro de Nevería y la propuesta del punto en donde convendría instalar una barrera para detener la trayectoria de las rocas desprendidas. **Fuente.** Elaboración propia.



En la zona norte del área de la Ciudad de Mazatlán, se construyen en la actualidad varios desarrollos inmobiliarios importantes, en esta zona existe una serie de pequeñas sierras ubicadas a un costado de la planta de tratamiento de agua de la Ciudad, ver fotografía II.2.16.



Fotografía II.2.16. Ubicación del sitio Valle Real donde se construyen unidades habitacionales. **Fuente.** Elaboración propia.

A un costado del desarrollo habitacional se ubica la planta de tratamiento de aguas de la zona norponiente de Mazatlán; al oeste de la planta, se encontró una excavación la cual es utilizada como relleno de las excavaciones de la zona de construcción.

CERRO DE VALLE REAL

El Cerro de Valle Real se ubica al nororiente de la ciudad de Mazatlán, corresponde a una elevación de 103 m sobre el nivel de mar, presenta una pendiente de 25° a 30°; en la actualidad se construye una zona habitacional por lo que se desarrollan excavaciones en esta zona.

Ubicación del afloramiento:

N: 23°17'15.2"

W: 106°26'01.9"

Z: 48. m.s.n.m.

Esta zona de estudio se ubica en la parte noreste de la ciudad de Mazatlán que, de acuerdo con las coordenadas geográficas, localizadas en la carta geológica F13-A46 del Servicio Geológico Mexicano, las rocas aflorantes corresponden a la Unidad Tom-TR, conformada por tobas de composición Riolítica, ver figura II.2.15.

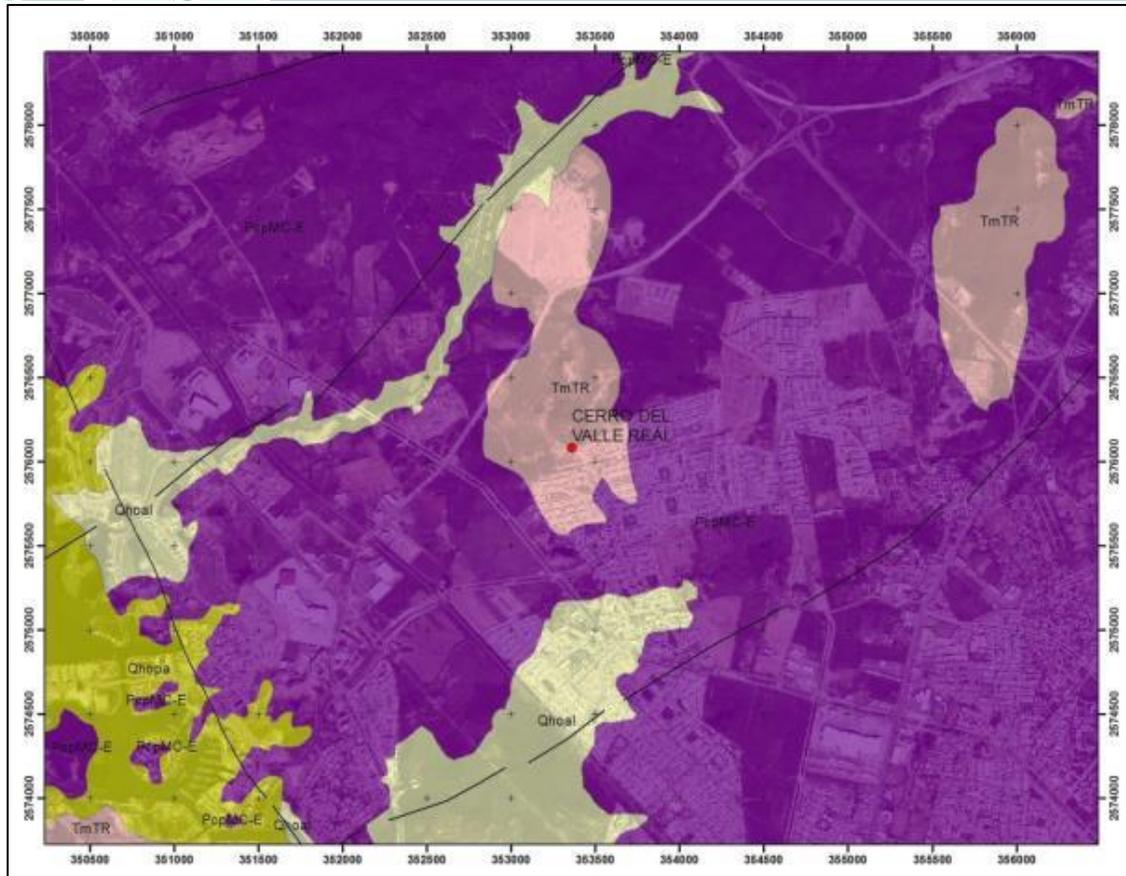


Figura II.2.15. Ubicación de la zona de estudio, que geológicamente corresponde a la Formación Tm-TR, de Edad Terciario, conformada por rocas de composición ignimbrítica y tobas riolíticas. **Fuente.** Elaboración propia.

En los afloramientos se observa que es un macizo rocoso, superficialmente se encuentra alterada a suelo residual de 10 a 20 cm de espesor; la roca es de color pardo rojizo a ocre, se encuentra alterada y fracturada y a profundidad se observa más compacta, masiva y con estructuras bien definidas, ver fotografías II.2.17 y II.2.18.



Fotografía II.2.17. Afloramiento de tobas riolíticas que afloran en el lado suroriente de la planta de tratamiento. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.18. Características del afloramiento de ignimbritas; es de color pardo rojizo a ocre, con fenocristales de cuarzo y feldespatos, en una matriz porfídica de grano medio. **Fuente.** Elaboración propia.

En la zona no se observa ningún peligro inminente debido a que las pendientes en la zona norte de esta zona son del orden de los 8° a 10° y las rocas se encuentran sanas, no se han generado excavaciones de taludes que pongan en riesgo la infraestructura civil que se construye actualmente, sin embargo, la alta deforestación deja a la intemperie el suelo lo cual favorece que ante eventos de lluvia torrenciales puede ocasionar flujos de material.



El afloramiento corresponde a una roca de composición ignimbrítica compacta y masiva de color rosa a ocre por intemperismo, presenta una capa de suelo residual de 15 a 30 cm. con fracturamiento tipo diaclasas por enfriamiento, ver Fotografía II.2.19.



Fotografía II.2.19. Afloramiento de ignimbrita, ubicado al norte del fraccionamiento Real del Valle. **Fuente.** Elaboración propia.

En muestra de mano se observó que se trata de una roca con matriz fanerítica, con desarrollo de cristales de cuarzo y plagioclasa, en una matriz afanítica de grano medio a fino.

El sistema de fracturamiento preferente del área de Cerro Real es el siguiente:

Rumbo	Echado	No. de familias por metro
F1.- E-W	74° N	4
F2.- N-S	53° E	2
F3.- NW30°SE	90°	1
F4.- NW60°SW	55° SE	1

La zona se cataloga como de peligro por las excavaciones en el cerro; dependiendo del diseño de las excavaciones y su estabilización, se puede considerar como una zona sin peligro debido al sitio de la construcción de las casas habitación y la zona de amortiguamiento. Sobre el cerro más próximo a la zona de construcción se generó el perfil para obtener los factores de seguridad, como se observa los valores van disminuyendo hacia la zona de menor pendiente, sin embargo, el grado de deforestación observado es un factor de riesgo, ver figura II.2.16.

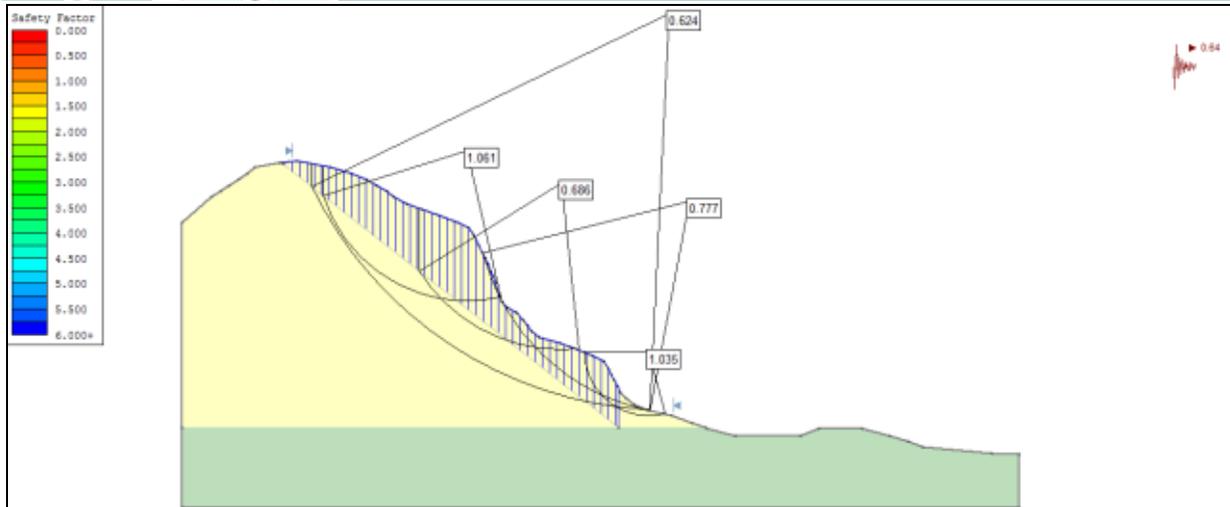


Figura II.2.16. En este perfil se definen diferentes valores del factor de seguridad dependiendo de la pendiente del talud, se considera un mismo tipo de unidad litológica y como se observa en la figura, los valores mayores corresponden a niveles de terreno con menor pendiente. **Fuente.** Elaboración propia.

CERRO MONTE VERDE

Se ubica al noreste de la ciudad de Mazatlán y tiene una elevación de 147 m de altura sobre el nivel de mar, presenta una pendiente de 25° a 30°. En el lado norte del Cerro Monte Verde se construyó una zona habitacional, por lo que se hicieron y desarrollaron excavaciones tipo bermas para su estabilización, ver fotografías II.2.20 y II.2.21.

Ubicación del Cerro Monte Verde:

N: 23°17'40.5"

W: 106°22'57.5"

Z: 93. m.s.n.m.



Fotografía II.2.20. Ubicación del cerro en donde se construyó el fraccionamiento Monte Verde, el cual está situado al noreste de la ciudad de Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.21. Fotografía desde la avenida principal del fraccionamiento Monte Verde, en donde se aprecia la excavación y la altura de los taludes de 12 m. **Fuente.** Elaboración propia.

El fraccionamiento Monte Verde se construyó en el costado norte del cerro llamado La Reventona, en los límites de una estructura circular de acuerdo con la carta geológica minera F13-A46 del Servicio Geológico Mexicano Figura II.2.17.

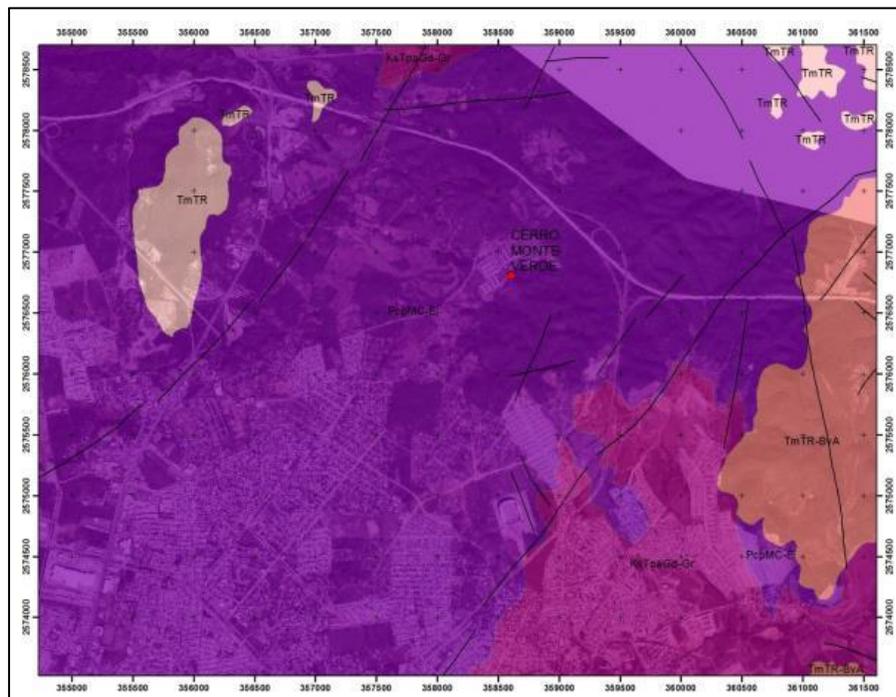


Figura II.2.17. Mapa geológico con la ubicación del sitio del área de estudio. **Fuente.** Carta geológico-minera clave F13-A46 del SGM.



Descripción del sitio.

A la zona de estudio se ingresa por el fraccionamiento Monte Verde hasta el almacén de agua potable ubicado en la cima del fraccionamiento, las condiciones de los taludes expuestos corresponden a cuatro bermas asimétricas excavadas que sirvieron de caminos de acceso hasta la cima del cerro, ver fotografía II.2.22.



Fotografía II.2.22. Material expuesto en la parte media del talud, en donde se observan las condiciones del macizo rocoso alterado con fracturamiento intenso debido a factores exógenos, se observa la acumulación de residuos de este material al pie del talud. **Fuente.** Elaboración propia.

Las rocas del talud pertenecen a la Formación Tomlg-TR, conformada por rocas ignimbríticas y tobas riolíticas asignadas al Oligoceno Medio; estas rocas se observan masivas, impermeables y de fácil erosión ya que en la base de los taludes se van acumulando fragmentos por la acumulación del material desprendido, los cuales son del tamaño de arena a grava.

El macizo rocoso se encuentra altamente fracturado debido al intemperismo al que ha sido sometido al ser expuesto a los factores exógenos, ver fotografías II.2.23 y II.2.24.



Fotografía II.2.23. Dique aplítico de forma irregular con dirección NW-SE y una inclinación de 45° al NE, de aspecto brechoide, se observa una gran cantidad de vetillas de calcita. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.24. Afloramiento de ignimbrita intrusionada por diques de composición aplítica y andesítica. **Fuente.** Elaboración propia.

El aspecto del macizo rocoso es brechoide ya que se observan xenolitos y fragmentos de tamaños que van de los 3 cm hasta más de 20 cm, en su mayoría son de rocas ignimbríticas; así mismo, se observa una serie de diques aplíticos de color claro con gran cantidad de vetillas de calcita, ver fotografía II.2.25.



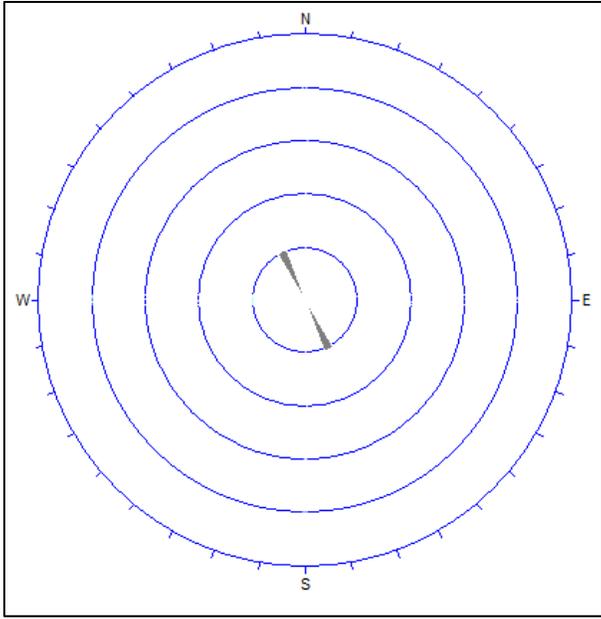
Fotografía II.2.25. Afloramiento de rocas en la cercanía de las casas con el talud, el cual en la parte media ya presenta rompimiento y posible caída de cerca de 30 m³ de rocas, considerándose un peligro para los habitantes de esta zona (9 casas habitación). **Fuente.** Elaboración propia.

En este sitio se tomaron datos estructurales, aunque debido al nivel de brechamiento los datos Figura II.2.19. obtenidos fueron muy escasos, el dato más representativo indica una dirección de fracturamiento en sentido NW-30°SE, ver tabla II.2.08 y gráfica II.2.05.

	Número de ESTACION	Monte verde	
	LOCALIDAD		
	LOCALIZACION GPS (X, Y, Z)	359061	2569695
	RUMBO o DIRECCION F1	260W	
	RUMBO o DIRECCION F2		
	RUMBO o DIRECCION F3		
	INCLINACIÓN o Echado F1	60SE	
	INCLINACIÓN o Echado F2		
	INCLINACIÓN o Echado F3		
Condic ión de los plan os	PARAMETROS		
	Espaciamiento (m)		
	Persistencia		
	Apertura de la fractura (cm)		
	Continuidad		
	Rugosidad del plano		
	Tipo de relleno		
	Alteración		
Agua subterránea			

Continuidad:	En un solo estrato, en mas de un estrato, en toda la secuencia
Rugosidad:	Muy rugosa, Rugosa, ligeramente rugosa, lisa, espejo de falla
Alteración:	Sana, ligeramente, moderadamente, muy alterada o brecha.
Tipo de relleno:	Arcilla, gravilla, depositos minerales (calcita, cuarzo, mineral)
Agua Subterránea:	Seco, humedo, mojado, goteo, flujo

Tabla II.2.08. Tabla con la información tomada en campo en el afloramiento del Cerro Monte Verde. **Fuente.** Elaboración propia.



Gráfica II.2.05. Roseta de fracturamiento construida con la información estructural del área del Cerro Monte Verde. **Fuente.** Elaboración propia.

La zona del área del desarrollo Monte Verde es de reciente construcción tanto de las casas habitación como del complejo departamental de tres niveles; la zona de mayor peligro son las casas habitación pegadas al talud, ya este muestra signos de alteración por intemperismo exógeno, de no llevarse a cabo medidas de mitigación o estabilización de estos pueden caer las rocas del talud, ocasionando pérdidas económicas y de salud de los pobladores al estar muy cercanas las construcciones al talud, figura II.2.18.

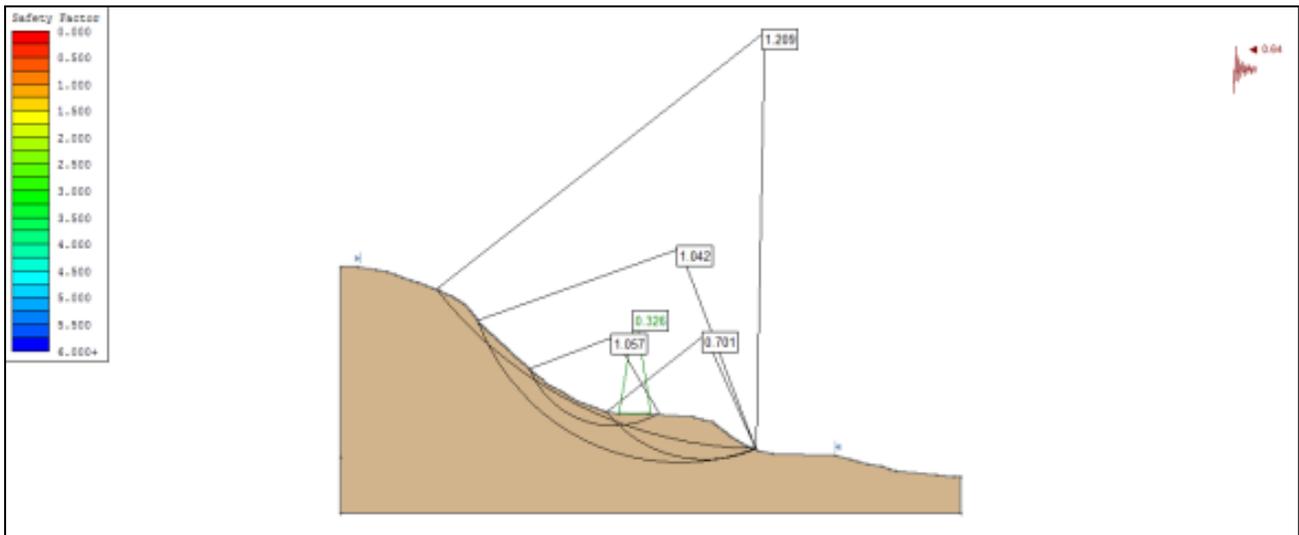


Figura II.2.18. Los taludes de este sitio en general indican cierta estabilidad, sin embargo, al aumentar la pendiente los valores del factor de seguridad disminuyeron a valores que indican un riesgo. **Fuente.** Elaboración propia.

Para este sitio se realizó el modelado de las trayectorias de las rocas que se desprenden del Cerro Monte Verde y se mueven hacia el fraccionamiento, se plantea la posible solución para disminuir la cantidad de estas, ver figura II.2.19.

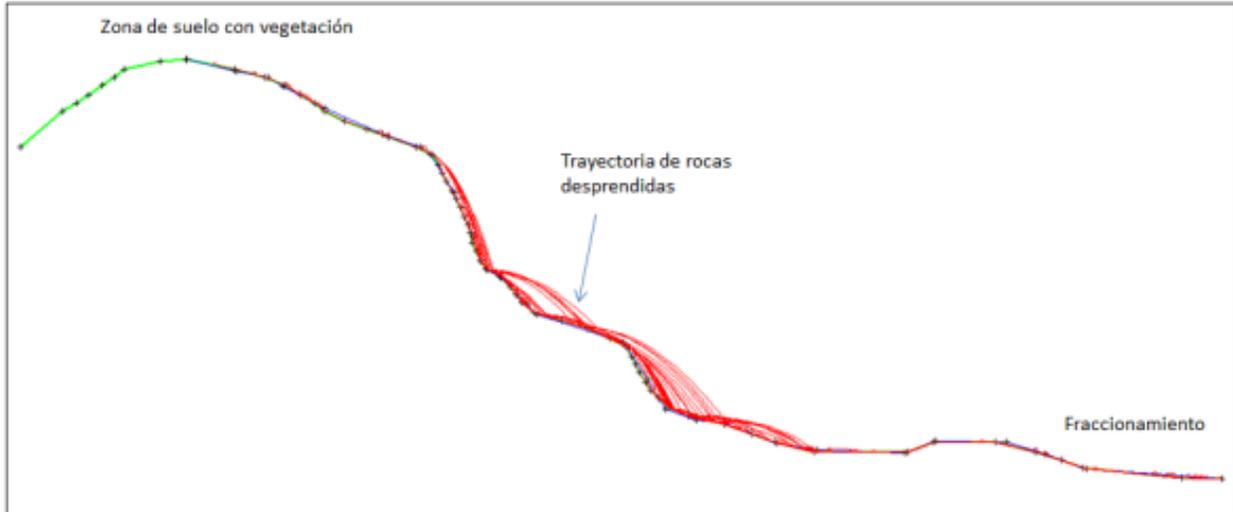


Figura II.2.19. Perfil elaborado con el software “Slide” en base a información de campo del Cerro Monte Verde. **Fuente.** Elaboración propia.

CERRO COLONIA FELIPE ANGELES.

Se ubica al oriente del centro de la ciudad de Mazatlán, es una elevación de 97.0 m de altura sobre el nivel de mar, presenta pendientes del orden de 30° a 38° y la excavación tiene un ángulo de 78°, ver Fotografía II.2.26.

Ubicación del área y del afloramiento.

N: 23°13'49.9"

W: 106°22' 39.4"

Z: 33. m.s.n.m.



Fotografía II.2.26 Ubicación del sitio en donde se localiza la Colonia Felipe Ángeles (recuadro en rojo) a 4.5 km de la zona centro de la ciudad, en donde se construyó en su parte oriente la Avenida Antonio López Sáenz. **Fuente.** Elaboración propia.



Descripción del sitio.

Conforme a la cartografía del SGM, el sitio se ubica en la unidad litológica que corresponde a esquistos del Paleozoico, asignados a la Unidad PcpMC-E, ver figura II.2.20.

Esta secuencia presenta cierto grado de metamorfismo regional, por lo que se observan como Esquistos.

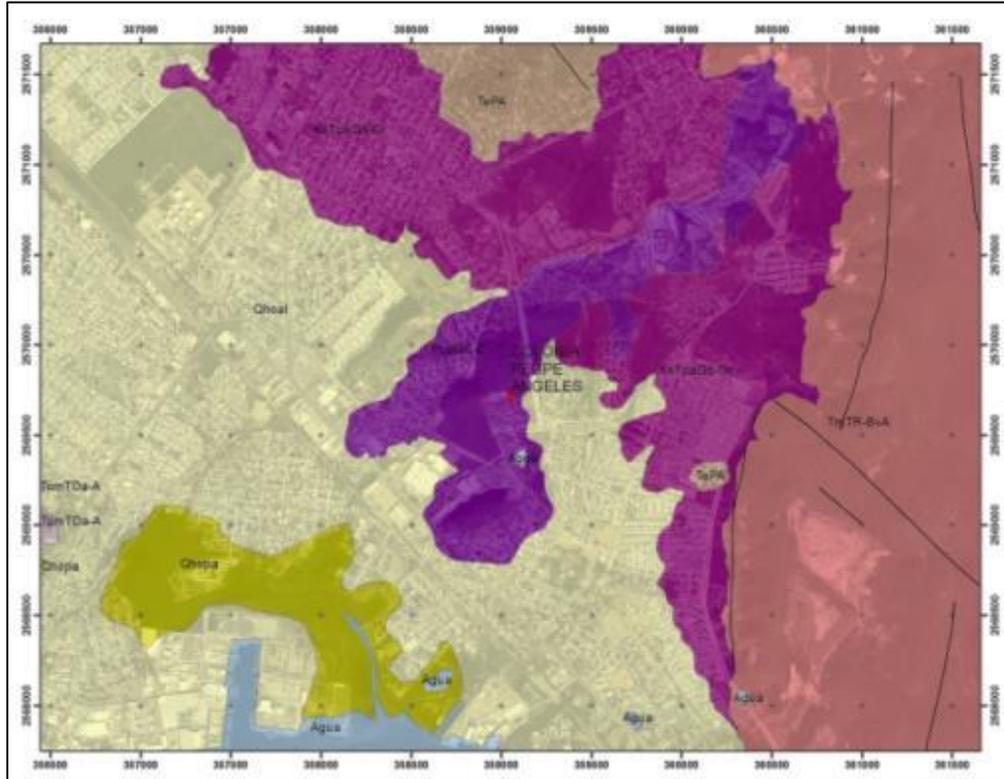


Figura II.2.20. Localización del sitio del área de estudio, que corresponde a los esquistos del Paleozoico, asignados a la Unidad PcpMC-E. **Fuente.** Carta geológica F13-A45 del SGM.

La roca es masiva, fracturada por intemperismo, intrusionada en su parte central por una serie de diques aplíticos de color crema rojizos, el fracturamiento es cruzado generando pequeños fragmentos de roca (deleznable) con diámetros de 1 a mayores de 5 cm.

El color de la roca es pardo verdoso alterada por factores endógenos y exógenos; en la cima y costados del cerro se observó una capa residual de 30 a 40 cm de espesor de color rojizo, ver fotografía II.2.27.



Fotografía II.2.27. Fotografía del afloramiento de esquistos que afloran en el cerro de la Colonia Felipe Ángeles; el fracturamiento que se observa tiene una dirección NW-SE, lo que genera bloques pequeños a medianos. **Fuente.** Elaboración propia.

Este sitio fue utilizado para la extracción de materiales para construcción debido a sus características areno limosas, haciendo la excavación en un solo talud de 50 m aproximadamente sin bermas de protección, ver fotografías II.2.28 y II.2.29.



Fotografía II.2.28. Vista de la excavación a un costado de la colonia Felipe Ángeles, en donde se observa una secuencia de Esquistos de color pardo verdoso por intemperismo superficial. En la zona de la intrusión de un dique, que es la zona se encuentra más alterada en color pardo rojizo, genera más deslizamientos de talud con acumulación de fragmentos de pie de monte del material deslizado. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.29. Fotografía aérea tomada durante el presente estudio, en la cual se nota la cercanía de la colonia Felipe Ángeles y la serie de deslizamientos que ha sufrido el talud del sitio de la excavación, por los depósitos de fragmentos al pie de corte y la forma de abanico aluvial producto de los escurrimientos.

Fuente. Elaboración propia.

La distancia existente entre la calle Josefa Ortiz de Domínguez con la pared del talud es de 98.0 m aproximadamente, por lo que se considera como una zona de amortiguamiento, sin embargo, derivado de la altura del talud de 50 m. se pueden presentar deslizamientos de fragmentos de rocas que puedan alcanzar la primera serie de casas, por lo que esta zona es vulnerable a deslizamientos de talud, ver figuras II.2.21 y II.2.22.

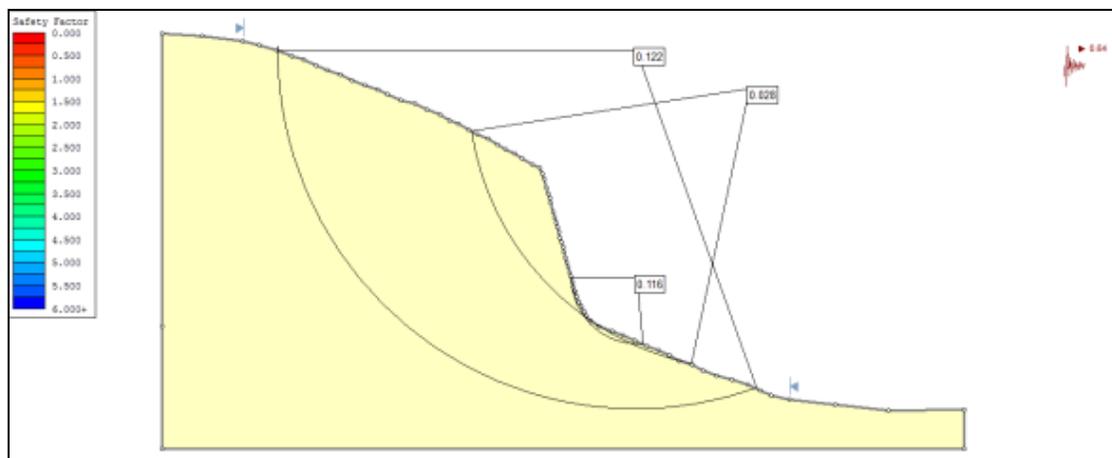


Figura II.2.21. En este sitio los valores de factor de seguridad son bajos como nos muestra la figura, indicando que el corte para obtener material incremento el riesgo no solo en el frente del corte; al mismo tiempo se generó inestabilidad en buena parte del cerro incrementando el riesgo de mayor movimiento de volúmenes de tierra. **Fuente.** Elaboración propia.

El modelado de las trayectorias de las rocas que se desprenden del cerro plantea una posible solución para disminuir la cantidad de estas que se mueven hacia el fraccionamiento.



Figura II.2.22. Perfil construido con la información estructural y altimétrica del Cerro Colonia Felipe Ángeles. **Fuente.** Elaboración propia.

CERRO COLORADO

El cerro se ubica al oriente del centro de la ciudad de Mazatlán, tiene una elevación de 82 m de altura sobre el nivel de mar y presenta una pendiente de 16° a 25° en flanco sur y de 70° a 85° en la zona excavada en la parte norte del Cerro Colorado, ver fotografía II.2.30.

Ubicación del sitio del Cerro Colorado

N: 23°13'31.6"

W: 106°22' 45.8"

Z: 26. M.s.n.m.



Fotografía II.2.30. Ubicación del Cerro Colorado en el recuadro en rojo. **Fuente.** Elaboración propia.



Geológicamente se ubica en la unidad compuesta por tobas y brechas de composición riolítica de la Unidad TmTR-BvA, ver figura II.2.23.

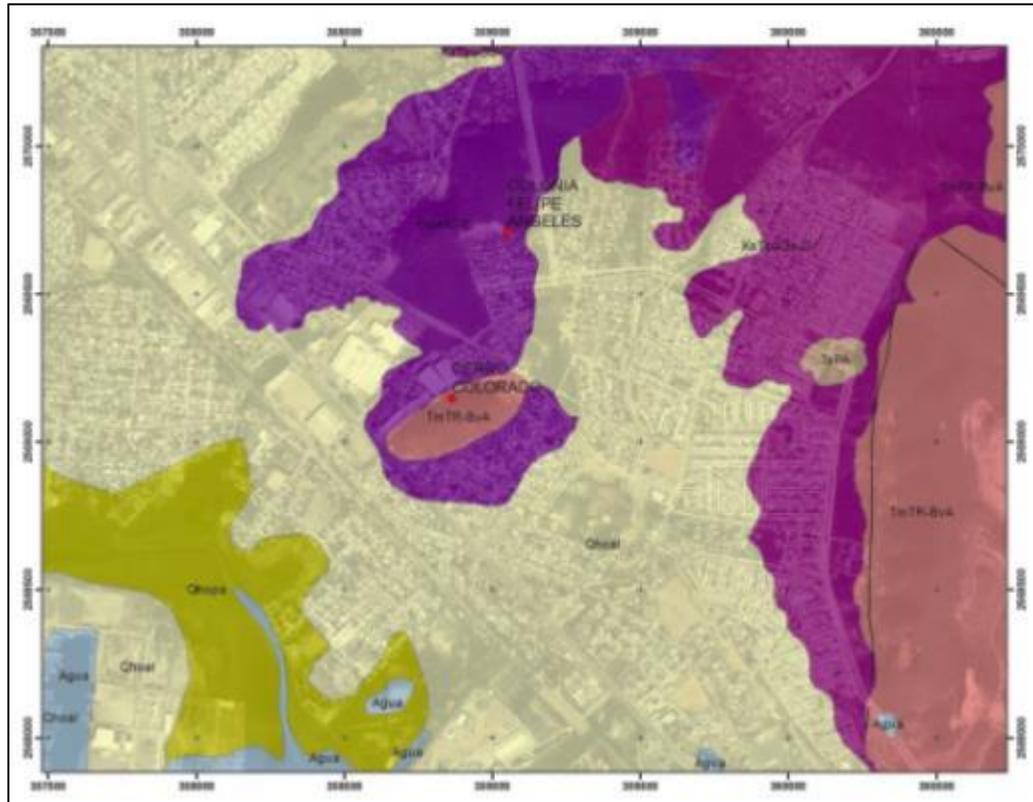


Figura II.2.23. Mapa geológico con la ubicación del Cerro Colorado, en donde observamos que las rocas son tobas y brechas de composición riolítica de la Unidad TmTR-BvA. **Fuente.** Carta geológica F13-A45 del SGM.

Descripción del sitio.

El sitio del Cerro Colorado representa un peligro, al norte de dicha locación se realizaron excavaciones con fines de extracción de material, construyendo una berma intermedia como camino de acceso a la cima del cerro, ver fotografía II.2.30.



Fotografía II.2.30. Vista aérea del área que ocupa el corte en el Cerro Colorado, se observa la cercanía del talud con la zona industrial colindante. **Fuente.** Elaboración propia.

En el costado oeste se observan taludes invertidos lo que genera una serie de bloques, los cuales pueden fallar y deslizarse hacia las zonas de construcción que son una serie de almacenes y parques industriales como se observa en las fotografías II.2.31 y II.2.32.



Fotografía II.2.31. Talud conformado por brechas de composición riolítica; el recuadro en color azul es una zona de depósitos de talud y en recuadros color amarillo, son zonas de talud invertido que con el tiempo y los efectos de erosión e intemperismo se generarán bloques que se volverán inestables. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.32. Vista lateral de uno de los cortes del Cerro Colorado, en la cima se observa un paquete de rocas de composición ignimbrítica; se tiene acumulación de material extraído y depósitos de talud.

Fuente. Elaboración propia.

Para definir los factores de seguridad del talud generado por los trabajos de ampliación de la zona baja se generaron los perfiles donde se muestran valores muy bajos exponiendo el riesgo de exposición de las construcciones debido a que la parte alta del cerro tiene un área importante de captación de agua de lluvia, ver figura II.2.24.

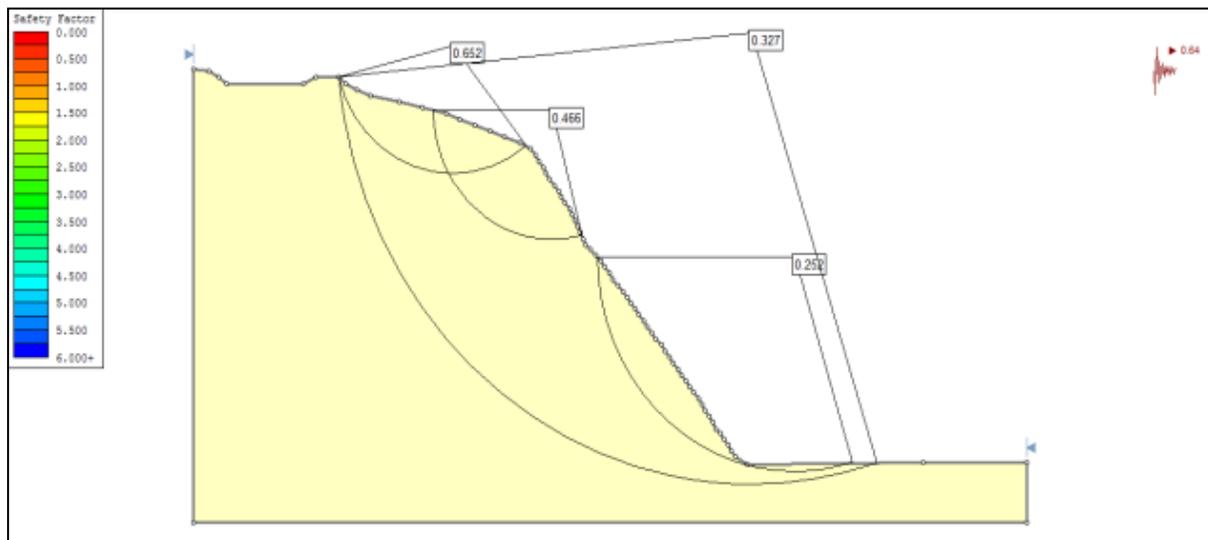


Figura II.2.24. Valores de factor de seguridad en este sitio del Cerro Colorado, los cuales se han visto incrementados notablemente con el corte realizado; en la parte superior se observa que tiene un valor bajo ya que se puede deslizar a favor de la pendiente del corte. **Fuente.** Elaboración propia.

Se realizó el modelado de las trayectorias de las rocas que se desprenden generando derrumbes la cantidad de estas que se mueven hacia la zona industrial. Se observa que la mayor parte de los desprendimientos se generan en el borde del talud donde disminuye la cobertura vegetal, ver figura II.2.25.

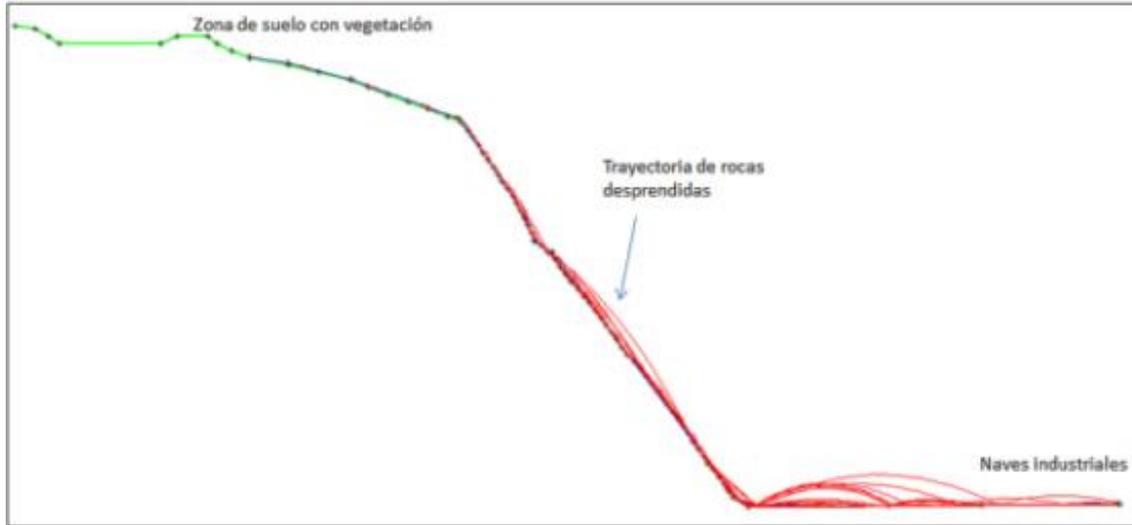


Figura II.2.25. Perfil del Cerro Colorado, se definen las trayectorias de derrumbes de material hacia la parte baja del talud. **Fuente.** Elaboración propia.

CERRO DE URIAS

El Cerro se ubica al suroriente del centro de la ciudad de Mazatlán, es una elevación montañosa de 158 m de altura sobre el nivel de mar y presenta una pendiente de 15° a 35°, ver fotografía II.2.33.

Ubicación del Cerro de Urías.

N: 23°12'20.8"

W: 106°21'39.3"

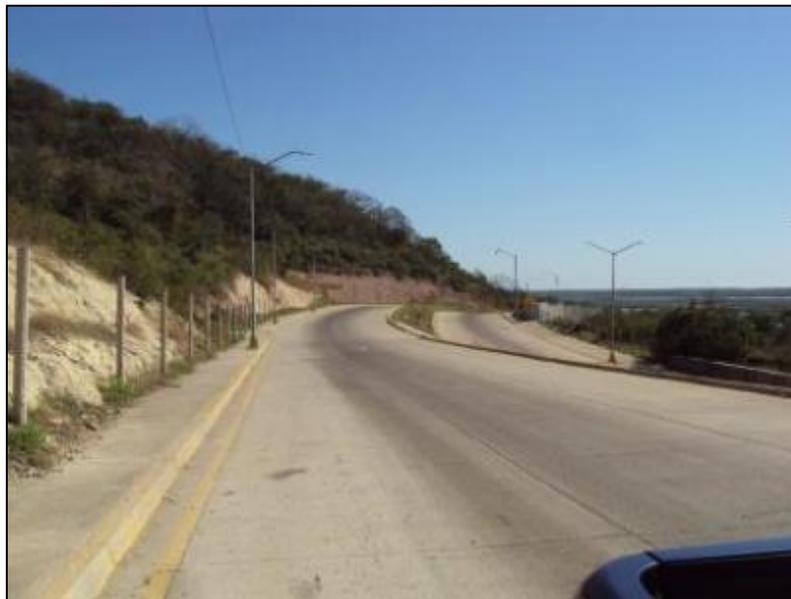
Z: 41. M.s.n.m.



fotografía II.2.33. Cerro de Urías, ubicado en la parte sureste de la Ciudad de Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.34. Afloramiento de tobas en la parte central del Cerro Urías; el color de las rocas es beige, son compactas y masivas con fracturamiento de rumbo NE-SW. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.35. Panorámica en donde se observan los rasgos geomorfológicos de las rocas ignimbríticas y riolitas de la Formación TmTR-BvA. **Fuente.** Elaboración propia.

Esta unidad litológica en algunas zonas es muy competente y no requiere tratamientos, por lo que no representa ningún peligro para los habitantes de las zonas colindantes ni para los vehículos que transitan por la Avenida Francisco Madero Herras, como se observa en los factores de seguridad obtenidos en el análisis de esta zona, ver figura II.2.27.

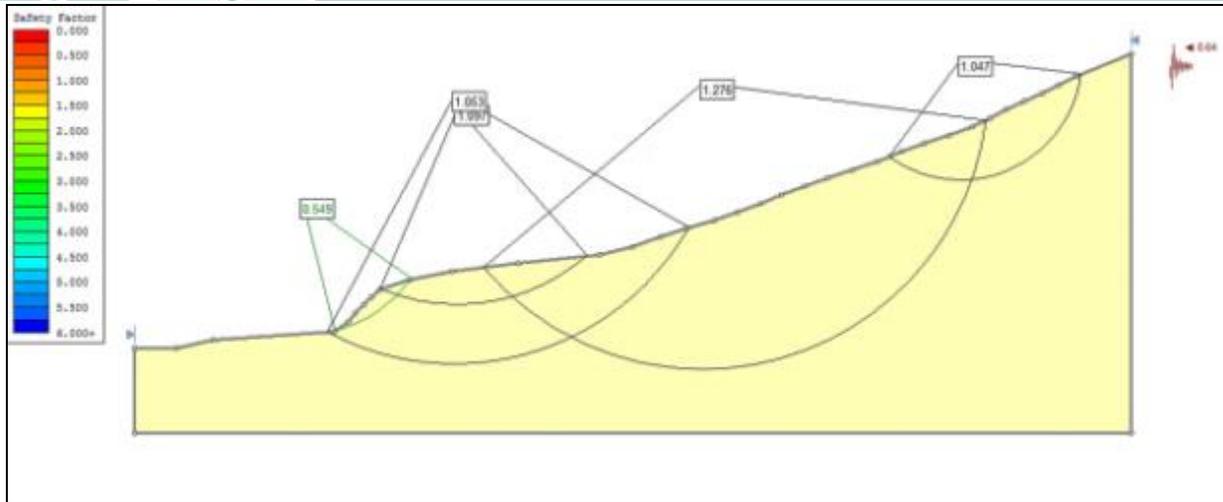


Figura II.2.27. Perfil en el que se indican varios factores de seguridad, siendo el menor en el frente del perfil.
Fuente. Elaboración propia.

Se realizó el modelado de las trayectorias de las rocas que se desprenden del cerro de Urías y se plantea una posible solución para disminuir la cantidad de rocas que se mueven hacia la carretera No. 15 Tepic - Mazatlán, ver figura II.2.28.



Figura II.2.28. Perfil del Cerro de Urías, construido con información estructural y altimétrica del área.
Fuente. Elaboración propia.

CERRO DEL OBISPADO

Este sitio se ubica al suroeste de la Ciudad de Mazatlán, a una elevación de 20 m de altura sobre el nivel del mar y presenta una pendiente de 70 ° a 60°, ver Fotografía II.2.36.

Ubicación del sitio:

N: 23°12'21.28"

W: 106°25'35.49"

Z: 20. m.s.n.m.



Fotografía II.2.36. Fotografía aérea del Cerro del Obispado, el cual se ubica al suroeste de la Ciudad de Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

Geológicamente, esta zona se ubica en rocas de composición andesítica asignadas a la Unidad TePA de acuerdo con la figura II.2.29, es importante mencionar que en esta zona las andesitas presentan un alto grado de alteración hidrotermal por lo que la estructura de la roca original no se distingue tan claramente, esta condición ocasiona que la textura se observe como un tipo de arena la cual presenta menor consistencia y tiene mayor tendencia a la erosión, por lo que es más propensa a que en combinación con el agua pueda formar flujos de lodos, ver Fotografía II.2.37.



Figura II.2.29. Mapa geológico del área del Cerro del Obispado, sitio que se encuentra desarrollado en rocas de composición andesítica asignadas a la Unidad TePA; particularmente en este sitio esta unidad de rocas se encuentra muy alterada por hidrotermalismo y muy fracturada. **Fuente.** Carta geológica F13-A45 del SGM.



Fotografía II.2.37. Panorámica de las condiciones que se presentan en el talud del Cerro del Obispado, en el cual se observa la inestabilidad y la baja cohesión de la unidad de andesitas alteradas. **Fuente.** Elaboración propia.

Con la sección realizada para este sitio se obtuvieron valores del factor de seguridad, cabe hacer notar que este lugar en algún momento pudo ser un banco de material, por lo que los cortes que se observan dejaron pendientes con ángulos mayores a los 60° de inclinación.

Se realizó el modelado de este antiguo banco de material o cantera, desde hace varios años las viviendas ubicadas en la parte superior del talud han presentado afectaciones debido a los desprendimientos del material andesítico que se encuentra debajo de los cimientos de las viviendas, ver figura II.2.30.

Adicionalmente al análisis de inestabilidad del talud, se realizó el modelo de movimiento de rocas en donde están desplantadas las viviendas, las cuales afectan a las construcciones ubicadas en la parte alta al pie del talud debido a la naturaleza de las rocas, ya que estas presentan desprendimientos de fragmentos y tamaños reducidos de las rocas, así como corrimiento y deslizamiento del material rocoso.

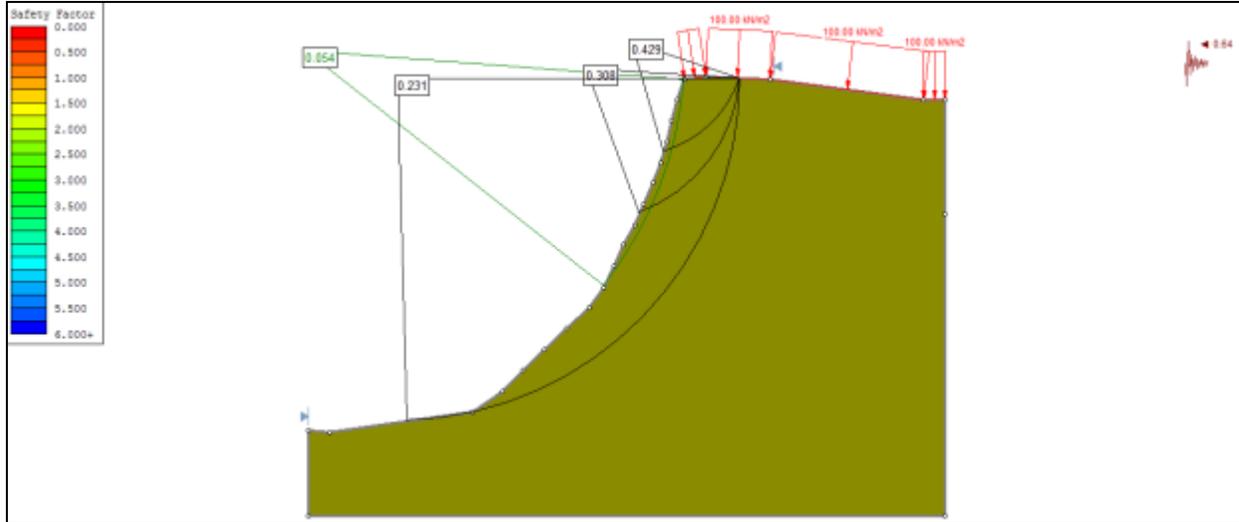


Figura II.2.30. Perfil del área del Cerro del Obispado, construido con la información altimétrica e información de campo, en donde se observa que en varios segmentos del perfil los valores del factor de seguridad son bajos, debidos a la pendiente de este y a la poca cohesión y compactación de las rocas que conforman la unidad de andesitas alteradas. **Fuente.** Elaboración propia.

El peligro puede atenuarse momentáneamente con barreras ubicadas hacia la transición de la parte baja, pero sería muy costosa la estabilización de ese talud, ver figura II.2.31.

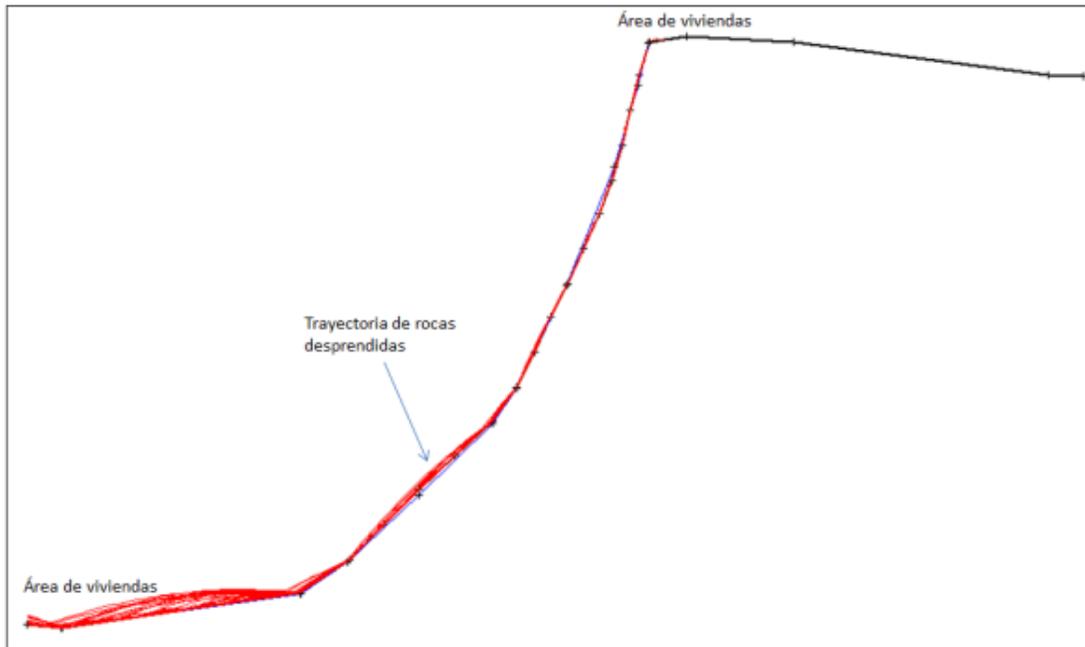


Figura II.2.31. Perfil del talud del Cerro del Obispado, construido con la información altimétrica levantada. **Fuente.** Elaboración propia.

La combinación de los resultados permitió que los sitios analizados se caracterizaran en base a la clasificación de IGS, para algunos casos la coincidencia en calidad se debe a las similitudes en génesis y procesos exógenos que han afectado al conjunto de rocas ígneas de la zona de estudio, ver figura II.2.32.



En los eventos registrados se tiene que más del 60% corresponden a riesgos de deslizamientos de los que en mayor número son del tipo cuña y planar. Dichos movimientos involucran las principales unidades litológicas. La influencia del relleno dentro de las discontinuidades es evidente debido a su presencia de material de tipo arcillo limoso. Por último, es de resaltar que la mayoría de los taludes registrados se encuentra directamente asociado al trazo del corte carretero y a la modificación de los cerros circundantes de la zona urbana de la Ciudad de Mazatlán, a este mismo proceso se tiene como elemento importante la deforestación que existe en los alrededores del terreno natural.

INDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA	CONDICIONES DE LA SUPERFICIE				
	MUY BUENA	BUENA	MODERADA	ESCALSA	MUY ESCALSA
TIPO DE ESTRUCTURA	DISMINUCIÓN DE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE →				
INTACTA O MASIVA – Macizo rocoso masivo con escasas discontinuidades, sin planos de deformación	90	80	70	N/A	N/A
BLOQUE– Parcialmente fracturado formando bloques con hasta tres sistemas de discontinuidad					
ABUNDANTES BLOQUES– Planos angulares entrecruzados formados por más de cuatro sistemas					
BLOQUES ALTERADOS– Pliegues con bloques angulares formados por sistemas que se intersectan, continuidad de planos de estratificación o esquistosidad					
BRECHADO– Roca altamente afectada por procesos tectónicos mezcla de piezas angulares y redondeadas					
LAMINADA/FOLIADA– Ausencia de bloques debido a lo cerrado de los espacios entre planos de foliación	N/A	N/A			10

DISMINUCIÓN DEL ENTRECruzAMIENTO DE PLANOS ↓

Cerro el vigia
 Cerro De Urias
 Cerro Neveria
 Cerro Colorado
 Cerro el vigia 2
 Valle real
 Cerro Del Obispado

Figura II.2.32. Clasificación de los sitios analizados de acuerdo con el índice de resistencia geológica.
Fuente. Elaboración propia.



2.2.1.7. Flujos (nivel 3, según términos de referencia)

Los flujos son movimientos sobre la pendiente inclinada de una ladera de suelo y/o fragmentos de roca en donde las partículas que lo conforman que puede contener material fino, arenas gravas y fragmentos de roca, así como vegetación, tienen movimiento relativo dentro de la masa que se mueve, los flujos pueden ser muy lentos o rápidos, así como secos o húmedos.

En los flujos existe una superficie fácilmente identificable de separación entre el material que se mueve y el subyacente. Pueden clasificarse de acuerdo con las características del material deslizado en:

a) **Flujos de bloques de roca:** Están compuestos por bloques y cantos de roca, con o sin presencia de materiales finos. Inicialmente se presentan como caídos o deslizamientos, rápidamente evolucionan y se transforman a flujos o avalanchas. La pendiente de estos taludes comúnmente es muy empinada, mayor a 45°. Su presencia es común en rocas ígneas y metamórficas muy fracturadas, y en rocas sedimentarias con ángulos fuertes de buzamiento de los planos de estratificación. Para la formación de grandes flujos de bloques de roca, se necesita que haya planos importantes de debilidad en el macizo rocoso, tales como intercalaciones de areniscas y lutitas, además de fallas geológicas cercanas, con aferencias importantes de roca fracturada, para lo cual se requieren alturas importantes y pendientes grandes de la superficie del talud. A mayor altura y/o pendiente, la velocidad de los flujos de roca es mayor. El tamaño de los bloques depende de los patrones de fracturación del macizo rocoso.

Los flujos en roca con perfiles de meteorización poco profundos asocian su falla a cambios de esfuerzos y lixiviación, ocasionados por la filtración momentánea del agua en las primeras horas después de una lluvia fuerte.

Los flujos de bloques de roca ocurren con mucha frecuencia en las zonas tropicales de alta montaña y poca vegetación. Estos flujos tienden a ser ligeramente húmedos y su velocidad va de rápida a muy rápida.

b) **Flujos de residuos (detritos):** Son movimientos que llegan a ser extremadamente rápidos y están compuestos de materiales gruesos con menos del 50% de finos. Por lo general, un flujo de rocas termina en uno de residuos. Los materiales se van triturando por el mismo proceso del flujo y se observa una diferencia importante de tamaños entre la cabeza y el pie del movimiento.

Los flujos de escombros o de detritos, generalmente contienen partículas de diferentes tamaños, árboles y material vegetal, así como diversos objetos arrastrados. El movimiento de los flujos de detritos se activa con las lluvias, debido a la pérdida de resistencia por la disminución de la succión al saturarse el material o por el desarrollo de fuerzas debidas al movimiento del agua subterránea.

Los daños causados por los flujos de detritos abarcan áreas relativamente grandes. El flujo típico de detritos es una onda larga de materiales sólidos y líquidos entremezclados que corre, en forma constante, a través de un canal con algunas ondas menores superpuestas que se mueven a velocidades superiores a aquellas del flujo mismo.

c) **Flujo de suelo o tierra:** Son movimientos de materiales con más del 50% de finos y su consistencia es líquida. Se inician comúnmente como desplazamientos de rotación o traslación y al acumularse los suelos sueltos abajo del pie del deslizamiento éstos fluyen sobre la ladera. Los flujos de tierra son rápidos o lentos de acuerdo con la humedad y la pendiente de la zona de ocurrencia. En las zonas de alta montaña y en las desérticas, se presentan flujos muy secos por lo general pequeños, pero de velocidades altas.



d) **Flujos de lodo:** Se habla de viscosidad propiamente dicha, llegando al punto de hablar de suelos suspendidos en agua. Los flujos de lodo alcanzan velocidades muy altas y poseen grandes fuerzas destructoras, las cuales dependen de su caudal y velocidad.

Un flujo de lodo posee tres unidades morfológicas: un origen que generalmente es un deslizamiento, un camino o canal de flujo y una zona de acumulación. El origen consiste en una serie de escarpes de falla o desplazamientos de rotación o traslación; el camino o canal es un área estrecha, recta o una serie de canales a través de los cuales fluye el material viscoso. La anchura, profundidad y pendiente del camino del flujo varía de acuerdo con las condiciones topográficas y morfológicas. La zona de acumulación es un área de menor pendiente en la cual el flujo pierde velocidad y forma un abanico de depósitos.

La activación de flujos puede estar relacionada con los siguientes factores:

1. Lluvias. La saturación de los materiales subsuperficiales puede convertir el suelo en un fluido viscoso. Algunos suelos como los materiales volcánicos absorben agua muy fácilmente cuando son alterados, fracturados o agrietados por un deslizamiento inicia y esta saturación puede conducir a la formación de un flujo.

2. Sismos. Los eventos sísmicos y la licuación pueden generar un desprendimiento generalizado de bloques de roca que podrían terminar en un flujo.

3. Alteración de suelos sensitivos. Algunos flujos resultan de la alteración de suelos muy sensitivos, tales como los sedimentos no consolidados.

5. Zonas de alta pendiente. Al presentarse un deslizamiento de traslación o de rotación en una ladera de alta pendiente, existe la tendencia a la formación de un flujo al adquirir velocidad las masas de suelo desprendidas. Con frecuencia se unen varios deslizamientos para conformar un flujo de gran magnitud.

Los flujos en Mazatlán pueden activarse principalmente por las siguientes causas: la existencia de zonas de alta pendiente, la sismicidad del lugar, la alteración de suelos no consolidados y la presencia de lluvias en temporada de huracanes, siendo esta última la más frecuente.

La existencia de fallas geológicas y zonas con poca o nula vegetación en las laderas del municipio, son factores que al combinarse con los primeros incrementan el nivel de susceptibilidad.

2.2.1.8 Análisis multicriterio

La zonificación de peligro geológico consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada una de estas de acuerdo con el grado real o potencial de peligro. Los modelos que hasta la fecha se han desarrollado para identificar la aparición futura de dichos eventos trabajan básicamente con metodologías de tipo directo e indirecto.

En la primera, se realiza un mapeo bajo criterios de experiencia profesional que muestra la distribución espacial de los parámetros que pueden tener influencia en el desarrollo de los movimientos. En la segunda, se maneja la estimación de áreas que han estado libre de movimientos de ladera, pero que presentan las condiciones físicas muy similares a las que se han visto sujetas a este tipo de procesos y por lo tanto presentan un riesgo.

Actualmente, las técnicas más utilizadas para la elaboración de mapas de peligro y por ende de susceptibilidad son los análisis heurísticos, los cuales manejan un conocimiento "a priori" de las posibles causas de inestabilidad de la ladera, los factores de desequilibrio son clasificados y favorecidos de acuerdo con un supuesto grado de importancia en favor del movimiento. En este caso se le asigna un nivel de importancia de cada factor o combinación de estos y al ser analizada



individualmente es posible asignarle un peso adicional a cada factor o combinación, el resultado es que todos los factores relacionados con la ocurrencia de movimientos dan la contribución relativa al peligro total que presente una unidad de área.

Debido a que la zonificación de este tipo de procesos requiere interacciones complejas entre un gran número de factores que presentan una cierta relación entre sí y de la evaluación de las relaciones entre varias condiciones del terreno, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son el conjunto de herramientas más útiles que en la actualidad se conocen, pues permiten resolver los modelos planteados anteriormente debido a la capacidad de almacenamiento y manipulación de la información con la que cuentan.

El primero, un análisis multivariado simple realizado con parámetros obtenidos a partir de un Modelo de Elevación Digital (MED), factores obtenidos del análisis de condiciones físicas de las rocas como el fracturamiento y del uso de suelo y vegetación fue el de peligro por Deslizamiento, Flujos y Derrumbes ver figura II.2.33 (mapa integral de los tres peligros).

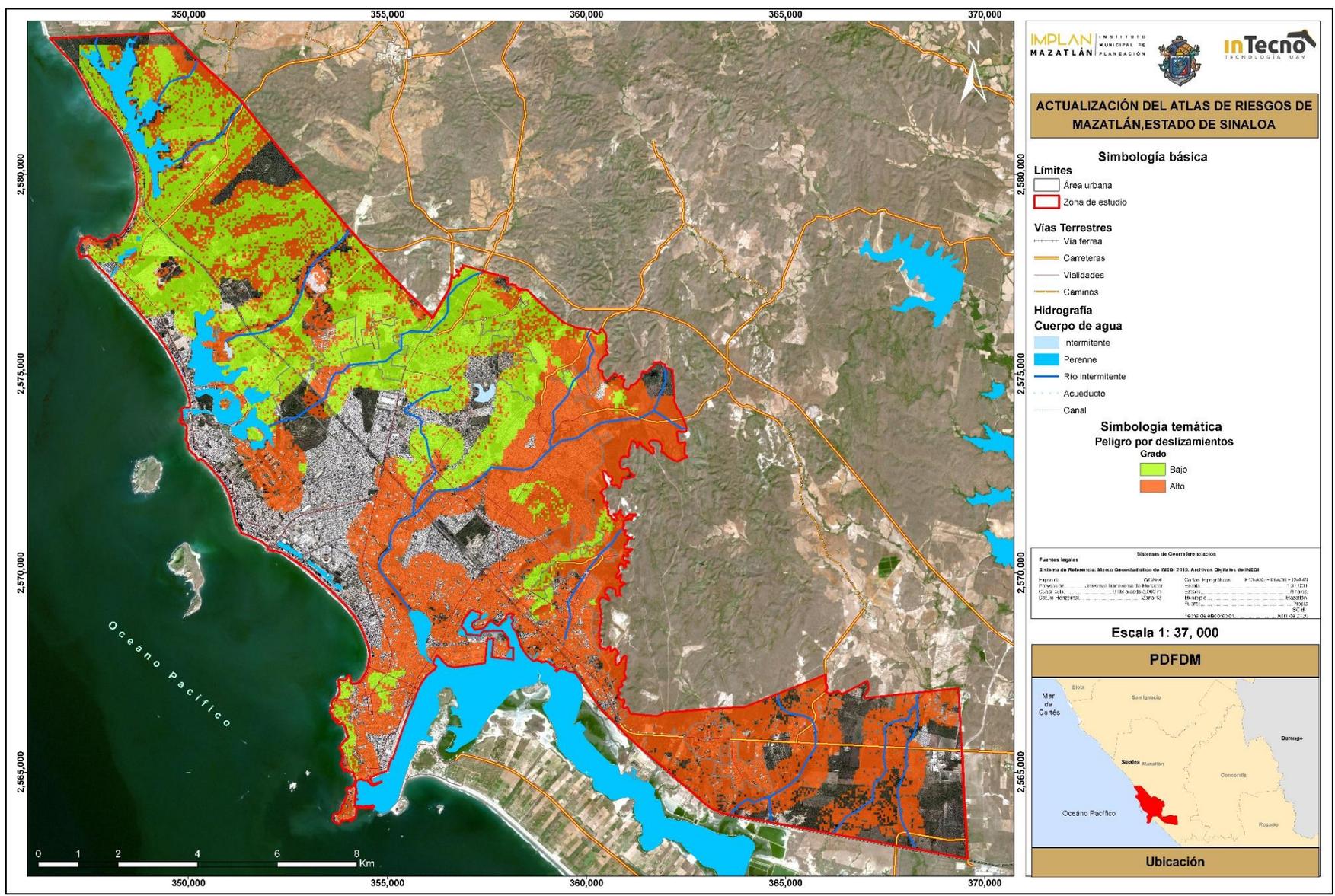


Figura II.2.33. Mapa de peligro por deslizamientos, flujos y derrumbes. Fuente. Elaboración propia.



Para la evaluación y análisis de peligro se construyó el mapa de peligros por deslizamiento integrando los puntos de control en el que se localizaron las áreas de los deslizamientos registrados en el inventario caracterizados como áreas inestables en cuanto a pendiente, altitud, exposición, geología, calidad de roca y vegetación.

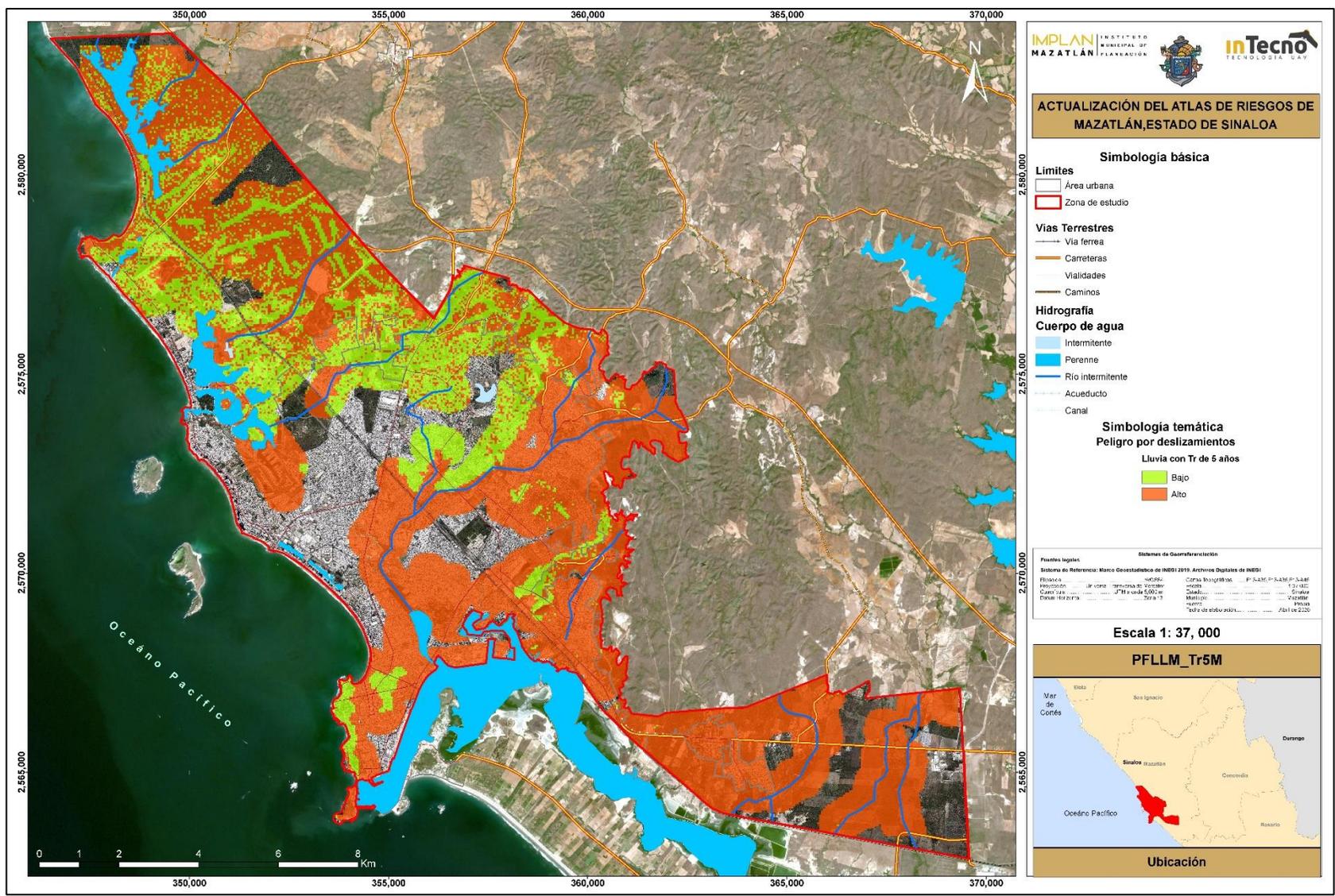
Al análisis multicriterio se integró la información de las lluvias máximas en 1 hora para los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años, el resultado es un mapa de áreas de riesgo clasificadas en áreas de nivel de riesgo alto y áreas de nivel de riesgo bajo, que representan de manera general la contribución de todos los factores característicos de la zona al evento de inestabilidad que ha ocurren dentro de la misma.

Los mapas de peligro por flujos están representados en las figuras II.2.72 a II.2.76; (página 245) del análisis pudo obtenerse que, dependiendo del volumen de lluvia, las zonas tienen un nivel de riesgo que conforme los períodos de retorno se incrementan las áreas de riesgo se amplían, sobre todo en la zona norte de la Ciudad de Mazatlán; también se observa que en las zonas donde la vegetación es escasa el nivel de riesgo se incrementa.

Otro aspecto que queda revelado en la exposición de la estabilidad de la zona en el mapa de peligro es la concentración de zonas inestables en los tramos carreteros dentro de los macizos rocosos; es importante señalar que los deslizamientos ocurridos a lo largo de las carreteras que caen en zonas estables dentro del análisis pueden favorecer su posición debido a que la carretera no fue considerada como factor dentro del análisis.

Para verificar la calidad de los datos mostrados en los mapas de peligro, se observó la coincidencia de los procesos de riesgo que hasta la fecha se han detectado en la zona, con las áreas de probable ocurrencia que ha presentado el análisis de elementos.

Los mapas resultantes de zonas con mayor peligro por deslizamientos se transformaron a mapas de tipo vectorial para poder unir las propiedades de los mapas de peligros con la capa de manzanas de la Ciudad de Mazatlán de esta manera se obtuvo el mapa de zonas de peligro en las zonas urbanas, la simbología correspondiente detalla la ubicación de aquellas zonas que deben tener mayor atención ante el riesgo potencial de inestabilidad de laderas. En las figuras II.2.34 a II.2.43 cartográficamente se pueden observar los resultados con la distribución de las zonas de peligro.



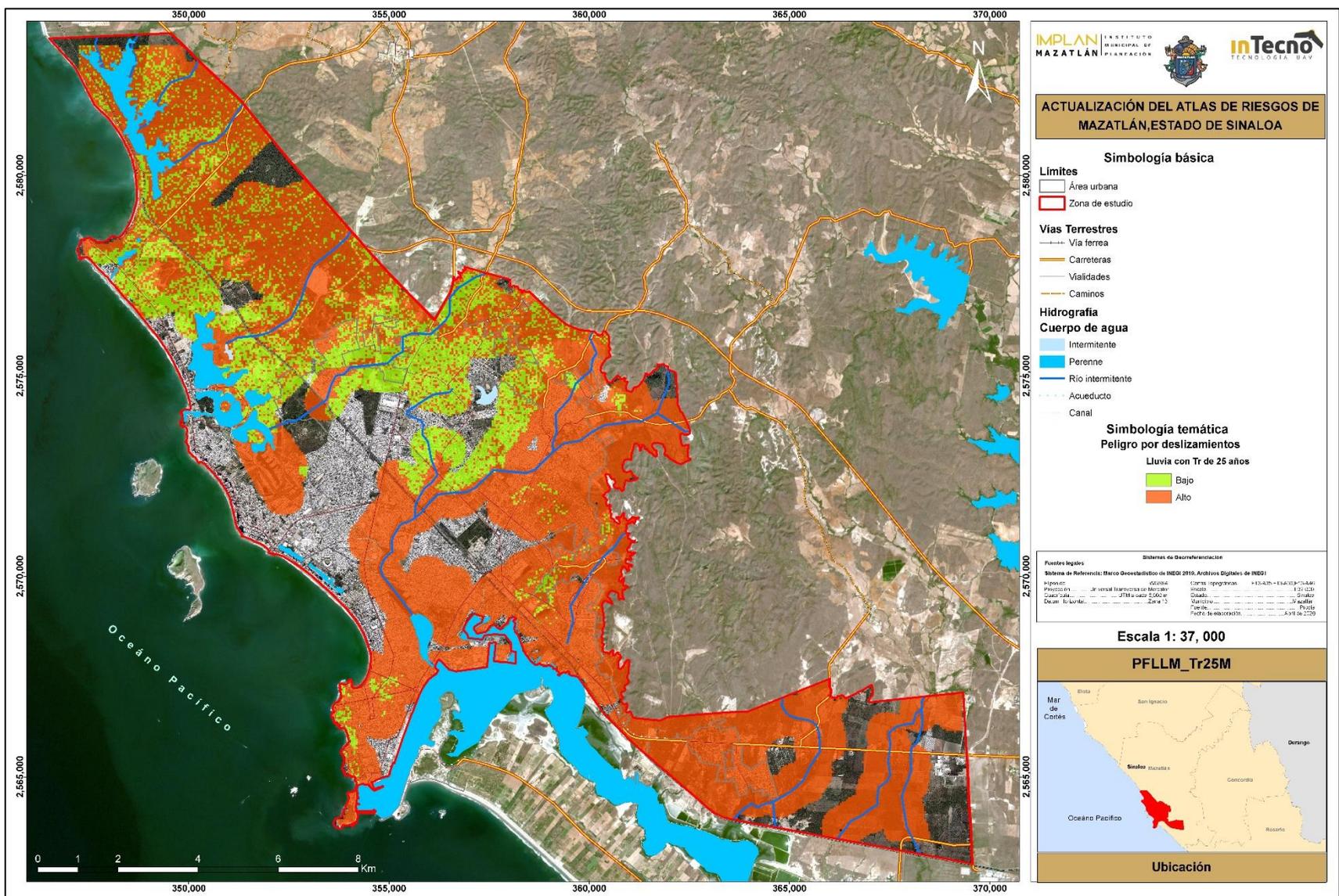


Figura II.2.36. Mapa de peligro de flujos, con lluvias máximas en un periodo de retorno de 25 años. Fuente. Elaboración propia.

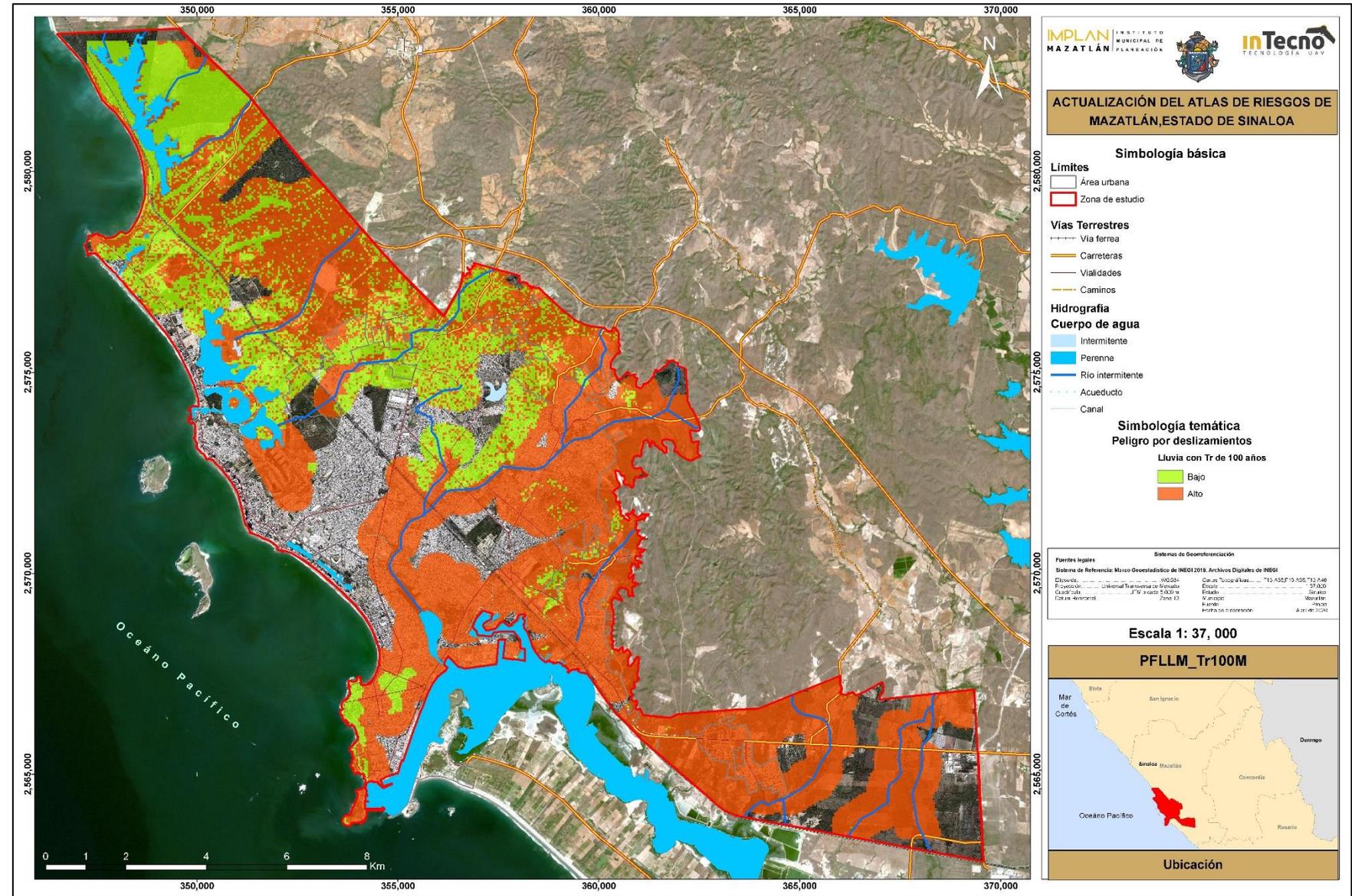


Figura II.2.38. Mapa de peligro de flujos, con lluvias máximas en un periodo de retorno de 100 años. Fuente. Elaboración propia.

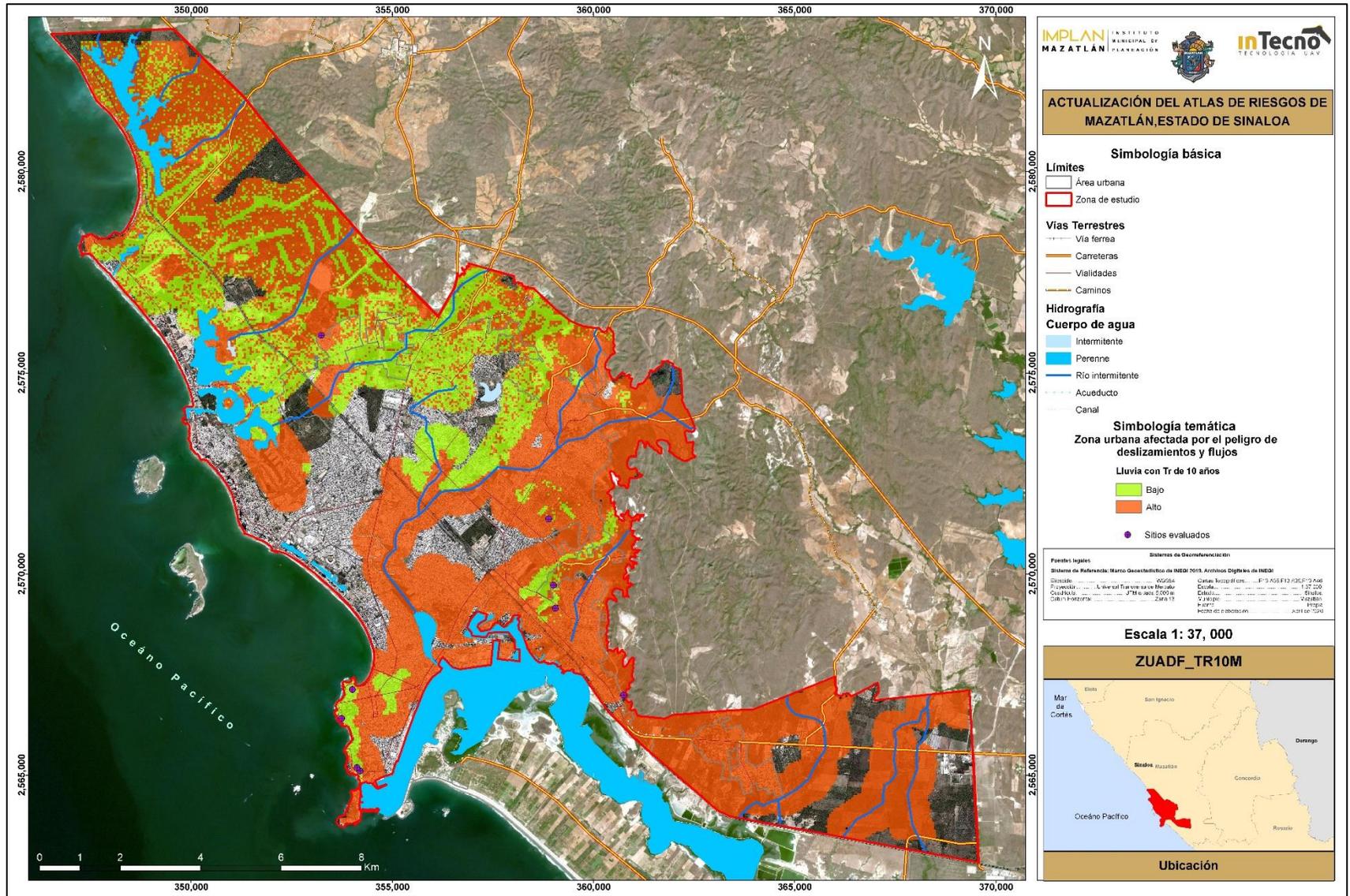


Figura II.2.40. Mapa de la zona urbana afectada por peligros de deslizamiento y flujos con lluvias máximas en periodo de retorno de 10 años. **Fuente.** Elaboración propia.

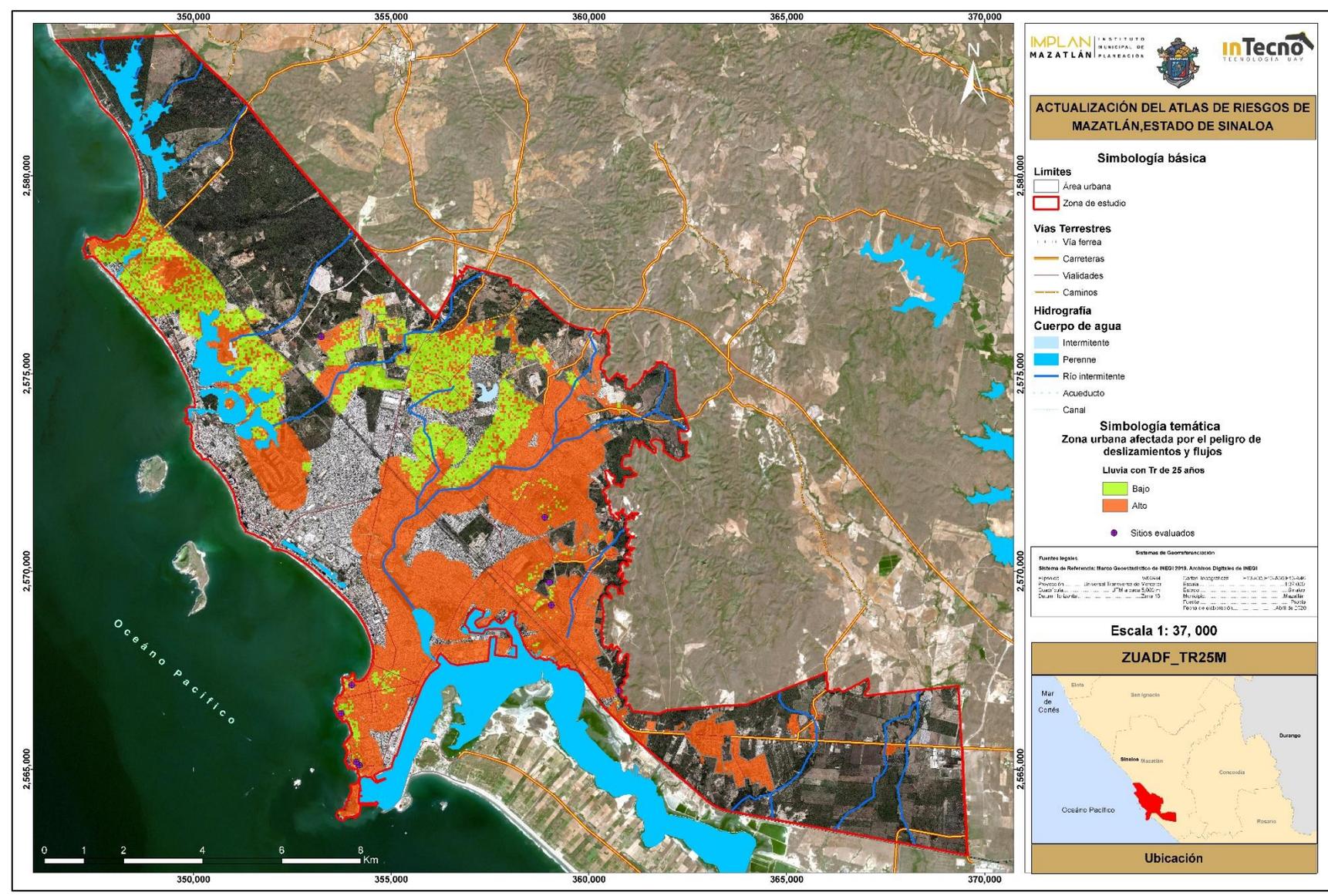


Figura II.2.41. Mapa de la zona urbana afectada por peligros de deslizamiento y flujos con lluvias máximas en periodo de retorno de 25 años. Fuente. Elaboración propia.

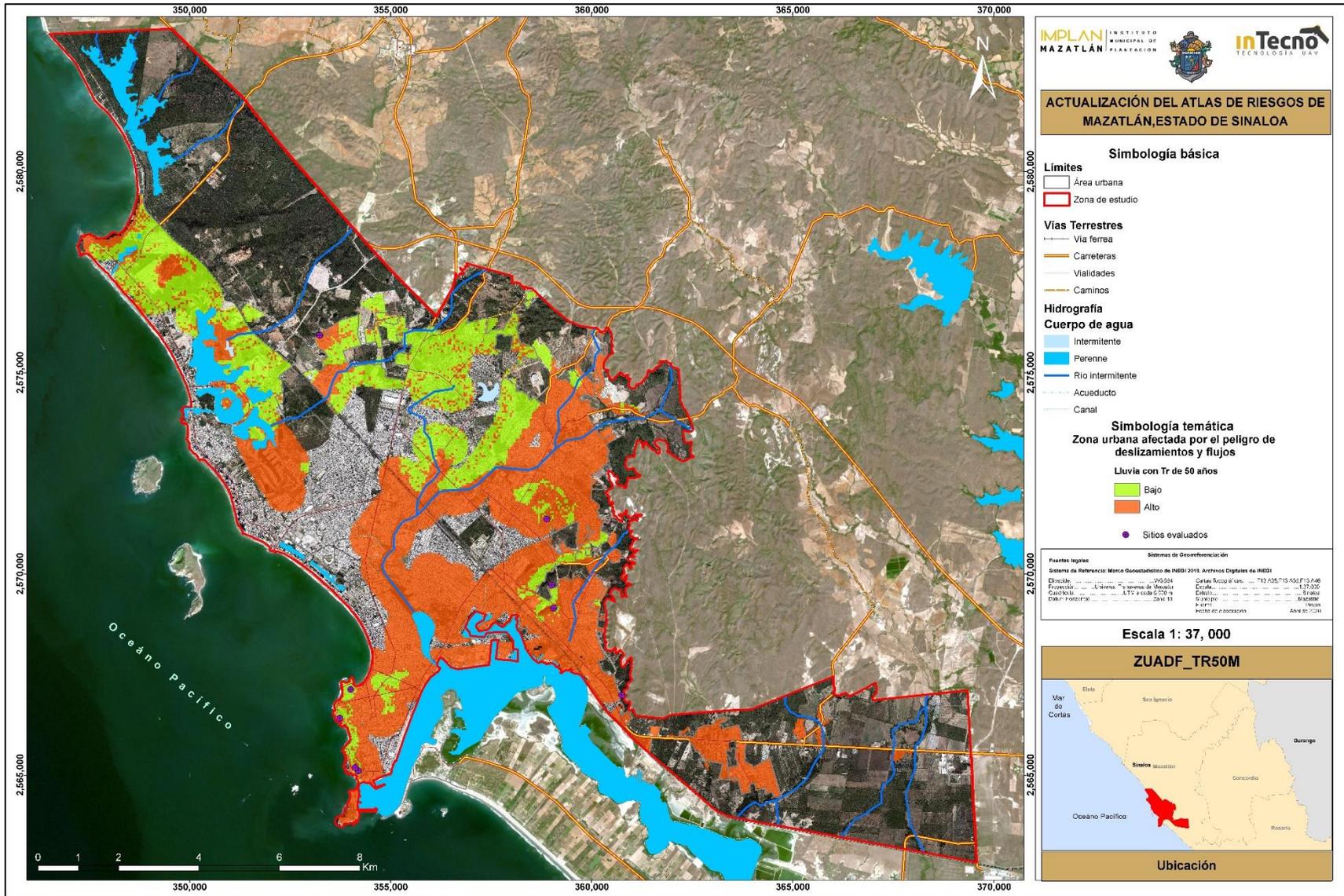


Figura II.2.42. Mapa de la zona urbana afectada por peligros de deslizamiento y flujos con lluvias máximas en periodo de retorno de 50 años. Fuente. Elaboración propia.

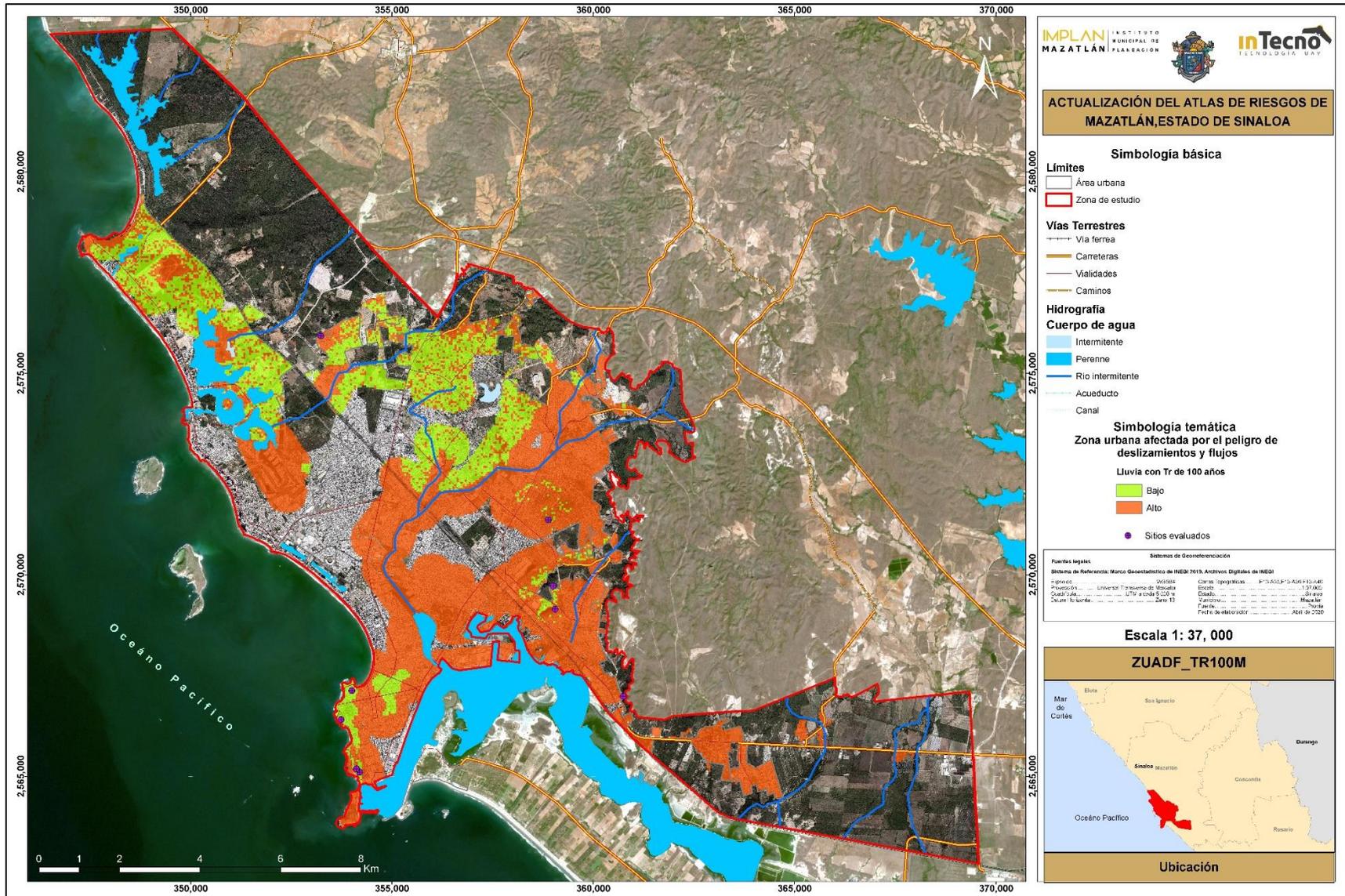


Figura II.2.43. Mapa de la zona urbana afectada por peligros de deslizamiento y flujos con lluvias máximas en periodo de retorno de 100 años.
Fuente. Elaboración propia.



2.2.2 Tsunami (nivel 2, según términos de referencia)

Los tsunamis se producen por una dislocación súbita en una porción extensa del fondo marino que a su vez perturba la superficie del mar, desplazando grandes volúmenes de varios metros por arriba de su posición de equilibrio.

La energía potencial (del volumen de agua desplazada), se propaga hacia las costas en forma de ondas a las que se les conoce como “tsunami o maremoto”, la velocidad de propagación de un tsunami es de aproximadamente 800 km/hora en mar abierto, donde las profundidades alcanzan hasta 5,000 m y su velocidad disminuye al aproximarse a la costa, llegando hasta 35 km/hora en 10 m de profundidad.

Los tsunamis se amplifican al llegar a las costas y pueden ocasionar inundaciones repentinas o una retirada de mar seguida por una inundación; esta se manifiesta como una marea que sube rápidamente y en ocasiones como una pared de agua que avanza sobre la costa, pudiendo penetrar varios kilómetros y alcanzando alturas hasta de 30 m como fue el caso de Sumatra en 2004 y de Japón en 2011. No siempre la primera ola es la más alta, en ocasiones es la tercera o la cuarta, mismas que suceden a intervalos de 30 minutos y continúan llegando con menor altura en las siguientes 24 horas.

Con fines prácticos, para tomar medidas de prevención ante una alerta de tsunami de origen sísmico se clasifican en locales, regionales y lejanos o transoceánicos, ver figura II.2.44.



Figura II.2.44. Zonificación de tsunamis en México. Fuente. Servicio Sismológico Nacional

Tsunamis locales: La inundación queda confinada a lo largo de la costa en el área del terremoto y a distancia de 100 km aledañas al área.

Tsunamis regionales: Son capaces de generar destrucción a distancias de 1000 km de la región de generación en un lapso de 2 a 3 horas desde su origen.

Tsunamis lejanos: Son los que se originan en la margen occidental del Océano Pacífico, y tardan entre 8 y 12 horas en llegar a nuestras costas, los tsunamis de origen lejano para México pueden causar daños considerables cuando el terremoto que los origina es de gran magnitud (9.0 a 9.5 grados en la escala de Richter).

La mayoría de los tsunamis se originan por terremotos que suceden en el Cinturón de Fuego del Océano Pacífico, en zonas de hundimiento o subducción de los bordes de las placas tectónicas que forman la corteza del fondo marino.



En México, el mayor riesgo son los tsunamis locales generados por terremotos en la Fosa Mesoamericana que es la zona de hundimiento de la placa de Cocos y de Rivera bajo la placa de Norteamérica, adyacentes a la costa occidental de México, desde Jalisco hasta Chiapas, ver figura II.2.45.

Este fenómeno está latente en nuestro país, todo el Pacífico Mexicano está expuesto a recibir tsunamis regionales y transoceánicos, mientras que los estados de Nayarit, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas son además susceptibles a la generación de tsunamis locales, debido a que se encuentran en la zona de subducción antes descrita.

La información histórica registra el arribo de 60 tsunamis a la costa occidental de México en los últimos 284 años.

Los tsunamis de origen lejano han tenido olas de 2.5 m de altura y los de origen local han tenido olas de 5.0 m en promedio, la historia reciente no tiene conocimiento de que en México hayan ocurrido tsunamis destructivos como los de Chile en 1960 y 2010, o el de Japón en 2011. Sin embargo, no podemos descartar la posibilidad de que tsunamis como estos puedan ocurrir en la costa del Pacífico Mexicano, de hecho, existen evidencias de que en 1787 ocurrió un gran terremoto de magnitud 8.4 en San Sixto, Oaxaca, que generó un tsunami local sumamente destructivo (Núñez, Ortiz y Sánchez, 2008).

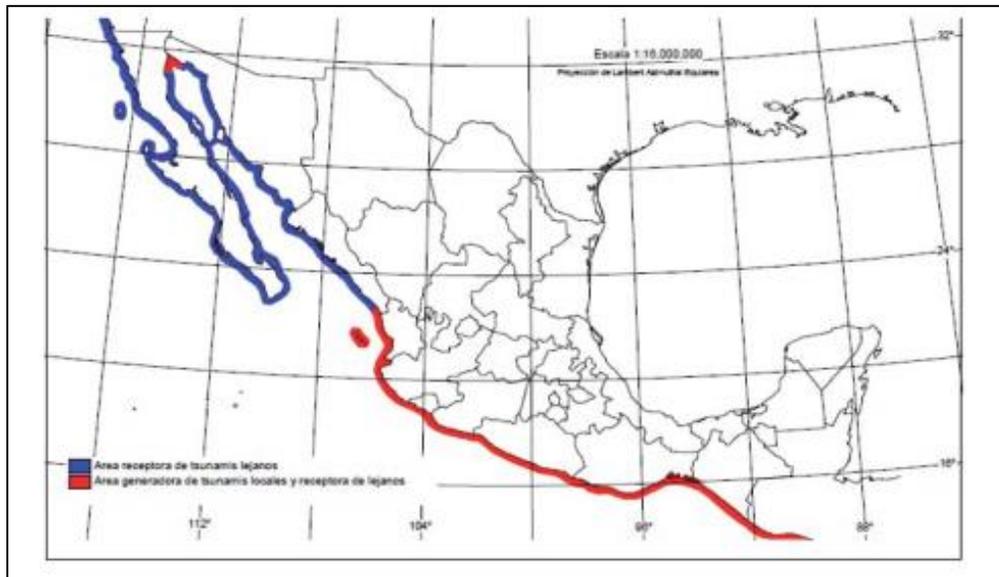


Figura II.2.45. Mapa de peligro por tsunamis en los estados de Baja California, Sonora y Sinaloa (color azul), la altura máxima esperada de olas es de 3.0 m, y para el resto de la costa occidental del Pacífico (color rojo), dicha altura puede llegar a 10.0 m. **Fuente.** D.O.F., 21 de febrero de 2017.

El 27 de marzo de 1964, un sismo en Alaska provocó un maremoto cuyas olas alcanzaron 11.3 m de altura. Las ciudades como Mazatlán, Concordia, Quelite y Villa Unión, así como puertos aledaños a la costa del Océano Pacífico encendieron las señales de alerta, el Servicio Meteorológico de Mazatlán no fue la excepción. En marzo de 2011 se registró otra alerta de Tsunami que causó mucho pánico en la población.

El Ing. Alfredo Galaviz Solís (Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM), menciona que se requiere de un evento extraordinario, un sismo de grandes magnitudes (lo cual es poco probable), para que se produzca un tsunami de consecuencias catastróficas en Mazatlán, esto prácticamente no lo veremos en el puerto dice el investigador, al hablar de los mitos y verdades de los sismos y la



formación de tsunamis en el Pacífico Mexicano. En el caso de un sismo en el Golfo de California, la fuerza siempre será menor por el tipo de placa continental donde se ubica Mazatlán y, en consecuencia, las posibilidades de un tsunami son remotas, pero aun así siempre hay manera de informar y alertar a la gente. Aunque se produzca un sismo fuerte de 9.0 grados, por ejemplo, las costas son rígidas hay mucha altura por la sierra y las más bajas están a 20 m promedio sobre el nivel de mar.

Los oleajes de las tormentas tropicales que alcanzan hasta 6 m de altura son como pequeños tsunamis, una realidad en el caso de un fenómeno sísmico es que se producen ondas que se esparcen a 800 km/h y los tsunamis se traducen en una ola gigante de hasta 16 o 20 m de altura, pero un fenómeno de esa naturaleza es difícil verlo en las costas mexicanas.

Simulación Tsunami.

Para definir las condiciones de que un tsunami genere peligro a la Ciudad de Mazatlán se analizó la tectónica e historial sísmico en la zona del Golfo de California Próxima a la Ciudad de Mazatlán como se ha mencionado en los apartados respectivos del tema de geología estructural, en el entorno geológico se tiene un ambiente tectónico de fallas transcurrentes, las cuales a diferencia de fallas de subducción no tienen el potencial de generar sismos de magnitudes importantes que generen un sismo causante de un tsunami de gran magnitud, en los antecedentes de sismos que se han presentado en la zona, estos no han tenido magnitudes mayores a 7.5, ver figura II.2.46.

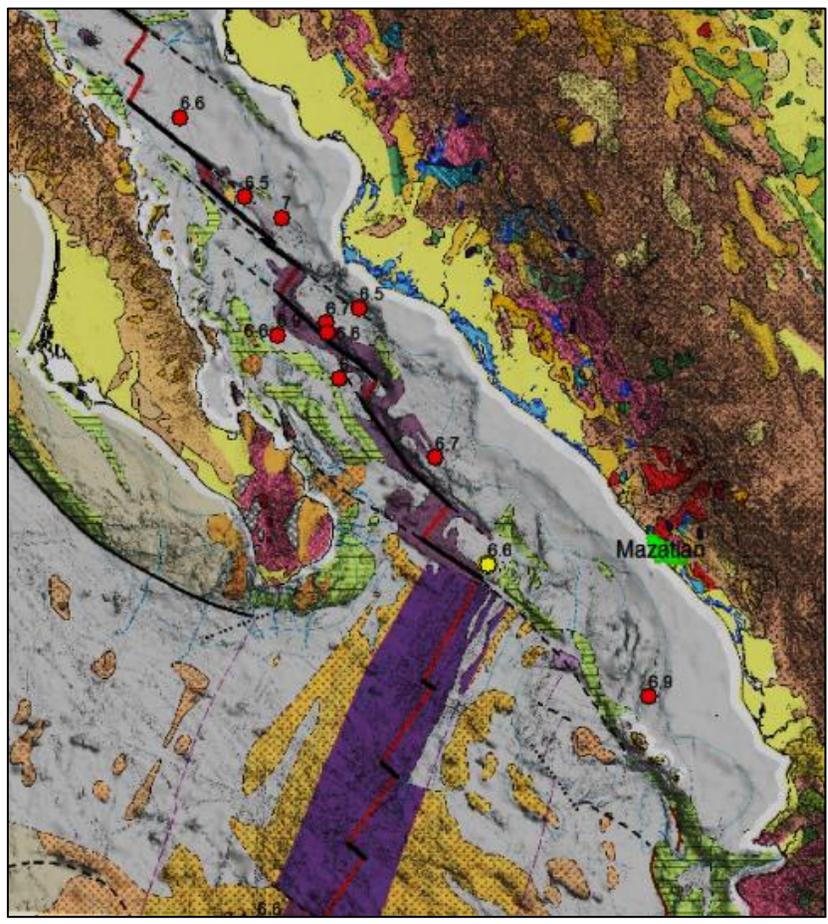


Figura II.2.46. Imagen de la Tectónica de la zona sísmica en el Golfo de California se observan las fallas de tipo transcurrente que tienen el potencial de generar sismos. **Fuente.** Elaboración propia.



Como referencia se realizó una sección topográfica del fondo oceánico, donde se observan la morfología de este y se indica la ubicación del sismo, así como la morfología de la plataforma continental, ver figura II.2.47.

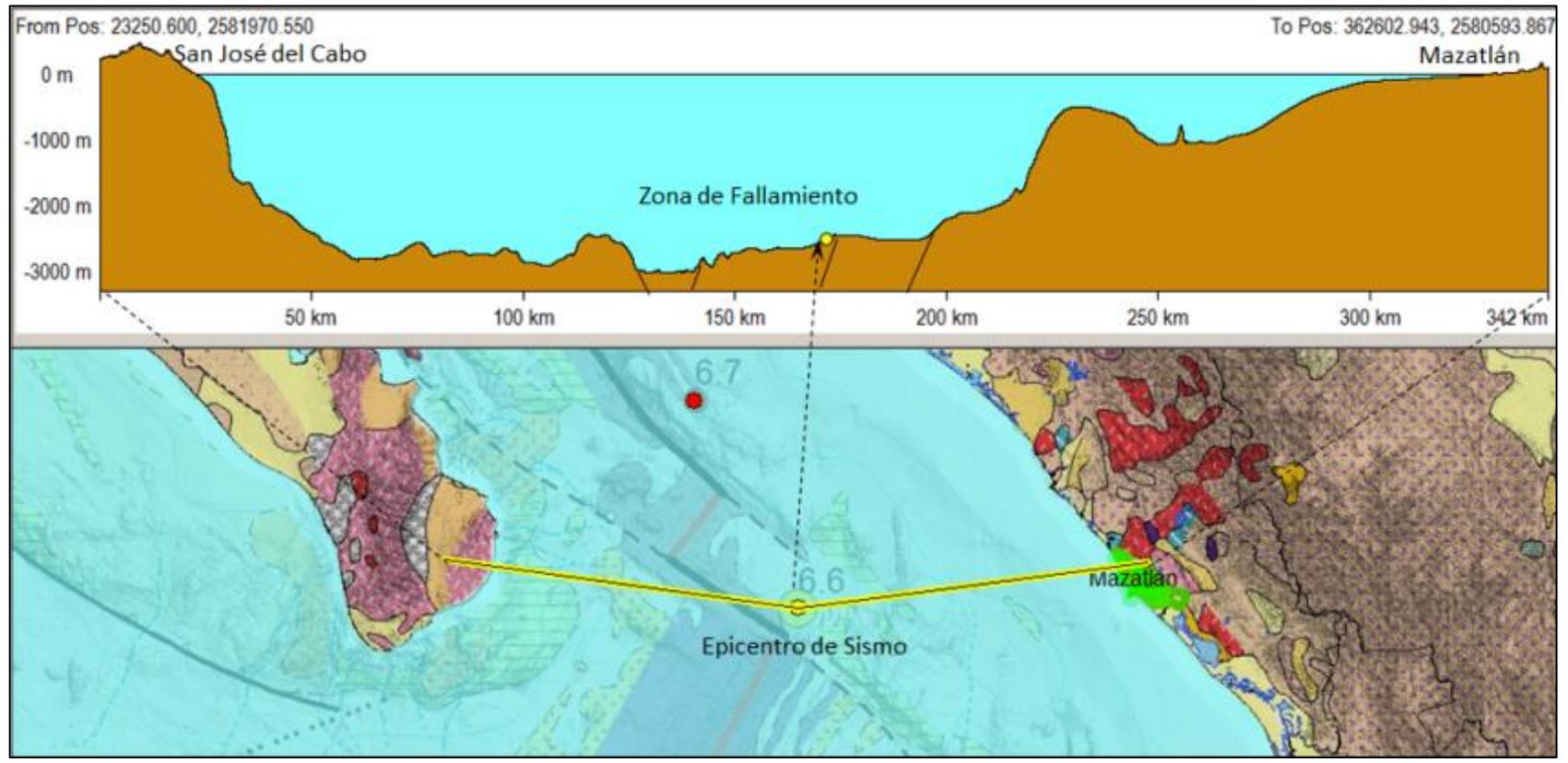


Figura II.2.47. Sección en base a la batimetría del Golfo de California, se observa la morfología del fondo marino en la zona noroeste de Mazatlán, se indica en epicentro del sismo utilizado para realizarla simulación de un tsunami. Fuente. Elaboración propia.

RESUMEN CRONOLÓGICO DE TSUNAMIS DE ORIGEN LOCAL REGISTRADOS U OBSERVADOS EN LA COSTA OCCIDENTAL DE MÉXICO (SANCHEZ Y FERRERAS, 1993)					
FECHA	EPICENTRO DEL SISMO	ZONA DEL SISMO	MAGNITUD DEL SISMO	LUGAR REGISTRADO DEL TSUNAMI	ALTURA MAX DE OLAS EN M
25/02/1732	NO DEFINIDO	GUERRERO		ACAPULCO	4
01/09/1754	NO DEFINIDO	GUERRERO		ACAPULCO	5
26/03/1787	NO DEFINIDO	GUERRERO	8	ACAPULCO	3 A 8
03/04/1820	NO DEFINIDO	OAXACA		POCHUTLA JUQUILA	4 4
04/05/1820	17.2°-99.5°	GUERRERO	7.6	ACAPULCO	4
10/03/1833	NO DEFINIDO	GUERRERO		ACAPULCO	N.D.
11/03/1834	NO DEFINIDO	GUERRERO	7.9	ACAPULCO	N.D.
07/04/1845	16.6° - 99.2°	GUERRERO		ACAPULCO	N.D.
29/11/1852	NO DEFINIDO	BAJA CALIFORNIA		RIO COLORADO	3
04/12/1852	NO DEFINIDO	GUERRERO		ACAPULCO	N.D.
11/05/1870	15.8° - 96.7°	OAXACA	7.9	PUERTO ÁNGEL	N.D.
23/02/1875	NO DEFINIDO	COLIMA		MANZANILLO	N.D.
14/04/1907	16.7° - 99.2°	GUERRERO	7.6	ACAPULCO	2
30/07/1909	16.8° - 99.9°	GUERRERO	7.2	ACAPULCO	N.D.
16/11/1925	18° - 107°	GUERRERO	7	ZIHUATANEJO	7 A 11
22/03/1928	15.6° - 96.1°	OAXACA	7.5	PUERTO ÁNGEL	N.D.
16/06/1928	16.3° - 96.7°	OAXACA	7.6	PUERTO ÁNGEL	N.D.
03/06/1932	19.8° - 104.2°	JALISCO	8.2	MANZANILLO SAN PEDRITO CUYUTLÁN SAN BLAS	2 3 N.D. N.D.
16/06/1932	19.5° - 103.5°	JALISCO	7.8	MANZANILLO	1
22/06/1932	18.7° - 104.6°	JALISCO	6.9	CUYUTLÁN MANZANILLO	9 A 10 N.D.
29/06/1932		JALISCO		CUYUTLÁN	N.D.
03/12/1946	22.0° - 106.5°	NAYARIT	6.9	ISLAS MARIAS	2 A 5
14/12/1950	17.22° - 98.12°	GUERRERO	7.2	ACAPULCO	0.3
28/07/1957	17.11° - 99.1°	GUERRERO	7.8	ACAPULCO SALINA CRUZ	2.6 0.3
11/05/1962	17.25° - 99.58°	GUERRERO	7.2	ACAPULCO	0.8
19/05/1952	17.2° - 99.57°	GUERRERO	7.1	ACAPULCO	0.3
23/08/1965	16.17°-95.87°	OAXACA	7.3	ACAPULCO	0.4
30/01/1973		COLIMA	7.6	ACAPULCO MANZANILLA SALINA CRUZ LA PAZ MAZATLÁN	0.4 1.1 0.2 0.2 0.1
29/11/1978	16.01°-96.78°	OAXACA	7.6	PUERTO ESCONDIDO	1.5
14/03/1979	17.75° - 101.26°	GUERRERO	7.4	ACAPULCO MANZANILLO	1.3 0.4
19/09/1985	18.41° - 102.46°	MICHOACÁN	8.1	L. CARDENAS ZIHUATANEJO PLAYA AZUL ACAPULCO MANZANILLO	2.5 3 2.5 1.1 1
21/09/1985	17.82°-101.88°	MICHOACÁN	7.6	ACAPULCO ZIHUATANEJO	1.2 2.5
11/03/2011		JAPÓN	9	ENSENADA ISLA CEDROS CABO SAN LUCAS LA PAZ TOPOLOBANPO MANZANILLO L. CARDENAS ZIHUATANEJO ACAPULCO SALINA CRUZ	1.7 0.5 0.6 0.6 0.5 1.3 0.6 1.2 1.1 0.9

Tabla II.2.09. Resumen cronológico de los Tsunamis de origen local, registrados y observados en la costa occidental de México. **Fuente.** SSN, Sánchez y Farreras 1993.



De todos los modelos de deslizamiento disponibles se calculó el modelo de predicción de desplazamiento co-sísmico vertical, para la modelación del tsunami se utilizó el software COMCOTv1.7 (*Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model*) desarrollado por *Xiaoming Wang et al.*

Xiaoming Wang pertenece al “*Institute of Geological & Nuclear Science*” de Nueva Zelanda y es parte del “*Wace Group*” de la Universidad de *Cornell, USA*.

COMCOTv1.7 es capaz de simular toda la secuencia de un tsunami, desde su generación, propagación y “*runup/rundown*” en las regiones costeras.

Se utilizó un sistema de mallas anidadas, lo que permite aumentar la resolución de las mallas a medida que nos acercamos a la costa y con ello obtener información detallada en las regiones costeras de interés a medida que nos acercamos a la costa la longitud de onda de tsunami disminuye haciendo necesario el uso de grillas de mayor resolución.

La mayoría de los modelos describen las sub-fallas mediante las coordenadas (latitud, longitud, profundidad) del centro de la sub-falla, por lo que fue necesario calcular las coordenadas de una de las esquinas del borde superior de cada una de ellas, posteriormente se calculó el desplazamiento vertical y horizontal para cada modelo de deslizamiento a la profundidad de referencia, los límites del campo de observación se definieron de acuerdo al área abarcada por las observaciones de movimiento de las fallas.

Con el fin de reducir las posibles fuentes de error de los resultados de la simulación de tsunami se realizaron dos pruebas de sensibilidad a los parámetros de profundidad y coeficiente de rugosidad de *Manning*, posteriormente se realizaron pruebas iterativas para determinar cómo y cuánto variaban los resultados de la simulación de tsunami dependiendo de la profundidad de la fosa respecto del nivel medio del mar

La simulación realizada comprendió 5 horas a partir de la generación del tsunami, considerando la profundidad media de la fosa en la zona de fallas, respecto del nivel medio del mar, además se consideró un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,025 aplicado a las mallas como valor predeterminado. El resultado se observa en la figura II.2.48.

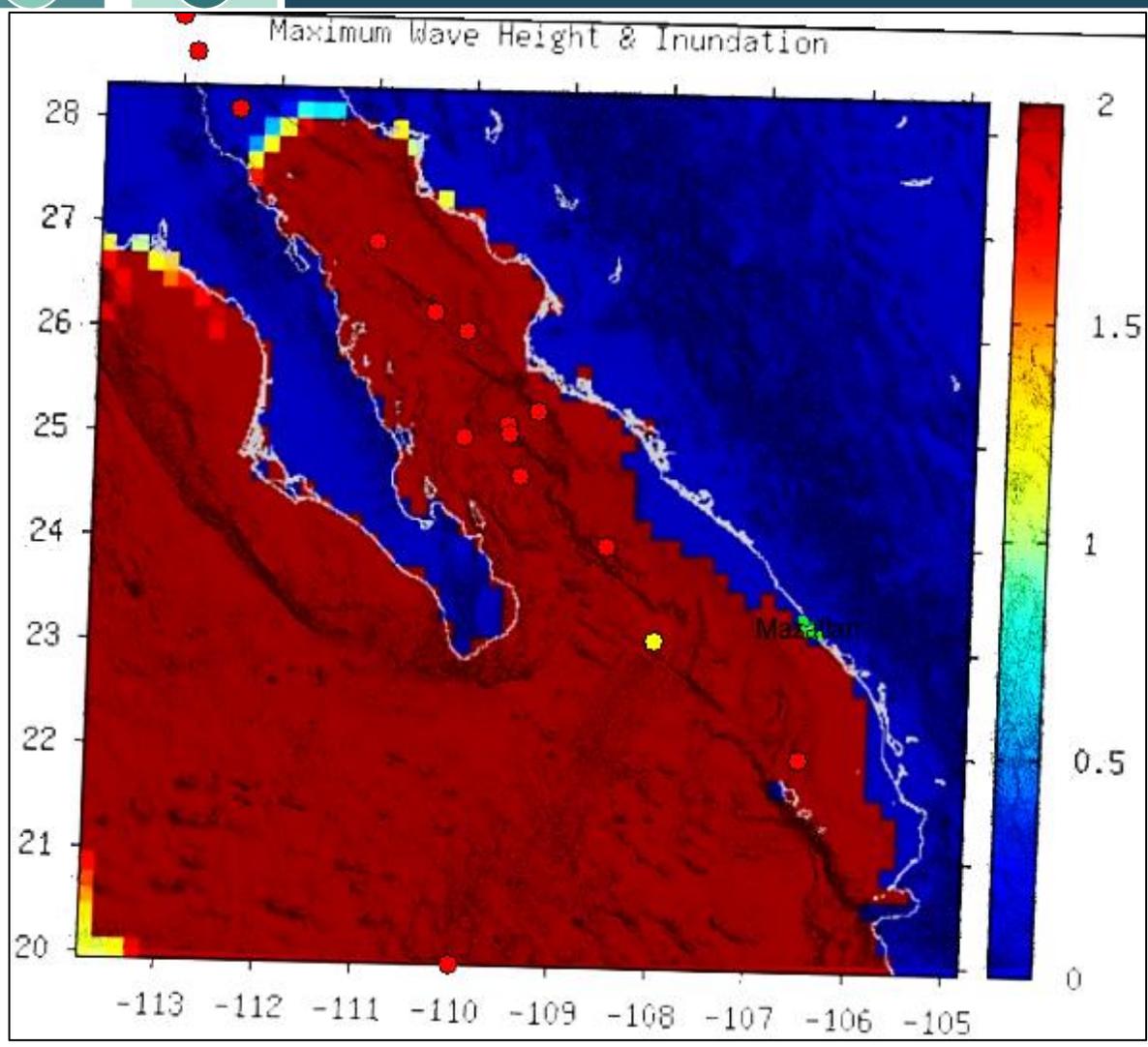


Figura II.2.48. Resultado de la simulación en el sitio indicado la ola generada tuvo una altura máxima de 2 metros. **Fuente.** Elaboración propia.

Como se observa el máximo de la ola generada es de 2, es importante notar que la morfología del fondo marino favorece a la disminución y a la dispersión de la ola frente a la costa del Estado de Sinaloa.

Se integró el mapa de alcance de una ola que ingresa tierra adentro a una altura de 10 metros, ver figura II.2.49.

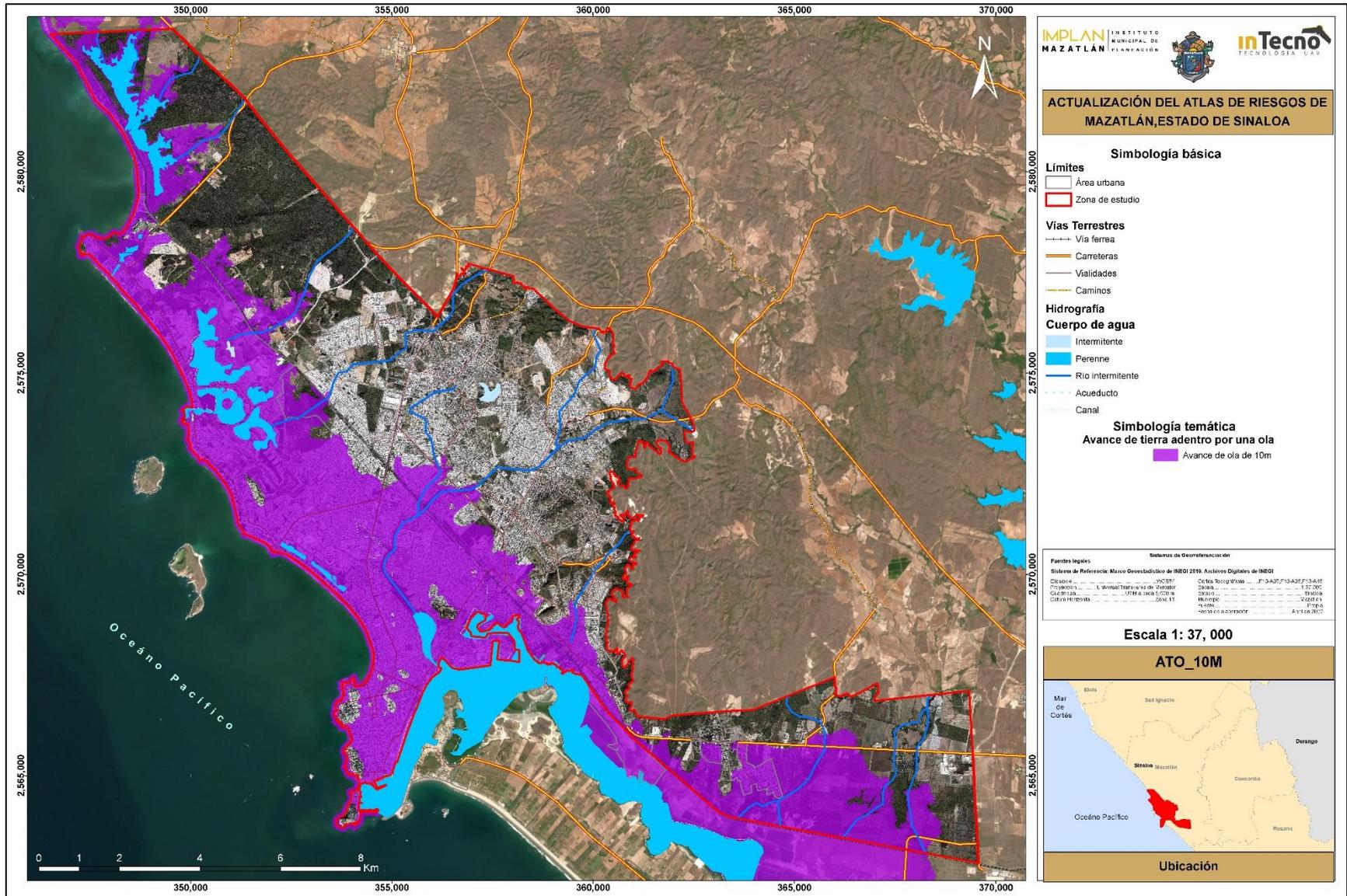


Figura II.2.49. Mapa indicado en los términos de referencia para mostrar el avance tierra adentro de una ola con altura de 10 metros. **Fuente.** Elaboración propia



2.2.3 Hundimiento (Subsidencia) y Agrietamiento del Terreno

La subsidencia del terreno es un movimiento de tipo vertical con tasas variables de milímetros a algunos metros en las capas de suelo o sedimentos de diferente origen, este movimiento de tipo diferencial relativo a un punto de referencia es gradual debido a la compactación paulatina causada por la reducción del agua entre los poros.

Tipo de subsidencia	
Hydrocompactación	Se presenta en suelos colapsables compuestos por sedimentos de baja densidad, intercalados con sedimentos de grano grueso
Licuefacción	Cambios repentinos en la saturación del suelo provoca que los componentes dejen de estar en contacto el material se comporta como un líquido, son ocasionados por sismos
Extracción de fluidos subterráneos	La explotación de agua subterránea genera un descenso en la presión y el consecuente colapso de los poros dando como resultado la compactación diferencial de suelos
Compactación natural	Se genera por la compactación de sedimentos antiguos que van siendo cubiertos por sedimentos más recientes de mayor densidad

En la zona de Mazatlán no se ha tenido registro de este tipo de fenómenos.

2.2.4 Sismos (nivel 2, según términos de referencia)

La sismicidad se define como el parámetro que describe la actividad sísmica en un área geográfica determinada con base en el estudio de la ocurrencia y distribución de ondas que provocan el movimiento del terreno.

Este fenómeno derivado de la dinámica interna de la Tierra ha estado presente durante toda la historia geológica del globo terráqueo desde hace más de 4,500 millones de años y continuará manifestándose de manera similar a lo observado en el pasado (CENAPRED, 2006).

Un sismo, denominado también como terremoto o temblor, es la vibración de la Tierra producida por una súbita liberación de energía, la cual se propaga en el interior y en la superficie en forma de ondas elásticas.

La energía que da origen a estas ondas sísmicas proviene de una fuente que por lo regular se producen por el deslizamiento de la corteza terrestre a lo largo de una zona de falla.

El punto donde se genera la ruptura en el interior de la Tierra se denomina Hipocentro o Foco y a su vez la proyección de este en la superficie se conoce como Epicentro, ver figura II.2.50.

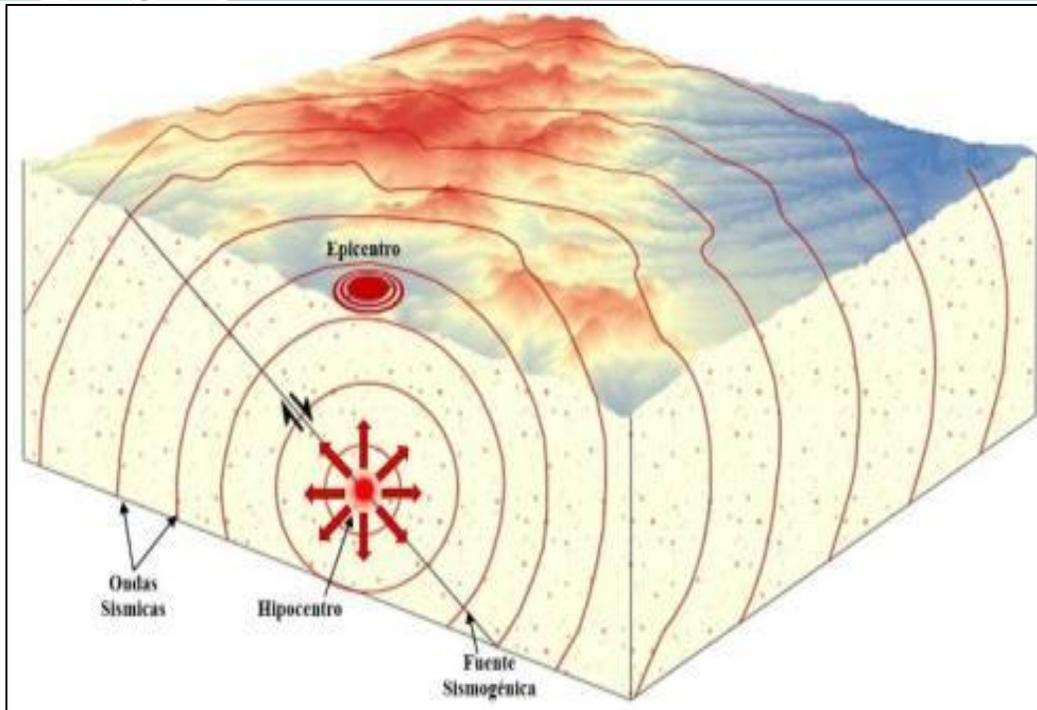


Figura II.2.50. Esquema de propagación de las ondas sísmicas. **Fuente.** CENAPRED 2011.

Para describir un sismo se utilizan los términos de intensidad y magnitud, el primero evalúa el daño producido por un terremoto a la infraestructura existente, mientras que el segundo es una medida cuantitativa de la cantidad de energía liberada que determina el tamaño real del sismo, independientemente si estos ocurren en regiones habitadas o no.

La intensidad sísmica no solo depende de su fuerza, sino también de la distancia al epicentro, la naturaleza de los materiales en la superficie y el diseño constructivo de las edificaciones, este parámetro se mide con la Escala de Intensidad de “Mercalli”. Por otro lado, la magnitud de un terremoto puede determinarse a partir de la cantidad de material que se desliza a largo de la zona falla y la distancia que se desplaza.

En todo el mundo se utiliza la escala de “Richter”, para determinar la amplitud de onda registrada en un sismograma.

Los sismos se pueden clasificar según sus orígenes como naturales y artificiales.

En general, los naturales liberan mayor cantidad de energía, por lo que sus efectos destructivos en superficie son mayores, a diferencia de los de origen artificial que son más puntuales.

2.2.4.1 Sismos Naturales y Sismos Tectónicos

Estos se generan por la interacción de placas tectónicas y se definen en dos clases, los sismos interplaca, ocasionados por la fricción en las zonas de contacto entre dos placas y los de intraplaca generados en la parte interna de las placas, como consecuencia de interacciones continentales, ver figura II.2.51.

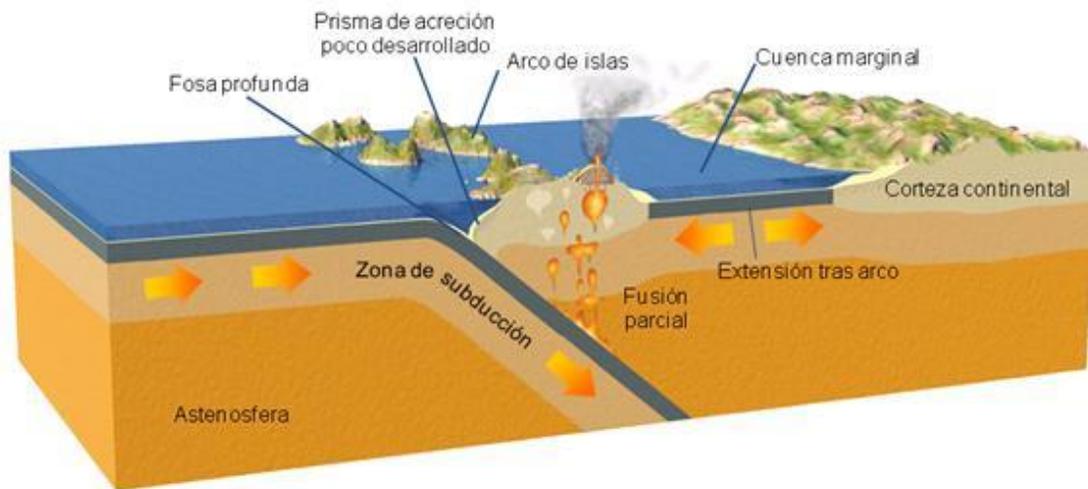


Figura II.2.51. Modelo de tectónica de placas, mostrando los efectos que produce la subducción de la corteza oceánica bajo la corteza continental. **Fuente.** CENAPRED 2011.

2.2.4.2 Sismos Artificiales

Son producidos por el hombre por medio de explosiones comunes y nucleares, normalmente son con fines de exploración, investigación y para la explotación de bancos de material, así como para la extracción minera.

Existen dos tipos de ondas sísmicas, que se propagan cuando existe una liberación de energía, las ondas de cuerpo (P y S) y las ondas superficiales (“Love” y “Rayleigh”); Las primeras son aquellas que viajan a través del interior de la Tierra, no presentan trayectorias horizontales continuas ya que varían debido a la densidad y composición de las rocas del interior de la Tierra, por lo que se presentan fenómenos de reflexión y refracción sismológica (CENAPRED, 2011).

Las ondas Primarias (P): Son longitudinales o de compresión, es decir, el material es alternadamente comprimido y dilatado en la dirección de la propagación de las ondas sísmicas; viajan a diferente velocidad dependiendo del medio rocoso sobre el cuál se transmiten; las velocidades de dispersión oscilan entre los 1,100 y 8,000 m/s. Se les conoce también como ondas primarias (P), debido a que viajan más rápido y son las primeras en llegar al punto.

Ondas Secundarias (S): Son ondas transversales o de corte, significa que el material es desplazado perpendicularmente a la dirección de propagación. Presentan mayor amplitud que las ondas (P) por lo que se sienten con más intensidad. Las ondas de cizalla o secundarias (S) solo pueden viajar a través de medios sólidos, ya que su existencia depende de la habilidad del medio transmisor para resistir los cambios de forma debido al esfuerzo cortante

Respecto a las ondas superficiales, estas se desplazan a menor velocidad que las ondas (P) y (S); causan una mayor destrucción por la resonancia que provocan en las edificaciones debido a su baja frecuencia. Este tipo de ondas se clasifican en ondas “Rayleigh” y ondas “Love”.

Ondas Rayleigh (R): son aquellas en las que las partículas se mueven verticalmente en una órbita elíptica, es decir, viajan como ondulaciones.

Ondas Love (L): las partículas vibran transversalmente a la dirección de avance de la onda por lo que provocan cortes horizontales en la Tierra.

Para medir la intensidad sísmica se utiliza la escala de Intensidad de “Mercalli” Modificada la cual consta de doce grados; esta medición no solo depende de la fuerza de un sismo, sino también de otros factores como la distancia al epicentro, la naturaleza de los materiales aflorantes en la superficie y el diseño de los edificios, ver figura II.2.52.

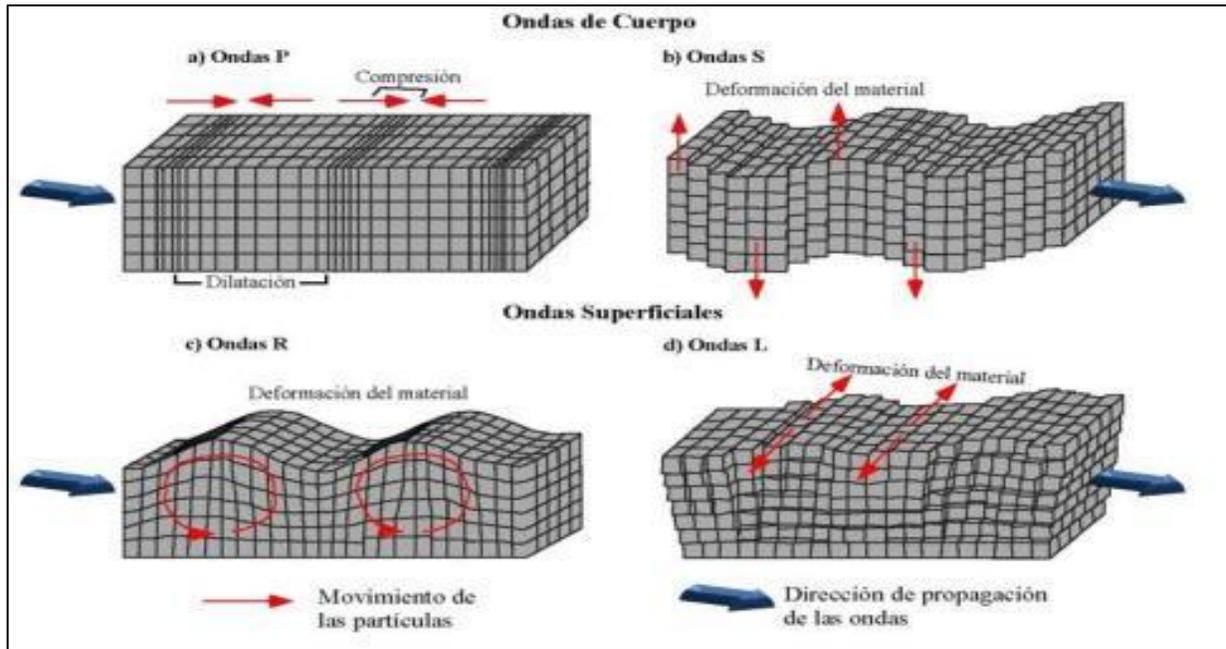


Figura II.2.52. Tipos de ondas sísmicas. Fuente. CENAPRED 2011.

Por otro lado, la magnitud de un terremoto puede determinarse a partir de la cantidad de energía liberada, utilizando las amplitudes de las ondas medidas directamente desde un sismógrafo; la cuantificación de los efectos de un sismo se da con la asignación de un número en una escala logarítmica utilizada mundialmente conocida como Escala de “Richter”, esto significa que, por cada grado de aumento en la escala, la energía liberada podría ser hasta 32 veces mayor.

2.2.4.3 Antecedentes Sísmicos

México es un país tectónicamente activo y de alta sismicidad, caracterizado por la ocurrencia periódica de eventos sísmicos de diferentes magnitudes, ya que se encuentra afectado por la interacción de cinco placas tectónicas: Cocos, Pacífico y Rivera, Oceánicas; Norteamérica y Caribe, continentales. Estos fragmentos de litosfera están en constante movimiento presentando velocidades de desplazamiento y/o acreción variada, del orden de algunos centímetros por año; la fricción que se ejerce entre ellas es la principal responsable de la generación de los sismos que ocurren en el país, sobre todo los relacionados entre las placas oceánicas con las continentales.

A pesar de que los sismos no pueden predecirse en tiempo, magnitud e intensidad, estos se presentan en regiones bien definidas, asociadas generalmente a zonas cercanas a la interacción entre dos o más placas tectónicas. La zona de mayor peligro sísmico es la que se tiene monitoreada a lo largo de la Costa del Pacífico, la cual es una zona de subducción activa, en donde las Placas de Cocos y Rivera, penetran por debajo de la placa continental norteamericana, ver figura II.2.53.

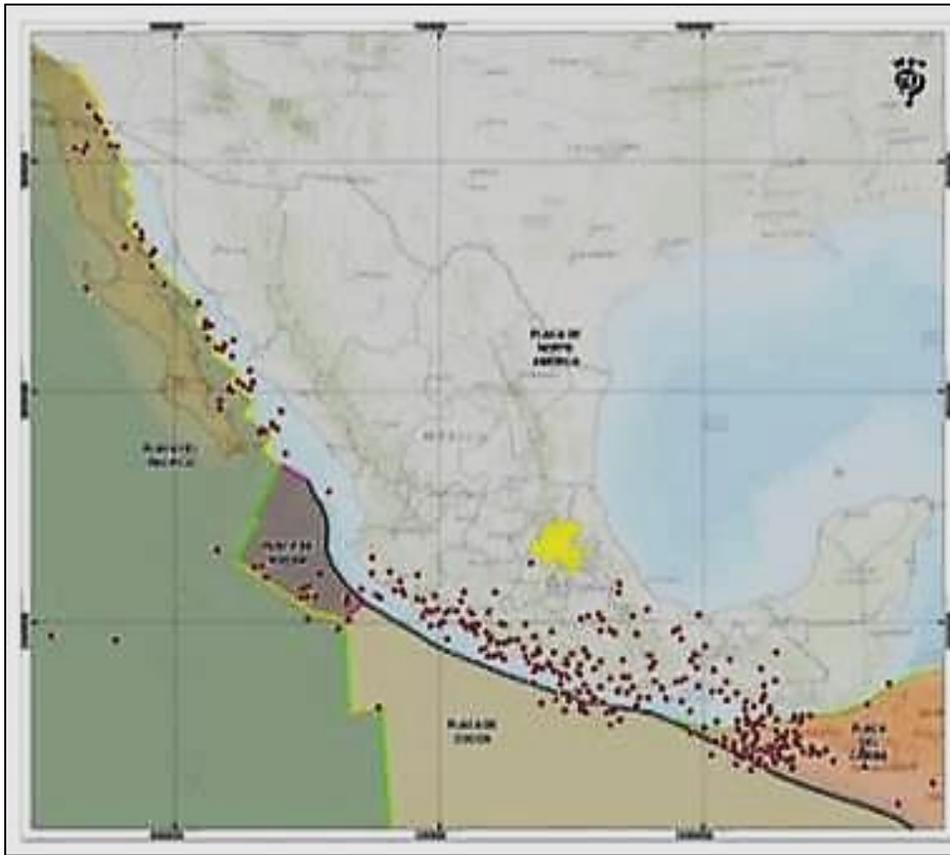


Figura II.2.53. Placas Tectónicas que afectan el territorio mexicano, así como ubicación de epicentros con magnitud $>5^{\circ}$ en la escala "Richter". **Fuente.** Servicio Sismológico Nacional (SSN).

Una parte del límite de la Placa Tectónica del Pacífico con respecto a la de Norteamérica se localiza en el Golfo de California, la velocidad de desplazamiento de una placa respecto a la otra en esta región va de los 41 a los 54 mm por año, ver figura II.2.54.



Figura II.2.54. Marco tectónico de la República Mexicana en relación con las placas tectónicas: Norteamérica, Pacífica, Rivera, Cocos, Caribe, Trinchera Mexicana, Volcanes en el Eje Neovolcánico Transmexicano, Zonas Sísmicas y Fallas Regionales y Continentales. **Fuente.** Servicio Sismológico Nacional (SSN).

El límite entre ambas placas es de tipo transformante y consiste en una serie de fallas semi paralelas a la línea de costa, que conectan segmentos oceánicos y recibe el nombre de Dorsal de Alarcón, una de las fallas más importante se localiza en el Golfo de California y se conoce como falla Tiburón, ver figura II.2.55.

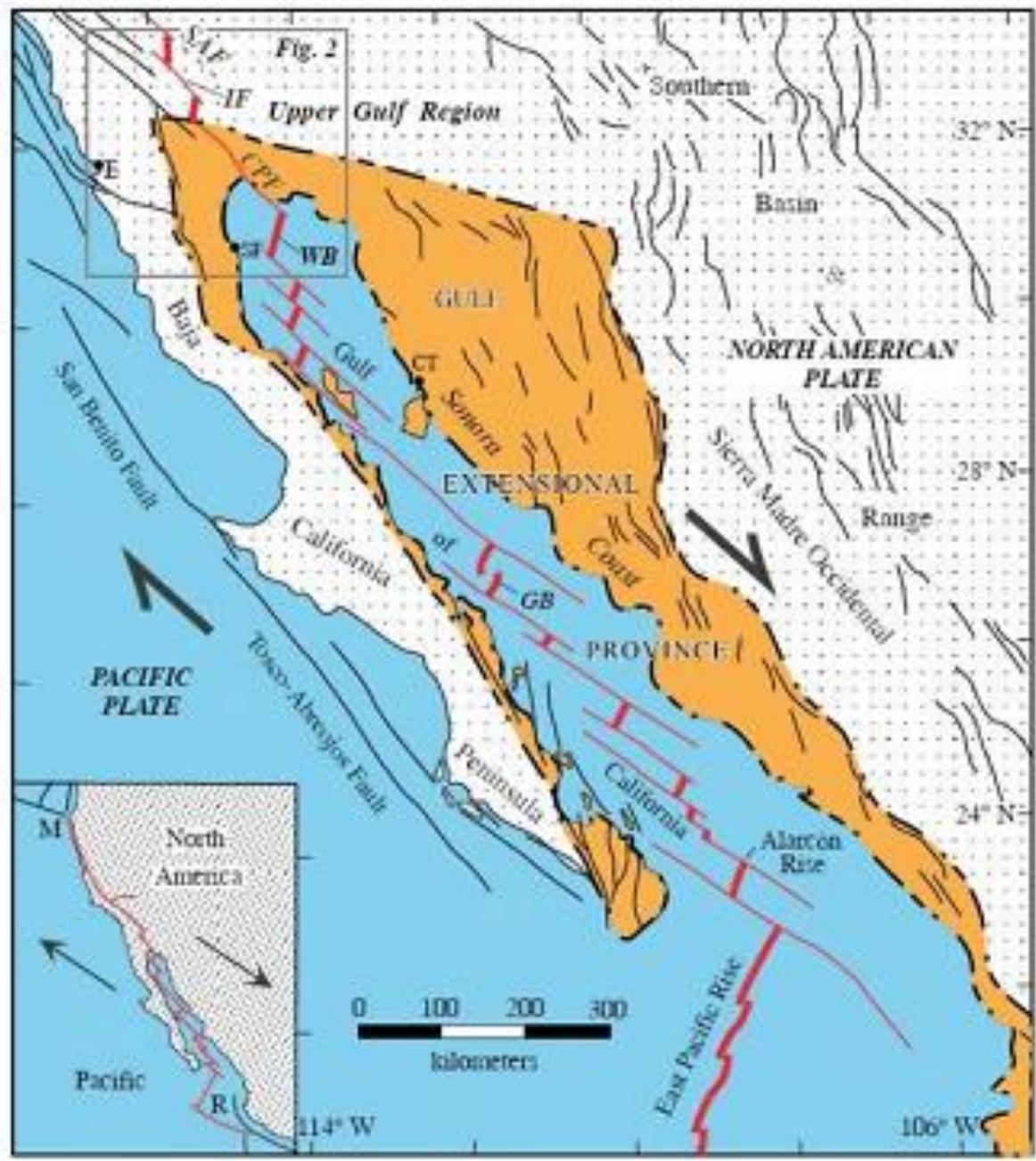


Figura II.2.55. Sistema de fallas transformantes que dan origen y afectan la zona del Golfo de California; en el extremo SE, se ubica la ciudad de Mazatlán. **Fuente.** Servicio Sismológico Nacional (SSN).

La región sur del Golfo de California se considera como una zona de alta sismicidad, ya que la mayoría de los sismos que se generan están relacionados con las fallas transformantes y dorsales que dan origen al Golfo de California, estos sismos afectan al estado de Sinaloa y en parte a la ciudad de Mazatlán.

El mecanismo focal de los sismos ocurridos en esta parte del país, registrados por el Servicio Sismológico Nacional, indican un desplazamiento característico de un límite de tipo transformante; los sismos que se generan en este tipo de fallas son sismos someros.



La referencia regional más reciente es el sismo denominado El Mayor-Cucapah con las siguientes características:

Magnitud: 7.2

Lugar, Mexicali, Baja California

Fecha: Domingo 4 de abril de 2010

Hora local: 15:40 horas.

Epicentro: 26 km al suroeste de Ciudad Guadalupe Victoria y a 18 km al sureste de Mexicali, en las coordenadas geográficas 32°07'43" de latitud norte y 115°18'11" de longitud oeste,

Daños: El sismo rompió una falla de corrimiento lateral derecho con 120 kilómetros de longitud en dirección a la ciudad fronteriza. Desde 1915, es decir en los últimos 100 años, han ocurrido sólo cinco sismos de magnitud igual o superior a 7 en el extremo norte del Golfo de Cortés, amenazando la región donde se encuentran ciudades como Ensenada, Mexicali, Tijuana y la central geotérmica de Cerro Prieto, que es una de las más grandes del mundo.

Causó daño en la infraestructura eléctrica en la zona del Valle de Mexicali, resultando con afectaciones la línea de transmisión proveniente de Tijuana, la Subestación Rosita y la línea de interconexión con el Valle Imperial en Estados Unidos, lo que provocó la interrupción del servicio eléctrico en Mexicali y sus alrededores.

Los mayores daños se registraron en el Ejido Zacamoto, el cual ya no existe quedo abandonado después de los daños al terreno donde este se encontraba, en el sitio se dio el fenómeno de licuefacción en que la tierra colapsó sobre los mantos acuíferos y el agua brotó inundando el poblado de más de 200 casas, dejando a estas familias sin hogar, fotografía II.2.38.



Fotografía II.2.38. Testimonio del fenómeno de licuefacción generado por este sismo en el Ejido Zacamoto, Baja California.

Por otro lado, la carretera Tijuana-Mexicali (fotografías II.2.39 a II.2.40) se fracturó y derrumbó a la altura del kilómetro 80, La Rumorosa; así mismo, sufrieron daños graves el Canal Pacifico, los



canales de riego Nuevo Delta y Reforma afectando 60,000 has de cultivos en el Valle de Mexicali, cuya reparación duró muchos años.



Fotografía II.2.39. Fotografía que muestra el fracturamiento ocasionado a la carretera Tijuana-Mexicali a la altura del Km 80.



Fotografía II.2.40. Fotografía que muestra el fracturamiento y derrumbe de una parte de la carretera Tijuana-Mexicali a la altura del Km 80.



Fotografía II.2.41. Vista aérea de la Sierra de Cucapah, en donde se observa la falla regional generada por este sismo, que ocasionó la ruptura de la carretera Tijuana – Mexicali a la altura del Km 80 La Rumorosa.

Durante el sismo sólo se registraron cuatro decesos, cerca de 1,218 lesionados y daños severos en la infraestructura de canales de riego, vivienda, carreteras, puentes, escuelas y hospitales, entre otros.

El sismo fue sentido muy fuerte en la zona noroeste del estado de Baja California y la frontera México-Estados Unidos, Tijuana, también se percibió en las ciudades del sur del estado de California (EUA), como San Diego y Los Ángeles, ver figuras II.2.56 a II.2.59.

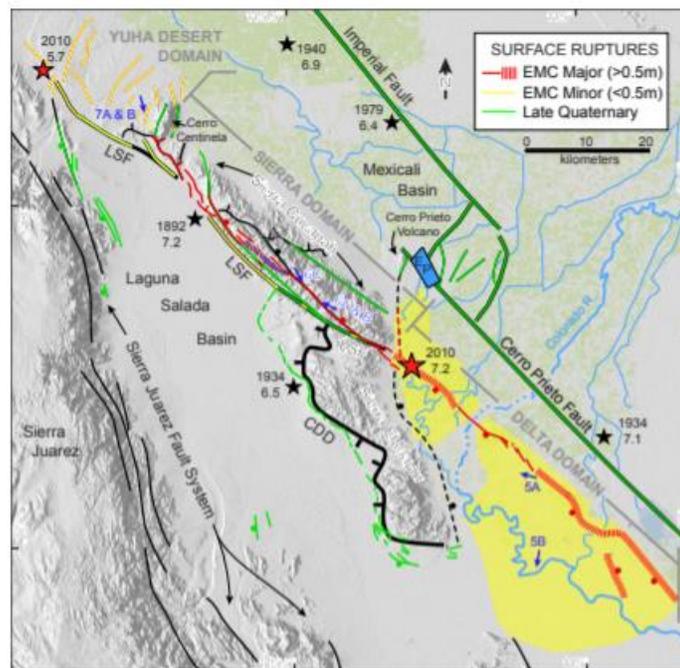


Figura II.2.56. Mapa estructural de la zona al sur de Mexicali, mostrando la zona del epicentro del sismo (estrella roja).

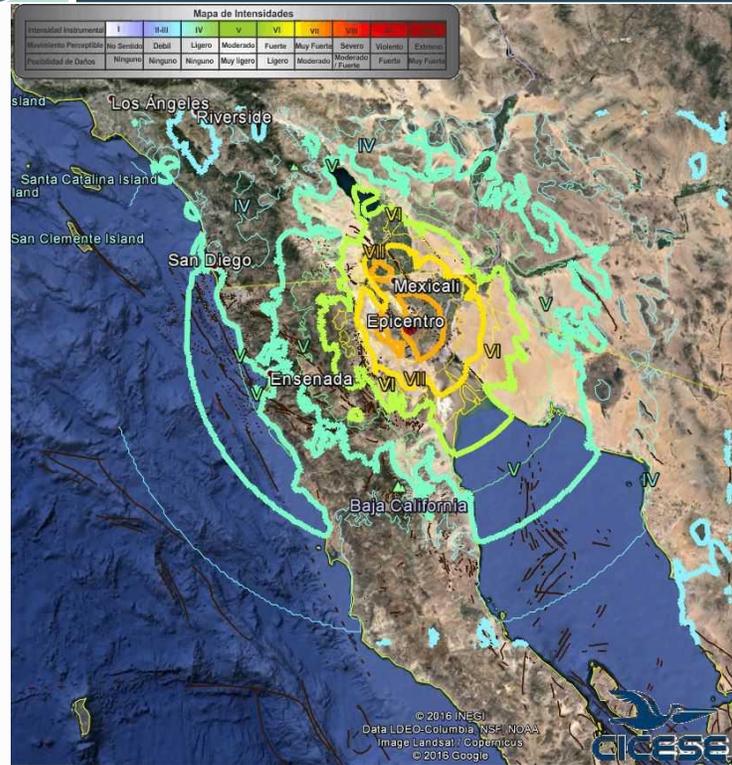


Figura II.2.57. Mapa de la zona de Mexicali que nos muestra la dispersión regional de la onda sísmica.

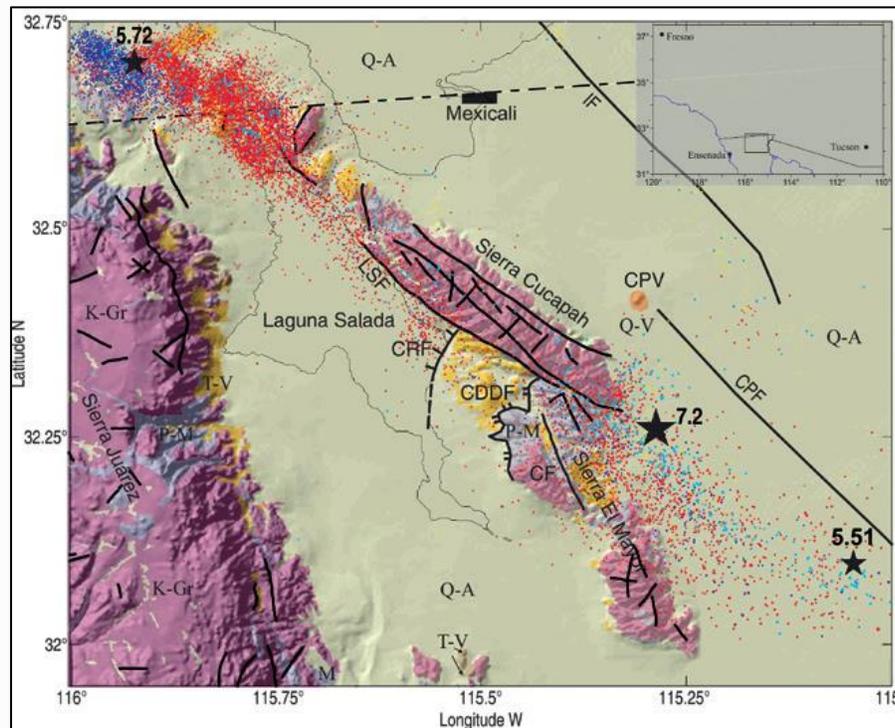


Figura II.2.58. Mapa geológico regional del área de la Sierra de Cucapah y ubicación del epicentro del sismo de 7.2 (estrella).

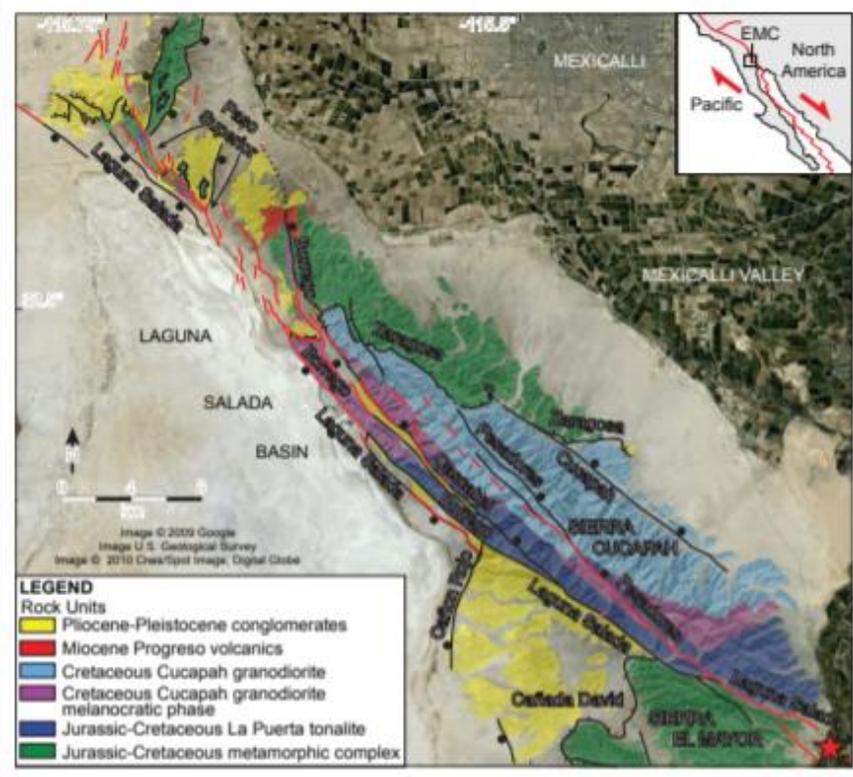


Figura II.2.59. Mapa Geológico simplificado del área de la Sierra de Cucapah.

El estado de Sinaloa se encuentra en una zona de riesgo sísmico ya que la ocurrencia de este fenómeno es frecuente, se recomienda reconocer las aristas del peligro que se presenta en la Costa de Sinaloa, debido a la acumulación de energía por el desplazamiento lateral derecho entre las placas oceánicas y continentales; la geodinámica que se genera en esta región da origen hacia el norte del Golfo de California o Mar de Cortez a la Falla de San Andrés.

El Dr. Héctor Enrique Rodríguez Lozoya (Asesor del Comité Científico abocado a investigar y monitorear la actividad sísmica de Sinaloa), explica que el estado de Sinaloa en el Atlas Nacional de Riesgo Sísmico está catalogado en un nivel de moderado a alto, ya que de registrarse un movimiento sísmico mayor a los ocurridos a la fecha se tendrían serias repercusiones, ya que la mayor parte de su infraestructura no está adaptada a los requerimientos de la Norma de Construcción del estado de Sinaloa 2015, que obliga a tener edificios sismo resistentes para este tipo de fenómenos.

Esto es preocupante porque en el estado se almacenan millones de metros cúbicos de agua en presas, las que ya sobrepasaron su edad promedio de vida útil, por lo que existe el riesgo latente de que un sismo de mediana o alta intensidad ocasione daños a las cortinas de los embalses de las presas, ya que estos, resienten los efectos de la erosión mecánica y pueden ocurrir desgracias, sobre todo porque no existe una cultura arraigada en la prevención de desastres derivado de la actividad sísmica lo que convierte al estado de Sinaloa en una región vulnerable. La actividad sísmica en esta región se registra desde 1977 a raíz de los constantes movimientos que tienen las placas tectónicas, que están provocando la separación y migración gradual de la Península de Baja California hacia el norte, fenómeno que ocasiona un desplazamiento de tres a cinco centímetros



cada año, lo que favorece la actividad sísmica en los estados de Sinaloa, Sonora, en la Península de Baja California y en el Golfo de California, ocupando Sinaloa una de las partes más activas de la región, ya que está ubicado en la Boca del Golfo de California; los efectos sísmicos son más activos en la región de Los Mochis que en otras partes del estado de Sinaloa.

Las ciudades de Mazatlán, Topolobampo y Culiacán están asentadas en gran parte sobre suelos que pudieran presentar el fenómeno de la licuefacción, ya que sus suelos se encuentran saturados y con un alto contenido de agua, que hace que cuando se produce un sismo sean más vulnerables.

La verificación del estado actual de las presas hidráulicas de la entidad es un asunto urgente que se debe revisar, ya que como se mencionó líneas arriba, sus embalses ya cumplieron su vida útil, se espera que oficialmente se tenga un programa permanente de supervisión estricta de sus cortinas, considerando los riesgos que conlleva la presencia constante de la actividad sísmica en la región.

Del 1 de enero de 1900 al 28 de marzo de 2020, en la entidad se han registrado 877 epicentros sísmicos, entre ellos 8 superan los 6 grados, el de mayor magnitud se registró el 8 de diciembre de 1901 a las 20:17:00 horas con epicentro a 83 km al oeste de Ahome, con una magnitud de 7 grados en la escala de Richter y profundidad de foco de 33 km (sismo profundo), se tienen reportados en Sinaloa 35 sismos con magnitudes que varían entre 5 y 6 grados en la escala de Richter.

Cercanos a Mazatlán se han registrado 30 sismos; el de mayor magnitud se registró el 13 de noviembre de 2001 a las 3:47:34 horas, con epicentro a 125 km al suroeste de Mazatlán, con una magnitud de 5.8 grados y profundidad de foco de 17 km., ver figura II.2.60

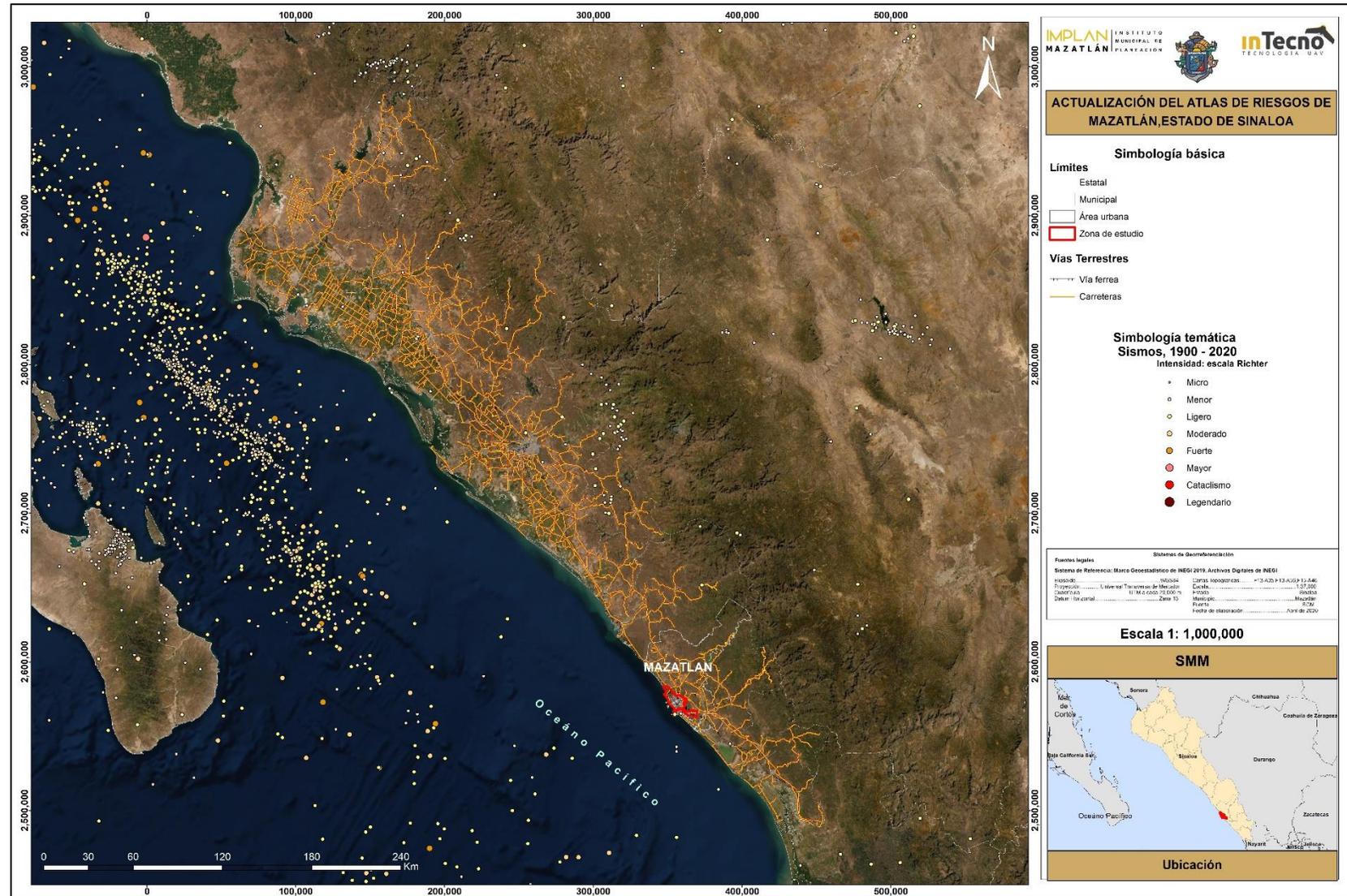


Figura II.2.60. Mapa con ubicación de sismos en el estado de Sinaloa y Golfo de California, se muestra la interpolación de magnitudes para visualizar las zonas donde han ocurrido la mayor cantidad y sus magnitudes, se aprecia que la Ciudad de Mazatlán se localiza en una zona donde se han tenido epicentros con magnitudes menores a 5. **Fuente.** Elaboración propia con información del SSN.



Entre los sismos recientes que la población de Mazatlán ha percibido están los siguientes:

- **4 de abril de 2018** a las 16:23 horas con magnitud de 4.6 y epicentro ubicado a 88 km al suroeste de Los Mochis, profundidad de foco de 4 km.
- **19 de abril de 2018** a las 2:33:39 horas con epicentro a 28 km al sur de Mazatlán, se trata de un sismo somero con magnitud de 3.9 y profundidad de foco de 5 km.
- **24 de enero de 2019** a las 5:17:34 horas con epicentro a 187 al suroeste de Mazatlán, magnitud de 4.1 y profundidad de foco de 15 km.
- **4 de julio de 2019** a las 23:08:05 horas con epicentro a 6 km al sur de Mazatlán, magnitud de 4 grados y profundidad de foco de 5 km.
- **20 de julio de 2019** a las 20:50.39 horas con epicentro a 136 km al suroeste de Mazatlán, magnitud de 4.2 grados y profundidad de foco de 16 km.
- **29 de julio de 2019** a las 5:24:34 horas con epicentro a 91 al suroeste de Mazatlán, magnitud de 4 grados y profundidad de foco de 13 km.
- El más reciente se registró el **2 de septiembre de 2019** a las 21:21:09 horas con epicentro a 186 km al suroeste de Mazatlán, magnitud de 4.3 grados y profundidad de foco a 11 km, ver figura II.2.61.

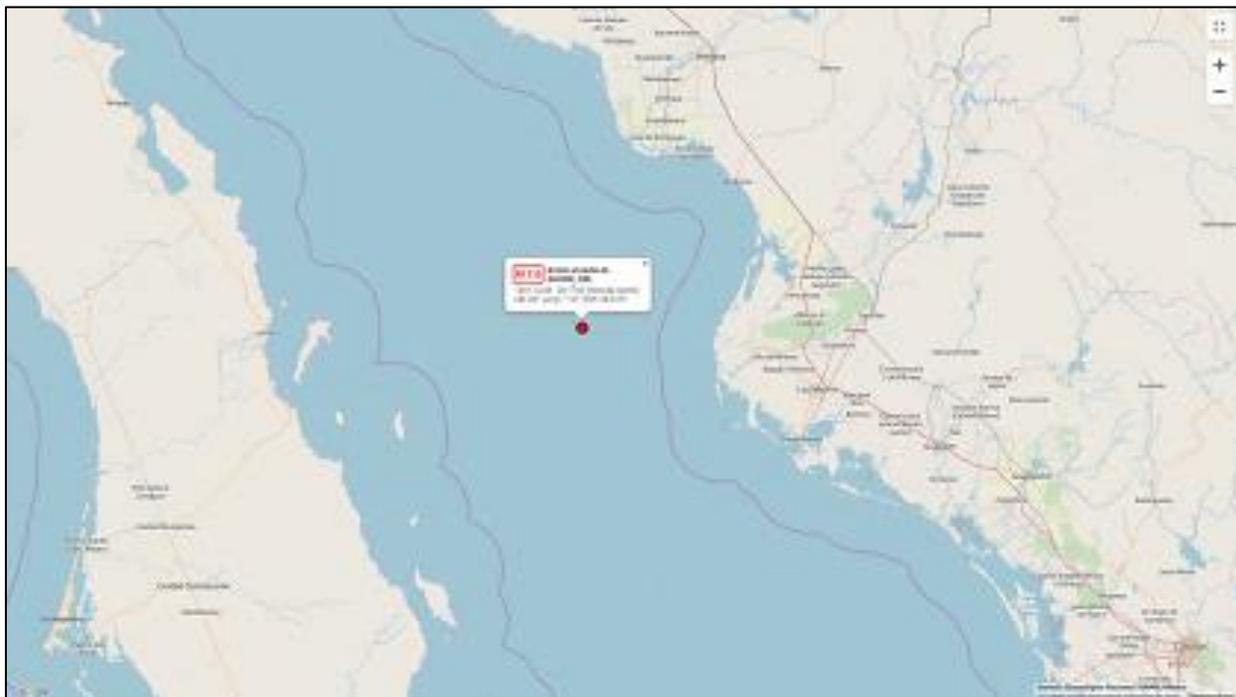


Figura II.2.61. Mapa de Localización del Sismo del 8 de diciembre de 1901 mayor magnitud registrado, cercano al estado de Sinaloa. **Fuente.** Servicio Sismológico Nacional (SSN).

Para la región de Mazatlán se generó un plano de riesgo sísmico donde se ubicaron y zonificaron sismos de grado bajo de 2.5 a 3.0 grados en la escala de Richter, los que se ubican principalmente al sureste de Mazatlán y afecta las poblaciones de Villa Unión, La Escondida, San Francisquito, El Roble, Concordia, Malpica, Mesillas, Agua Caliente de Garate, Walamo y Barrón entre otras; se cartografiaron sismos como de intensidad media con magnitudes de 3.0 a 4.0 grados que se ubican dentro de la ciudad de Mazatlán, al sur en Urías, al noroeste en La Florida entre otros sitios, los sismos de alta intensidad se cartografiaron al suroeste de Mazatlán hacia las Islas Marías (María Madre, María Magdalena, María Cleofás y María Isabela) e Isla San Juanico, ver figura II.2.62.

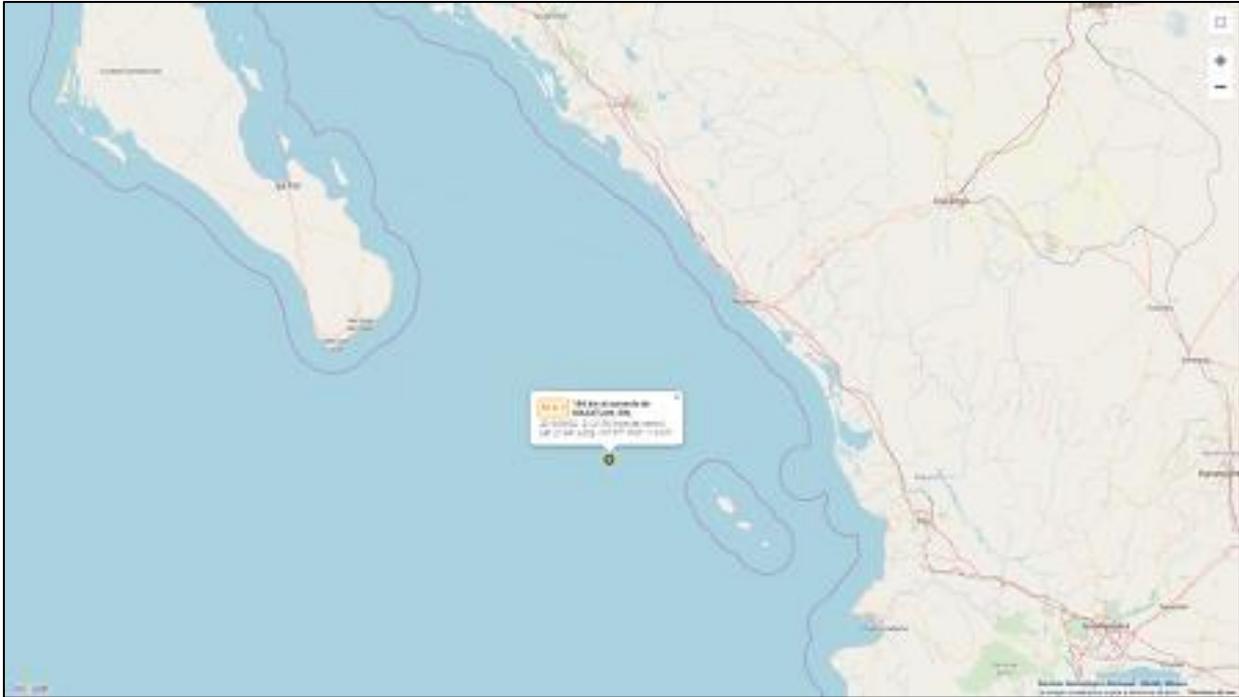


Figura II.2.62. Mapa de localización del sismo más reciente sentido por la población de Mazatlán. **Fuente.** Servicio Sismológico Nacional (SSN).

2.2.4.4 Método de trabajo

La generación de un mapa de peligro sísmico constituye una herramienta fundamental para el diseño resistente de las estructuras y edificaciones de cualquier localidad, esto atendiendo al grado de sismicidad o recurrencia de impacto de estos eventos en un área determinada. Lo anterior permite estar preparados ante cualquier contingencia que pudiera presentarse y evitar así la pérdida de vidas humanas y daños materiales significativos.

Para la estimación del peligro sísmico es necesario contar con información que se genera en observatorios sismológicos a través de periodos considerables. Por lo anterior, en la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos” (CENAPRED, 2006), se proporciona la información derivada de los mapas de peligros ya generados y empleados por especialistas, información que constituye la herramienta principal del método a desarrollar en el presente trabajo, ver gráfica II.2.6.



Gráfica II.2.06. Método de trabajo para evaluar el peligro sísmico. **Fuente.** Elaboración propia.

El análisis de sismicidad en el presente trabajo se basó en la Regionalización Sísmica del Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) del año 1993, así como en la recopilación e interpretación de registros históricos de sismos ocurridos a lo largo de la costa del Pacífico entre los estados de Nayarit y Sinaloa, obtenidos de la base de datos del Servicio Sismológico Nacional en el periodo de 2010 al 2019.

Aunado a esto, se plasma la información recabada de los resultados obtenidos por el Programa de Peligro Sísmico en México (PSM, 1996), como son los periodos de retorno (10, 100 y 500 años) para aceleraciones del terreno mayores a 0.15 g para la ciudad de Mazatlán.

Además, se elaboraron tablas y gráficas en donde se muestren los antecedentes de sismos con epicentros cercanos Mazatlán, ver tabla II.2.10.

Esta información permitió contar con un registro detallado de la ocurrencia del fenómeno sísmico, lo cual es vital para una zonificación de peligro sísmico, misma que se basó en la elaboración de mapas con información estadística de eventos históricos de igual o similar magnitud o intensidad del fenómeno sísmico (ver figura II.2.63) basados en los sismos ocurridos en las cercanías de la ciudad Mazatlán los que nos han ayudado para elaborar el modelo preliminar de riesgo sísmico regional, ver figura II.2.64.

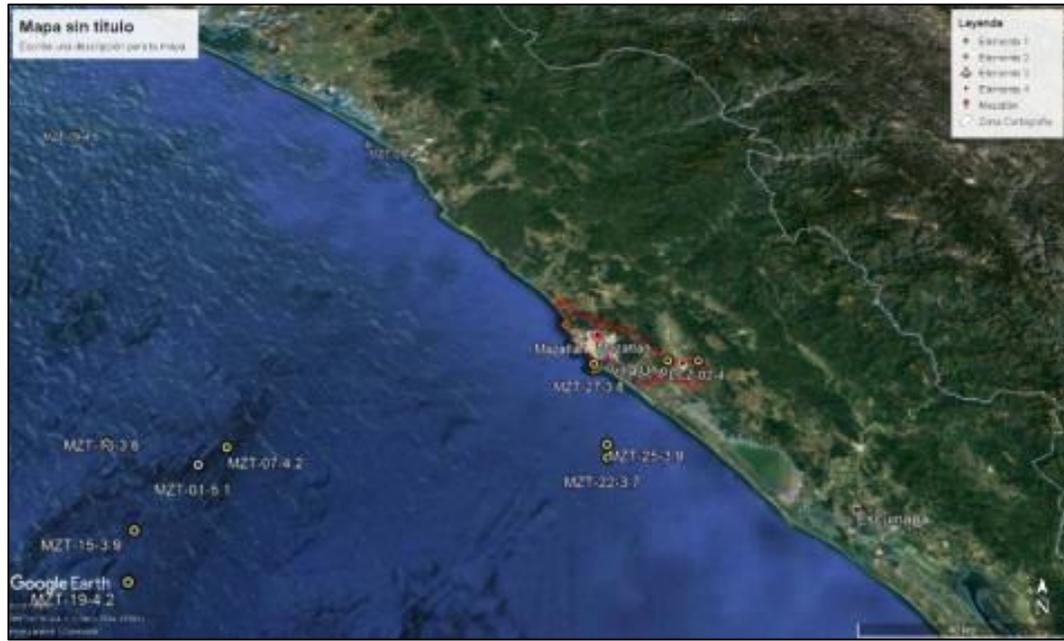


Figura II.2.63. Mapa de localización de sismos ocurridos en las cercanías de la ciudad Mazatlán, que sirvió para elaborar la configuración del modelo de riesgo sísmico regional. **Fuente.** Servicio Sismológico Nacional (SSN).



Figura II.2.64. Ubicación y configuración del peligro sísmico. **Fuente.** Servicio Sismológico Nacional (SSN).



No.	FECHA	HORA	LOCALIZACIÓN	COORDENADAS		PROF km	MAG
1	08/12/1982	07:02:41	95 km al sureste Mazatlán, Sin.	22.93	-107.26	33	5.1
2	31/01/1981	11:39:30	108 al suroeste Mazatlán, Sin.	22.34	-106.84	20	5.3
3	10/02/1989	17:42:42	175 km al suroeste Mazatlán, Sin.	21.97	-107.43	32	5.1
4	31/03/1991	23:03:58	121 Km suroeste Mazatlán, Sin.	22.31	-107.04	10	5.5
5	01/08/1994	07:15:07	78 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.91	-107.09	33	4
6	02/09/1994	07:46:54	125 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.53	-107.37	33	4.5
7	02/09/1994	08:39:42	87 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.97	-107.21	33	4.2
8	02/10/1997	11:42:07	6 km sureste Mazatlán, Sin.	23.19	-106.18	8	2.3
9	10/02/1999	01:52:16	188 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.96	-107.91	33	4.5
10	12/03/1999	01:07:39	182 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.26	-107.63	16	5.1
11	16/03/1999	00:14:03	184 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.03	-107.65	35	4.7
12	05/12/2000	01:21:55	172 km suroeste Mazatlán	22.23	-107.69	15	4.7
13	22/12/2000	13:47:12	112 km oeste Mazatlán, Sin.	22.98	-107.47	33	3.8
14	30/12/2000	11:09:16	122 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.47	-107.49	10	4.4
15	15/02/2001	15:58:59	108 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.79	-107.35	33	3.9
16	05/04/2001	04:14:49	155 km suroeste Mazatlán, Sin	22.14	-107.35	33	3.6
17	13/11/2001	03:47:34	125 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.31	-107.12	16	5.8
18	13/11/2001	04:16:50	131 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.18	-107.16	21	4.9
19	09/03/2002	22:35:12	112 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.69	-107.33	33	4.2
20	22/06/2013	20:46:33	223 km suroeste Mazatlán, Sin.	21.82	-107.96	5	4.7
21	20/05/2015	12:38:24	200 km suroeste Mazatlán, Sin.	21.99	-107.83	16	4.1
22	19/06/2015	04:32:12	31 km sur Mazatlán. Sin.	22.95	-106.4	5	3.7
23	19/08/2017	01:58:30	182 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.23	-107.83	16	4
24	04/12/2018	17:34:45	130 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.58	-107.47	10	4.2
25	19/04/2018	02:33:39	28 km sur Mazatlán, Sin.	22.98	-106.4	5	3.9
26	24/01/2019	05:17:34	187 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.25	-107.9	15.9	4.1
27	04/07/2019	23:08:05	6 km sur Mazatlán, Sin.	23.18	-106.42	5	3.8
28	20/07/2019	20:50:39	136 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.39	-107.37	16	4.2
29	29/07/2019	05:24:34	91 km suroeste Mazatlán, Sin.	22.45	-106.66	13	4
30	02/09/2019	21:21:09	186 km suroeste Mazatlán, Sin.	21.94	-107.57	11	4.3

Tabla II.2.10. Listado de sismos cercanos a la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, durante el periodo de 1982 a 2020. **Fuente.** Servicio Sismológico Nacional (SSN).



2.2.4.5 Geología Estructural

El origen y predominio de las fracturas fue determinado a partir de datos interpretados en la imagen de satélite, se observó la orientación de las fracturas (rumbo), según la morfología del terreno, su abundancia relativa y las relaciones angulares entre las familias de fracturas; los modelos disponibles de las fracturas en el área varían de tectónicas hasta otras de posible origen diagenético, ver figura II.2.65.

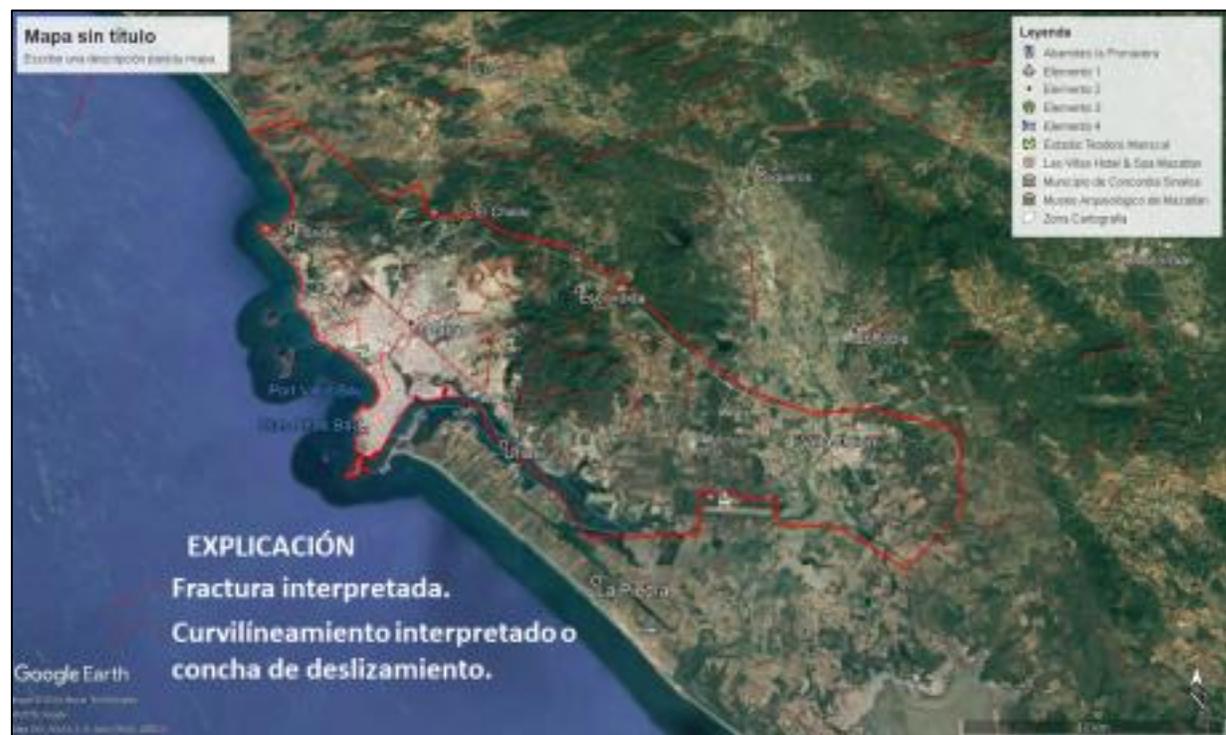


Figura II.2.65. Interpretación de fracturas y curvilineamientos (conchas de deslizamientos antiguos), en la imagen de satélite. **Fuente.** Elaboración propia con imagen de *Google Earth*.

En la región existen tres familias o sistemas predominantes de fracturas y lineamientos, los cuales han sido observados principalmente en las porciones norte y centro de la imagen de satélite, tanto dentro de la ciudad como en las áreas colindantes, en donde se observan lineamientos que varían en sus direcciones preferenciales como se explica a continuación.

Existe una primera familia en donde se observan lineamientos con azimuts de N-80° a N-110° (NE80°SW a SE70°NW), siendo esta familia el principal sistema predominante; en los lineamientos se observa que tienen inclinaciones que varían del SE al SW según la dirección del lineamiento que se trate.

El segundo sistema de lineamientos predominantes tiene una dirección azimutal de N-70° a N-80° (NE 70° a 80° SW).

El tercer sistema de lineamientos, se observan azimuts de N-25° a N-35° (NE-25°-SW a NE-35°-SW); en el sur de Mazatlán se tienen fracturas cuya orientación varía de NW-45°-SE a NW-55°-SE; en el área de El Roble las fracturas son sensiblemente E-W.

Estos sistemas o familias de fracturas y lineamientos deberán verificarse en campo previo a cualquier desarrollo arquitectónico, ya que podrían conformar potenciales fallas geológicas y zonas de debilidad que podrían afectar potencialmente la construcción de edificios y zonas habitacionales.

En las figuras II.2.66 y II.2.67 así como en la gráfica II.2.07 se interpretaron lineamientos ubicados al norte de la ciudad de Mazatlán, en donde se observan cinco curvilineamientos (“conchas” de deslizamiento) con dirección de desplazamiento de S-45° a 55°-W; al noreste de Urías se interpretaron dos conchas de desplazamiento consecutivo que tiene una orientación de S 40° W; al sur de La Escondida la concha de deslizamiento se orienta sensiblemente N-S; al sureste de Siqueiros el desplazamiento es sensiblemente E-W, y al oriente de la ciudad de Mazatlán los desplazamientos se orientan desde 30° hasta 50° buzando preferentemente hacia el SW.

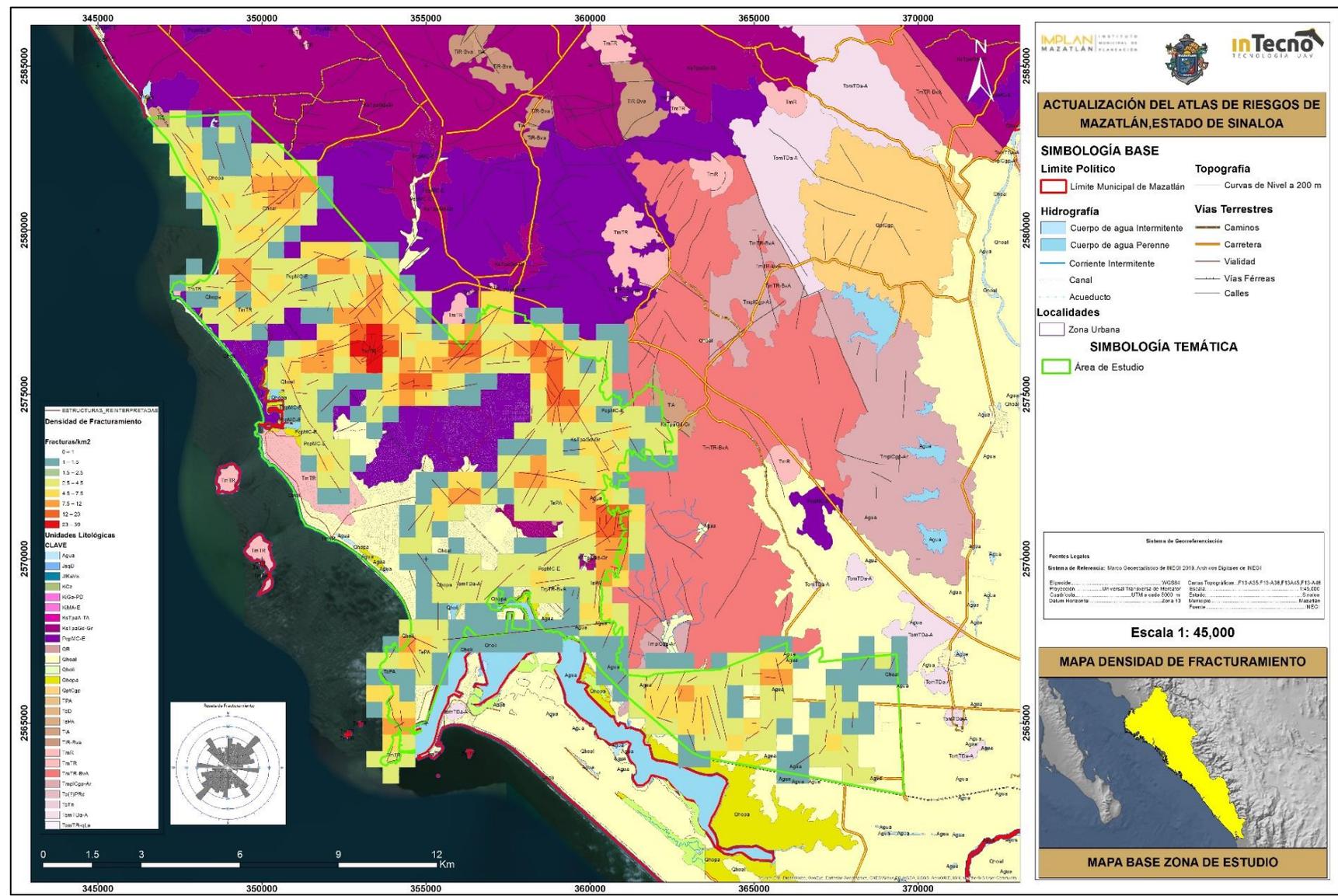


Figura II.2.66. En base a la interpretación de lineamientos se realizó el mapa de densidad de fracturamiento en donde se observan las zonas con mayores concentraciones, mencionando la zona norte y noreste de la Ciudad de Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

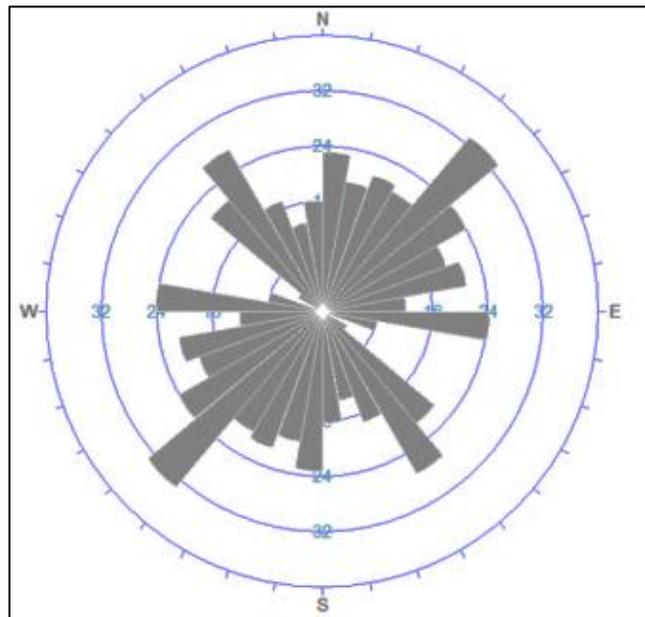
Rockware StereoStat V1.2

File Edit Data Data Analysis Plot Options Window Help

D:\SINALOA\Mazatlán\Fracturas.gdf (displayed as entered)

#	Type	Strike	Dip	Strike	Trend	Plunge	XLoc	YLoc	ZLoc	MD	Station	Comment
1	Plane	25	90								1	
2	Plane	85	90								2	
3	Plane	87	90								3	
4	Plane	70	90								5	
5	Plane	80	90									
6	Plane	76	90									
7	Plane	72	90									
8	Plane	82	90									
9	Plane	68	90									
10	Plane	63	90									
11	Plane	65	90									
12	Plane	50	90									
13	Plane	83	90									
14	Plane	80	90									
15	Plane	84	90									
16	Plane	122	90									
17	Plane	80	90									
18	Plane	76	90									
19	Plane	23	90									
20	Plane	343	90									
21	Plane	352	90									
22	Plane	86	90									
23	Plane	53	90									
24	Plane	83	90									
25	Plane	20	90									
26	Plane	152	90									
27	Plane	28	90									
28	Plane	8	90									
29	Plane	78	90									

Figura II.2.67. Lista de direcciones preferenciales de los lineamientos en la Imagen de Satélite. **Fuente.** Elaboración propia.



Gráfica II.2.07. Roseta de fracturamiento, construida a partir de las direcciones preferenciales de 323 lineamientos interpretados en imágenes de satélite, modelos de elevación y planos topográficos. **Fuente.** Elaboración propia.

2.2.4.6 Tectónica

Hoy en día, se sabe que existen en general tres tipos de bordes de placas tectónicas: bordes convergentes, los que chocan y provocan la subducción o el consumo; bordes divergentes, los que se separan y generan el surgimiento de nuevo material que proviene del manto terrestre y forman un nuevo fondo oceánico; y bordes transformes, en donde las placas se desplazan lateralmente sin producir o destruir corteza terrestre, como es el caso de la falla de San Andrés, ver figura II.2.68.

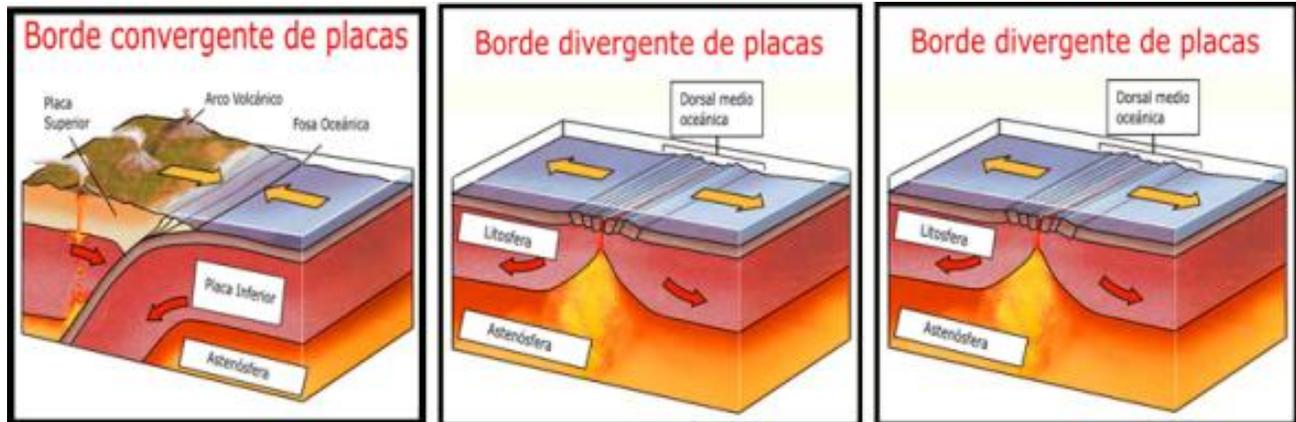


Figura II.2.68. Tipos de bordes de placas tectónicas y que se encuentran presentes en el Golfo de California (Mar de Cortés). **Fuente.** Servicio Sismológico Nacional

En la conformación del Golfo de California están involucrados los tres tipos de bordes de placas tectónicas. En primera instancia, existe una convergencia entre la placa continental de Norteamérica, en su límite occidental, y la pequeña placa oceánica conocida como Farallón; esta última, por ser más densa, descendió por debajo del continente, generando en su margen un arco volcánico continental (con cámaras de magma cristalizado en su interior, las actuales rocas graníticas, y rocas volcánicas en su superficie). Por un lado, la inmensa fuerza que generó la coalición fue soportada por una contracción de la placa continental de Norteamérica, misma que existió hasta que la totalidad de la pequeña placa Farallón quedó consumida al descender debajo de la placa norteamericana; y por el otro lado, al terminar este proceso, esa fuerza de tensión causada por la colisión de las placas quedó liberada, generando un rebote del margen continental en el sentido opuesto a la presión ejercida. Simplemente, cuando nosotros ejercemos un peso sobre algún objeto y súbitamente por alguna causa el objeto desaparece, nos vemos impulsados por la inercia misma (con la misma intensidad y fuerza) hacia la dirección en donde estaba ese objeto, ver figura II.2.69.

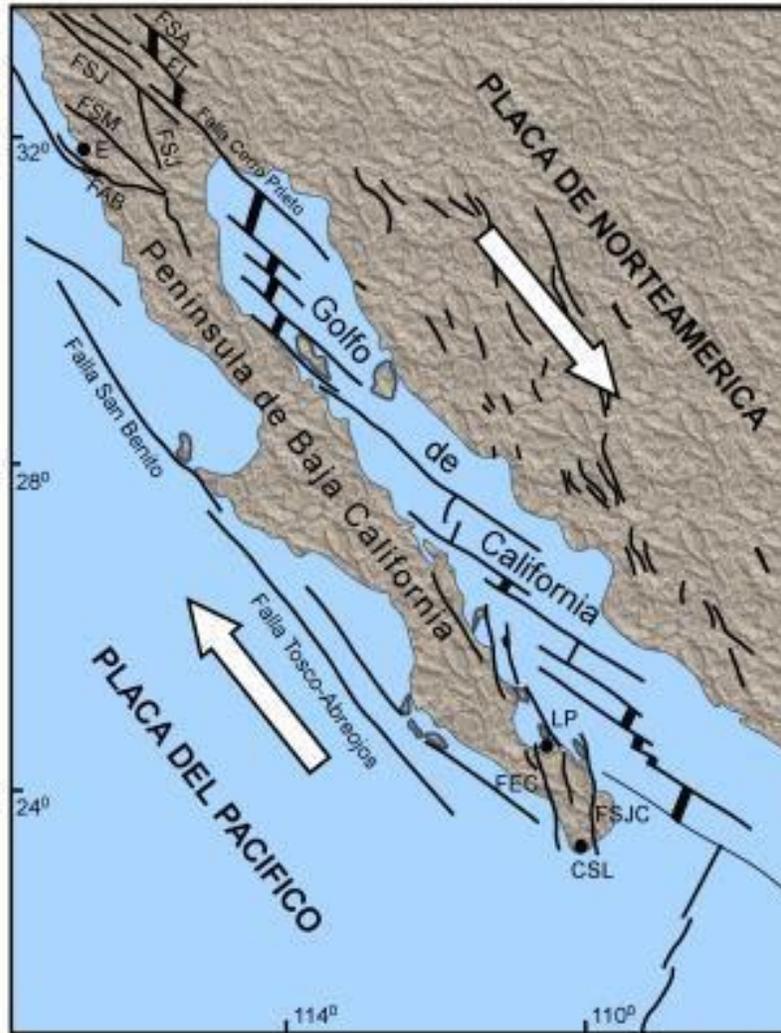


Figura II.2.69. Placas tectónicas que tienen influencia en el Golfo de California y principales fallas del noroeste de México. **Fuente.** Servicio Sismológico Nacional

De igual manera, aunque en una dimensión y un tiempo infinitamente mayores, la zona adyacente (al este) del arco continental se movió en sentido opuesto y, a consecuencia del rebote, se formó un adelgazamiento de la corteza y se generó un nuevo y dinámico borde, ahora, divergente. Aunque es muy común que los bordes divergentes se formen en medio de los océanos, como es el caso del océano Atlántico; cuando esos bordes se forman en los continentes, la extensión de la corteza va acompañada de episodios alternos de formación de fallas, de vulcanismo y de hundimiento de grandes bloques de rocas, erigiendo paulatinamente los valles denominados “rift”, para después dar nacimiento a un mar somero. Éste fue el proceso que originó la posterior formación de un mar lineal y estrecho, desatada por la subsecuente expansión del fondo oceánico en un pasado geológico reciente, en el Plioceno, aproximadamente hace cuatro millones de años y que hoy conocemos como Golfo de California.



Por otro lado, el desprendimiento de este inmenso bloque dejó su huella en la porción continental (siendo más evidente en la zona del límite costero de Nayarit y Jalisco), formándose un borde transforme que generó un centro de expansión activo en el Golfo de California y que es mejor conocido como la falla de San Andrés. Esta nueva estructura geológica está conectada desde Cabo San Lucas hasta Cabo Mendocino, California, que comprende la totalidad de la península de Baja California y la porción suroeste del estado de California (USA). En su conjunto, en la actualidad, se desliza migrando entre tres y cinco centímetros por año en dirección al noroeste, habiendo recorrido a la fecha unos 640 kilómetros desde su punto de origen.

Como resultado de este proceso, la región de mayor separación del bloque con la placa de Norteamérica es la región de El Cabo, ya que es la zona donde inició este proceso. Figurémosla como si la falla de San Andrés fuera una gran cremallera y Los Cabos sería la zona en la cual empezáramos a abrir el cierre y paulatinamente subiríamos hasta encontrarnos con la zona del Alto Golfo, sitio en donde la apertura estaría por iniciarse, hablando desde un punto de vista geológico.

Los primeros esfuerzos de tensión se manifestaron a fines del Cretácico o principios del Terciario, fenómeno que ha sido asociado con la intrusión de rocas volcánicas ácidas a intermedias; es probable que las zonas de debilidad que sirvieron de conducto a este vulcanismo hayan sido las grandes fracturas de orientación NW-SE que ya existían durante esa época. En efecto, Atwater (1970) y Demant y Robin (1975), coinciden en afirmar que “las manifestaciones volcánicas de tipo arco insular, de composición calco-alcalino (Sonora-Sinaloa), están relacionadas con el movimiento de hundimiento (subducción) de la Placa Farallón debajo de la Placa Norteamericana”, de las cuales invariablemente son paralelas a los grandes fracturamiento de esta área. Es obvio que las fuentes de emisión han quedado selladas por las mismas rocas volcánicas.

El ciclo geotectónico de la porción norte del estado de Sinaloa se completa con una nueva época de plegamiento, ahora en dirección NNW-SSE acompañado por grandes sistemas de fallas, que en general tienen la misma orientación. Este fenómeno corresponde aproximadamente al Terciario Medio, el cual señala la fase postgeosinclinal. Desde fines del Terciario hasta hoy, la región está sufriendo una tectónica de distensión que se relaciona con la formación del Golfo de California.

Por último, el vulcanismo riolítico del Reciente y el vulcanismo basáltico Plio-Cuaternario asociado a fallas de orientación N-S, señalan el final de la actividad tectónica del noroeste de la República Mexicana; algunas fallas de rumbo casi perpendicular a los sistemas antes descritos desempeñan un amplio papel en el control del curso de diversos ríos de la región, como es el caso del Río Fuerte, en la porción de su cabecera en las partes altas de la Sierra Madre Occidental.

Hace 12 millones de años, la subducción de la placa Farallón, debajo de la placa norteamericana y la colisión de la dorsal o su acercamiento con la placa norteamericana, provocó un cambio cinemático y el inicio de un desplazamiento lateral derecho de la placa Pacífico con respecto a la placa Norteamericana. En otras palabras, a partir de esa fecha, la placa Pacífico empezó a moverse hacia el noroeste con respecto a su placa vecina. Al principio, el desplazamiento se ejercía a lo largo del antiguo límite de la placa Farallón y de la placa norteamericana, pero unos millones de años después, este límite cruzó hacia dentro del continente, en la región que corresponde a lo que paulatinamente se transformaría en el Golfo de California. La parte continental correspondiente a la futura península de Baja California se incorporó a la placa Pacífico y comenzó a migrar de forma solidaria hacia el noroeste junto con la placa Pacífico. El desprendimiento de la península tuvo por consecuencia un estiramiento y un adelgazamiento progresivo de la litósfera continental preexistente que permitió, hace 3.6 Ma (DeMets, 1995), la formación de nueva corteza oceánica localizada en pequeñas cuencas en la parte sur del Golfo de California (cuencas de tipo “pull apart basin”), como las cuencas de Alarcón y la de Guaymas.

Se realizó el mapa de regionalización sísmica de la República Mexicana para tener referencia a nivel regional de la zona sísmica donde se localiza el Municipio de Mazatlán (tabla II.2.11). El área de estudio se encuentra la zona **B** la cual presenta sismicidad con baja frecuencia o bien, está sujeta a aceleraciones del terreno que no rebasa el 70% de g, ver figura II.2.70.

Aceleración Máxima en roca (cm/seg ²)	ZONAS SISMICAS	INTENSIDAD SÍSMICA
$a_{or} \geq 200$	A	BAJA
$100 \leq a_{or} < 200$	B	MEDIA
$50 \leq a_{or} < 100$	C	ALTA
$a_{or} < 50$	D	MUY ALTA

Tabla II.2.11. Regionalización sísmica. **Fuente.** Elaboración propia.

Siguiendo con el análisis de peligro sísmico se realizaron los mapas de períodos de retorno de aceleraciones mínimas que se pueden generar en el Estado de Sinaloa, para esto se elaboraron los mapas de aceleraciones (g), para su generación se determinaron las aceleraciones por cada municipio, como se observa en la tabla II.2.12. Considerando que los valores de aceleración entre 100 y 150 cm/seg² son consideradas como las que causan algún tipo de afectación en las construcciones dependiendo de los materiales y técnicas constructivas empleadas, se observa que para el Municipio de Mazatlán los valores para los tres períodos de retorno son inferiores.

MUNICIPIO	ACELERACIONES cm/seg ² POR PERIODO DE RETORNO (TR) AÑOS		
	10	100	500
AHOME	57	190	225
ANGOSTURA	34	81	135
BADIRAGUATO	11	27	45
CONCORDIA	11	27	45
COSALA	11	27	45
CULIACAN	34	27	135
CHOIX	11	27	45
ELOTA	11	27	45
ESCUINAPA	11	27	45
EL FUERTE	34	81	225
GUASAVE	34	135	135
MAZATLAN	11	27	45
MOCORITO	34	27	135
ROSARIO	11	27	45
SALVADOR ALVARADO	34	27	135
SAN IGNACIO	11	27	45
SINALOA	34	27	135
NAVOLATO	34	27	135

Tabla II.2.12. Datos de aceleraciones máximas por períodos de retorno de cada municipio del estado de Sinaloa. **Fuente.** Elaboración propia.

Los mapas generados a partir de los valores obtenidos se muestran en las figuras II.2.71 a II.2.73, como se observa en la zona sur-sureste del Estado para los tres periodos se tienen las aceleraciones de menor magnitud respecto mientras que zona norte del estado donde la ocurrencia de sismos y el tipo de litología permiten aceleraciones mayores estas se incrementan.

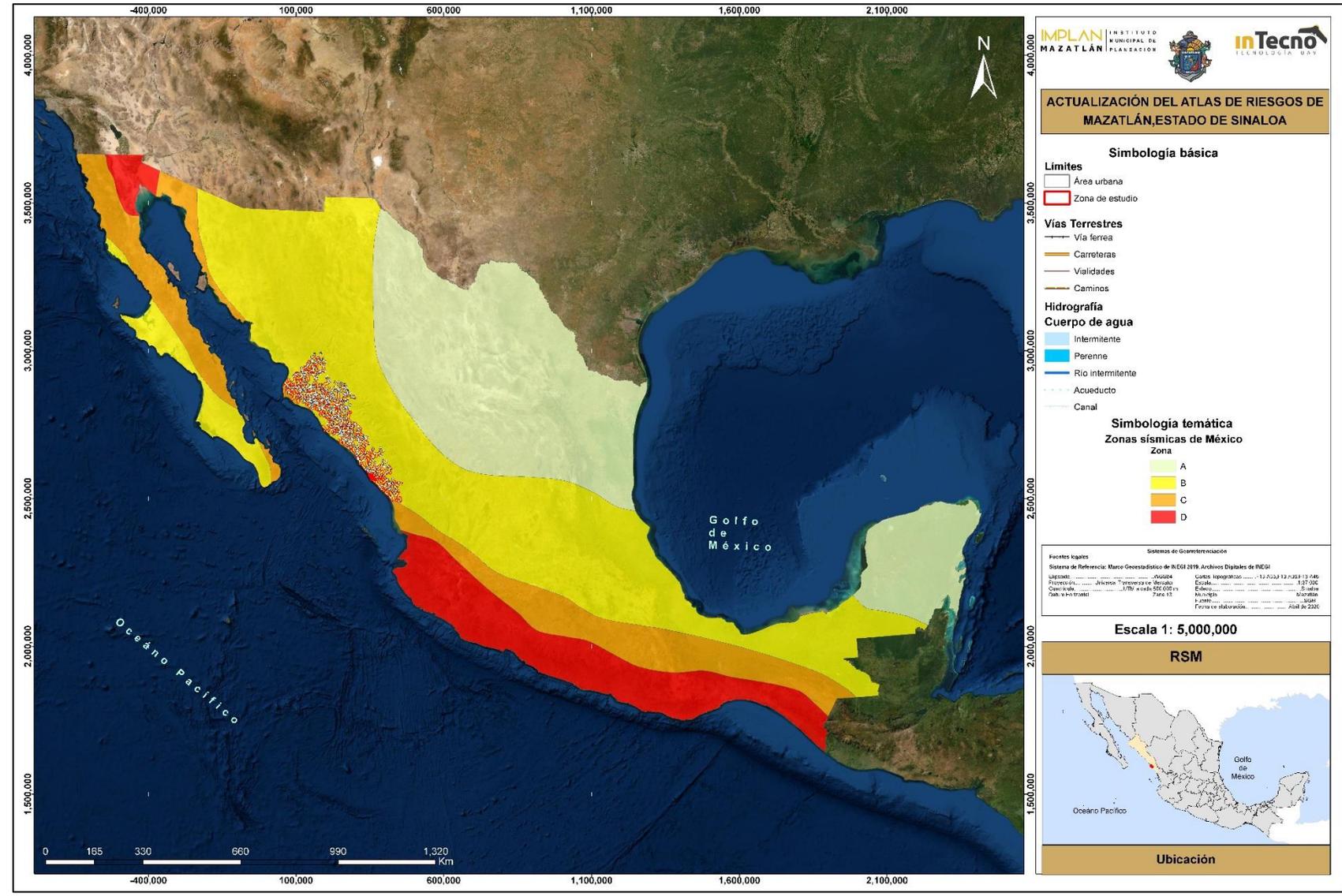


Figura II.2.70. Mapa de regionalización Sísmica, se indica la ubicación del Municipio de Mazatlán en la zona Sísmica “B”. Fuente. Elaboración propia.

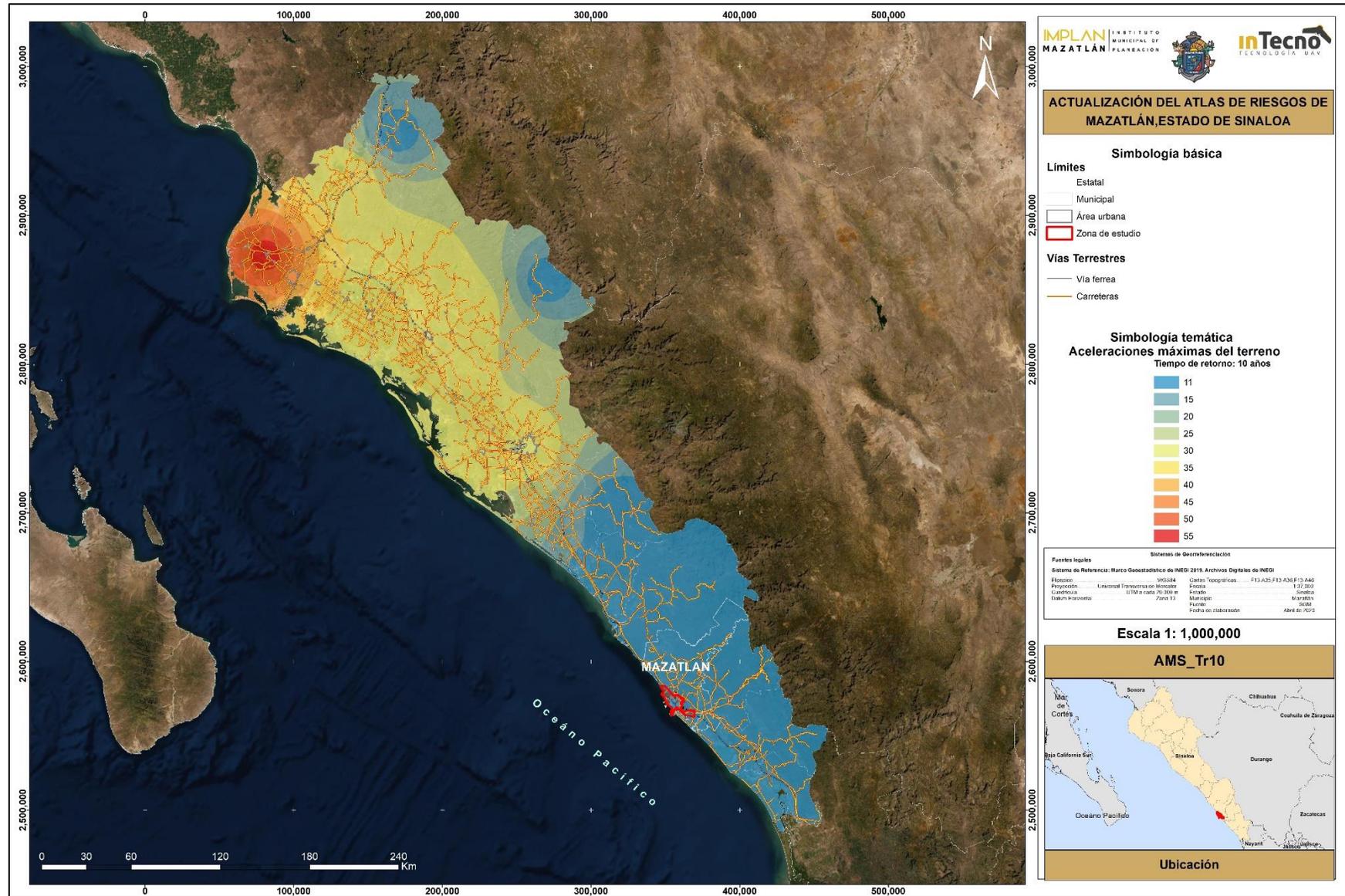


Figura II.2.71. Mapa de aceleración máxima para un período de retorno de 10 años. Fuente. Elaboración propia.

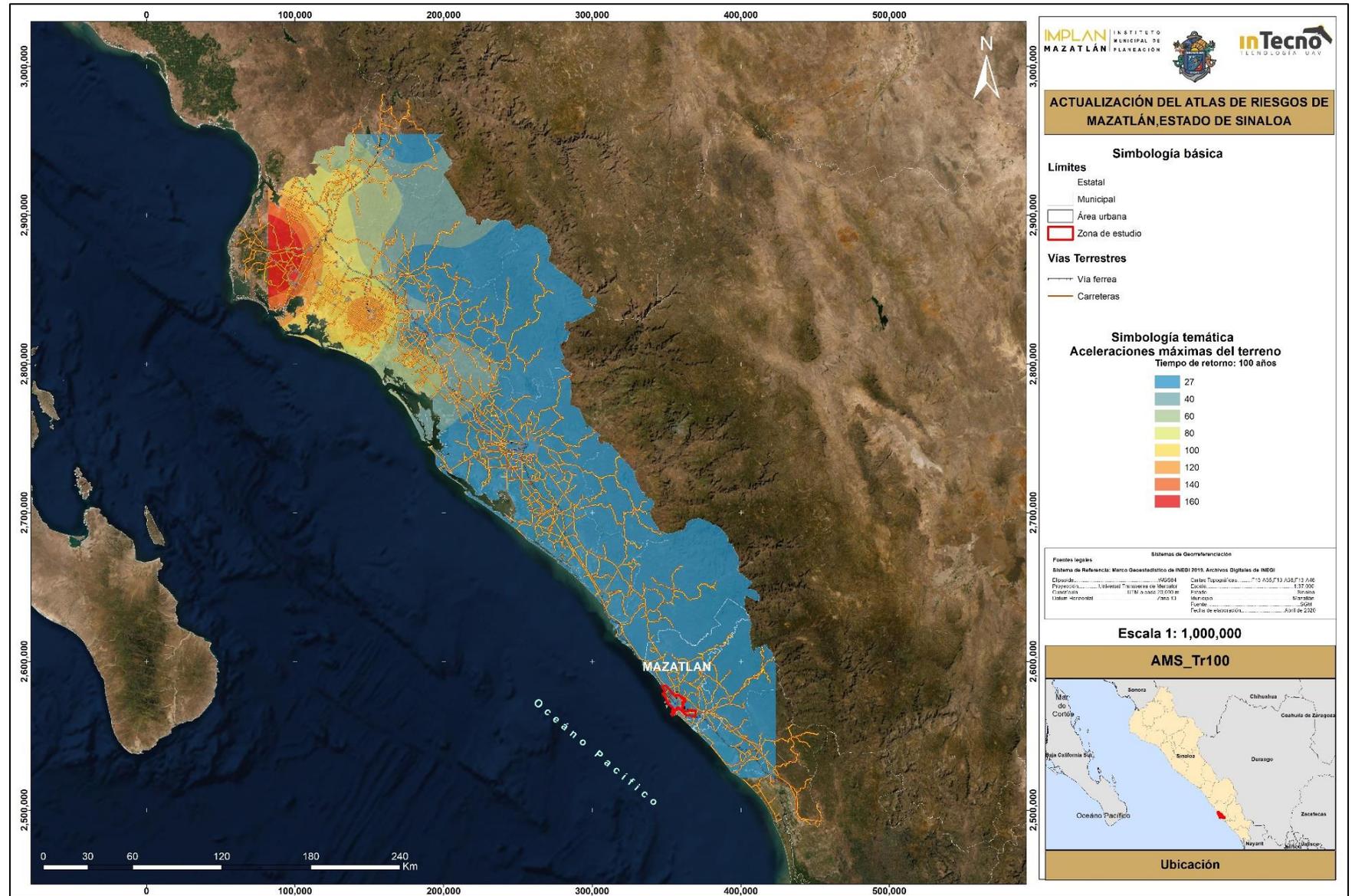


Figura II.2.72. Mapa de aceleración máxima para un período de retorno de 100 años. Fuente. Elaboración propia.

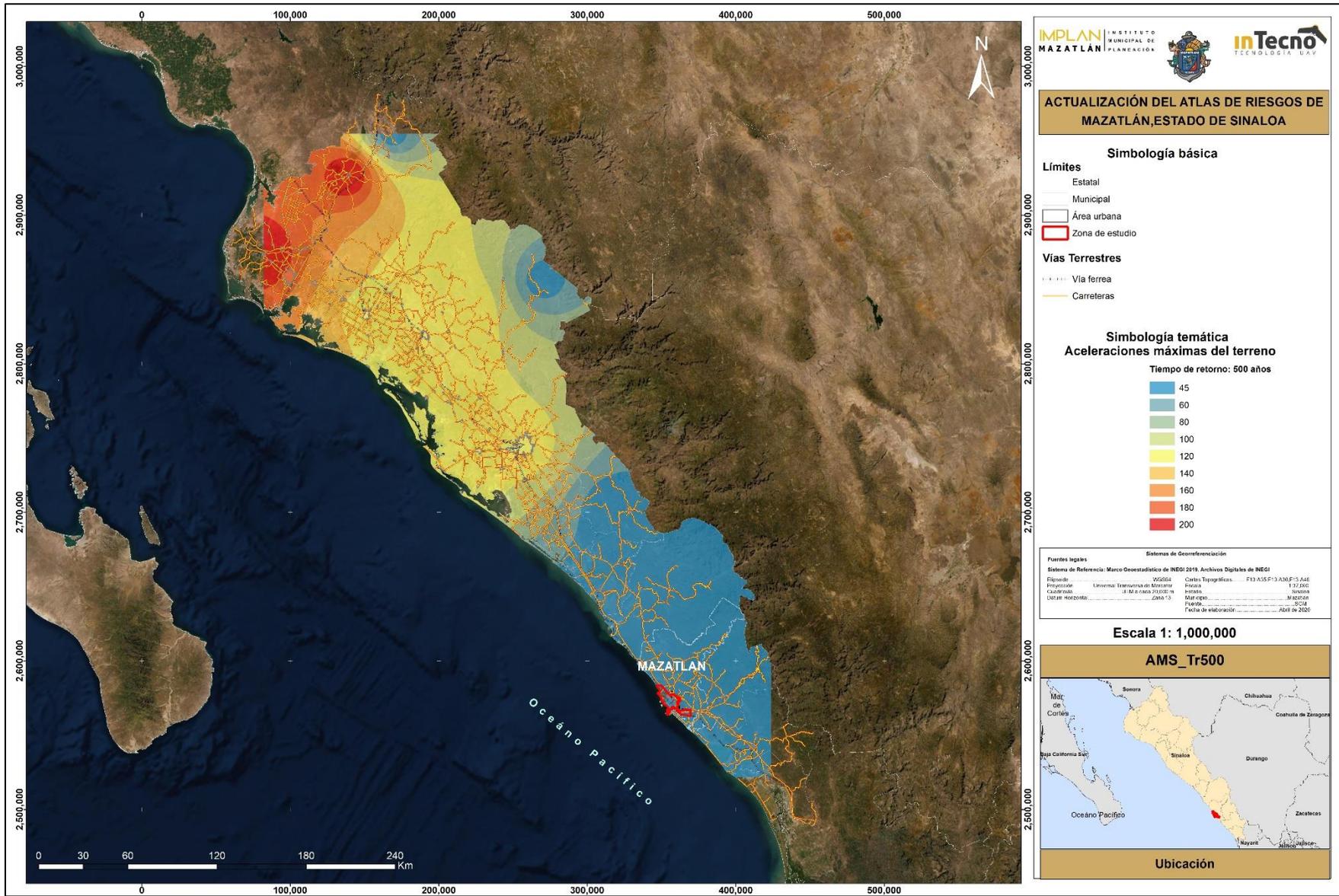


Figura II.2.73. Mapa de aceleración máxima para un período de retorno de 500 años. Fuente. Elaboración propia.

2.2.4.7 Microzonificación sísmica

El movimiento en la superficie de un depósito de suelo es muy diferente del que ocurriría en la roca basal, debido a la amplificación dinámica que sufren las ondas sísmicas al propagarse a través de medios deformables. También las irregularidades topográficas y geológicas producen amplificaciones y atenuaciones en el movimiento del terreno, sin embargo, para fines prácticos sólo se toman en cuenta las amplificaciones producidas en depósitos de suelo con estratificación horizontal de extensión lateral variable ante la incidencia vertical de ondas de corte o S.

Para realizar una microzonificación sísmica se tomaron en cuenta los valores de respuesta probabilística de referencia (ER) de los tipos de roca en la zona de estudio, el espectro de roca obtenido se caracterizó mediante acelerogramas sintéticos que cumplen con el contenido energético del espectro de respuesta de los materiales.

Para ello en la zona donde existe cobertura de suelo o material aluvial, se tomó en cuenta como una unidad de estratificación horizontal, sobre un basamento de roca ya sea de tipo granodiorita, esquistos o andesitas.

Parámetros espectrales para estructuras de la zona B

Los parámetros del espectro se obtienen con el criterio de los Espectros Específicos de Sitio para lo cual se determinaron la aceleración máxima del terreno y la aceleración máxima espectral mediante las ecuaciones:

$$a_0 = \frac{a_0^r F_{Sit}}{g}$$

$$c = a_0 F_{Res}$$

Adicionalmente los valores de F_{Sit} y F_{Res} se obtuvieron con el programa PRODISIS, para sitios específicos de cada unidad litológica se determinaron los valores mencionados de esta manera se configuraron los valores para ver la distribución geográfica de los valores, ver tabla II.2.13.

LOCALIDAD	LONG	LAT	Aceleración Máxima	Factor de sitio	Factor de respuesta
MAZATLÁN	-106.422221	23.200316	69.01	1	2.42
El Arrayanal	-106.475286	23.364896	69.07	1	2.43
El Castillo	-106.339484	23.1947	66.29	1	2.43
El Chilillo	-106.387444	23.318996	66.91	1	2.43
Fraccionamiento Los Ángeles	-106.330386	23.186923	66.01	1	2.43
Don Jorge	-106.305844	23.153616	65.31	1	2.43
El Mirabal	-106.413726	23.342317	67.51	1	2.43
La Florida	-106.477286	23.3045595	69.79	1	2.63
Olimpica	-106.415977	23.236632	68.59	1	2.62
Jabalíes	-106.410559	23.266452	68.18	1	2.63
Villa Unión	-106.221738	23.188971	62.37	1	2.63
Huerta grande	-106.412468	23.285645	68.06	1	2.63

LOCALIDAD	LONG	LAT	Aceleración Máxima	Factor de sitio	Factor de respuesta
Dorados de Villa	-106.431357	23.261777	68.85	1	2.62
Rincón de Mazatlán	-106.374785	23.240915	66.10	1	2.63
Cardón	-106.48584	23.34884	69.55	1	2.43
La Joya	-106.44852	23.310763	68.90	1	2.63
El Dorado	-106.452746	23.254546	69.60	1	2.62
Laureles	-106.39345	23.254486	67.73	1	2.63
Nuevo Milenio	-106.390305	23.281848	67.40	1	2.63
Florida 2	-106.497479	23.352245	69.79	1	2.63
Los Magueyes	-106.361178	23.265978	66.54	1	2.63

Tabla II.2.13. Datos de aceleraciones máximas en localidades de la zona de estudio. **Fuente.** Elaboración propia.

De manera general se muestran los sismogramas sintéticos para la zona de estudio considerando los períodos de retorno de 10, 100 y 500 años en los tres casos no se llegan a valores de 150 gales equivalentes a sismos de magnitud 5.5 (Figura II.2.74), considerando la experiencia sísmica después de este valor se esperan daños, para llegar a dicho margen el período se amplía a 2,323 años de TR. (figura II.2.75).

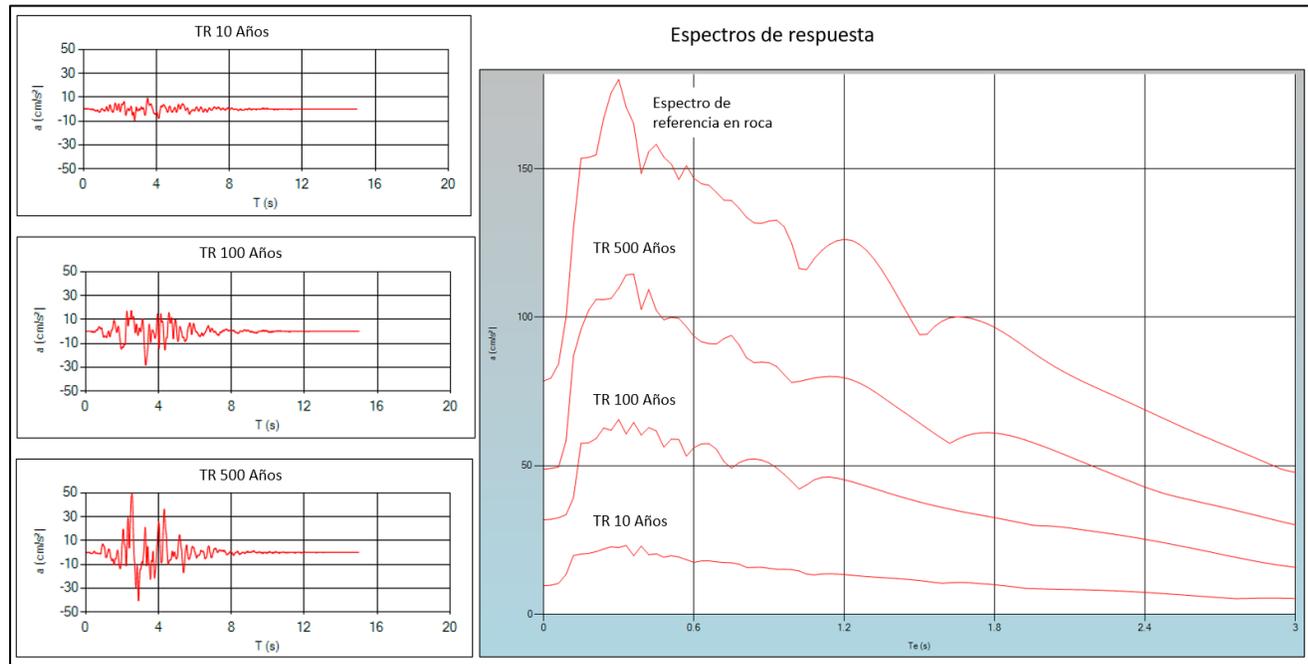


Figura II.2.74. Sismogramas sintéticos generales de la zona de estudio. **Fuente.** Elaboración propia con datos del SSN.

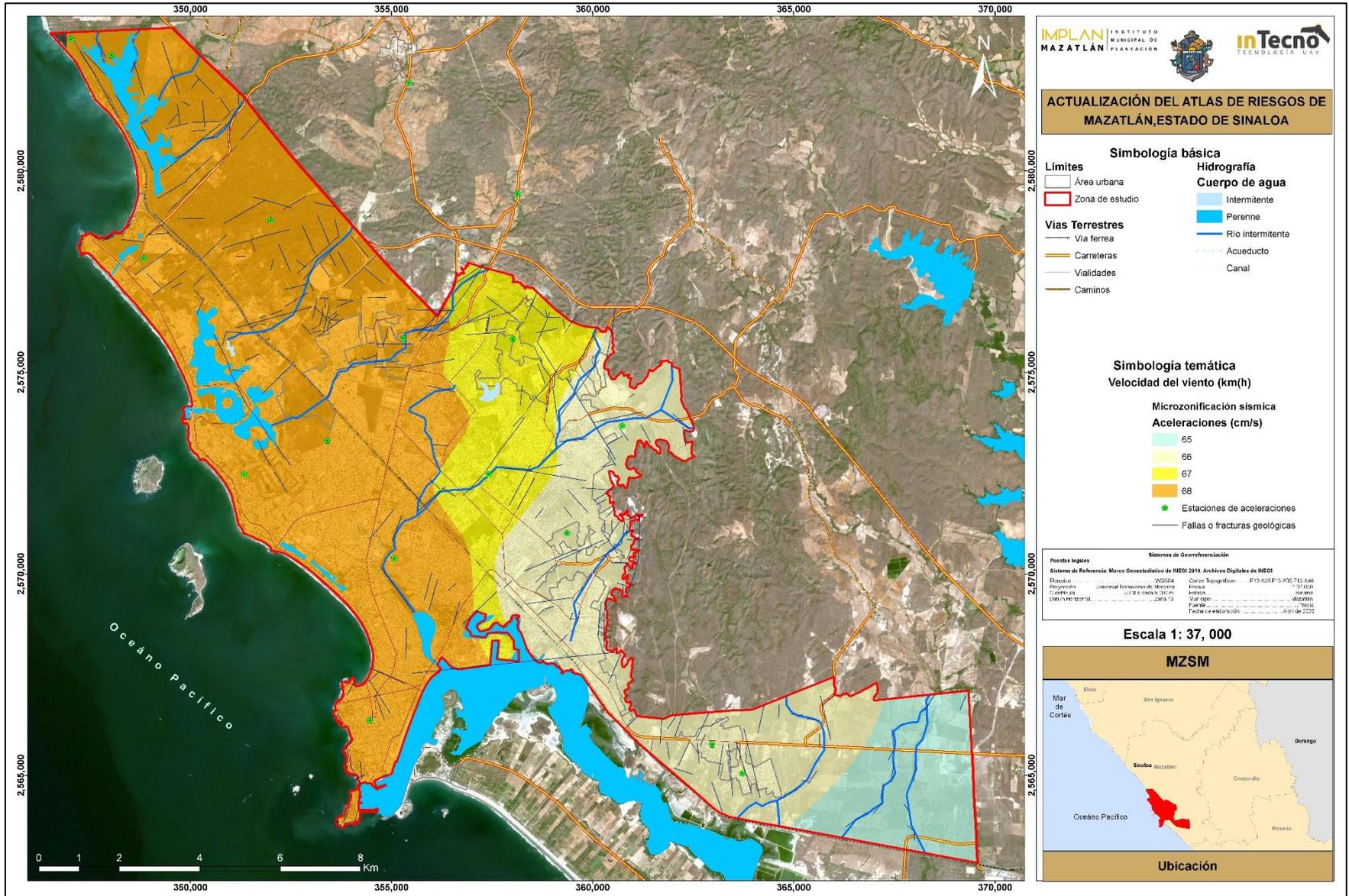


Figura II.2.75. Mapa de microzonificación sísmica. Fuente. Elaboración propia.

2.2.4.8 Licuación

El movimiento en la superficie de un depósito de suelo es muy diferente del que ocurriría en la roca basal, debido a la amplificación dinámica que sufren las ondas sísmicas al propagarse a través de medios deformables. También las irregularidades topográficas y geológicas producen amplificaciones y atenuaciones en el movimiento del terreno, sin embargo, para fines prácticos sólo se toman en cuenta las amplificaciones producidas en depósitos de suelo con estratificación horizontal de extensión lateral variable ante la incidencia vertical de ondas de corte o S.

Para realizar una microzonificación sísmica se tomaron en cuenta los valores de respuesta probabilística de referencia (ER) de los tipos de roca en la zona de estudio, el espectro de roca obtenido se caracterizó mediante acelerogramas sintéticos que cumplen con el contenido energético del espectro de respuesta de los materiales.

Para ello en la zona donde existe cobertura de suelo o material aluvial, se tomó en cuenta como una unidad de estratificación horizontal, sobre un basamento de roca ya sea de tipo granodiorita, esquistos o andesitas.

De acuerdo al software PRODISIS, los factores que desarrollarían licuefacción serían con sismos de magnitud 5.6 que generen aceleraciones de 70.40 cm/s^2 en el terreno (figura II.2.75a).



Figura II.2.75a. Mapa de potencial de licuación. Fuente. PRODISIS.

2.2.5 Vulcanismo

El volcán submarino Alarcón Rise se encuentra localizado justo en medio de la falla geológica San Andrés, al $S78^{\circ}W$ y 76 km del Parque Marino Nacional Cabo Pulmo, Baja California Sur (BCS) y $S76^{\circ}E$ a 258 km de Mazatlán; se ubica sobre la conocida Cresta de Aragón, se trata de un volcán en erupción catalogado en términos geológicos como de tamaño pequeño y su localización coincide con la zona de deslizamiento entre las placas tectónicas que separan la Península de Baja California.

Las fumarolas alcanzan los 150 m de largo y el calor en los alrededores del volcán es insoportable al ser humano, por lo que los científicos que lo descubrieron mandaron un robot a 2,300 metros de profundidad que pudo recolectar muestras de roca y sedimentos. El volcán mide 50 m de alto por 1,200 m de largo, su existencia no representa ningún peligro para la población de Mazatlán, debido a que se encuentra alejado de la plataforma continental además de estar en aguas muy profundas, ver figura II.2.76.

La zona submarina donde se encuentra es conocida como Santuario de Las Ventillas Hidrotermales de la Cuenca de Guaymas y de la Dorsal de Pacifico Oriental (*East Pacific Rise*), es de alto interés económico por la existencia de metales preciosos, algunas compañías internacionales con alta tecnología están interesadas en explotar estos minerales, pero afortunadamente es un Área Natural Protegida.

Esta zona del Mar de Cortés no pasa inadvertida por sus emanaciones gaseosas complejas, su gran potencial económico por los metales que se generan, aunados a la proliferación de la vida que hay en el fondo marino.

Este volcán ha tenido actividad por más de 40 años, a pesar de que este tipo de volcanes sean explosivos no se descarta la posibilidad que tengan impacto en la generación de un sismo un poco más intenso que los que se tienen registrados de manera cotidiana en la región, pudiendo ser desde 7.2 hasta 7.8 grados Richter; así mismo, se descarta que la actividad sísmica y volcánica que genera este aparato volcánico pueda generar tsunamis.

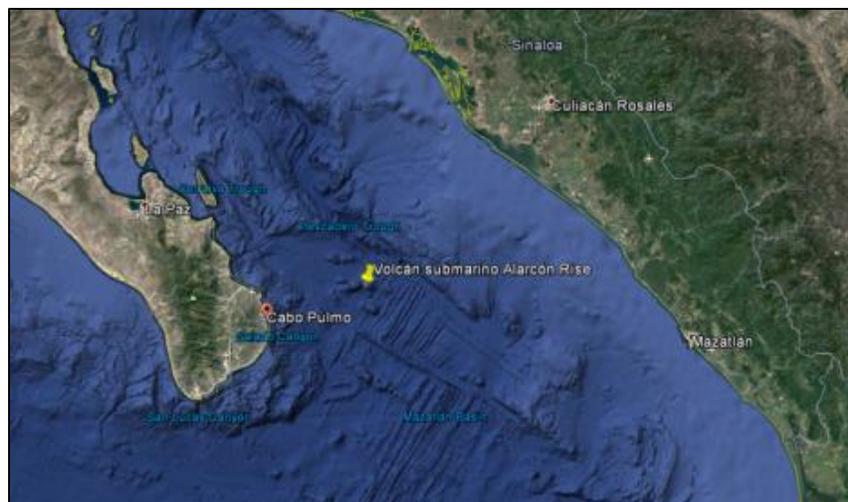


Figura II.2.76. Ubicación de volcán submarino Alarcón Rise con respecto al Parque Marino Nacional Cabo Pulmo y al poniente de la Ciudad de Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia con imagen de Google Earth.

Existe otra zona volcánica en el municipio de Mazatlán conocido como el Volcán de Mármol, pero su cráter y punto de localización está indefinido en la cartografía (ver figura II.2.77). Sin embargo, su erupción dio origen a la Meseta de Cacaxtla, hoy constituida como Reserva Federal, compuesta en su mayoría por rocas basálticas. La influencia del Volcán de Mármol es muy poco significativa, pues al ubicarse en la orilla del mar tiene cortes geológicos en la playa con acantilados conocidos como Barras de Piaxtla y Mármol.

El Volcán del Mármol se ubica a una distancia de 21 km del límite norte de la zona de estudio, este tipo de emplazamientos de lava no generan aparatos volcánicos de grandes dimensiones tipo volcanes compuestos, la composición de las rocas de tipo básico se extiende en un área de 125 hectáreas. Sin tener indicios de actividad en cientos de años, ver figura II.2.78.

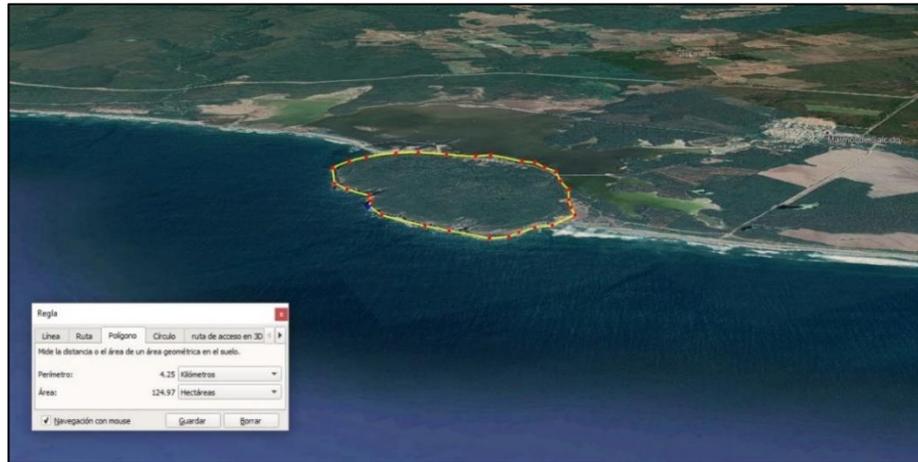
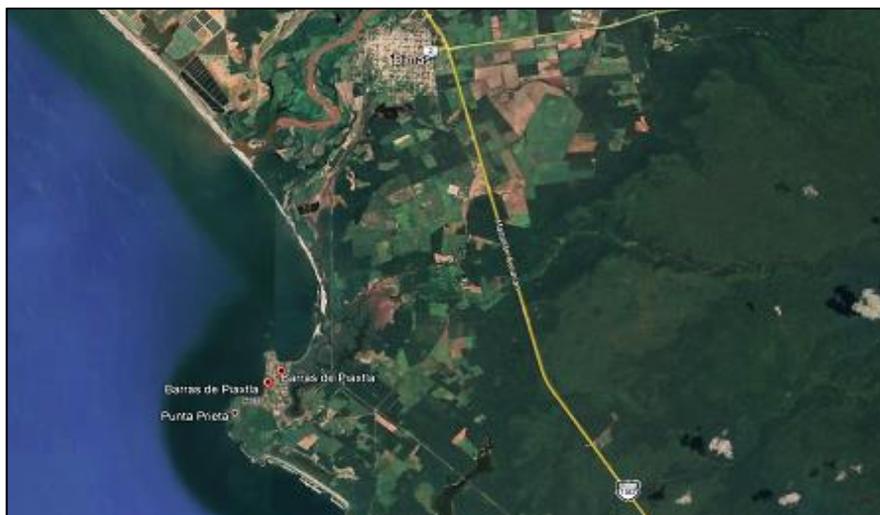


Figura II.2.77. Localización de las rocas basálticas asignadas al denominado “volcán” Mármol.
Fuente. Elaboración propia con imagen de *Google Earth*.

La Reserva de la Meseta de Cacaxtla tiene selvas rebosantes de fauna silvestre en donde se tienen especies desde jaguar, león americano, como otros mamíferos y reptiles, así como una gran diversidad de aves.



Para identificar los volcanes o zonas volcánicas que pudieran afectar a la Ciudad de Mazatlán, se realizó un análisis de los potenciales aparatos volcánicos que pudieran existir

en un radio de 100 km; el resultado nos indica que no existe ningún aparato volcánico que pudiéramos considerar como activo, salvo la zona volcánica mencionada como “Volcán Mármol” y la Meseta de Cacaxtla, en las cuales no existe ningún aparato volcánico, ya que las rocas de composición basáltica aflorantes fueron expulsadas a través de fracturas corticales del tipo Hawaiano.

II.3 Riesgos Químico Tecnológicos

Los peligros químicos ocurren derivado de la exposición no controlada de agentes químicos, compuestos o mezclas, tal como se presentan en su estado natural o como se producen en la industria. El riesgo puede causar efectos agudos inmediatos o crónicos en la salud de las personas, seres vivientes, medio ambiente, así como en los bienes expuestos. El peligro químico según las propiedades fisicoquímicas de los compuestos será mayor de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia o acontecimiento de **incendios, explosiones, fugas y/o derrames, o descomposiciones violentas** en presencia de cualquier factor externo.

Las actividades industriales, comerciales y de servicio involucran la producción, almacenamiento y transporte de sustancias químicas y materiales peligrosos, por lo que existe el riesgo potencial de que ocurra algún accidente en cualquiera de estas etapas y como consecuencia una liberación no controlada o la presencia de un incendio o explosión, por lo que es importante que dichas actividades se realicen de manera segura, siendo indispensable conocer las propiedades y características de las sustancias y materiales, con el fin de prevenir y en su caso mitigar el impacto de cualquier accidente. La principal herramienta para evitar dichos accidentes es la adecuada identificación de los peligros asociados al almacenamiento, transporte, uso, y distribución de dichas sustancias y materiales peligrosos.

Los riesgos químicos tecnológicos son eventos que se generan por la reacción violenta de diferentes sustancias químicas, que pasan a ser muy inestables por su interacción molecular o nuclear. Estos tipos de fenómenos se encuentran íntimamente ligados al desarrollo industrial y tecnológico y uso de diversas formas de energía y a la complejidad en su manejo, utilización y control.

Los desastres causados por los fenómenos químicos tecnológicos son situaciones en las que una cantidad considerable de personas quedan expuestas a peligros a los que son vulnerables, resultando en lesiones y muertes, conlleva también pérdidas materiales y desaparición e interrupción de actividades económicas.

2.3.1 Conceptos básicos

Se define a las sustancias químicas como aquella materia de composición constante caracterizada por las entidades que la constituyen (átomos y moléculas), forman parte de nuestros cuerpos y dan soporte a la vida de nuestro organismo.

Las sustancias químicas poseen propiedades físicas y químicas como la densidad, conductividad, reactividad, etc., que las hacen atractivas para distintas aplicaciones en áreas que contribuyen a mejorar nuestra calidad de vida, como lo es en el campo de la medicina y la salud, la industria alimenticia y el sector energético, entre otros.

En contraparte, las propiedades físicas y químicas de las sustancias, sumadas a las condiciones en las que se manejan, transportan, almacenan o procesan; resultan en el potencial para causar daño a la vida, afectar la salud de las personas y provocar daños materiales a sus propiedades o al ambiente, representando así estas propiedades y condiciones, las situaciones de peligro. Es decir, los posibles daños que se pueden causar son los riesgos que las sustancias químicas peligrosas representan.

Algunas de las propiedades más representativas que hacen a las sustancias químicas ser peligrosas y representar riesgos, son las siguientes:

- **Inflamabilidad:** Es la medida de la facilidad que presenta un gas, un líquido o un sólido para encenderse y de la rapidez con que, una vez encendido, se diseminan sus llamas. Cuanto más rápida sea la ignición, más inflamable será el material.
- **Corrosividad:** Las sustancias químicas corrosivas pueden quemar, irritar o destruir los tejidos vivos y el material inorgánico. Los gases corrosivos causan daño en el cuerpo humano debido al contacto con la piel o por inhalación.
 - **Líquidos corrosivos:** Se utilizan frecuentemente en los laboratorios y son, en gran medida, causa de lesiones corporales externas.
 - **Sólidos corrosivos:** Producen lesiones retardadas, debido a que los sólidos se disuelven fácilmente en la humedad de la piel y del aparato respiratorio, los efectos de los sólidos corrosivos dependen de la duración del contacto.
- **Reactividad:** Es la capacidad de las sustancias para detonar por sí mismas o en combinación con otras; pudiendo ser a causa de una descomposición explosiva o al producirse un cambio químico rápido y violento.
- **Toxicidad:** Se define como la capacidad de una sustancia para producir daños en los tejidos vivos, lesiones, enfermedad grave o en casos extremos la muerte, cuando se ingiere, inhala o se absorbe a través de la piel.
- **Explosividad:** Capacidad de las sustancias químicas de provocar una liberación instantánea de presión, ocasionada por un choque repentino de presión, temperatura o una combinación de ellas.

Los peligros y riesgos que una sustancia puede representar no solo dependen de las propiedades de esta, sino también del volumen, la cantidad y ubicación. Las instalaciones donde comúnmente se pueden encontrar sustancias químicas peligrosas en México son las siguientes:

- Refinerías
- Almacenes de Gas LP
- Terminales de autotransporte de carga
- Plantas potabilizadoras de agua
- Plantas de tratamiento de aguas residuales
- Plantas de refrigeración
- Gasolineras
- Terminales marítimas
- Terminales de ferrocarriles: patios de maniobras, áreas de almacenamiento
- Aeropuertos
- Estaciones de carburación.
- Hospitales que manejan materiales radioactivos.
- Instalaciones mineras.
- Talleres y almacenamiento de materiales pirotécnicos.

Las propiedades de las sustancias químicas peligrosas asociadas con la inminente o alta probabilidad de la presencia de un agente perturbador pueden desencadenar situaciones de emergencia; las cuales se definen como situaciones que causan un daño a la sociedad y propician un riesgo excesivo para la seguridad e integridad de la población en general. Así, se denomina a esta situación promotora de riesgo como Fenómeno Químico-Tecnológico.

2.3.2 Antecedentes

Desde mediados del siglo XX, las sustancias químicas han desempeñado un papel cada vez más importante para la economía mundial. Dado el ritmo actual de producción y uso de sustancias químicas, la probabilidad de que se produzcan incidentes químicos ha aumentado fuertemente. En la siguiente tabla se muestran los principales incidentes químicos de la actualidad y sus consecuencias (ver tabla II.3.01)

Año	Lugar	Descripción del fenómeno químico - tecnológico	Consecuencias
1974	Flixborough,(Inglaterra)	Explosión provocada por un escape de ciclohexano,	<ul style="list-style-type: none"> • Muerte de 28 trabajadores • 86 heridos
1976	Seveso (Italia)	Escape por el aire de dioxina de una fábrica	<ul style="list-style-type: none"> • No hubo muertos inmediatos • 3 300 animales murieron • 80 000 animales sacrificados
1984	Bhopal (India) *Considerado en peor desastre de la Historia de la Humanidad	Fuga de gas de isocianato de metilo de un depósito	<ul style="list-style-type: none"> • 3 800 muertes inmediatas • 15 000 a 20 000 muertes prematuras • 500 000 personas expuestas al gas
1995	Tokio (Japón)	Liberación deliberada de un agente de guerra química	<ul style="list-style-type: none"> • 12 muertos • 54 heridos graves • Miles de personas afectadas
2000	Enschede (Países Bajos)	Explosión de una fábrica de fuegos artificiales	<ul style="list-style-type: none"> • 20 muertos, 562 víctimas • Cientos de casas destruidas • 2000 personas evacuadas

Año	Lugar	Descripción del fenómeno químico - tecnológico	Consecuencias
2001	Toulouse (Francia)	Explosión de 300 a 400 toneladas de nitrato de amonio en una planta de fertilizantes	<ul style="list-style-type: none"> 30 muertos 2500 víctimas 500 casas inhabitables
2002	Galicia (España)	Nafragio del Prestige, que causó el derrame de 77 000 toneladas de combustible	<ul style="list-style-type: none"> Unos US\$ 2800 millones de gastos de limpieza
2002	Jabalpr (India)	Intoxicación masiva por el uso de envases vacíos de plaguicida como utensilio de cocina	<ul style="list-style-type: none"> Tres muertos Al menos 10 hospitalizaciones
2004	Neysabhr (Irán)	Explosión de un tren causada por la mezcla de sustancias incompatibles.	<ul style="list-style-type: none"> Centenares de muertos y heridos entre los socorristas y las personas presentes
2005	Río Songhua (China)	Explosión de una fábrica que derramó 100 toneladas de contaminantes al río	<ul style="list-style-type: none"> Cinco muertos Millones de personas estuvieron sin agua por varios días
2005	Bohol (Filipinas)	Utilización errónea de un insecticida en la elaboración de golosinas	<ul style="list-style-type: none"> 29 muertos 104 hospitalizaciones
2005	Hemel Hempstead (Inglaterra)	Tres explosiones de un depósito de petróleo (Buncefield)	<ul style="list-style-type: none"> 43 heridos 2000 personas evacuadas
2006	Abidjan (Côte d'Ivoire)	Vertido de residuos tóxicos en la ciudad de Abidjan	<ul style="list-style-type: none"> 10 muertos, millares de afectados
2006	Panamá	Dietilenglicol en un jarabe para los tos	<ul style="list-style-type: none"> Al menos 100 muertos
2007	Angola	Bromuro de sodio se confundió con sal de mesa	<ul style="list-style-type: none"> Al menos 460 personas enfermaron.
2008	Senegal	Plomo por el reciclado informal de pilas	<ul style="list-style-type: none"> Exposición humana, muchos niños presentaron síntomas de intoxicación

Tabla II.3.01. Ejemplos de desastres de fenómenos químico-tecnológicos en el mundo. **Fuente.** Elaboración propia

En nuestro país, en las últimas dos décadas los fenómenos químico-tecnológicos de mayor impacto socioeconómico han sido explosiones por uso de hidrocarburos e incendios forestales.

A continuación, se muestra una descripción cronológica de los eventos catastróficos producto de la presencia de fenómenos químico-tecnológicos en México (ver tabla II.3.02).

Año	Lugar	Descripción del fenómeno químico - tecnológico	Consecuencias
1984	San Juan Ixhuatepec (Ciudad de México)	Siete explosiones en una terminal de gas licuado de petróleo	<ul style="list-style-type: none"> • 400 muertos inmediatos • Más de mil muertos en fechas posteriores • 5 000 heridos • 5 000 damnificados • 200 casadestruidas
1988	Ixhuapán (Veracruz)	Dardo de fuego en un oleoducto	<ul style="list-style-type: none"> • 20 muertos • Evacuación de 15 000 habitantes de la zona
1988	La Merced (Ciudad de México)	Estallido de tanque de gas L.P. y almacenes de pirotecnia	<ul style="list-style-type: none"> • 60 muertos • 200 heridos
1991	Complejo Petroquímico (Veracruz)	Fuga de Gas Licuado de petróleo que resultó de una explosión	<ul style="list-style-type: none"> • 6 muertos • 329 heridos • Pérdidas materiales por 150 millones de pesos
1992	Guadalajara (Jalisco)	Fuga de Combustible al alcantarillado que terminó en explosiones en cadena	<ul style="list-style-type: none"> • 210 muertos • 2 desaparecidos • 1480 lesionados • 1425 viviendas destruidas y 1575 con afectaciones
1995	Ciudad PEMEX cactus (Tabasco)	Explosión de ductos de hidrocarburos.	<ul style="list-style-type: none"> • 12 muertos • 11 heridos • Daños a diez inmuebles
1998	Chimalpas (Veracruz Oaxaca, Chiapas)	Incendio Forestal	<ul style="list-style-type: none"> • 1500 combatientes del incendio • Los humos cruzaron el Golfo de México hasta el sur de E.U.A. • 200 000 hectáreas dañadas
2003	Puerto de Veracruz (Veracruz)	Explosión de puestos de juegos pirotécnicos	<ul style="list-style-type: none"> • 38 muertos • 70 heridos
2013	Nativitas (Tlaxcala)	Explosión de un vehículo con fuegos artificiales	<ul style="list-style-type: none"> • 25 muertos • 160 heridos
2016	Mercado de Pirotecnia "San Pablito" (Tultepec, Estado de México)	Explosión de puestos de juegos pirotécnicos	<ul style="list-style-type: none"> • 42 Muertos • Al menos 45 heridos

Tabla II.3.02. Ejemplos de desastres de fenómenos químico-tecnológicos en México. **Fuente.** Elaboración propia.

Los desastres causados por los fenómenos químico-tecnológicos son situaciones en las que una cantidad considerable de personas quedan expuestas a peligros a los que son vulnerables resultando en lesiones y muertes, conlleva también pérdidas materiales y desaparición e interrupción de actividades económicas, resultando así en impactos no solo en la vida de las personas y a su salud, sino también en aspectos económicos del país. Los fenómenos químicos tecnológicos que son más representativos en Mazatlán son los relacionados con el transporte de hidrocarburos en la zona metropolitana debido a su posición estratégica en la distribución para las zonas aledañas. Es por ello por lo que la Ciudad de Mazatlán está propensa a sufrir desastres por explosiones o derrames de hidrocarburos ya que se tiene un almacenamiento mayor a 4,842,000 barriles de combustible al año en la planta La Esperanza.

La población en general continúa haciendo caso omiso de las restricciones para invadir el área de seguridad por donde pasa o queda la infraestructura de PEMEX. Así lo pone de manifiesto el surgimiento y consolidación de asentamientos urbanos irregulares o instalaciones industriales en lugares no permitidos; esa anomalía ocasiona que por encima

o al lado de los conductos de PEMEX haya más de 39 asentamientos, situación que constituye una auténtica bomba de tiempo que pone en riesgo a cientos de familias mazatlecas, ver tabla II.3.03.

Un grupo de asentamientos humanos se encuentra ubicado alrededor de las instalaciones de almacenamiento en la planta La Esperanza y otro grupo más se localiza a los alrededores de la tubería transportadora del combustóleo que llega a la planta Termoeléctrica de CFE.

La inexistencia previa o inoperancia posterior de instrumentos para la orientación planificada del crecimiento de la ciudad, ha favorecido esas ocupaciones irregulares. Pero lo más grave aún es la aparición de actitudes delictivas como el llamado “ordeñamiento de ductos” o tomas clandestinas en las tuberías (huachicol), factores detonadores de potenciales explosiones y otros problemas relacionados con el manejo y transportación irregular de hidrocarburos.

Además de lo anterior, en el trayecto de la infraestructura de PEMEX se localiza una compleja estructura industrial, con procesos productivos altamente peligrosos, situación que implica riesgo para quienes viven cerca de ellos.

Los casos de incendio en casa habitación, comercios e infraestructura vital como hospitales, también son un tipo de riesgo frecuente en la mayoría de las ciudades. En el mes de mayo del 2019 se suscitó un incendio en el interior del Seguro Social de Mazatlán, sin pérdidas humanas reportadas, pero si representando pérdidas económicas y de infraestructura. [8]

A continuación, se presenta un resumen de eventos catastróficos producto de la presencia de fenómenos químico-tecnológicos en Mazatlán.

Año	Lugar	Descripción del fenómeno químico - tecnológico	Consecuencias
2014	Mazatlán	Descargas urbanas de aguas sin tratar y aguas negras en la Laguna	<ul style="list-style-type: none"> Muerte de miles de peces
2017	Autopista Durango Mazatlán	Accidente carretero donde se volteó una pipa que transportaba nitrato de calcio	<ul style="list-style-type: none"> Cierre de la Autopista por 8 horas.
Octubre 2019	Mazatlán	Derrame de combustóleo	<ul style="list-style-type: none"> Daño al medio ambiente. Síntomas de afectación en la salud de la población

Tabla II.3.03. Desastres de Fenómenos Químico-Tecnológicos en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia

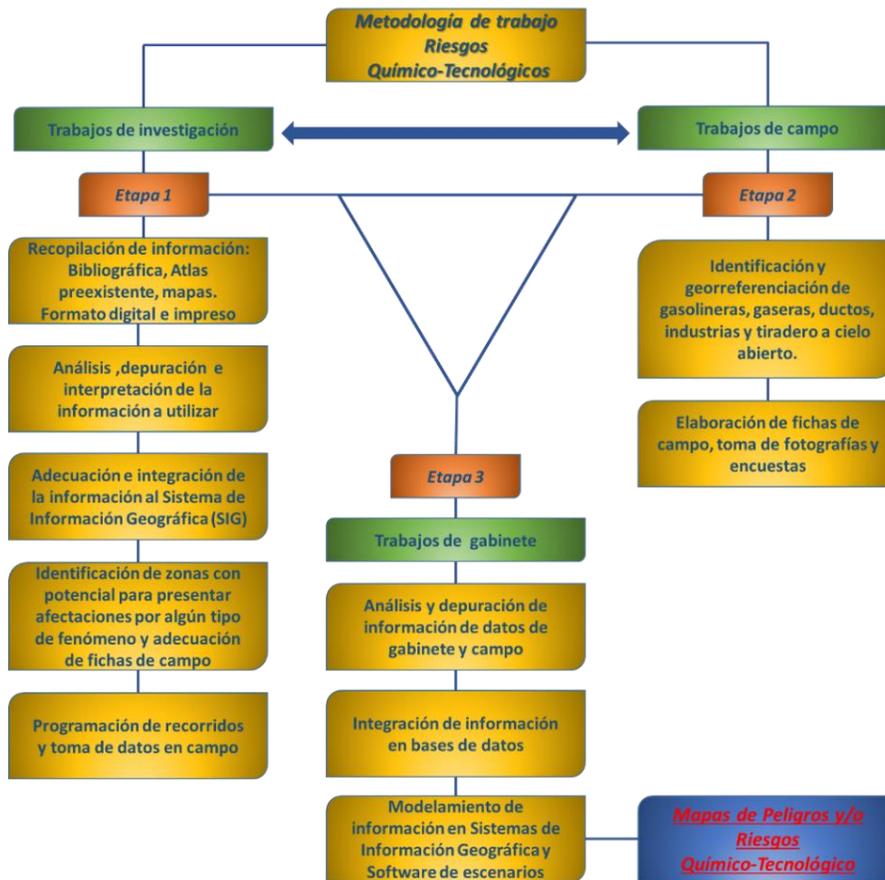
2.3.3 Metodología

La metodología de trabajo se desarrolló en 3 etapas generales:

- 1- *Etapas de Trabajo de Investigación.* En ella se llevó a cabo la recopilación de información bibliográfica, cartográfica e histórica de la zona de estudio, en formato digital y/o impreso. Se realizó la depuración de información utilizable, así como la digitalización de niveles de información útiles para el armado de niveles base para el Sistema de Información Geográfica (SIG).

- 2- *Etapa de Trabajo de campo.* Se realizó la verificación y toma de datos en campo correspondiente a sitios de estaciones de servicio (gasolineras), estaciones de carburación (gaseras) e industrias que manejan sustancias químicas peligrosas.
- 3- *Etapa de trabajo en gabinete.* Se integró la información recopilada en campo a las bases de datos utilizadas para elaborar los modelamientos de los distintos niveles de información en el SIG, así como para generar los escenarios de peligro y riesgos de los distintos tipos de eventos analizados por fenómeno químico.

El desarrollo de estas etapas no fue limitado a la culminación de una etapa para comenzar la siguiente, los desarrollos de las etapas se nutrieron de información dinámicamente para un mejor flujo de información y avance de los modelados hasta obtener el resultado más idóneo.



Gráfica II.3.01. Metodología de trabajo para Fenómenos químico-tecnológicos.

Fuente. Elaboración propia

2.3.4 Sistemas de identificación de las sustancias químicas peligrosas

Además de conocer los principales lugares donde se ubican las sustancias químicas peligrosas, es importante identificarlas y comunicar los peligros y riesgos que éstas representan, para esto existen varios tipos de sistemas implementados por diferentes organismos internacionales. A continuación, se describirán los más importantes por su uso en México.

NFPA 704. Sistema Normativo para la Identificación de los Riesgos de Materiales para Respuesta a Emergencias

El trabajo sobre esta norma se originó desde 1952, gran parte del desarrollo fue hecho por el Comité seccional de la *National Fire Protection Association* (NFPA) para clasificación, sellado y propiedades de líquidos inflamables.

Esta norma está dirigida a los riesgos para la salud, inflamabilidad, inestabilidad y riesgos relacionados que se presentan por la exposición intensa, a corto plazo a un material o sustancia química bajo condiciones de incendio, derrame o emergencias similares. El objetivo de la norma es proporcionar un sistema sencillo, fácilmente reconocible y comprensible de identificación para dar una idea general de los peligros y riesgos de una sustancia química y la gravedad de estos en relación con la respuesta de emergencias.

Las etiquetas que propone la norma NFPA 704 proporcionan una señal o alerta apropiada para la protección del personal de respuesta a emergencias, asisten en la planificación de operaciones efectivas de control de incendios y emergencias, incluida la limpieza. Ayuda también a que las personas que están presentes en lugares donde existe la presencia de sustancias químicas peligrosas pueda realizar un inventario y evaluación de los riesgos que los materiales representan en sus instalaciones.

El sistema es caracterizado por un “rombo”, éste identifica los riesgos de los materiales y el grado de severidad de los riesgos a la salud, inflamabilidad e inestabilidad química o reactiva. La severidad de los riesgos es indicada por un rango numérico que va desde el cero (0) indicado estable hasta cuatro (4) indicando un peligro máximo (ver figura II.3.01).



Figura II.3.01. Etiqueta del sistema de identificación de riesgos de la NFPA 704. Fuente. CENAPRED

Sistema Globalmente Armonizado (SGA)

Dada la realidad del extenso comercio de sustancias químicas, y la necesidad de desarrollar programas para garantizar su seguridad en el uso, transporte y disposición, se encontró la necesidad de crear una clasificación y sistema de etiquetamiento de manera internacional y armonizada.

Para esto es necesario que los países dispongan de información sobre las sustancias químicas que importan y producen y poder crear la infraestructura para controlar la exposición química de una manera comprensible y así proteger a la gente y al ambiente. El Sistema Globalmente Armonizado tiene sus orígenes en un mandato emitido en el año de 1992 en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED), que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil, con el objetivo de tener una clasificación y un sistema de etiquetado compatible, incluyendo etiquetado y hojas de seguridad con símbolos fácilmente entendibles, disponible para el año 2000.

Los siguientes símbolos de peligro son los símbolos estándar que deben ser usados cuando se aplique el Sistema Globalmente Armonizado.



Figura II.3.02. Sistema Globalmente Armonizado. **Fuente.** CENAPRED

En el caso de los pictogramas usados para el transporte de sustancias químicas peligrosas debe seguirse la reglamentación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Esta reglamentación abarca una amplia gama de público objetivo, aunque los trabajadores del transporte y los respondientes a las emergencias son los principales.

Clasificación Numérica CAS

El CAS (En inglés *registry number Chemical Abstracts Service*) es una identificación numérica única para compuestos químicos polímeros, secuencias biológicas, preparados y aleaciones que la Sociedad Americana de Química asigna y que mantiene una base de datos de cada una de estas sustancias químicas peligrosas determinando alrededor de 123 millones de compuestos registrados y catalogados con alrededor de 12,000 nuevos cada día. La intención es garantizar la efectividad de una búsqueda en la base de datos unificada dado que a menudo se asignan distintos nombres para el mismo compuesto.

Clasificación numérica ONU

Los números ONU o códigos UN (*UN number*) son identificaciones numéricas por parte de la ONU para los químicos o productos con propiedades similares. Un químico en su estado sólido puede tener un número ONU diferente que cuando se encuentra en estado líquido, si sus propiedades de peligrosidad difieren significativamente; las sustancias con diferentes niveles de pureza o concentración en solución también pueden tener distintos números ONU.

Cada número ONU está asociado a un «identificador de riesgo», el cual codifica la clase general del riesgo y la subdivisión y en el caso de los explosivos, su grupo de compatibilidad.

2.3.5 Sustancias químicas peligrosas que se manejan y almacenan en Mazatlán

El análisis de las sustancias químicas permitió caracterizar de manera cualitativa y cuantitativa los riesgos abarcando desde eventos frecuentes de bajo impacto hasta eventos mayores poco frecuentes. Los componentes o técnicas de este proceso permitieron identificar los factores que contribuyen al riesgo y, por lo tanto, hacer recomendaciones y ayudar en la toma de decisiones y en la aplicación de medidas para su disminución o prevención.

En el municipio de Mazatlán se registraron las sustancias que de acuerdo su volumen de almacenamiento, vulnerabilidad social, daños a la salud y medio ambiente representan (figura II.3.03).

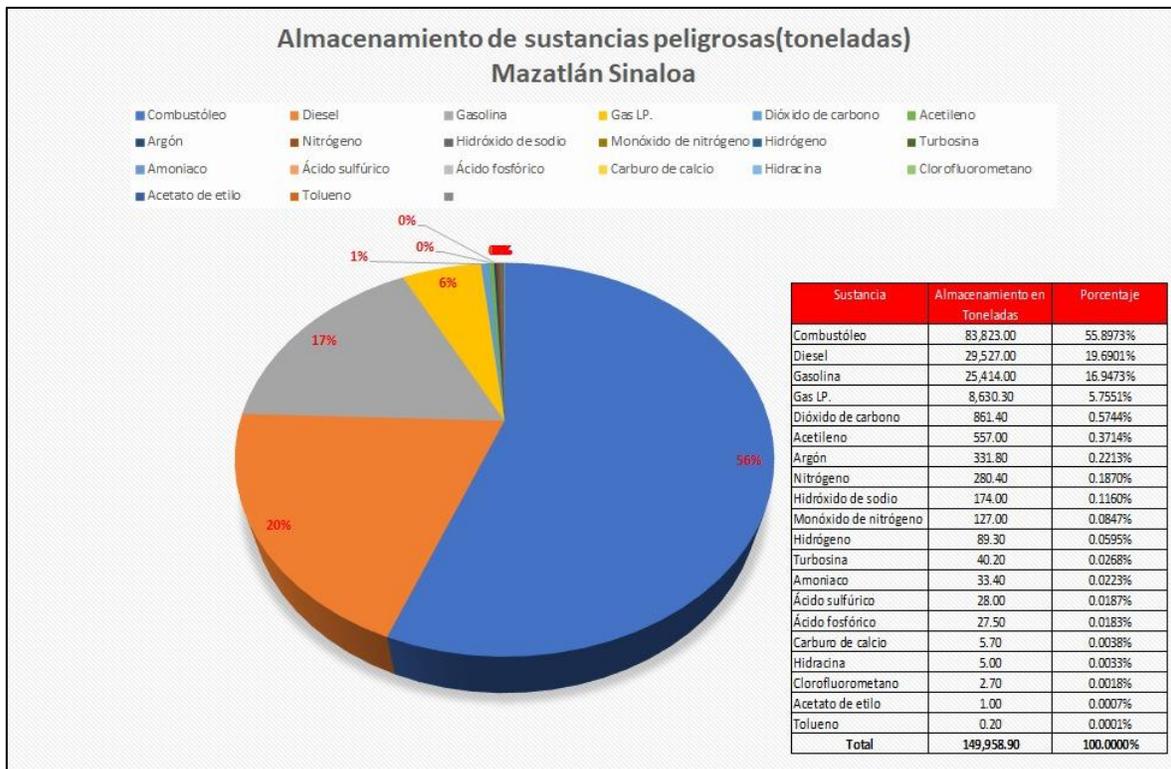


Figura II.3.03. Proporción de Sustancias almacenadas en Mazatlán. Fuente. CENAPRED

Los incidentes se clasificaron de conformidad con su zona de afectación como: incidente menor (zona de afectación limitada), incidente mayor (zona de afectación media) o incidente catastrófico (zona de afectación extensa).

La ubicación de las industrias que manejan sustancias peligrosas fue el punto de partida para realizar un análisis de riesgos, debido a que la presencia e interacción de personas, medio ambiente y recursos materiales próximos a estas zonas hacen que se encuentren expuestos indudablemente al riesgo.

El análisis de riesgo proporcionó información sobre:

- Historial de eventos de este tipo dentro de la zona de estudio.
- Tipos de daños causados (a la población, a la propiedad o al ambiente).
- Probabilidades de ocurrencia de fenómenos químicos.
- Severidad de las consecuencias.
- Análisis de frecuencias.
- Análisis de consecuencias.
- Estrategias de prevención y medidas de mitigación.

El gas L.P, la gasolina, el amoniaco (la industria) y el clorogas están catalogadas como sustancias que representan mayor peligro según la normatividad nacional debido a su tipo de almacenamiento, distribución y peligrosidad

En riesgos de derrames y fugas de combustibles se analizaron las medidas de seguridad que se utilizan durante la comercialización, almacenamiento y distribución de estas sustancias por ductos, así como al transporte por medio de carros tanque (pipas), ya que en cualquier fase de la realización de estas actividades puede presentarse algún tipo de riesgo potencial.

En un accidente químico existen cuatro vías principales de exposición directa a la sustancia química liberada: inhalación, exposición ocular, contacto con la piel e ingestión. Ninguna de estas vías es mutuamente excluyente. El tipo de exposición más probable es la inhalación de gases almacenados bajo presión, que se extienden rápidamente y sobre una amplia área. Otras posibles vías de exposición en este contexto son los ojos y la piel. La ingestión de una sustancia tóxica puede ocurrir si se bebe agua o se consume alimento contaminado con la sustancia química liberada.

Los efectos a la salud de la población que está expuesta a una sustancia química son el resultado de la exposición aguda o crónica a ésta. Dependiendo del tipo de exposición estos efectos pueden ser diferentes para la misma sustancia.

La exposición aguda se presenta cuando un sistema biológico entra en contacto con una sustancia química por tiempos cortos, a altas concentraciones la sustancia se absorbe rápidamente en una o varias exposiciones en un periodo no mayor de 24 horas, manifestándose los efectos a la salud de inmediato (Fernícola, 1985).

La exposición crónica consiste en exposiciones repetidas de la sustancia química a bajas concentraciones durante periodos largos de tiempo, los efectos se manifiestan a largo plazo (Fernícola, 1985).

En la mayoría de las ocasiones, los síntomas y signos que manifiestan las víctimas de accidentes químicos son inmediatos o retardados, entre una y dos horas. Sin embargo; en algunos casos, las características de toxicidad pueden manifestarse días, semanas, meses o aún años después de una exposición aguda. Los síntomas y signos pueden ser locales (ojos, piel, vías respiratorias o gastrointestinales) sistémicos o ambos. Las características sistémicas agudas más comunes se manifiestan en el sistema nervioso central (excitación, depresión), en el sistema circulatorio (vasodilatación, arritmias, depresión cardiovascular), vías respiratorias o gastrointestinales (malestar, vómito, diarrea), y en la sangre (metahemoglobinemia, hemólisis).

Se pueden observar características retardadas en cualquier sistema orgánico, pero con mayor frecuencia en el aparato respiratorio, riñones, hígado y órganos de formación de sangre (OPS, 1998).

A continuación se presentan las sustancias químicas peligrosas que se manejan en el municipio de Mazatlán, así como sus características físico-químicas, peso molecular y estado físico donde indica cuáles podrían alcanzar más rápido un receptor, por ejemplo los gases pueden estar más rápidamente en contacto con la población, los líquidos pueden alcanzar cuerpos de agua o infiltrarse en el suelo, lo que representaría un riesgo de contaminación en estos medios, que más tarde puede llegar al hombre. La presión de vapor permite conocer con qué facilidad la sustancia se puede volatilizar y por lo tanto pasar a la fase gaseosa, la solubilidad en agua es importante ya que nos habla de la capacidad de disolverse al contacto con cuerpos de agua o ríos contaminándolos.

Amoniaco Anhidro

Número de CAS: 7664-41-7

Peso molecular: 17.03 g

Estado físico: Gas

Presión de vapor: 7510 mm Hg a 25°C

Solubilidad en agua: Soluble

Grado de riesgo: Salud 3, Inflamabilidad 1, Reactividad 0

IPVS: 300 ppm

Límite máximo permisible de exposición: 24 mg/m³ (STEL)

Reactividad: Es incompatible con sustancias oxidantes fuertes, ácidos, halógenos, sales, mercurio, plata, oro, zinc e hipocloritos. El amoniaco puede detonar en el aire e incendiarse. Presenta reacciones violentas o explosivas con el óxido de etileno (reacción de polimerización), perclorato de magnesio, tricloruro de nitrógeno, clorato de potasio, ácido nítrico y peróxido de hidrógeno entre otras.

Riesgo de fuego: Cuando se calienta se descompone emitiendo humos tóxicos de amoniaco y óxidos de nitrógeno. Se debe evitar que los recipientes se calienten, rociándolos con agua para enfriarlos.

Riesgo a la salud: Reacciona con la humedad de la superficie de las mucosas de ojos, piel, y el tracto respiratorio para producir hidróxido de amonio el cual puede causar daño cáustico, la severidad depende de la concentración y tiempo de exposición. El daño va de eritema a severas quemaduras y puede causar desde tos hasta edema pulmonar. La inhalación produce irritación a las membranas mucosas y pulmonares.

Cloro

Número de CAS: 87-920-1

Peso molecular: 70.9 g

Estado físico: Gas de color amarillo-verdoso, con olor sofocante e irritante

Presión de vapor: N/A

Solubilidad en agua: Muy poco soluble (0.7 %)

Grado de riesgo: Salud 3, Inflamabilidad 0, Reactividad 0

IPVS: 10 ppm

Límite máximo permisible de exposición: 2.9 mg/m³ (STEL)

Reactividad: Es uno de los elementos más reactivos, se combina fácilmente con todos los elementos, excepto gases raros y nitrógeno, puede reaccionar explosivamente o formar compuestos explosivos con muchas sustancias comunes, tales como acetileno, éter, amoníaco, hidrógeno y metales finamente divididos alcoholes e hidróxido de sodio entre otros. El cloro puede combinarse con agua o vapor de agua para producir humos corrosivos y tóxicos de ácido clorhídrico.

Riesgo de fuego: En caso de incendio retirar los cilindros del área de incendio, desde una distancia segura mantener los cilindros con aspersión de agua hasta que el fuego sea extinguido. Los medios de extinción son espuma y polvo químico seco.

Riesgos a la salud: Es un irritante fuerte y puede ser corrosivo para los ojos, la piel y las membranas mucosas. Puede quemar los ojos, la nariz y la boca, causa lagrimeo, rinorrea, náusea, vómito, dolor de cabeza, mareo, síncope y dermatitis. La inhalación de 5 a 8 ppm de este gas es severamente irritante y corrosivo al tracto respiratorio. Exposiciones más altas producen conjuntivitis, edema pulmonar o la muerte dependiendo de la concentración. Los vapores de cloro son más densos que el aire.

Gas LP

Número de CAS: 68476-85-7

Peso Molecular: 49 g en promedio, debido a que es una mezcla, no tiene un peso molecular definido depende de la composición.

Estado físico: Gas incoloro e inodoro, se le añaden pequeñas cantidades de mercaptano para darle olor característico.

Presión de vapor: 760 mm Hg a 25°C

Solubilidad en agua: Insoluble

Grado de riesgo: Salud 1, Inflamabilidad 4, Reactividad 0

IPVS: 2000 ppm

Límite máximo permisible de exposición: 1800 mg/m³ (TWA)

Reactividad: Es incompatible y puede reaccionar con sustancias oxidantes fuertes.

Riesgo de fuego: Es extremadamente inflamable, se prende fácilmente por calor, chispa o flama, forma mezclas explosivas con el aire. Los vapores son más pesados que el aire, No se debe extinguir el fuego de gas L.P, al menos que la fuga se haya controlado. Cuando se quema forma vapores tóxicos y/o irritantes.

Riesgo a la salud: Las impurezas oleofínicas pueden causar narcosis. No es tóxico a concentraciones menores al límite inferior de explosividad. Los vapores pueden causar mareo. El contacto con el gas o el gas licuado puede causar quemaduras, daño severo y congelamiento. Los vapores pueden causar asfixia por desplazamiento de oxígeno.

GASOLINA

Número de CAS: 8006-61-9

Estado físico: Líquido color rojo

Presión de vapor: 37.8 mm Hg a 30°C

Solubilidad en agua: Insoluble

Grado de riesgo: Salud 1, Inflamabilidad 3, Reactividad 0

IPVS: 500 ppm

Límite máximo permisible de exposición: 560 mg/m³ (STEL)

Reactividad: Los vapores son explosivos cuando se exponen al calor o flama. Reacciona vigorosamente con materiales oxidantes.

Riesgo de fuego: Es un líquido muy inflamable y peligroso cuando se expone al calor, flama u oxidantes. Los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire, pueden viajar a una fuente de ignición y regresar con la flama. Los contenedores pueden explotar cuando se calientan. La gasolina puede acumular electricidad estática.

Riesgo a la salud: La inhalación causa excitación del sistema nervioso central con euforia, tremor, nerviosismo, insomnio y mareo, seguido por depresión del sistema nervioso central, ocasionando dolor de cabeza, mareo, fatiga, debilidad muscular, confusión y somnolencia.

En la siguiente tabla II.3.04, se muestran las sustancias anteriormente descritas con los símbolos pictográficos que las identifican, así como la utilización de los diferentes códigos normativos nacionales e internaciones.

Sustancia	Num. CAS	Peligrosidad SGA	Inflamabilidad NFPA
AMONIACO NH ₂	CAS - 7664 - 41-7		
CLOROGAS Cl	CAS - 87-90-1		
GAS LP Propano Butano Metil- mercaptano	CAS 74-98-6 CAS 106- 97-8 CAS 75-08-1		
GASOLINA	CAS - 8006-61-9		

Tabla II.3.04. Códigos y pictogramas normados para cada sustancia peligrosa. **Fuente.** Elaboración propia.

2.3.6 Análisis y simulación de Peligro por Gasolineras, así como su identificación en zonas de afectación

En este análisis se involucraron factores importantes como la cantidad y tipo de combustible almacenado, las condiciones ambientales de la zona, rugosidad del terreno misma que determina que obstáculos pueda tener el fuego en su trayectoria y las medidas de seguridad. La diferencia con las gaseras radica en el manejo de los diversos tipos de combustibles o sustancias, como por ejemplo gasolina Premium, Magna y Diésel, clasificación que determinan las empresas de PEMEX.

Las gasolineras generan un área menor de afectación con respecto de las gaseras, debido a la capacidad de arder del tipo de combustible. En este sentido, los radios de afectación originada por posible incendio en gasolinera engloban tres clasificaciones de peligro basados en función de los valores de radiación térmica (ver figura II.3.04), mientras que en las gaseras presentan cuatro que se abordarán más adelante.

Para realizar la simulación de manera gráfica y definir el posible radio de afectación en caso de incendio (gasolineras) y /o en su caso explosión e incendio (gaseras), se tomó en cuenta el depósito con mayor volumen o capacidad de almacenamiento y el resultado del radio de la afectación (distancia en metros), estuvo en función de la cantidad y tipo de sustancia almacenada.

La Ciudad de Mazatlán cuenta con un total de 59 estaciones gasolineras, se encuentran distribuidas en las principales arterias que la conforman (tabla II.3.05).

Es importante mencionar que en el entorno de algunas estaciones de servicio se sitúan unidades habitacionales, comercios diversos, hospitales, escuelas, infraestructura vial y urbana e incluso algunas estaciones de carburación o Gas LP.

Modelo de Cálculo de efectos y Análisis de Consecuencias

Para la realización de los modelados para los cálculos de efectos se utilizó el software **SCRI** que se basan en metodologías publicadas en EPA y AICHE y se probaron extensivamente en tablas de resultados del manual de EPA de RMP ("Risk Management Program"), y del TCPA ("Toxic Catastrophe Prevention Act" de EPA- New Jersey). El modelo de fuego en llamarada utiliza el modelo SLAB para dispersión de nubes densas del Lawrence Livermore National Laboratory de EUA.

X	Y	Cod_Sitio	No_Estación	Razón social	Dirección
354985.172	2574589.68	GA_01	12001	PETROPLAZAS_ESTACIONES_SA_DE_CV	Oscar Perez Escobosa No. 8206, Mazatlán, Sinaloa.
355101.406	2573906.23	GA_02	3014	GASOLINERA_VENADILLO_SA_DE_CV	Carretera Internacional Km 1206 Norte, Mazatlán, Sinaloa
355075.592	2573347.92	GA_03	6665	KARLA_LIZBETH_ALVAREZ_MORENO	Carretera Internacional Al Norte No. 3300, Mazatlán, Sinaloa.
355484.796	2575148.62	GA_04	6173	PETROAGULA_SA_DE_CV	Calle Internacional No. 9000, Mazatlán, Sinaloa
354443.636	2570345.7	GA_05	1763	PETROPLAZAS_SA_DE_CV	Avenida Insurgentes con Ejercito Mexicano, Mazatlán, Sinaloa
354925.876	2573124.92	GA_06	9281	SERVICIO_ESCOSERRA_LOS_OLIVOS_SA_DE_CV	Carretera Internacional No. 3101, Mazatlán, Sinaloa
354493.546	2569454.44	GA_07	4764	SERVICOM_DE_LA_COSTA_DEL_PACIFICO_SA_DE_CV	Avenida Benemerito de Las Americas No. 1401, Mazatlán, Sinaloa
354699.167	2567089.42	GA_08	1768	MULTISERVICIOS_AUTOMOTRICES_ARZA_SA_DE_CV	Juan Carrasco 2 Norte, Mazatlán, Sinaloa
354880.461	2567340.58	GA_09	5634	SERVICIO_OSUNA_DE_MAZATLAN	Avenida Juan Carrasco Y 16 de Septiembre S/N, Mazatlán, Sinaloa
354474.823	2569808.5	GA_10	8743	PETROPLAZAS_SA_DE_CV	Avenida Universidad No. 2014, Mazatlán, Sinaloa
354088.179	2574815.69	GA_11	11924	PETROPLAZAS_SA_DE_CV	Avenida Óscar Pérez Escobosa No. 8102 Fraccionamiento Real del Valle, Mazatlán
352666.129	2576017.42	GA_12	12293	GASPASA_GASOLINAS_SA_DE_CV	Avenida Oscar Perez Escobosa No. 6101, Mazatlán, Sinaloa
352049.469	2575185.49	GA_13	21374	SERVICOM_DE_LA_COSTA_DEL_PACIFICO_S.A. DE C.V.	Avenida Del Delfin, Mazatlán, Sinaloa
351545.738	2574123.34	GA_14	9326	PETROPLAZAS_SA_DE_CV	Avenida Marina Mazatlán 2216, Mazatlán, Sinaloa
353085.64	2571554.49	GA_15	9542	GASPASA_GASOLINAS_SA_DE_CV	Avenida Rafael Buelna Y Avenida La Marina S/N, Av. La Marina, Mazatlán, Sinaloa
351198.758	2573872.14	GA_16	9164	FONATUR_TRENMAYA_SA_DE_CV	Avenida Marina Mazatlán No. 2201, Mazatlán, Sinaloa
348587.295	2577404.6	GA_17	11456	PETROPLAZAS_SA_DE_CV	Avenida Sabalo Cerritos Fraccionamiento Cerritos Resort S/N, Mazatlán, Sinaloa
350878.178	2572536.6	GA_18	6517	PETROPLAZAS_SA_DE_CV	Avenida Camaron Sabalo S/N, Mazatlán, Sinaloa
352105.054	2570785.07	GA_19	8274	PETROMAR_DEL_PACIFICO_SA_DE_CV	Avenida Camarón Sabalo Esquina Servidumbre de Paso S/N, Mazatlán, Sinaloa
352421.842	2570946.58	GA_20	3203	SERVICIOS_PLAYAS_DEL_CAMARON_SA_DE_CV	Avenida Rafael Buelna Y Reforma S/N, Mazatlán, Sinaloa
352987.758	2572313.24	GA_21	11694	SERVICIO_ESCOSERRA_LOS_OLIVOS_SA_DE_CV	Avenida La Marina No. 3505, Mazatlán, Sinaloa
354083.717	2572864.42	GA_22	9830	GASOLINERA_Y_SERVICIOS_DE_MAZATLAN_SA_DE_CV	Avenida del Delfin No. 610, Mazatlán, Sinaloa
356112.895	2574197.15	GA_23	10117	QUICKGAS_EL_LIBRAMIENTO	Avenida Oscar Perez Escobosa No. 2900, Mazatlán, Sinaloa
356955.864	2574256.76	GA_24	12205	OPERADORA_LIBRAMIENTO_TRES_SA_DE_CV	Avenida Libramiento 3 No. 12301, Mazatlán, Sinaloa
356259.137	2572607.32	GA_25	6265	GASOLINERA_SANTA_IRENE_SA_DE_CV	Avenida Luis Donaldo Colosio No. 14101, Mazatlán, Sinaloa
357184.944	2572951.41	GA_26	9990	SERVICIO_INSURGENTES_DE_MAZATLAN_SA_DE_CV	Avenida Munich No. 1404, Mazatlán, Sinaloa
357784.016	2573625.79	GA_27	11138	PETROMAR_DEL_PACIFICO_SA_DE_CV	Munich No. 2000, Mazatlán, Sinaloa.
358940.843	2573088.87	GA_28	10761	PETROPLAZAS_SA_DE_CV	Avenida Manuel J. Clouthier S/N, Mazatlán, Sinaloa, México
358505.531	2572416.08	GA_29	10886	MOMU_SA_DE_CV	Avenida Manuel J. Clouthier No. 4444, Mazatlán, Sinaloa
358034.192	2572195.68	GA_30	10074	PETROMAR_DEL_PACIFICO_SA_DE_CV	Avenida Libramiento No. 2 Esquina Calle San Luis S/N Fraccionamiento Lomas de San Jorge, M
357820.227	2571189.81	GA_31	6499	RAMIRO_CARO_ARMENTA	Avenida Manuel J. Clouthier No. 4321, Mazatlán, Sinaloa
358486.521	2571044.25	GA_32	11549	PETROPLAZAS_SA_DE_CV	Avenida Azalea No. 4901, Mazatlán, Sinaloa
359020.862	2570697.99	GA_33	12624	PETROMAR_DEL_PACIFICO_SA_DE_CV	Avenida Gardenias con Avenida Urias, Mazatlán, Sinaloa
356894.896	2571923.69	GA_34	11828	PETROPLAZAS_SA_DE_CV	Avenida Antonio Toledo Corro S/N, Mazatlán, Sinaloa
357795.473	2569961.54	GA_35	1767	GASOLINERA_Y_SERVICIOS_DE_MAZATLAN_SA_DE_CV	Carretera Internacional Km 1192.5, Mazatlán, Sinaloa
357897.155	2569946.84	GA_36	5432	GASOLINERA_Y_SERVICIOS_DE_MAZATLAN_SA_DE_CV	Avenida Luis Donaldo Colosio No. 19900, Mazatlán, Sinaloa
356111.102	2567960.47	GA_37	11469	PETROPLAZAS_SA_DE_CV	Calle Obrero Mundial No. 2328, Mazatlán, Sinaloa
356748.311	2569280.23	GA_38	5200	SERVICIO_ESCOSERRA_DE_MAZATLAN_SA_DE_CV	Avenida Gabriel Leyva No. 319, Mazatlán, Sinaloa
355646.002	2567104.01	GA_39	1760	ACCESORIOS_Y_REFACCIONES_BEGGAL_SA_DE_CV	Avenida Emilio Barragán Y Prolongación Zaragoza S/N, Mazatlán, Sinaloa
354679.179	2565996.53	GA_40	1762	SERVICIO_GUZMAN_Y_GONALES_SA_DE_CV	Avenida Miguel Aleman Y Aquiles Serdan S/N, Mazatlán, Sinaloa
359897.317	2567604.19	GA_41	7909	AUTOSERVICIO_RUSHER_SA_DE_CV	Carretera Internacional Al Sur No. 1800, Mazatlán, Sinaloa
360202.925	2567265.57	GA_42	10423	GASOLINA_LA_SIRENA_SA_DE_CV	Carretera Internacional No. 1901 Local A, Mazatlán, Sinaloa
354786.688	2568746.18	GA_43	7036	GASOLINA_VERDE_Y_ROJA_S.A. DE C.V	Avenida Benemérito de Las Américas No. 809, Mazatlán, Sinaloa
363698.972	2565770.12	GA_44	3996	SERVICOM_DE_LA_COSTA_DEL_PACIFICO_SA_DE_CV	Carretera Internacional No. 15 Tramo Tepic-Mazatlán Km 279-0 El Castillo, Mazatlán, Sinaloa
361498.302	2565990.64	GA_45	23238	GUESTA_SA_DE_CV	Carretera Internacional No. 15 Tramo Tepic-Mazatlán, Mazatlán, Sinaloa
355756.241	2570078.87	GA_46	11248	PETROMAR_DEL_PACIFICO_SA_DE_CV	Benito Juárez No. 1000, Mazatlán, Sinaloa
355321.741	2570185.64	GA_47	8744	GASPASA_GASOLINAS_SA_DE_CV	Avenida Insurgentes No. 2901, Mazatlán, Sinaloa
354574.986	2571452.33	GA_48	7422	PETROMAR_DEL_PACIFICO_SA_DE_CV	Carretera Internacional Esquina Calle Lucio Blanco, Mazatlán, Sinaloa
354619.476	2571353.75	GA_49	8746	GASPASA_GASOLINAS_SA_DE_CV	Carretera Internacional Al Norte No. 3024, Mazatlán, Sinaloa
353615.793	2571676.49	GA_50	8024	DERIVADOS_Y_SERVICIOS_DE_ENERGIA_SA_DE_CV	Avenida Rafael Buelna S/N, Mazatlán, Sinaloa
350345.507	2574010.31	GA_51	SIN_DATO	EL_CID	Avenida de la Marina, Mazatlán, Sinaloa

Tabla II.3.05. Listado de gasolineras en Mazatlán. Fuente. Elaboración propia.

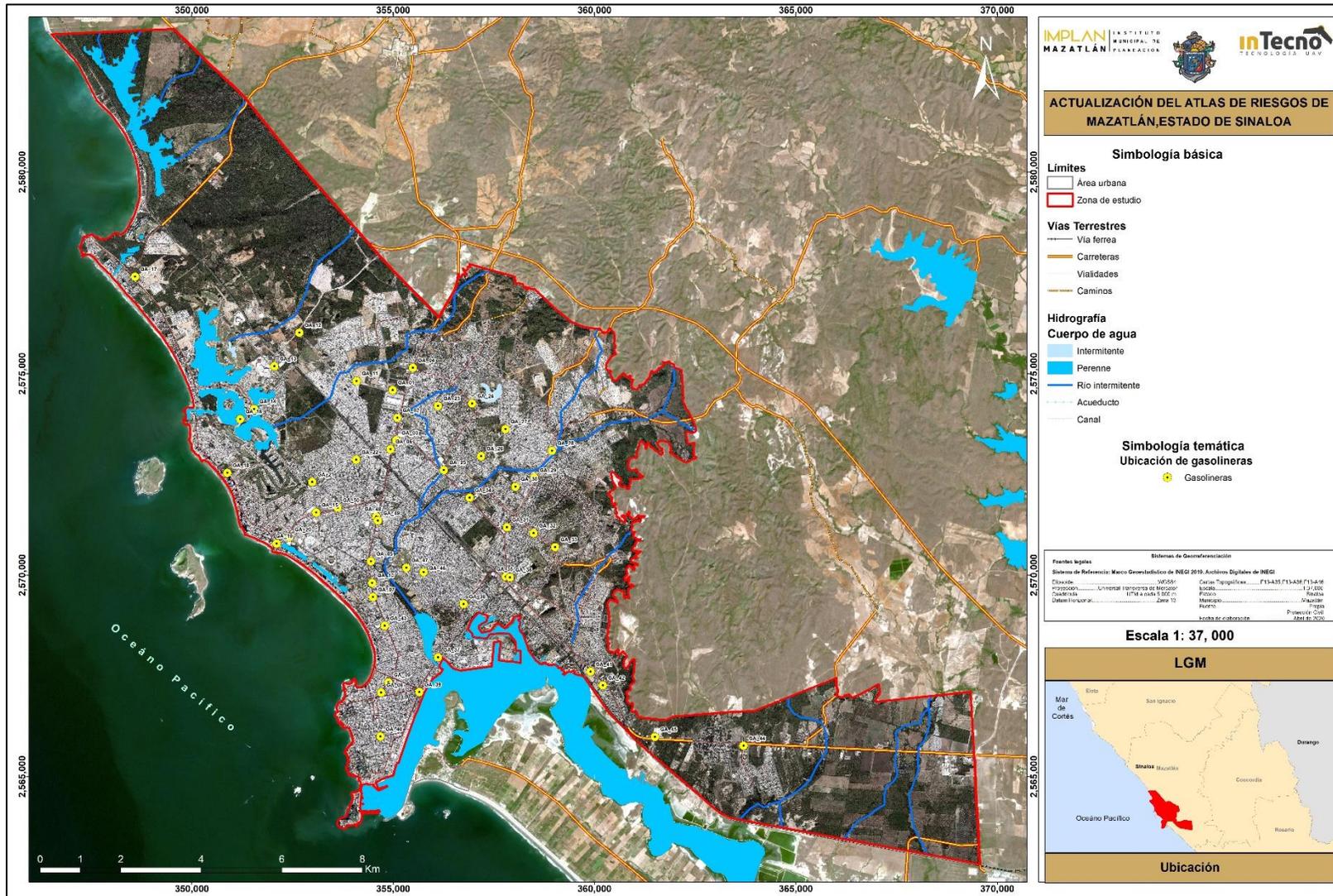


Figura II.3.04. Mapa de localización de gasolineras
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa.

Incendio en derrame “Pool Fire”.

En este escenario se generará un charco, el cual, dependerá de las propiedades termodinámicas de almacenamiento. Así como de la geometría del derrame. Se tendrán dos casos.

El primero de ellos es un pool fire sin confinar. En este caso el líquido es derramado en el momento del proceso de recarga de combustibles, desde el carro tanque a través de una manguera hacia los tanques de almacenamiento subterráneos. en este caso se formará un charco de gran extensión. Para este evento, el líquido correrá por la superficie en el área de descarga, siguiendo una geometría libre, que dependerá de la pendiente del terreno, muros, entre otras cosas. En el modelado, se hace el supuesto en el que el líquido derramado hace ignición por algún tipo de fuente que lo propicie. Este caso es aplicado para las estaciones de gasolina 1 a 50.

El segundo caso es para un pool fire confinado. El confinamiento es por parte de las barreras de contención físicas o muros dentro de los cuales se encuentran los tanques de almacenamiento, para la estación 51. Se considera como confinado, ya que en imágenes satelitales se puede apreciar que están en forma externa, confinado por piletas. Para este caso, el incendio se concentra en la capacidad propuesta para las piletas, cambiando el área de afectación.

Se enlista las gasolineras revisadas dentro del área de estudio y se realiza la siguiente metodología para la obtención por modelo Pool-Fire.

Metodología:

Para efectos del estudio se ingresaron los siguientes datos para ser modelados en el software:

ESCENARIO FUEGO EN DERRAME SIN CONFINAMIENTO

LOCALIZACION:	X= 355075.59 Y= 2573347.92
SUSTANCIA	GASOLINA (así se maneja PREMIUM Y MAGNA en el software)
FORMA DE ALMACENAMIENTO	Sin confinamiento
FLUJO DEL DERRAME	0.0166666667 m3/s
DENSIDAD DE LA SUSTANCIA	740 kg/m3
DIAMETRO MÁXIMO CALCULADO (ESTADO ESTABLE)	16.90 m
DATOS METEOROLÓGICOS	Basados en estudio de media anual
HUMEDAD RELATIVA	24%
TEMPERATURA	30°C
VELOCIDAD DEL VIENTO	2.7 m/s



Fotografía II.2.42. Imagen en donde se observa el alto riesgo de explosión y daños colaterales que pueden generar las instalaciones de gaseras y gasolineras que se localizan a pocos metros centros de concentración social. **Fuente.** Elaboración Propia



Fotografía II.2.43. En esta imagen, observamos el riesgo que esta gasolinera representa la encontrarse en un área cercana al Hotel Marina Suites. **Fuente.** Elaboración Propia



Fotografía II.2.44. En esta imagen, observamos el riesgo que esta gasolinera representa la encontrarse a poca distancia de conjuntos habitacionales. **Fuente.** Elaboración Propia

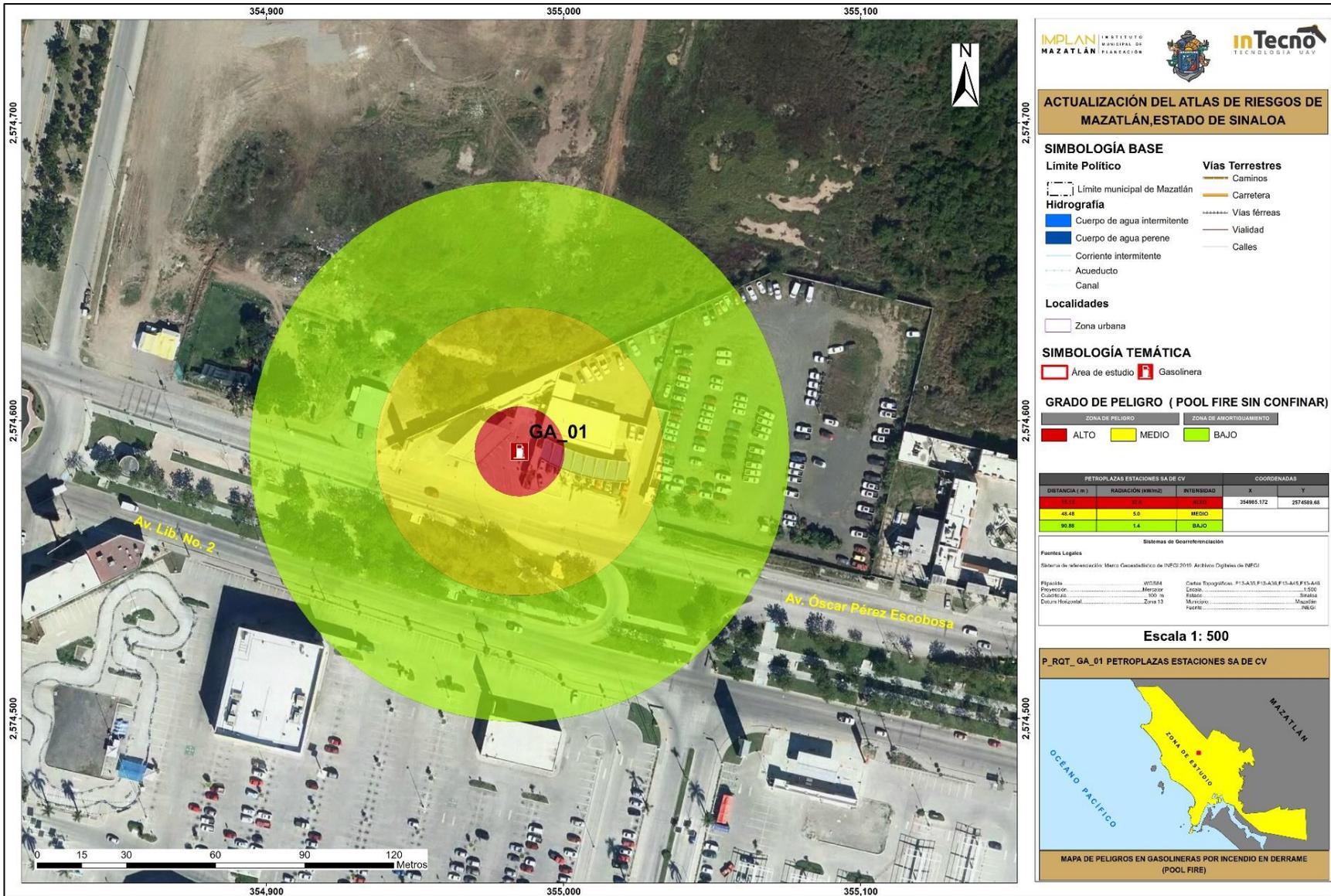


Figura II.3.0. Mapa de peligro por pool fire sin confinar GA-01
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa.



Figura II.3.0. Mapa de peligro por pool fire sin confinar GA-10
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa.

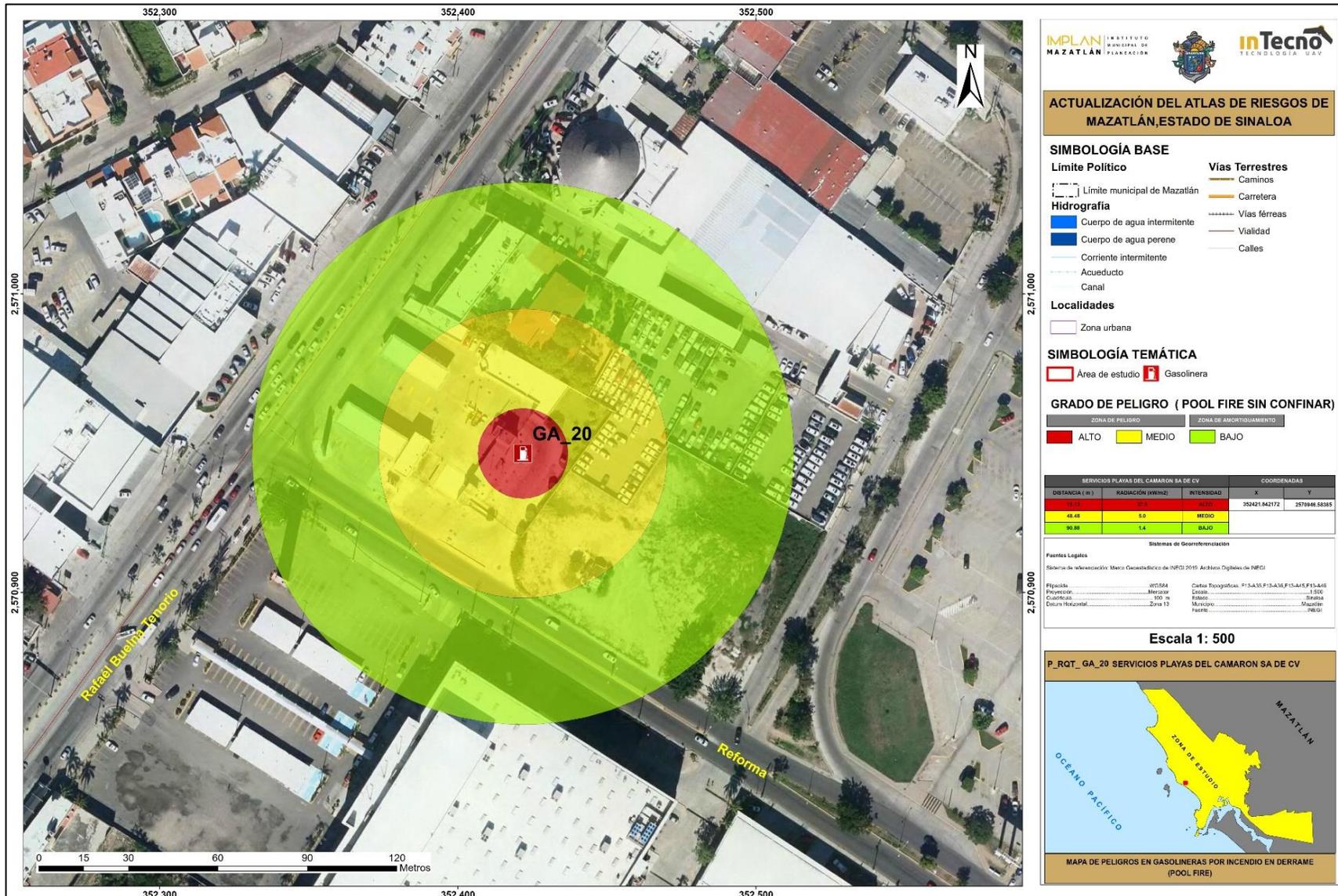


Figura II.3.0. Mapa de peligro por pool fire sin confinar GA-20
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa.

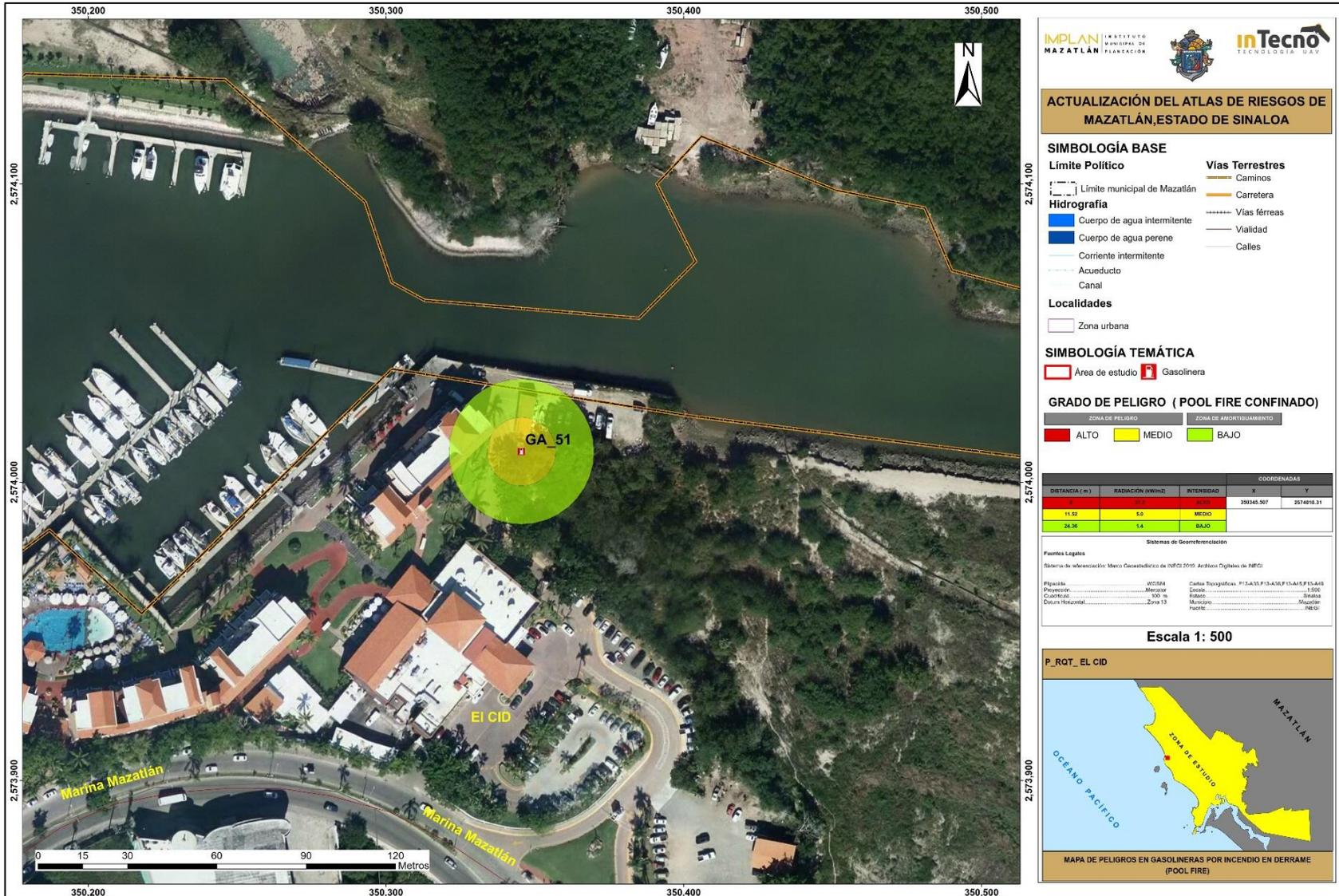


Figura II.3.0. Mapa de peligro por pool fire confinado GA-51
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa.

2.3.7 Análisis y Simulación de Peligro de Estaciones de Gas LP, así como su identificación en zonas de afectación

En el caso del Gas L.P. en la Ciudad de Mazatlán y de acuerdo con los datos obtenidos, se contabilizaron 16 estaciones de servicio, (ver figura II.3.05).

Antiguamente la ubicación de este tipo de industrias no representaba tanto riesgo debido a que se situaban en zonas poco pobladas o en la periferia de las zonas urbanas, pero conforme ha pasado el tiempo y la mancha urbana ha crecido, algunas de estas industrias quedaron rodeadas por zonas habitacionales, haciendo que en estas zonas se presente un riesgo mayor.

Los usos más comunes del gas L.P. son el residencial, comercial, industrial, transporte y agropecuario. La implementación del gas L.P en las zonas urbanas es de vital importancia para el desarrollo de prácticamente todas las actividades, por lo cual fue importante hacer un recuento de las instalaciones que almacenan y manejen este tipo de sustancias en la Ciudad de Mazatlán, con la finalidad de prevenir o mitigar accidentes en sus alrededores.

Los riesgos más frecuentes observados con estas sustancias son las fugas y las explosiones. Estas pueden ocurrir durante el transporte del material por diferentes medios como lo son ductos, camiones y autotanques. Para la determinación de este tipo de peligros y riesgos, fue necesario obtener información sobre la ubicación de las industrias que manejen este tipo de sustancias, el volumen almacenado, el tipo de almacenaje, propiedades físicas de la sustancia y diversos parámetros ambientales, así como de las características físicas del entorno que rodean a estos puntos. Todo esto para realizar modelamientos predictivos sobre hipótesis de eventos de fuga y explosión.

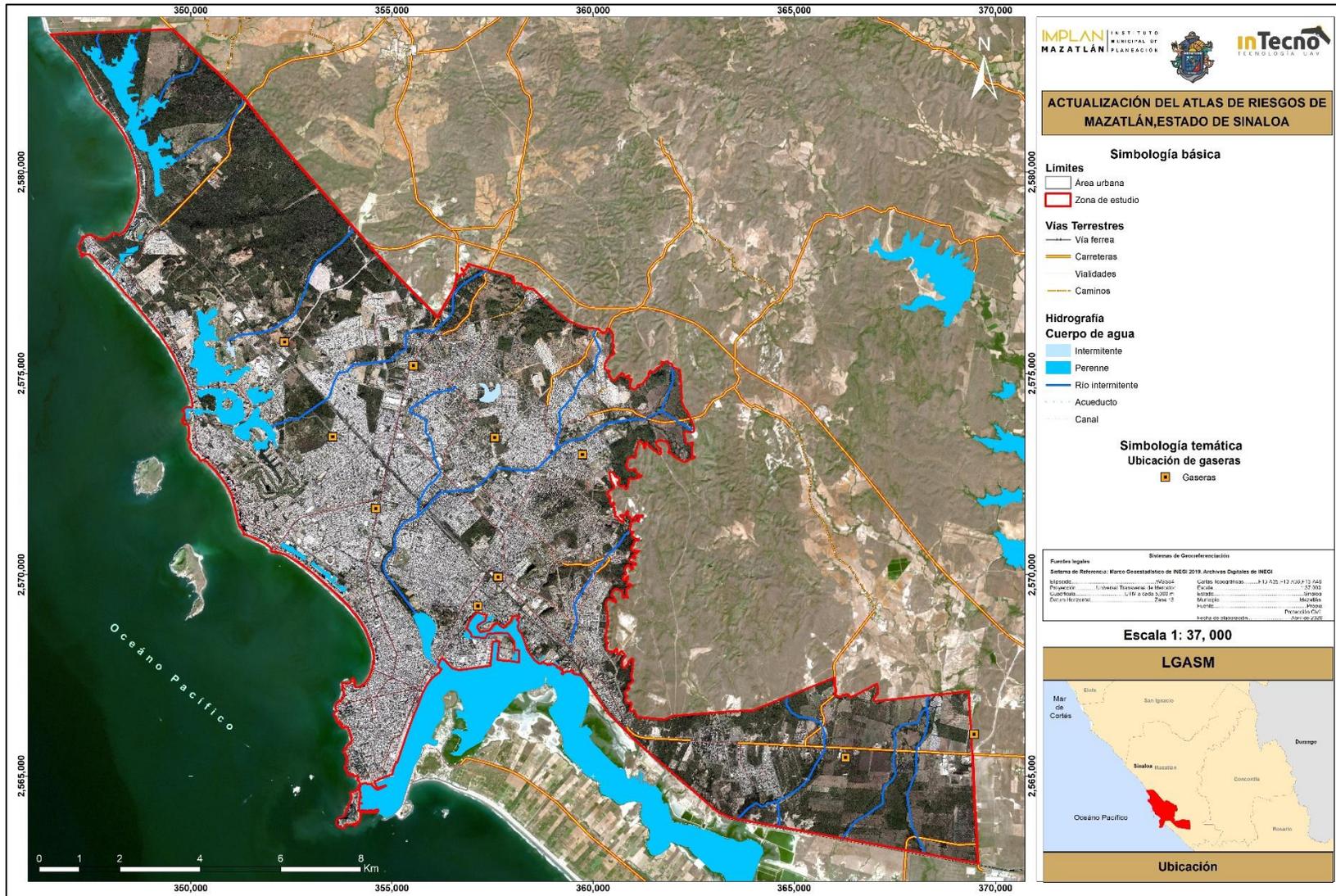


Figura II.3.05. Mapa localización de gaseras

Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa.

Un ejemplo reciente de este tipo de incidentes ocurrió el 26 de marzo de 2020 en el **Punta Cerritos RV Park & Suite** donde se presentó un incendio de tipo B de acuerdo con la clasificación de fuegos de la NOM-002-STPS-2010 por fuga de gas LP. El fuego se propagó rápidamente a causa del fuerte viento que se estaba presentando en esos momentos en la zona, cabe mencionar que cada uno de los espacios cuenta con techos compuestos de madera y hojas de palma. Los fuertes vientos esparcieron las brasas y cayeron sobre los techos de los demás espacios propagando rápidamente el incendio. El cuerpo de bomberos tardó aproximadamente 2 horas en controlarlo. Las afectaciones fueron solo daños materiales de 40 palapas y algunos *motorhomes*, ver Fotografías II.2.45 a II.2.47.



Fotografía II.2.45. Incendio en Punta Cerritos RV Park & Suite. Fuente. Periódico El Debate



Fotografía II.2.46. Vista panorámica de la Zona de zona de incendio. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.47. Palapas y *motorhome* dañadas por el incendio **Fuente.** Elaboración propia.

Determinación del Grado de Peligro del Gas LP y metodología de modelación

En el caso de las estaciones de carburación (gas LP), el grado de afectación que pudieran ocurrir sería un incendio en forma de chorro clasificada como Jet-fire, o bien también se puede generar el esparcimiento de una nube tóxica, ambos eventos son altamente peligrosos para la población aledaña. Los parámetros mencionados en el apartado de gasolineras como localización por coordenadas y condiciones atmosféricas también serán utilizados en estas modelaciones.

Para la evaluación de esta sustancia química peligrosa se basó en la simulación de incendio por chorro de las que se definieron tres radios de afectación mismos que corresponden a diferentes tipos de peligros por efecto de la radiación térmica y dos por Nube tóxica obtenidos mediante el software Aloha versión 5.4.7.0 donde se correlaciona el grado de peligro incluyendo las afectaciones que provocaría si llegasen a ocurrir. Así mismo es importante destacar que dentro de los radios de afectación es posible que se encuentre otras instalaciones que manejen y almacenen sustancias químicas peligrosas, por ejemplo, gasolineras u tanque estacionario en unidades habitacionales, expendios de tortilla etc. que puedan originar una reacción en cadena que pueda incrementar el área y modificar la distancia de los radios de afectación. Por otro lado, no hay que olvidar, que no únicamente se deben cuidar las condiciones internas de las estaciones, si no qué agentes externos también pueden ocasionar la explosión, como incendios en las proximidades de las instalaciones.

La finalidad de realizar modelación de explosiones en gasolineras y gaseras es conocer las dimensiones de afectación que éstas pudieran causar a la población cercana a estos sitios y a su infraestructura, es importante además conocer qué tipo de establecimientos están próximos, puesto que, en caso de manejar sustancias peligrosas pueden significar un riesgo mayor al desencadenar un efecto dominó, originando nuevos fenómenos peligrosos. Así también, en caso de no encontrarse cerca de alguna mancha urbana, evitar que el crecimiento poblacional se dirija hacia estas zonas.

En la modelación de estos peligros se utiliza el software ALOHA, en el que se consideran una serie de variables para definir el efecto dominó (en caso de presentarse) y las zonas de seguridad, estas variables pueden ser: cantidad de combustible, dimensión y forma de los tanques de almacenamiento, características físicas del combustible (densidad, etc.), temperatura del ambiente, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, cobertura de nubes, la rugosidad del terreno que se refiere al tipo de obstáculos que podría vencer la onda térmica, si es zona urbana, rural, a campo libre, entre otras opciones a elegir, varios de éstos, básicos para marcar el tipo de inestabilidad atmosférica que predomina en cierto sitio, siendo el tipo más "Inestable", favorable para que las condiciones de explosividad y la afectación sea mayores entre más turbulenta resulte. Cabe mencionar que los tanques de almacenamiento nunca están llenos al 100%, sino que varían en su contenido, por lo que, para este caso se toma como un estándar que los tanques están el 80 y 90% de su capacidad.

La formación de un dardo de fuego (Jet-Fire), en general, al tratarse de la mayor parte de los casos de gases licuados almacenados bajo presión, supone que la fuga se produce inicialmente en fase líquida produciéndose un flash que depende de las condiciones termodinámicas del fluido. Más tarde, dependiendo de la posición del orificio y de las características del fluido, la fuga puede producirse en estado vapor. El régimen de la fuga suele ser muy turbulento, lo que facilita la incorporación de aire y el proceso de mezcla con éste. Si en su recorrido, la nube encuentra un foco de ignición y deflagra (incendio flash), el frente de llama retrocede hacia el origen del chorro y si éste persiste se genera el dardo de fuego.

En el caso de las nubes Tóxicas, los efectos por sobreexposición simple, en el caso de inhalación, se produce asfixia y los efectos se deben a la falta de oxígeno, en medida de las concentraciones pueden ocasionar dolor de cabeza, mareo, vómito, somnolencia, salivación excesiva y pérdida del conocimiento. La falta de oxígeno puede ser mortal. A concentraciones muy altas el propano puede producir arritmias y paros cardíacos debido a la sensibilidad del corazón a la adrenalina y noradrenalina.

Para la simulación de dicho evento se toma como referencia la guía IDHL (Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud) que es una concentración que representa una amenaza inmediata para la vida, y que puede producir efectos adversos irreversibles para la salud en un periodo de 30 minutos, o que puede afectar la capacidad de una persona para escapar de una atmósfera peligrosa. Para el gas LP se toma como base la siguiente tabla

Efectos de toxicidad con referencia a la guía IDHL (Peligro Inmediato para la vida o la salud)	
Ppm	Efecto
2100	Constituye un peligro inmediato para la vida o salud causando asfixia y pérdida total del conocimiento pudiendo ser letal
800	Concentración en la cual una persona puede escapar 30 minutos sin sufrir daño a la salud.

Tabla. II.3.06 Efectos de Toxicidad Fuente. <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/default.html>

Para realizar la simulación de manera gráfica y definir el posible radio de afectación se tomará en cuenta el depósito con mayor volumen o capacidad de almacenamiento y el resultado del radio de la afectación (distancia en metros), estará en función de la cantidad y tipo de sustancia almacenada.

ESTACIÓN/CLAVE	DIRECCIÓN	PELIGRO	RADIO (M)
GLP-01,	Carretera Internacional 120 C plaza San Ignacio 82120, Mazatlán, Sin.	ALTO	21
		MEDIO	30
		BAJO	53
GLP-02	México 15, Sin Nombre 82120, Mazatlán Sin	ALTO	21
		MEDIO	30
		BAJO	53
GLP-03	Av. Paseo del Pacífico, Mazatlán, Sin	ALTO	21
		MEDIO	30
		BAJO	53
GLP-04	Carretera. internacional y ejido venadillo Mazatlán y agua caliente, Sin	ALTO	21
		MEDIO	31
		BAJO	54
GLP-15	Carretera Internacional Mazatlán - Tepic	ALTO	21
		MEDIO	30
		BAJO	54
GLP-17	Camino a Planta Potabilizadora Los Horcones, Mazatlán, Sin	ALTO	21
		MEDIO	30
		BAJO	54

Tabla. II.03.07 Gaseras con el rango de afectación por Radiación **Fuente**. Elaboración propia

ESTACIÓN/CLAVE	DIRECCIÓN	PELIGRO	DISTANCIA (M)
GLP-01,	Carretera Internacional 120 C plaza San Ignacio 82120, Mazatlán, Sin.	ALTO	164.6
		MEDIO	333.6
		BAJO	amortiguamiento
GLP-02	México 15, Sin Nombre 82120, Mazatlán Sin	ALTO	164.33
		MEDIO	333.6
		BAJO	amortiguamiento
GLP-03	Av. Paseo del Pacífico, Mazatlán, Sin	ALTO	164.6
		MEDIO	333.6
		BAJO	amortiguamiento
GLP-04	Carretera. internacional y ejido venadillo Mazatlán y agua caliente, Sin	ALTO	186
		MEDIO	338
		BAJO	amortiguamiento
GLP-15	Carretera Internacional Mazatlán - Tepic	ALTO	207
		MEDIO	372
		BAJO	amortiguamiento
GLP-17	Camino a Planta Potabilizadora Los Horcones, Mazatlán, Sin	ALTO	285
		MEDIO	507
		BAJO	amortiguamiento

Tabla. II.03.08 Gaseras con el rango de afectación por Toxicidad. **Fuente**. Elaboración propia

En general, en el entorno de la mayoría de estaciones de servicio visitadas, se observó, la presencia tanto de locales comerciales diversos, así como viviendas. Por ello es importante comentar que, debido a las diferentes distancias que conforman los radios de afectación en función de una posible fuga volumen almacenado, así como la escala, misma que dependerá del detalle que se desee presentar, en el contenido del informe, por tal motivo sólo se mostraran figuras de las estaciones de mayor relevancia donde se involucren infraestructura urbana como escuelas, iglesias, hospitales e inclusive industrias y mismas gaseras y gasolineras, etc. sin olvidar la importancia del resto.

De las estaciones de Gas que contienen la misma capacidad de 5000 L, Se toma como ejemplo la estación de Gas LP -01, ya que el radio de afectación por radiación será aproximadamente igual dado las condiciones y datos de modelación.

De las estaciones de Gas que contienen la misma capacidad de 5000 L, Se toma como ejemplo la estación de Gas LP -01, ya que el radio de afectación por radiación será aproximadamente igual dado las condiciones y datos de modelación.

Se realiza además la generación gráfica de estos eventos en el software ArcMap y se sobrepone la información correspondiente a los peligros socio-organizativos verificados en campo e información de las AGEBS (Áreas Geoestadísticas Básicas) con el fin de determinar la afectación de estos peligros hacia la población.

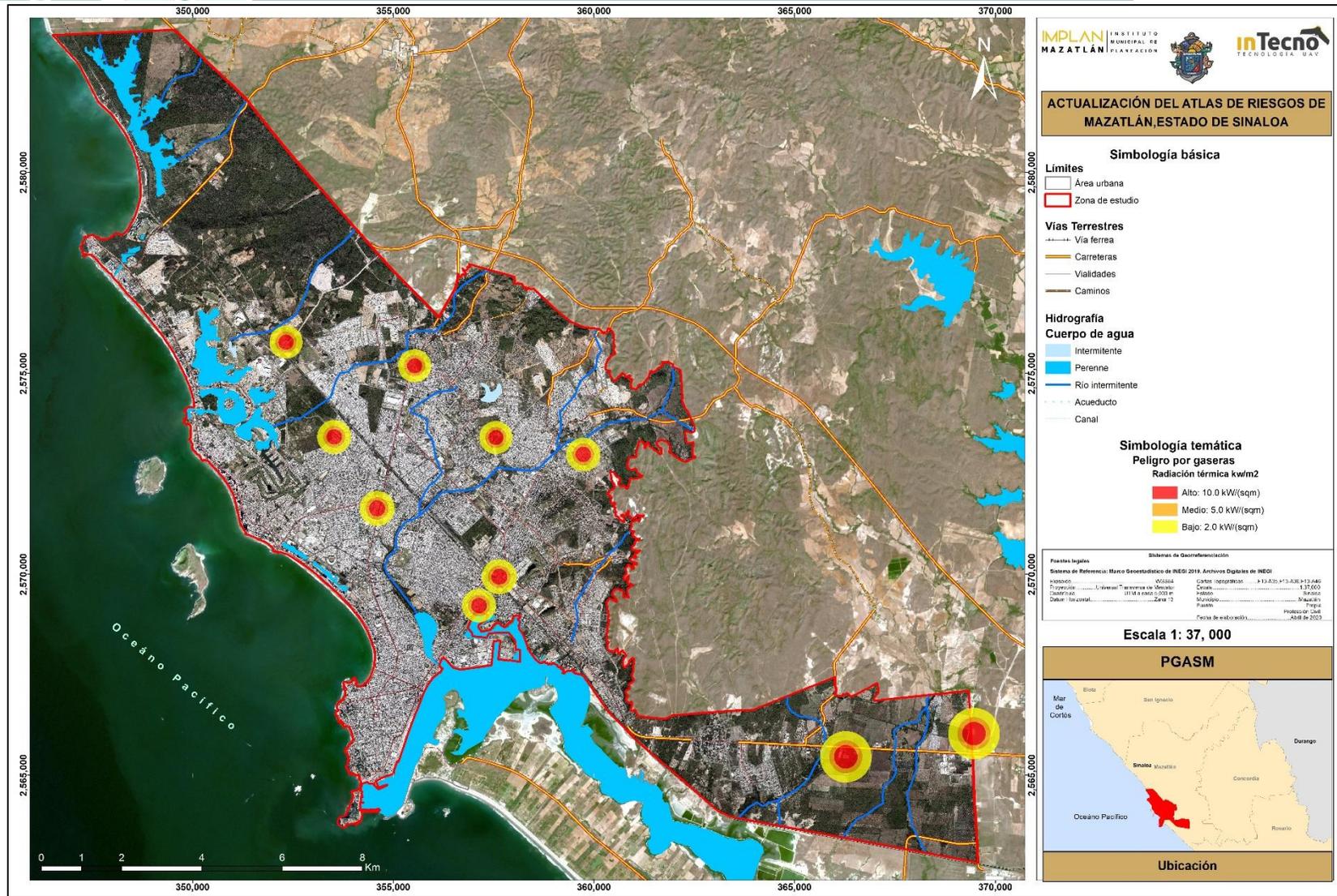


Figura II.3.06. Mapa localización de peligros en gaseras
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán

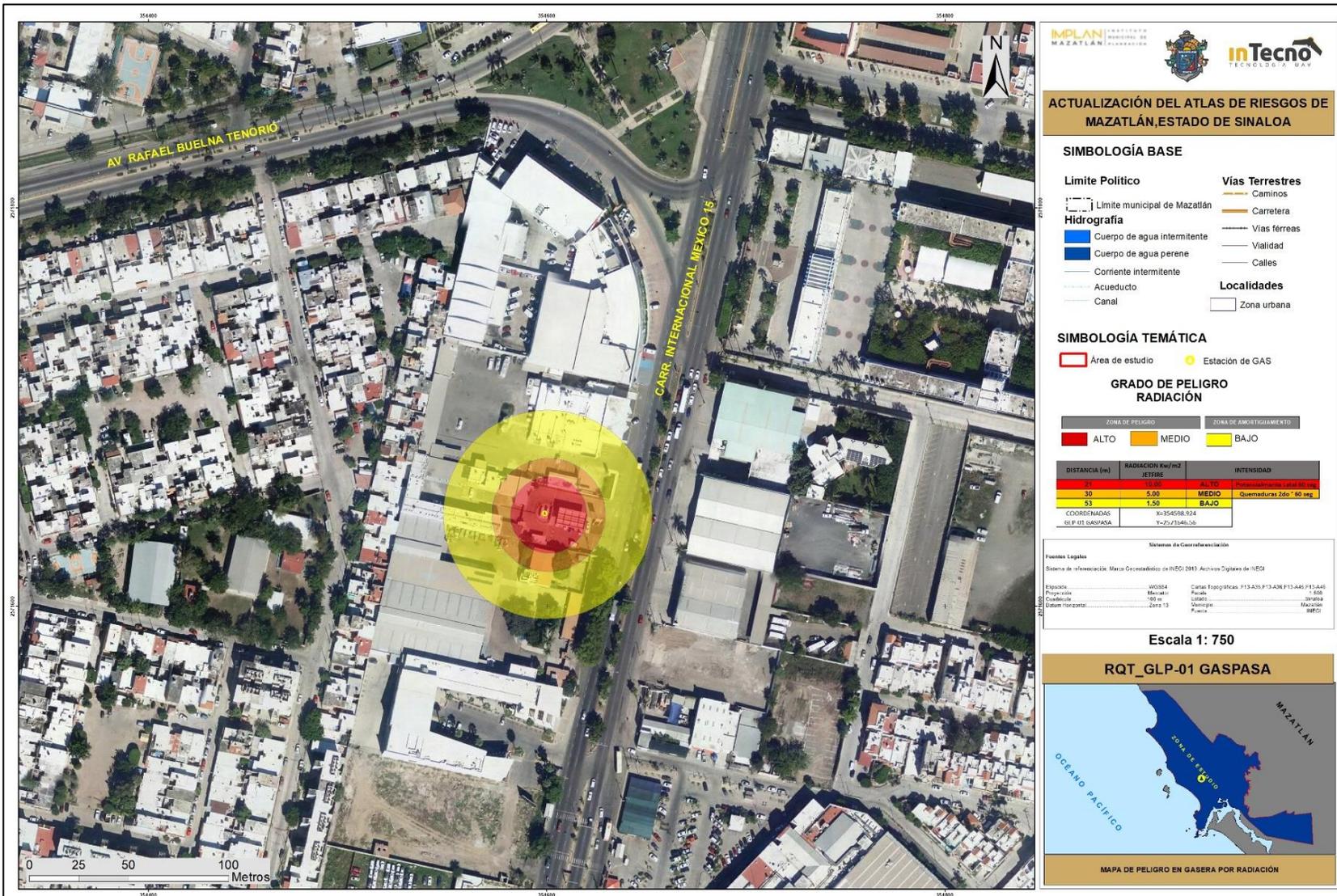


Figura II.3.07. Mapa localización de Peligro por Gasera JET-FIRE
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

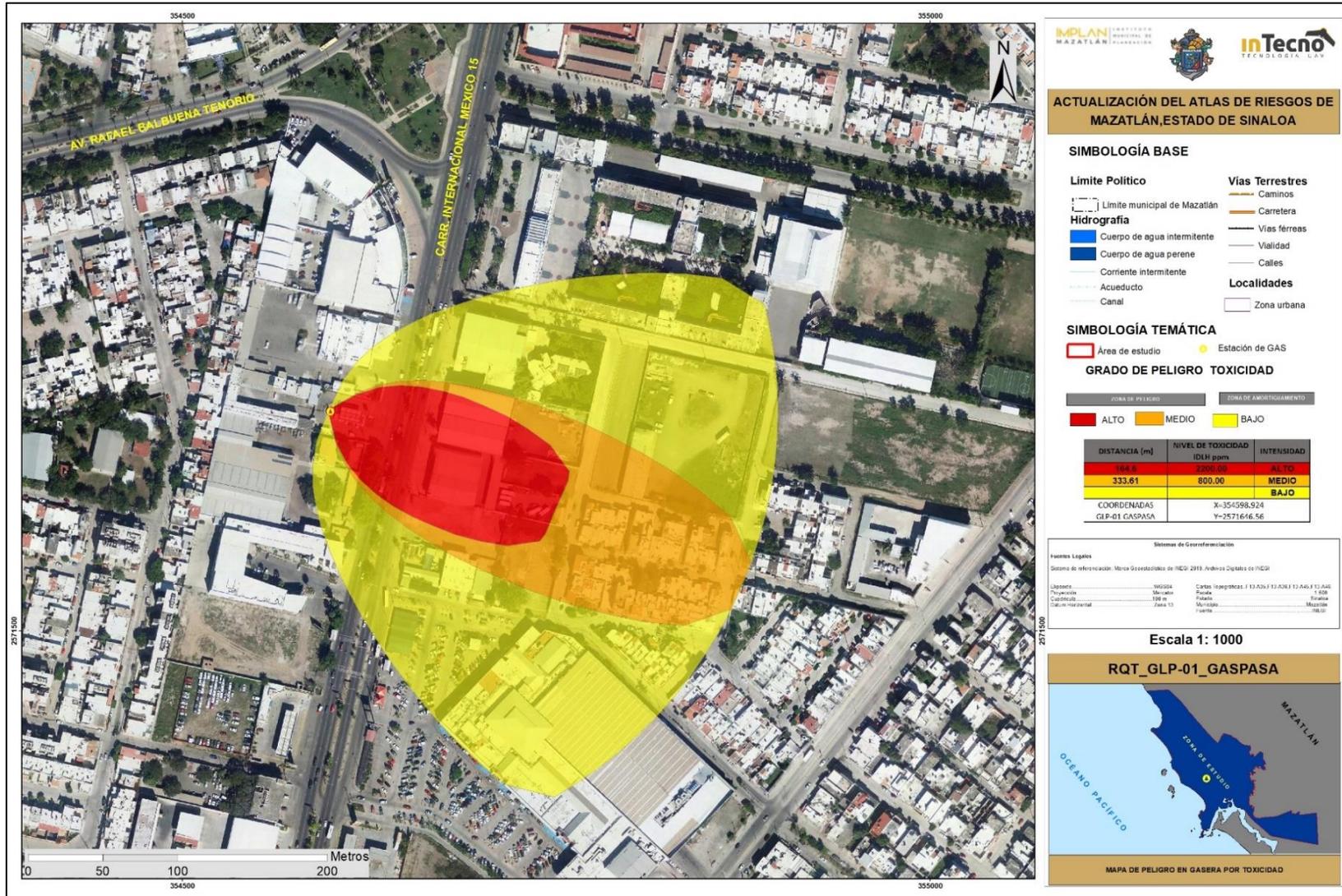


Figura II.3.08. Mapa localización de Peligro por Gasera. Nube Tóxica
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

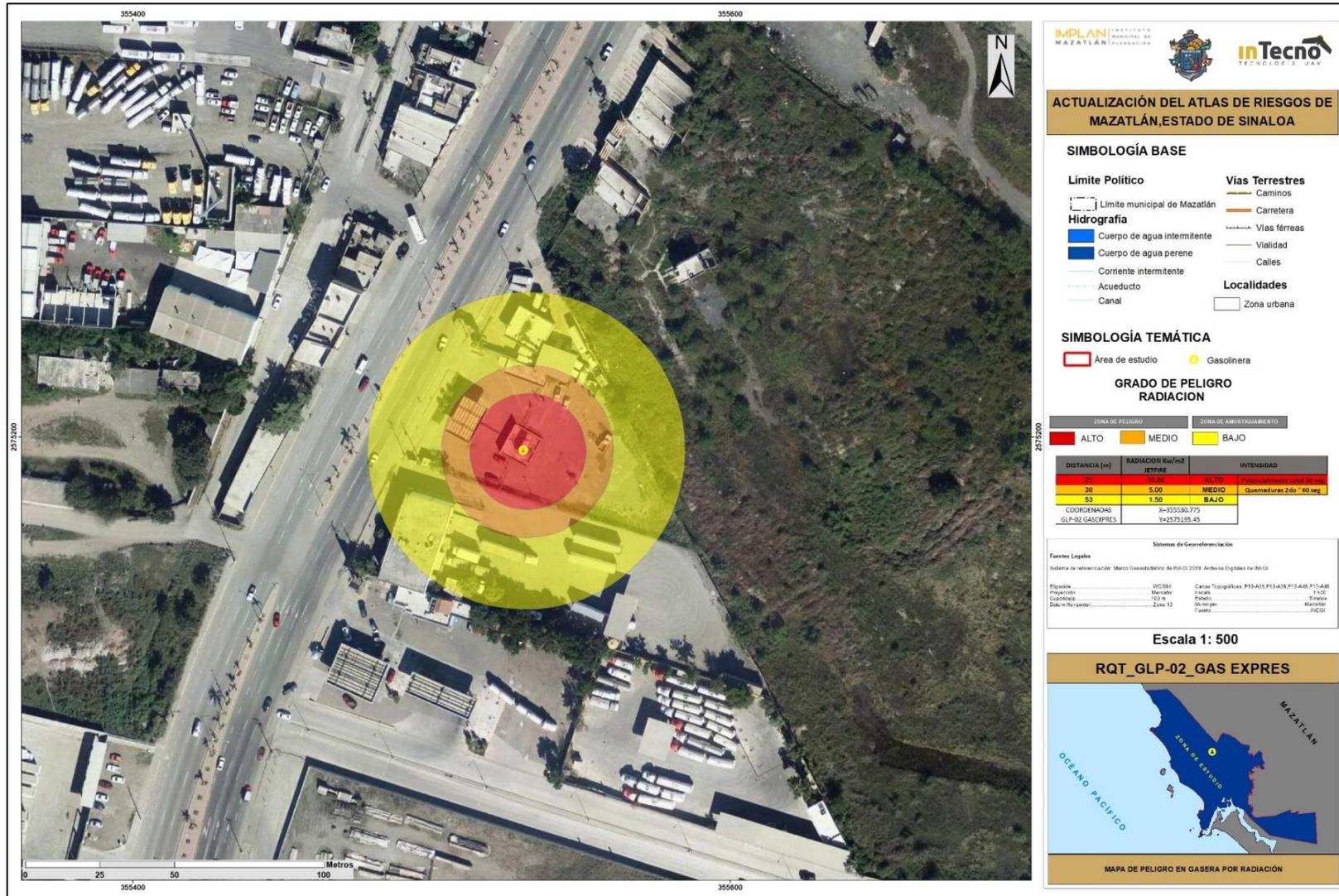


Figura II.3.09. Mapa localización de Peligro por Gasera-JET-FIRE
 Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

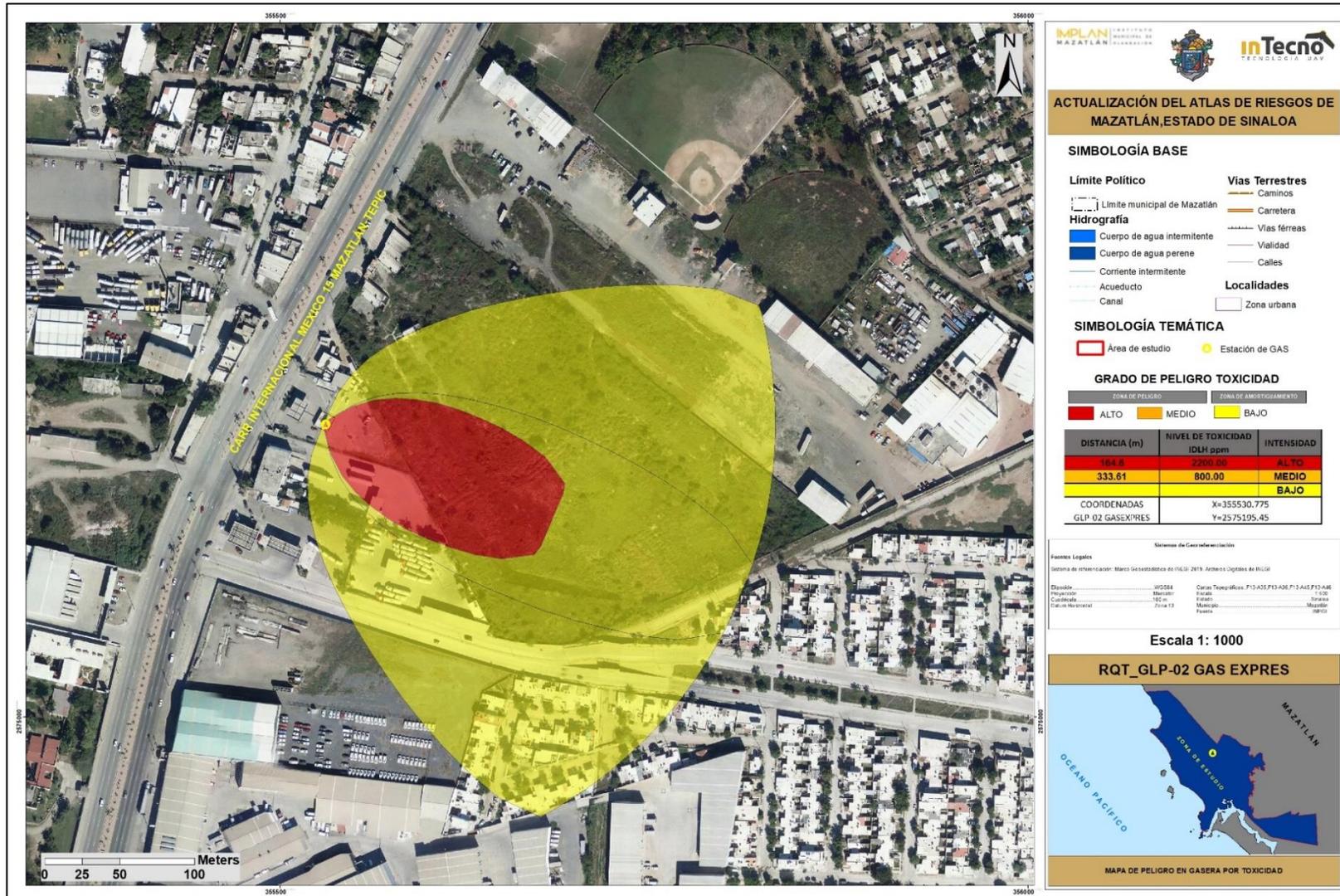


Figura II.3.10. Mapa localización de Peligro por Gasera-Nube Tóxica
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

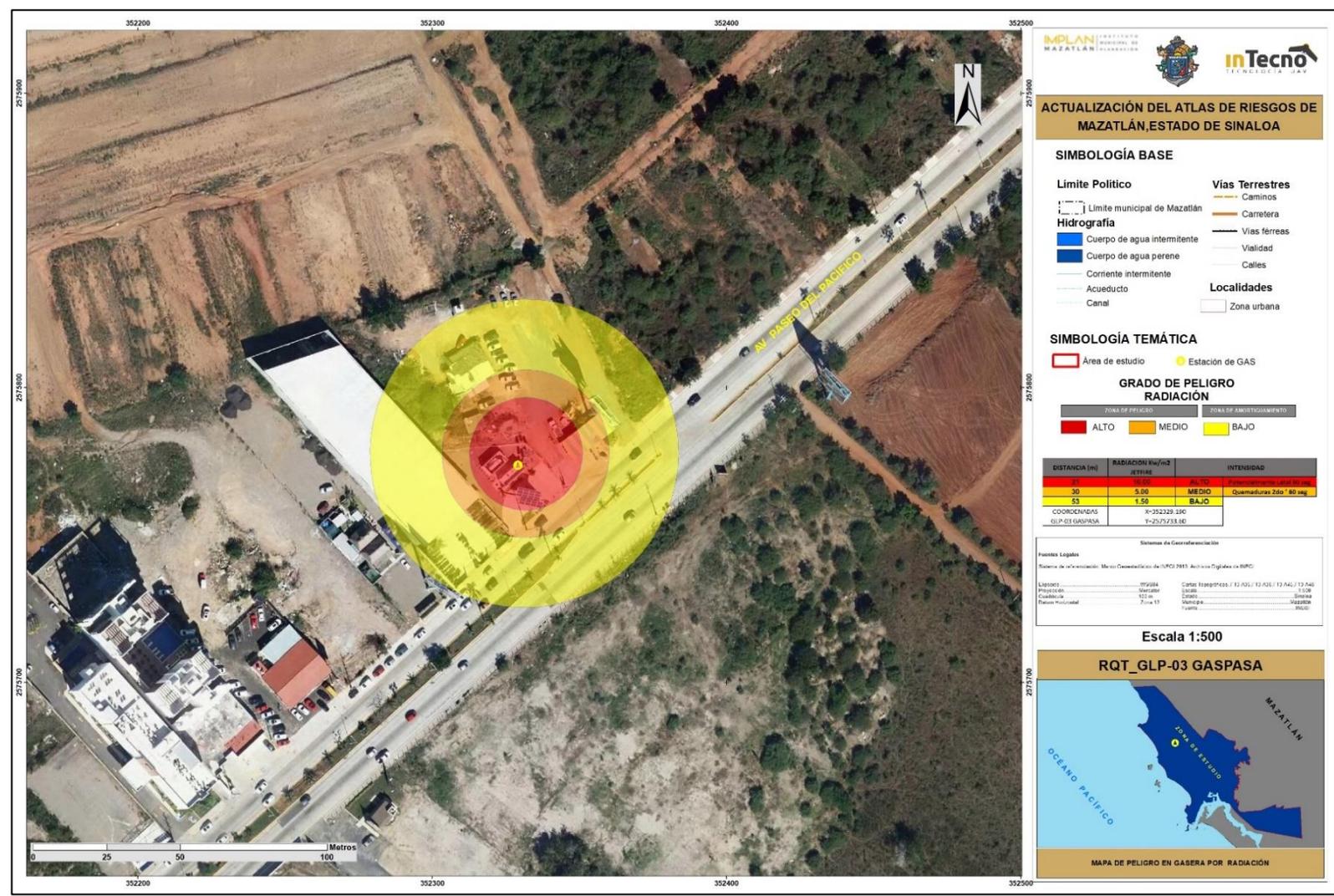


Figura II.3.11. Mapa localización de Peligro por Gasera-JET-FIRE
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

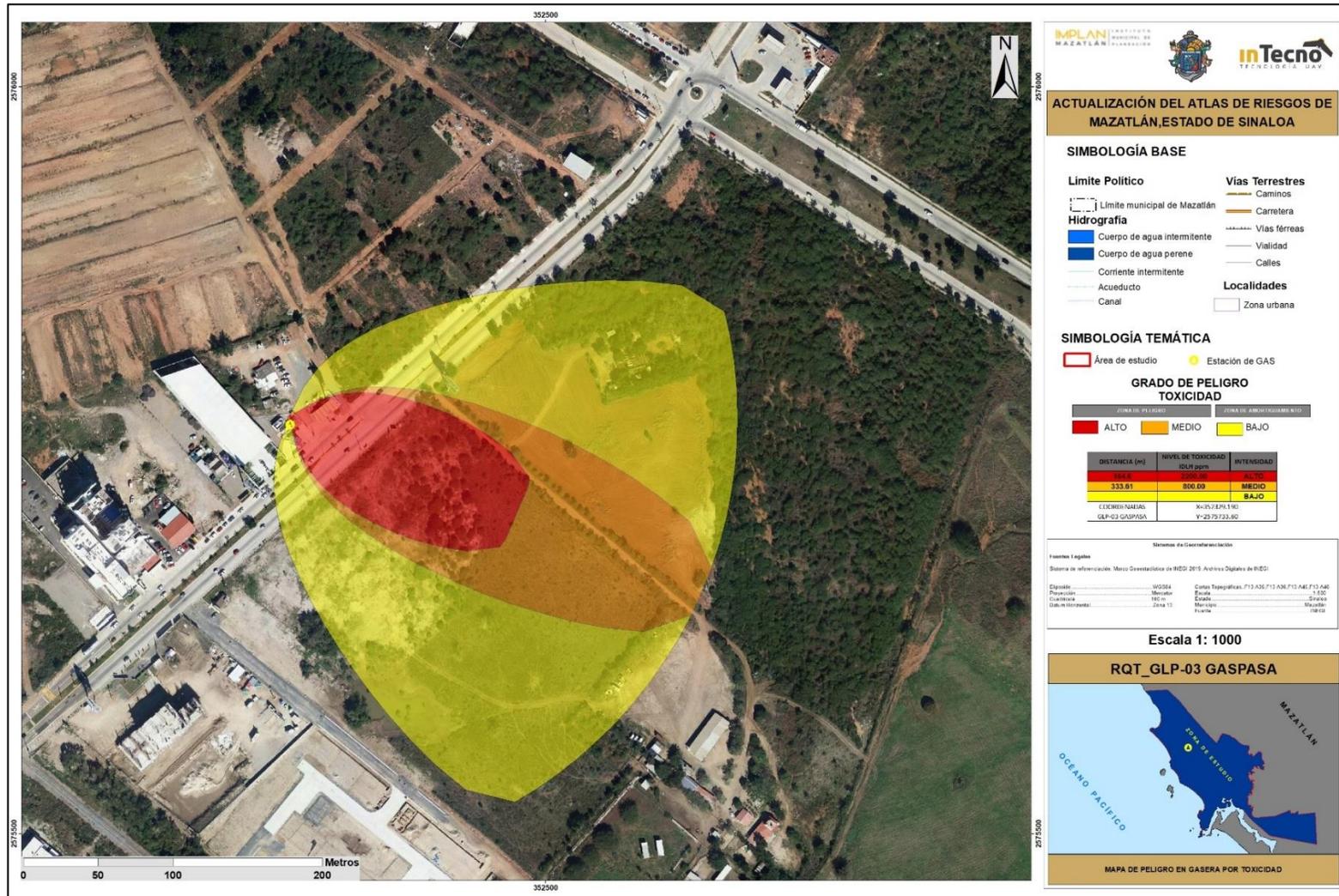


Figura II.3.12. Mapa localización de Peligro por Gasera-Nube Tóxica
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

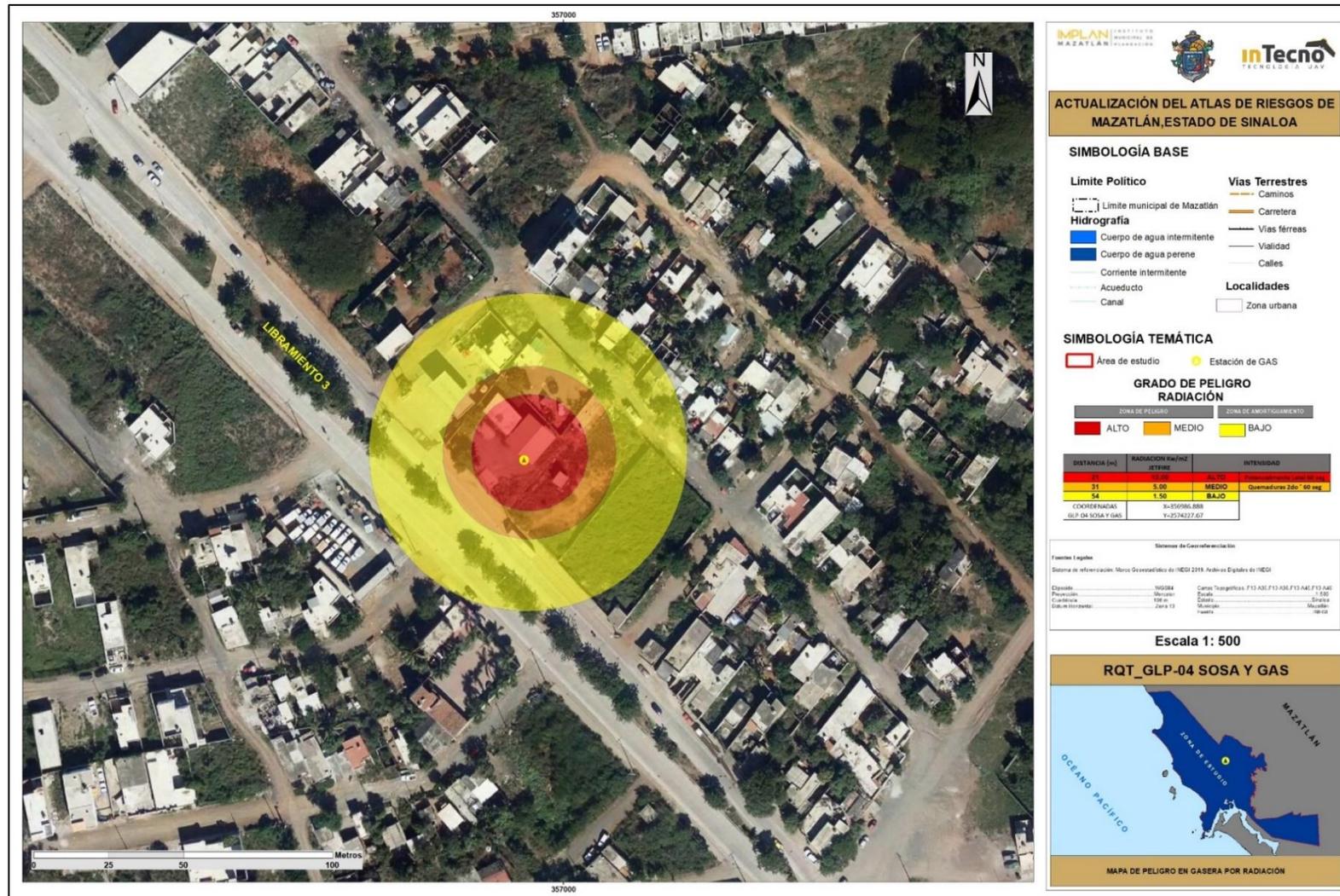


Figura II.3.13. Mapa localización de Peligro por Gasera-JET-FIRE
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

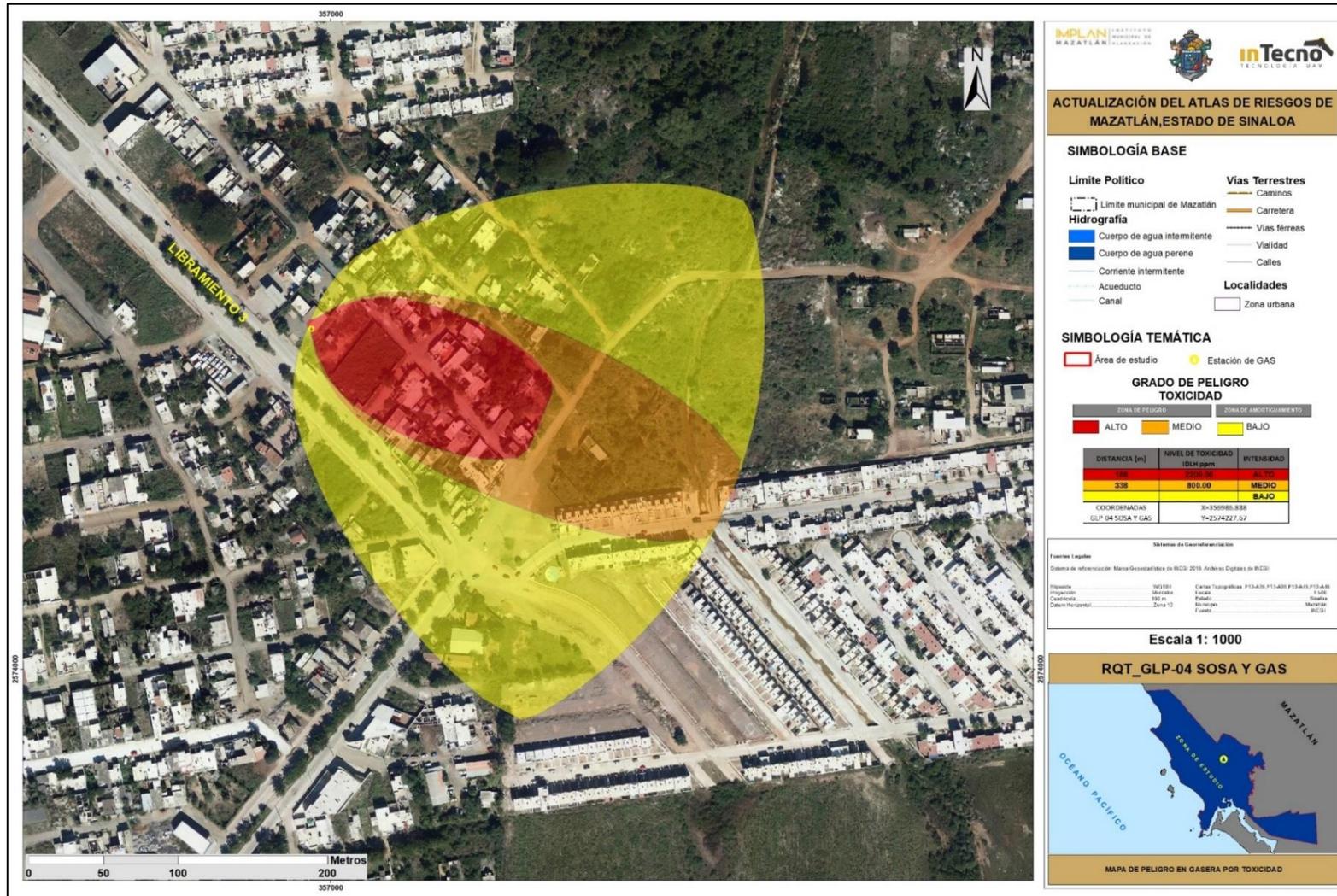


Figura II.3.14. Mapa localización de Peligro por Gasera-Nube Tóxica
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

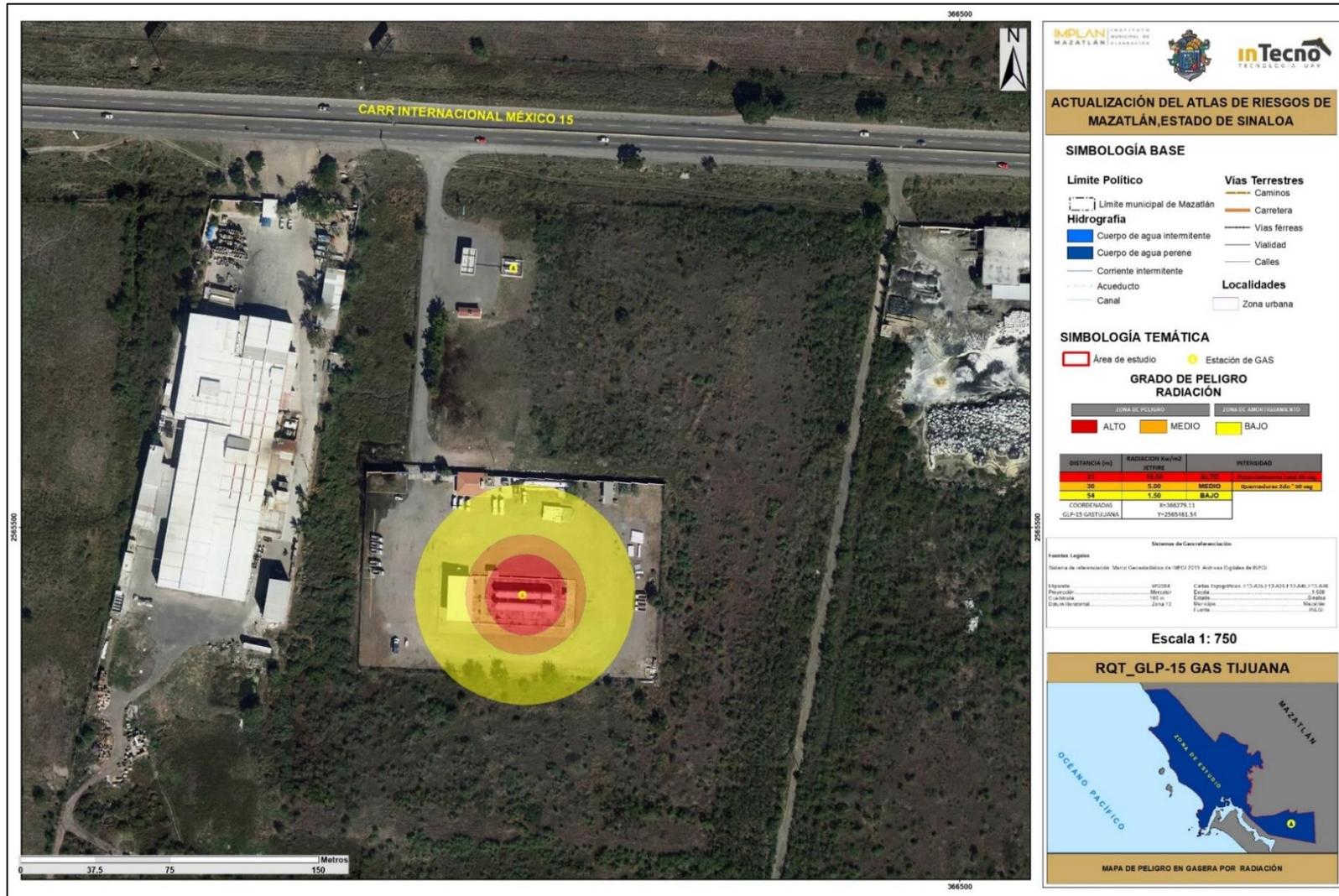


Figura II.3.15. Mapa localización de Peligro por Gasera-Jet-Fire
 Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

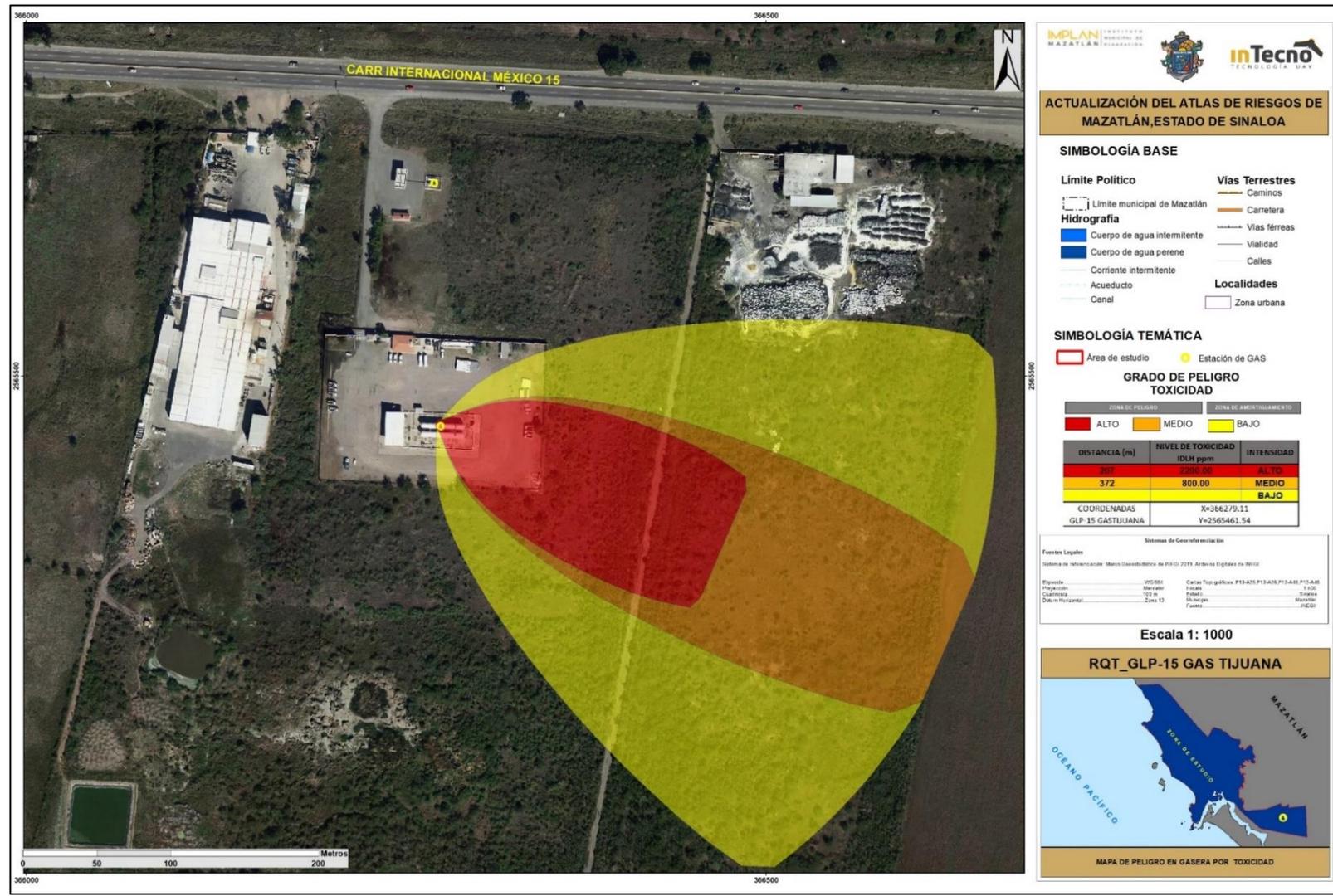


Figura II.3.16. Mapa localización de Peligro por Gasera-Nube Tóxica
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

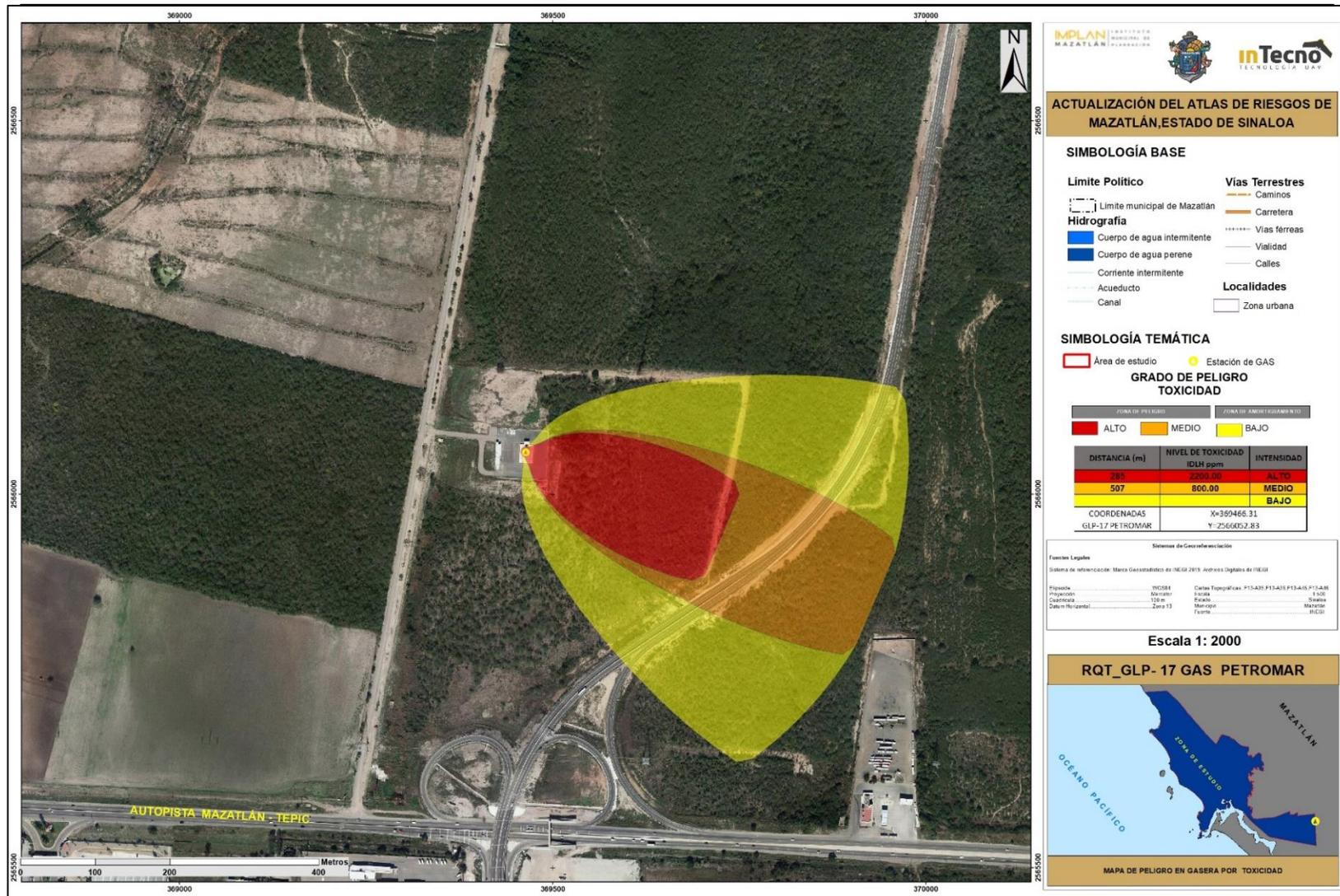


Figura II.3.17. Mapa localización de Peligro por Gasera-JET-FIRE
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

2.3.8 Análisis y Simulación de Peligro del amoniaco y cloro gas.

Para el caso de las Industrias se modelaron las sustancias químicas Amoniaco y Clorogas en este particular el escenario es de Nube Tóxica, ya que ambas sustancias son extremadamente tóxicas por inhalación, afectando a la salud de la población expuesta a grandes concentraciones del material liberado.

CLAVE	EMPRESA	ACTIVIDAD	PELIGRO	DISTANCIA (M)
IND -04	Brisa Hielo y Agua SA de CV	Fábrica de Hielo	ALTO	438
			MEDIO	1400
			BAJO	3200
IND-06	Bajo Cero SA de CV	Fábrica de Hielo	ALTO	273
			MEDIO	931
			BAJO	2300
IND-08	Conserva y Enlatados SA de CV	Conservadora de alimentos	ALTO	287
			MEDIO	975
			BAJO	2200
IND-10	PINSA SA de CV	Conservadora de alimentos	ALTO	493
			MEDIO	1500
			BAJO	3500
IND-11	Cervecería Pacífico SA de CV	Conservadora de alimentos	ALTO	812
			MEDIO	2200
			BAJO	4700
IND-12	Hielo y Agua Vaco SA de CV	Fábrica de Hielo	ALTO	402
			MEDIO	1300
			BAJO	3000
IND-13	Congeladora Unión SA de CV	Conservadora de alimentos	ALTO	402
			MEDIO	1300
			BAJO	3000
IND-14	Agua y Hielo Dragón	Fábrica de Hielo	ALTO	459
			MEDIO	1400
			BAJO	3400

Tabla RQT- II.03.09 Industrias con sus distancias en la clasificación de peligros

TOXIC VAPOR COULD (Nubes Tóxicas).- Es la liberación de sustancias químicas en cualquiera de sus estados de agregación (sólido, líquido o gas) del recipiente en el que están contenidos hacia al ambiente. Las fugas tóxicas están relacionadas mayormente a gases tóxicos, siendo caracterizadas por la liberación comúnmente involuntaria o accidental de gases de efectos nocivos para la salud y el ambiente. La capacidad de difusión del gas en el ambiente dependerá de las propiedades físicas y químicas que éste tenga, y de las condiciones atmosféricas del lugar en el que se difunda. A continuación, se muestra la metodología para el análisis de peligro del Amoniaco.

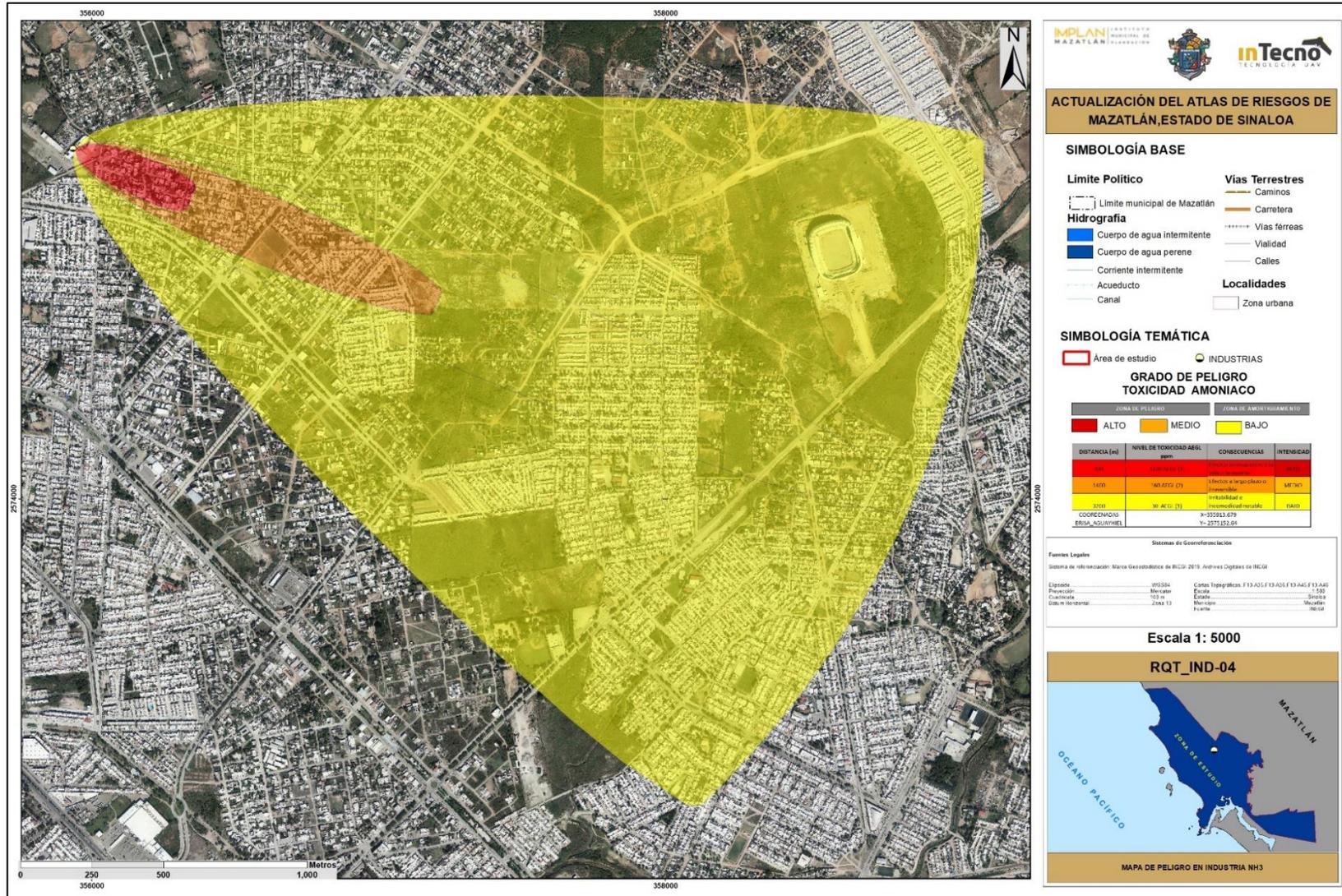


Figura II.3.19. Mapa localización de Peligro por Amoniaco-Nube Tóxica Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

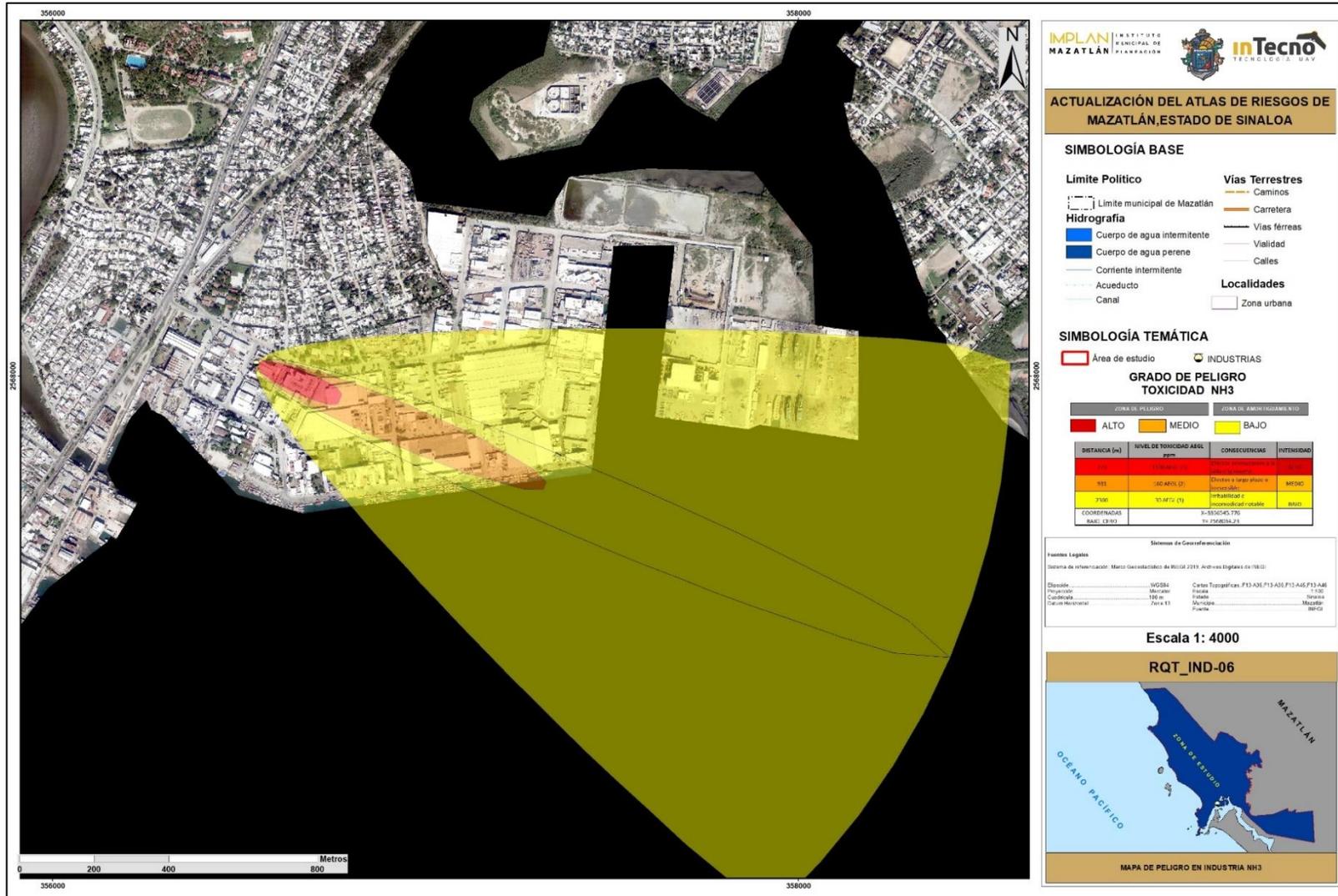


Figura II.3.20. Mapa localización de Peligro por Amoniaco-Nube Tóxica
 Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

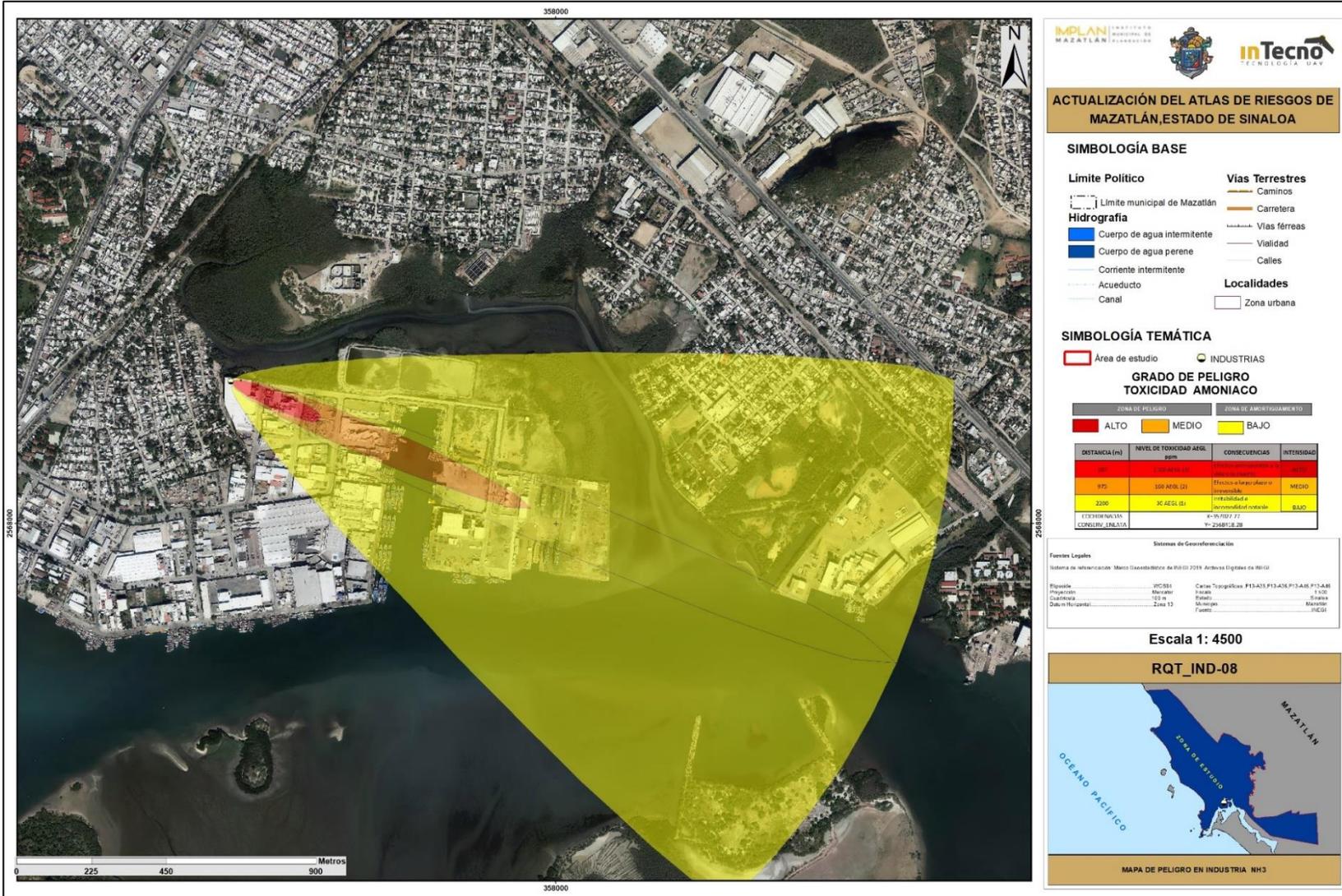


Figura II.3.21. Mapa localización de Peligro por Amoniaco-Nube Tóxica
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.



Figura II.3.22. Mapa localización de Peligro por Amoniaco-Nube Tóxica
 Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

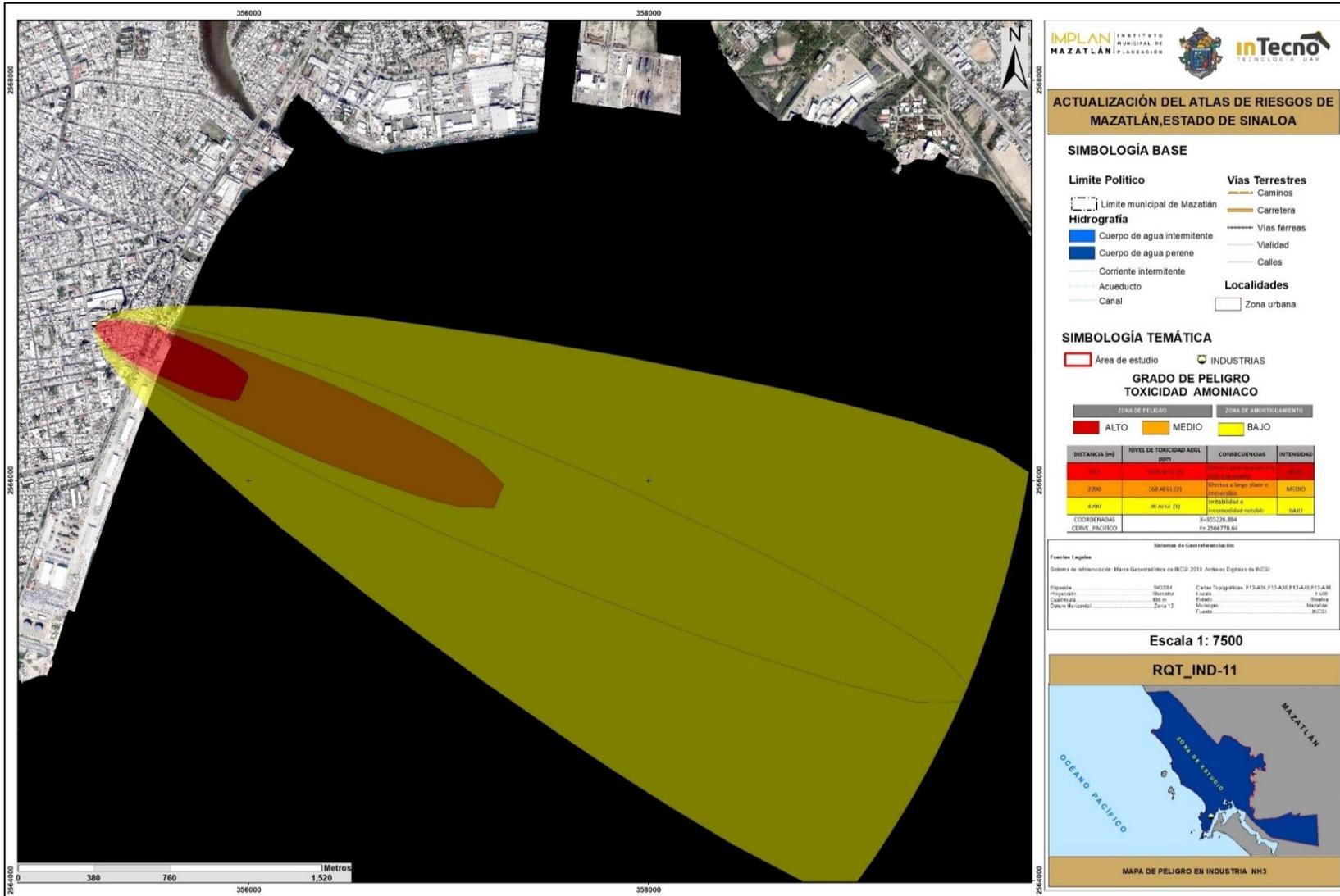


Figura II.3.22. Mapa localización de Peligro por Amoniaco-Nube Tóxica
 Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

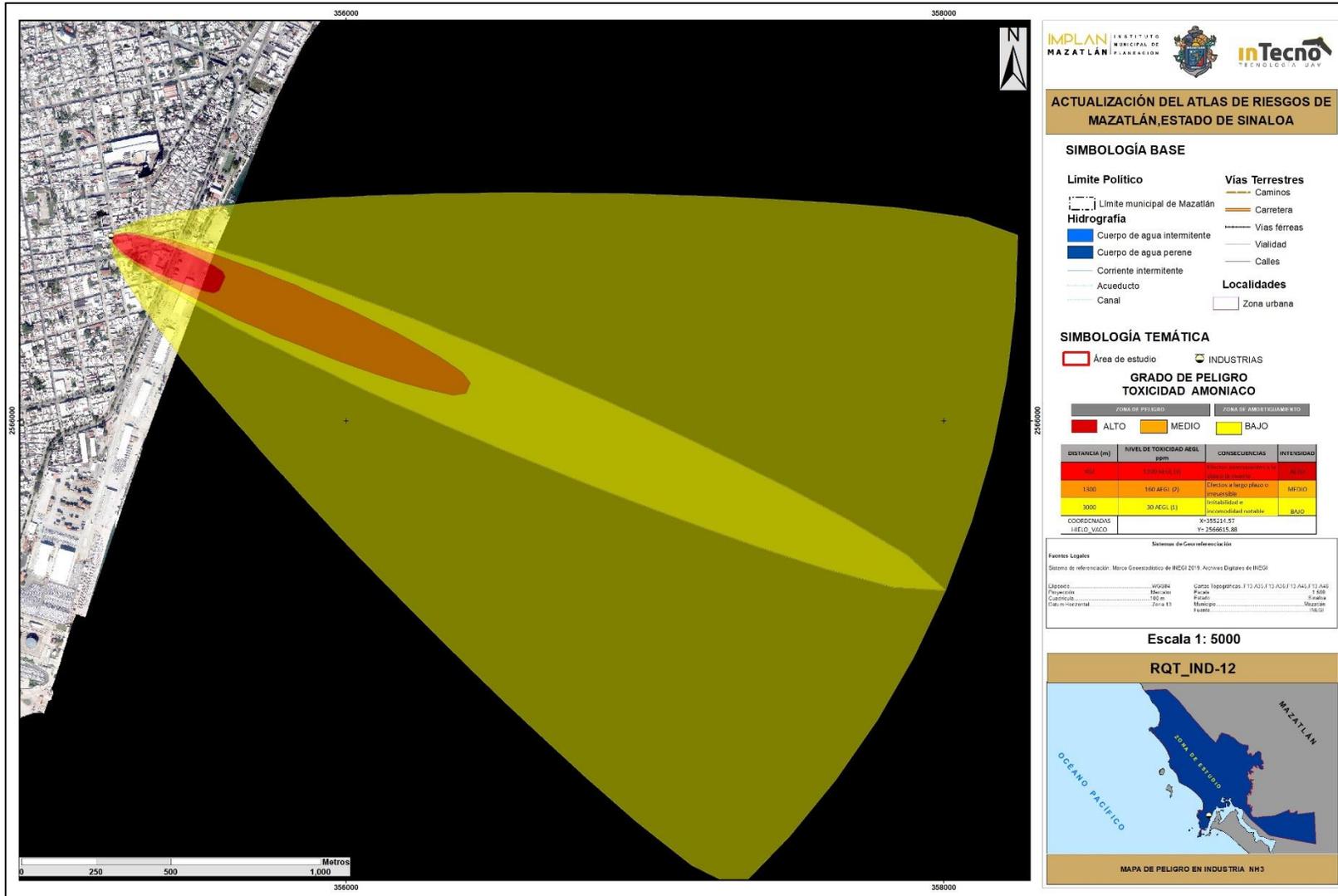


Figura II.3.23. Mapa localización de Peligro por Amoniaco-Nube Tóxica
 Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

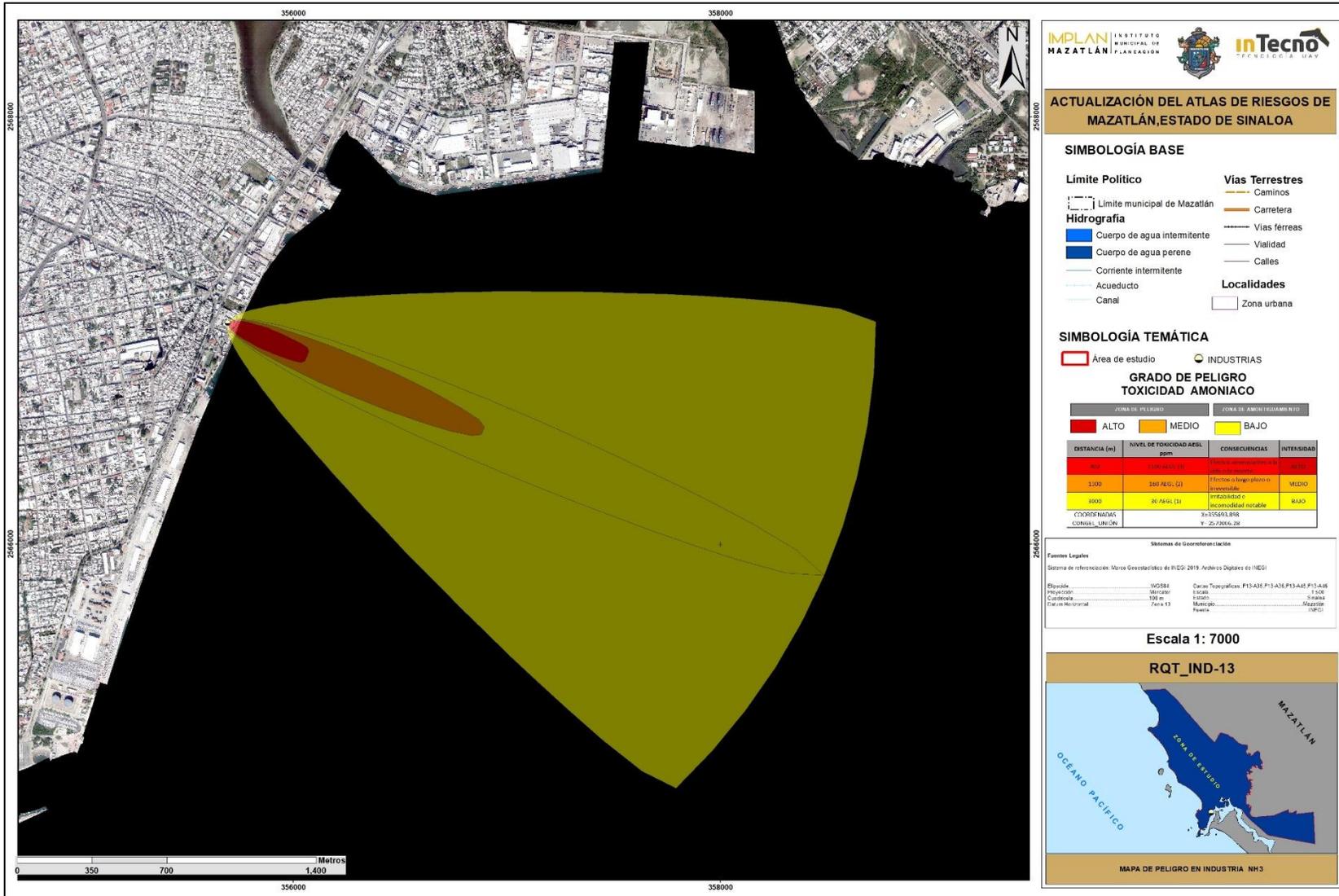


Figura II.3.24. Mapa localización de Peligro por Amoniaco-Nube Tóxica
 Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

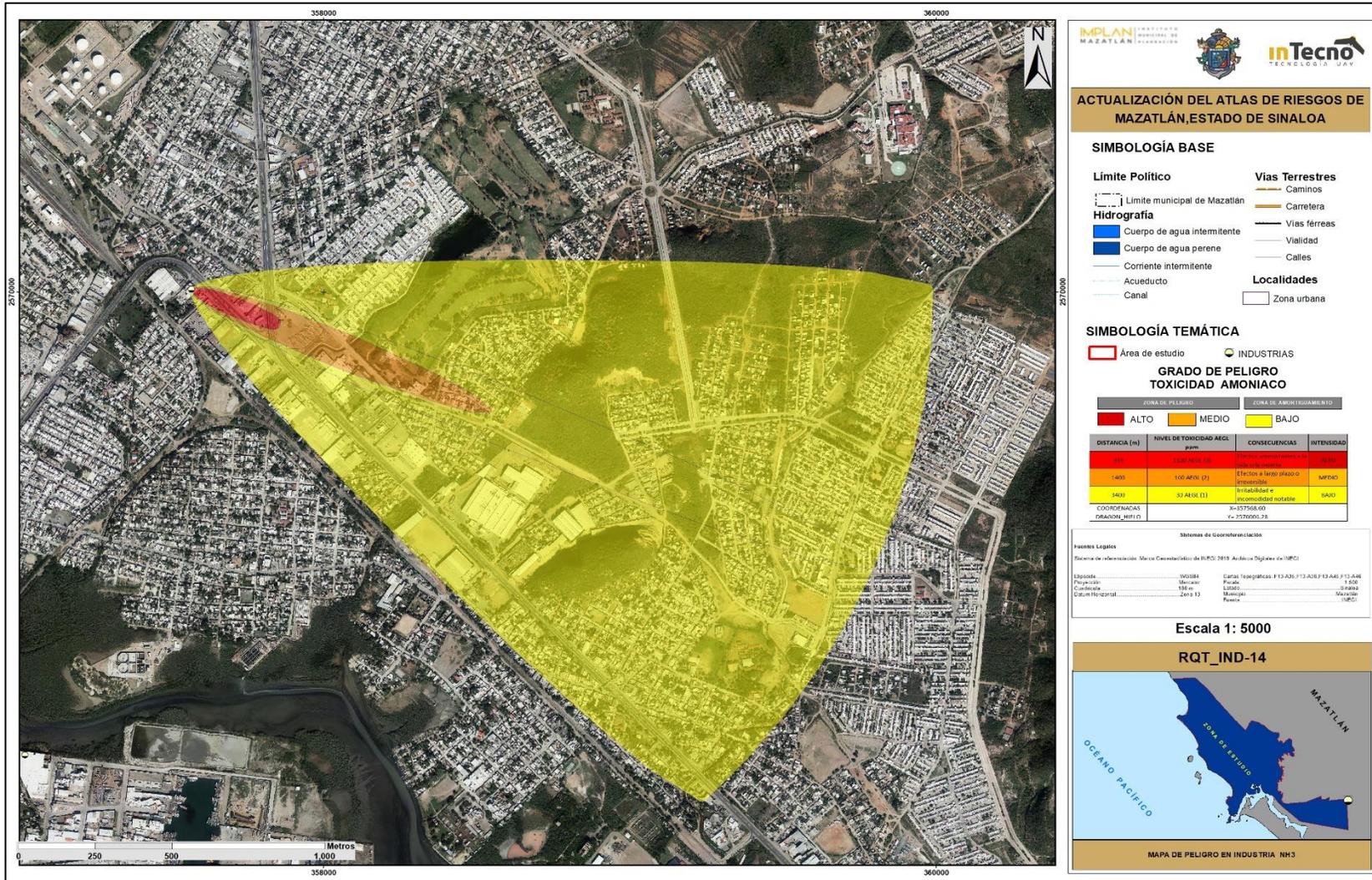


Figura II.3.25. Mapa localización de Peligro por Amoniaco-Nube Tóxica
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

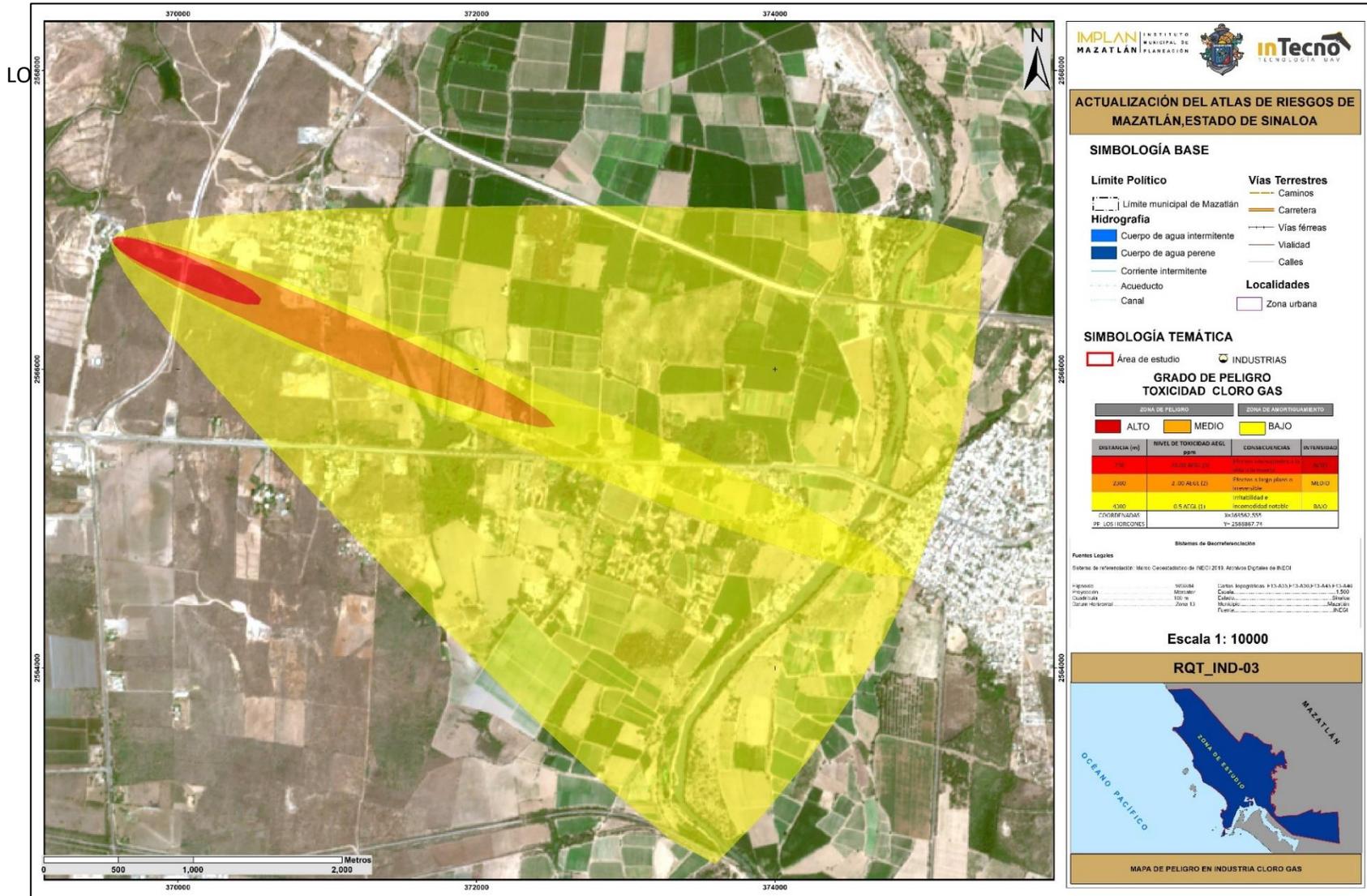


Figura II.3.26. Mapa localización de Peligro por Cloro gas -Nube Tóxica
 Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y campo.

2.3.9 RESIDUOS PELIGROSOS

2.3.9.1 Residuos Sólido-Urbanos

La disposición final de los residuos sólidos municipales es la acción de depositarlos permanentemente en determinados sitios y con las condiciones adecuadas para que se evite daños a la población y al medio ambiente. Sin embargo, esta premisa no siempre se cumple, debido a que por lo general los sitios no satisfacen las características necesarias.

En México, los sitios de disposición final son rellenos sanitarios, rellenos de tierra controlada, rellenos de tierra no controlada y los tiraderos a cielo abierto.

Los rellenos sanitarios se definen como técnicas de ingeniería que procura el adecuado confinamiento de los residuos sólidos municipales. Comprenden el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con la tierra u otro material inerte (por lo menos una vez al día) así como el control de gases, lixiviados y proliferación de vectores, todo ello con el fin de evitar la contaminación del ambiente y lograr la protección de la salud de la población.

El sitio en el que se pretenda establecer un relleno sanitario debe cumplir determinadas características geológicas, edafológicas e hidrológicas, entre otras.

La normativa para la realización, seguimiento y observaciones que deben regular los rellenos sanitarios se encuentran en la NOM-083-ECOL-1996 que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos municipales.

ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	EMPRESA	DIRECCION	TIPO DE RESIDUO	CAP ton/año
Reciclaje de residuos Industriales	Grupo Asfálticos Procesados SA de CV	Carretera Internacional km 272, Ejido El Pozole, Comunidad de Villa Unión	Aceites usados	52080
Reciclaje de residuos Industriales	Ambiental Tek Resources SA de CV	Puerto Mazatlán No 205 Parque Industrial Portuario Alfredo V Bonfil CP	Aceites lubricantes usados para la elaboración de combustible alterno	1325
Recolección y Transporte de Residuos	Autotanques Watson SA de CV	Carretera a PEMEX No. 5716-B	Aceites Lubricantes gastados, lodos de aceite provenientes de limpieza de tanques que contenían aceite e hidrocarburo sentinas y aguas oleosas(sludge)	62
Almacenamiento y Acopio	Hidrocarburos reciclados SA de CV	Carretera a PEMEX No. 5716-B	Aceite lubricado usado, slude sentinas que tienen aceites lubricantes gastado, estopas y trapos impregnados por grasas y aceites, filtros automotrices	160
Tratamiento Residuos Biológico ex - situ	Comercializadora Ecológica De Occidente, S.A. de C.V.	Bvd. Jesús Kumate No. 7490 Sur, Ejido Bachilahuato, 80189	Tratamiento por Esterilización para los siguientes Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos: Cultivos y cepas de agentes infecciosos; Residuos no anatómicos y Objetos punzocortantes	20,500

Tabla II.3.06. Empresas que manejan y almacenan sustancias peligrosas en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa

2.3.9.2 Tiradero Municipal de Mazatlán

El sitio de disposición final conocido como “El Basurón” se localiza hacia el sureste de la ciudad de Mazatlán, a un costado de la autopista federal número 15 Tepic-Mazatlán, geográficamente el sitio se encuentra entre las coordenadas UTM N 2 568 190 E 360727, ver figura II.3.18.

De acuerdo con el Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Mazatlán, Sinaloa, (Secretaría de Desarrollo Social, 2008) el tiradero cuenta con una superficie de 14.4 hectáreas, con un tiempo de operación superado.

El Basurón es un tiradero a cielo abierto, generador de problemas tales como escurrimientos de los lixiviados generados por la descomposición de los residuos hacia los mantos freáticos y cuerpos de agua aledaños, así como de malos olores que se dispersan a su alrededor, generando el malestar de poblaciones aledañas ver fotografías II.2.48 a II.2.53.

El tiradero recibe diariamente entre 700 y 800 toneladas diarias de las cuales constituye:

- El 10% son plásticos generados en hogares
- El 54% son desechos sólidos municipales de tipo orgánico
- El 2% es vidrio
- El porcentaje restante involucra otro tipo de residuos

El sitio actual es un terreno que se encuentra en renta y se pretende en un futuro cercano, por medio de una iniciativa del gobierno municipal, clausurarlo y rehabilitarlo como área de recreación, además de anexar al sitio actual una superficie de 20 ha para la construcción y formación de un relleno sanitario que cumpla con los requerimientos necesarios para su construcción y operación. Sin embargo, el crecimiento de la mancha urbana hacia la zona sureste de la cabecera municipal representa un obstáculo constante.

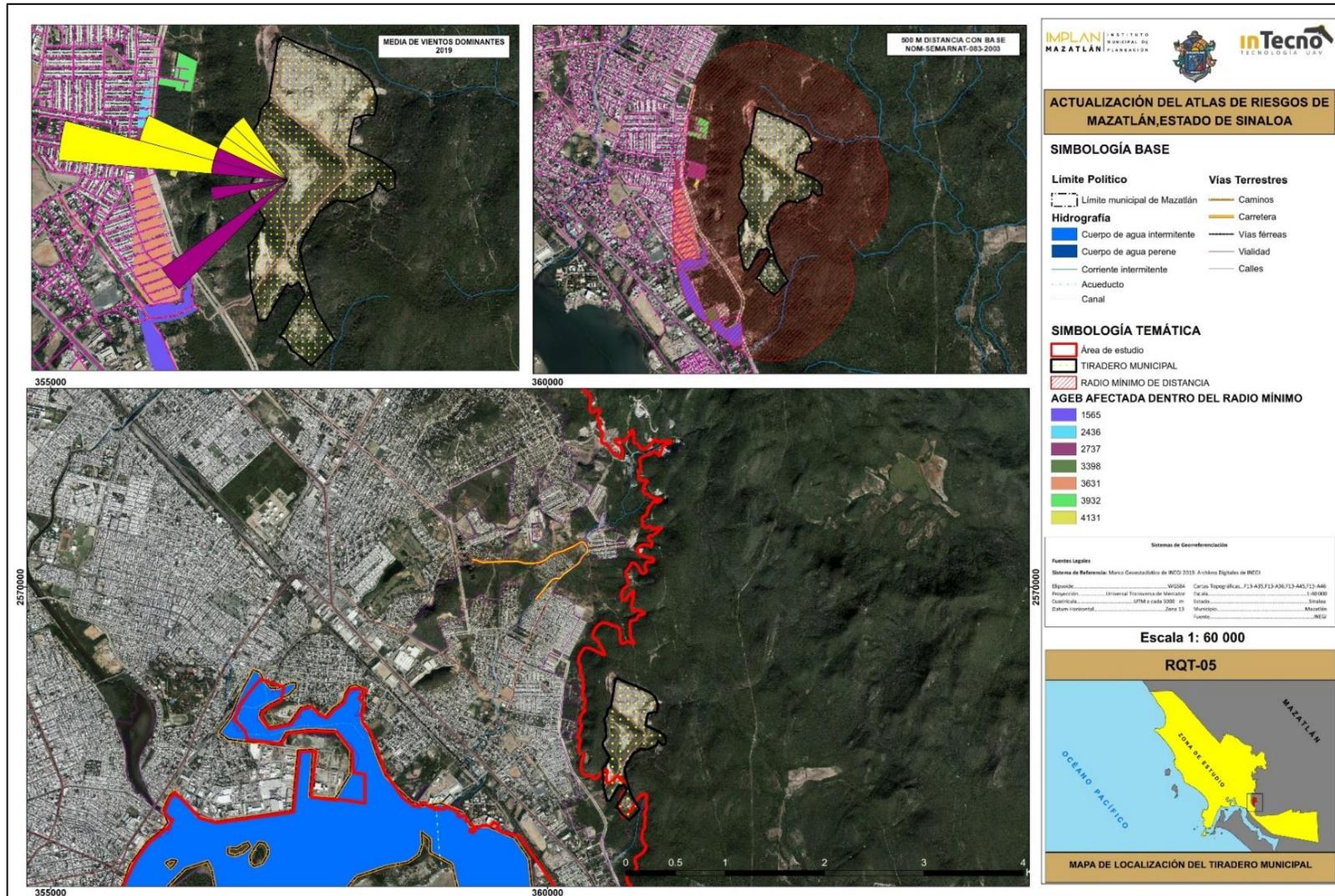
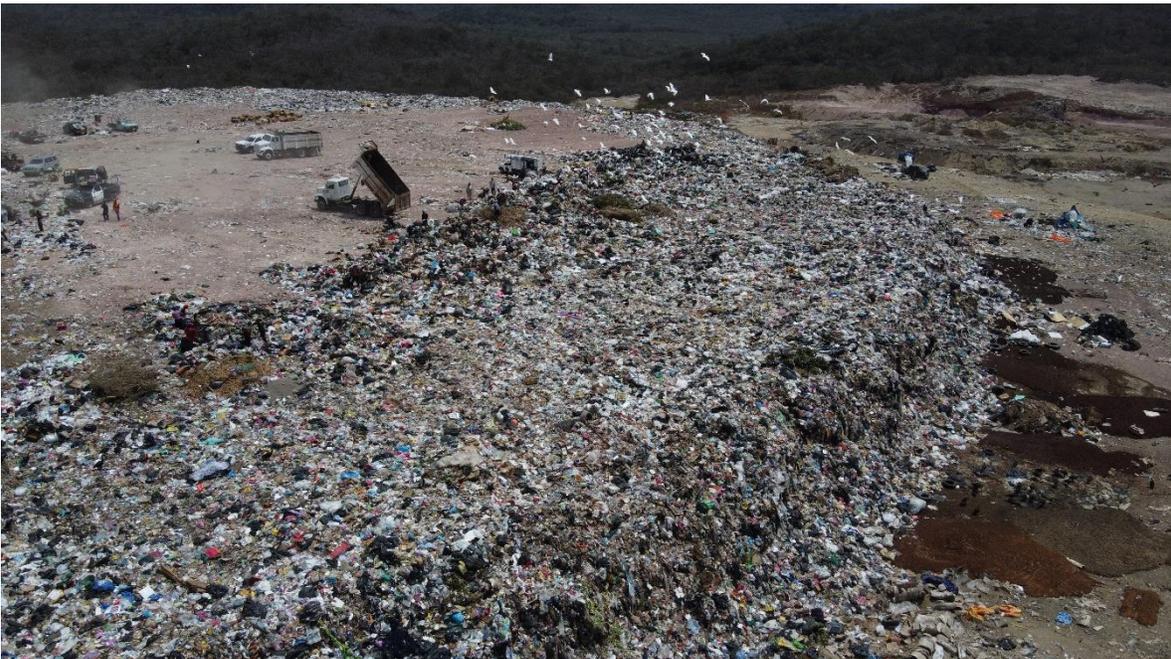


Figura II.3.18. Mapa de localización del basurero municipal
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil del H. Ayuntamiento de Mazatlán, Sinaloa.



Fotografía II.2.48. Vista panorámica del perímetro actual del tiradero municipal El Basurón. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.49. Tiradero Municipal El Basurón en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.50. Pileta de lixiviados del tiradero municipal de Mazatlán El Basurón. Fuente. Elaboración propia.



Fotografía II.2.51. Flujo de los lixiviados del tiradero municipal El Basurón en el municipio de Mazatlán. Fuente. Elaboración propia.



Fotografía II.2.52. Depósito de llantas en el tiradero municipal El Basurón en el Municipio de Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.



Fotografía II.2.53. Vista del tiradero municipal hacia el canal de navegación. **Fuente.** Elaboración propia.

Requerimientos técnicos de un relleno sanitario

La NOM-083-SEMARNAT-2003 establece que se deben analizar elementos que permitan definir aquellos sitios que impacten lo mínimo posible el ambiente; así como la sociedad cercana o inmersa de manera local.

Especificaciones que se establecen relativas a la selección de los sitios, de acuerdo con el apartado 6 de la ya referida norma:

- Un Sitio de Disposición Final (SDF) debe ubicarse a una distancia mayor o igual a los 15 km de la trayectoria de aproximación de la cabecera de la(s) pista(s) de un aeródromo de servicio al público o aeropuerto, sin embargo, cuando lo anterior no suceda deberá realizarse un estudio de riesgo aviario para determinar la influencia y distancia para definir dicha ubicación.
- Un SDF no debe ubicarse dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el plan de manejo de éstas.
- En localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m (quinientos metros) contados a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano, restringiendo el cambio de usos de suelo en tal distancia a partir de la creación de dichas obras o instalaciones.
- No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.
- No deberá ubicarse en zonas arqueológicas, o sitios de valor cultural.
- El SDF se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años.
- Para el caso de zonas con alto índice de precipitación pluvial se debe demostrar que no existirá obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que afecten la estabilidad física de las obras que integren el sitio de disposición final.
- La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo.
- La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados, será de 100 metros adicionales a la proyección horizontal de la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Cuando no se pueda determinar el cono de abatimiento, la distancia al pozo no será menor de 500 metros.

Con base en lo anterior se realizó un análisis comparativo del cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003 de El Basurero de Mazatlán resumido en la siguiente tabla, ver tabla II.3.07.

Especificaciones de Selección de Sitio	NOM-083-SEMARNAT-2003	Observaciones
Un Sitio de Disposición Final (SDF) debe ubicarse como mínimo a una distancia mayor o igual a los 15 km de la trayectoria de aproximación de la cabecera de las pistas del aeropuerto.	NO Cumple	Si bien el tiradero inicio su operación antes de la construcción del aeropuerto, es de notarse que no existieron los estudios pertinentes para la ubicación del tiradero.
Un SDF no se debe ubicarse dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el Plan de manejo de éstas.	Cumple	Los únicos sitios encontrados bajo esta descripción no se encuentran próximos al tiradero
En localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m (quinientos metros).	NO Cumple	La mancha urbana de la Cd. De Mazatlán crece hacia el área que ocupa el Basurón, por lo que es inviable la construcción de un relleno anexo al actual.
La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo.	Cumple	No existen corrientes perennes que crucen el tiradero actual, así como su zona de influencia.
No deberá ubicarse en zonas arqueológicas, o sitios de valor cultural (religiosos, u otros tradicionales)	Cumple	En este caso, no existen zonas arqueológicas o de valor cultural dentro del municipio.
No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos; ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.	NO Cumple	De acuerdo al tipo de permeabilidad el Basurón se encuentra en una zona con alto potencial en cuanto a recarga de acuíferos.

Tabla II.3.07. Resumen del grado de cumplimiento de las especificaciones de la NOM 083 del basurero “El Basurón”. **Fuente.** Elaboración propia.

2.3.9.3 Residuos de Hospitales

En un hospital se generan todo tipo de residuos y cada uno de ellos se tratará de manera diferente, como ejemplo, residuos urbanos, biosanitarios, citostáticos, químicos y radiactivos, entre otros. Estos se clasifican y eliminan por procedimientos especiales, previstos por distintas normativas, para garantizar la seguridad en el medio hospitalario y de la población.

Por lo concerniente a los riesgos químicos tecnológicos se analizarán solo los competentes al tema:

- **Residuos Químicos**
- **Residuos Radiactivos**
- **Residuos vertidos industriales**

Residuos Químicos

Entre estos, figuran los líquidos fijadores y reveladores, el formol y el xilol, donde se conservan los órganos, o los productos que se emplean para los tratamientos de ciertas máquinas, así como material de desecho contaminado con productos químicos

Residuos Radiactivos

Estos residuos no se generan en todos los hospitales, sino en aquellos que tengan unidades de tratamiento con radioterapia, medicina nuclear y en ciertos laboratorios. Son todas aquellas materias radiactivas que se desechan al no ser utilizables, así como los productos contaminados con este material radiactivo. Dentro de estos residuos radiactivos hospitalarios pueden ser residuos sólidos, líquidos y de baja intensidad, según lo que establece el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA).

Residuos de Vertidos Industriales

Los vertidos industriales se eliminan a través del agua. Cada hospital tiene un tipo de pH (medida de la acidez) del agua y tiene reconocida la autorización de vertidos por parte de cada Ayuntamiento que fija las condiciones de los residuos que se pueden verter a las aguas residuales. A partir del alcantarillado, se toman muestras y se realizan pruebas cada seis meses, donde se mide la cantidad de oxígeno del agua.

En el Municipio de Mazatlán existen 16 centros de atención para la salud de los cuales 2 pertenecen al ISSSTE 2 al IMMS 1 Hospital Naval 1 Hospital Militar de Especialidades 2 Centros de Salud 2 Hospitales generales y 6 Clínicas particulares. Sus residuos son recolectados por una empresa proveniente de Culiacán.

ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	EMPRESA	DIRECCION	TIPO DE RESIDUO	CAP ton/año
Tratamiento Residuos Biológicos ex - situ	Comercializadora Ecológica De Occidente, S.A. de C.V.	Blvd. Jesús Kumate No. 7490 Sur, Ejido Bachilahuato, 80189	Tratamiento por Esterilización para los siguientes Residuos Peligrosos Biológico- Infecciosos: Cultivos y cepas de agentes infecciosos; Residuos no anatómicos y Objetos punzocortantes	20,500

Tabla II.3.08. Empresa de tratamiento de residuos biológicos producidos en hospitales.

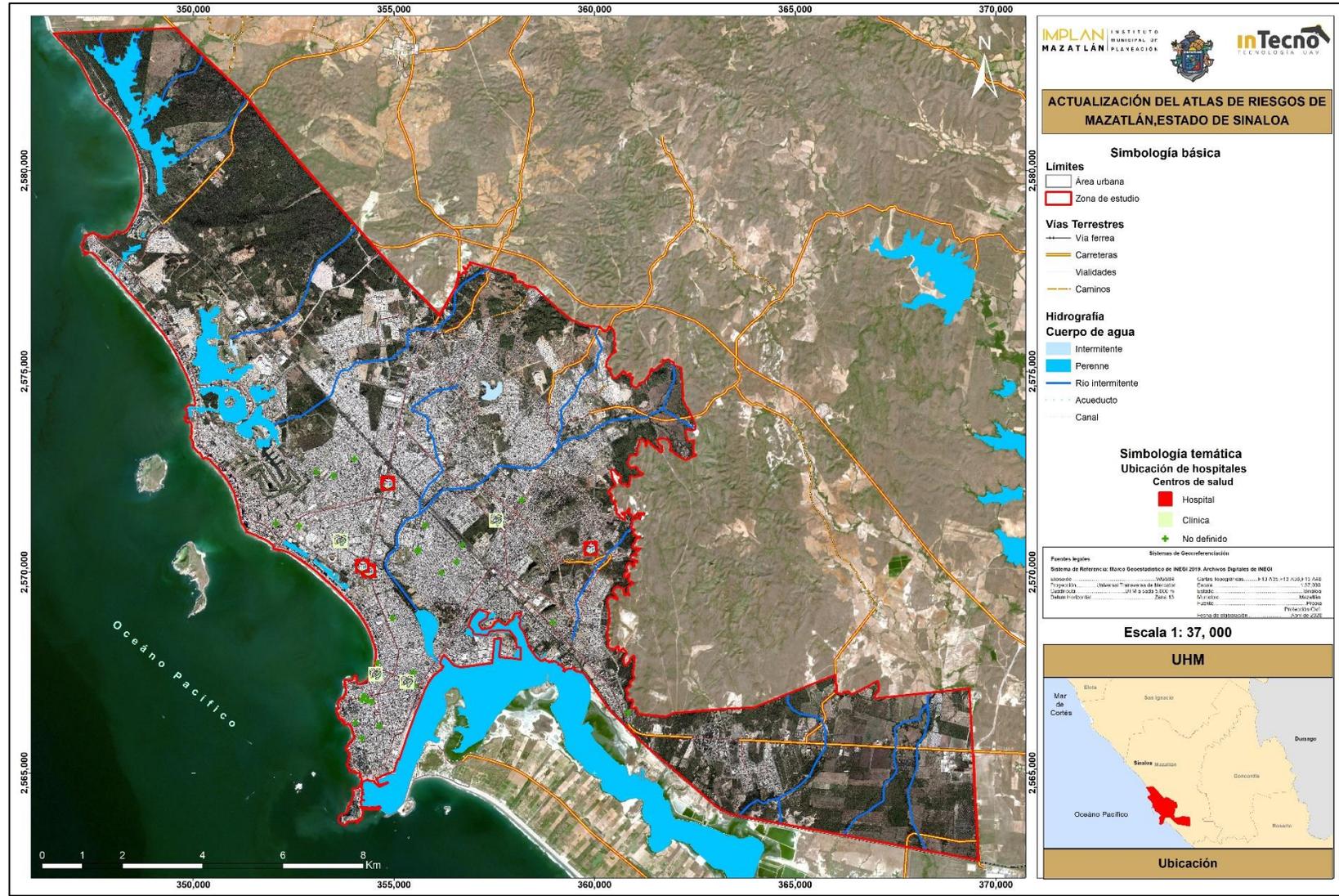


Figura II.3.19. Mapa de ubicación de hospitales Fuente. Elaboración propia con datos de INEGI

2.3.9.4 Identificación y Análisis de Transporte de Sustancias Peligrosas

El transporte de materiales y residuos peligrosos es una actividad productiva que involucra una amplia gama de productos y de vehículos para su traslado.

En México, esta actividad se realiza por cualquiera de los modos de transporte, tales como el ferroviario, el carretero y por ductos entre otros. Sin embargo, el modo más utilizado en el país es el carretero, a través del autotransporte federal, donde las unidades para el transporte de materiales peligrosos representan el 11.1% del total de unidades registradas para el año 2010 (SCT, 2010)].



El transporte de materiales y residuos peligrosos incluye: explosivos, gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, líquidos inflamables, sólidos inflamables, oxidantes y peróxidos orgánicos, tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos, radiactivos, corrosivos y otros. La demanda y uso de sustancias peligrosas se ha generalizado y está en constante crecimiento, no sólo en la industria, sino también en otros sectores, lo cual representa un gran número de riesgos sanitarios y ambientales importantes. Por lo anterior, el tránsito en las carreteras con vehículos que transportan materiales y residuos peligrosos se ha incrementado de manera importante, demandando rutas para su operación, un mayor número de unidades e incremento de sus capacidades para el traslado. Esto significa que diariamente están circulando unidades que representan un riesgo mayor durante su operación y pudieran tener repercusiones que vulneran la infraestructura del transporte, el medio ambiente y a la población que reside en zonas aledañas a las vías de comunicación terrestre.

El diagnóstico de la siniestralidad de vehículos con transporte de materiales y residuos peligrosos por carreteras federales se basó en las bases de datos de accidentes generadas por el Sistema para la Adquisición y Administración de Datos de Accidentes (SAADA).

Los peligros que implica el transporte de materiales y residuos peligrosos en cualquiera de su transportación conllevan daños importantes para la salud humana, para el medio ambiente y para la infraestructura, Sin embargo, es necesario transportar materiales y residuos peligrosos en nuestro país, como fuente de materia prima en los diferentes procesos industriales, para el consumo humano, o como residuos que se transportan para ser dispuestos o reutilizados, por ello es necesario realizar una adecuada vigilancia normativa para aminorar los impactos posibles asociados a la siniestralidad carretera en el transporte de este tipo de materiales

Accidentes con sustancias Peligrosas

El Sistema Nacional de Emergencia en Transportes de Materiales y Residuos Peligrosos en coordinación con dependencias competentes, Secretaría de Gobernación y autoridades estatales y municipales es la encargada de registrar cada accidente, así como las medidas y acciones que se tomarán durante el siniestro relacionado con las sustancias peligrosas clasificadas en las normativas y el reglamento.

Otro de los organismos encargado del seguimiento de transportes de materiales y residuos peligrosos es el COATEA que es el Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales (COATEA), recibe reportes de emergencias ambientales asociadas con sustancias químicas, proporciona orientación para el manejo seguro de esta clase de eventos; suministra, la información relacionada con las propiedades físicas y químicas, reactividad, incompatibilidades, toxicidad, etc., de las sustancias químicas, así como sobre la selección del equipo de protección personal, entre otros. Asimismo, el COATEA actúa como Centro de Comunicación y Enlace, tanto con el sector público, como con el privado, involucrados en la respuesta a emergencias ambientales.

Clasificación de Sustancias Peligrosas en los sistemas de Transporte



Tabla II.3.09. Art 7 del reglamento de transporte terrestre de sustancias y materiales peligrosos.

De acuerdo a las características las sustancias peligrosas que se contempla en el reglamento de transporte de sustancias y residuos peligrosas se identifica que en México se registran con mayor frecuencia accidentes de la categoría tres, que corresponde a "líquidos inflamables," dentro de esta categoría se incluyen todos los combustibles derivados del petróleo (diésel, gasolina, turbosina) aceites, esmaltes y pinturas, solventes y alcoholes.

La categoría de los gases es el segundo con mayor participación de accidentes, dentro de este apartado incluye Gas LP, Butano, Propano, Cloro y Amoniaco entre otras. A pesar de observar un menor número de siniestros es importante mencionar la elevada toxicidad del

Cloro y Amoniaco, estos productos pueden ser causa de intoxicación hasta un radio de 10 km si las condiciones atmosféricas y la cantidad de la sustancia se combina de manera que favorezcan su dispersión.

En el municipio de Mazatlán la empresa que abastecen combustible y distribución de este hacia otras entidades como Culiacán, Durango y Tepic y de manera interna las realizan las empresas que a continuación se muestran en la tabla II.3.10.

EMPRESA	DIRECCIÓN	SUSTANCIA
PEMEX	Av. Manuel J. #4321 Clouthier El Conchi, 80500 Mazatlán, Sin.	Gasolina Magna Premium Diésel
PETROAGUILA	Av. Puerto de Topolobampo #201 Parque Industrial Alfredo V. Bonfil Mazatlán, Sinaloa C.P.82050	Diésel
PETROIL	Parque Industrial Alfredo V. Bonfil, 82059 Mazatlán, Sin.	Gasolina Magna Diésel
PRO ENERGETICO S	Carretera Internacional Tepic-Mazatlán S/N	Diésel

Tabla II.3.10. Empresas distribuidoras de combustible en el municipio de Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia

La distribución de los combustibles varía desde la cantidad y la empresa que lo distribuye y va desde camiones de doble articulado de 33 500 L cuando surten fuera del estado y de 30 000 a 70 000L cuando el abastecimiento es interno.

La distribución del Cloro gas a la Planta Potabilizadora Los Horcones la realiza la empresa Wallas & Tiernan abasteciendo mensualmente con 34 toneladas.

EMPRESA	DIRECCIÓN	SUSTANCIA
Norris Cylinder Wallas & Tiernan	Calle Antonio León #434 Int. 10 Colonia Ladrón de Guevara Guadalajara Jal-	Cloro gas

La distribución de Amoniaco es local a las siguientes empresas:

EMPRESA	DIRECCIÓN	SUSTANCIA
Brisa Agua y Hielo	Carretera Internacional 5008, Sin Nombre, 82129 Mazatlán, Sin.	Amoniaco
Hielo Bajo Cero	Puerto de Guaymas 2, Alfredo V. Bonfil, 82050 Mazatlán, Sin.	Amoniaco
Hielera Vaco de Mazatlán	Gral Francisco Serrano 30, Centro, 82000 Mazatlán, Sin.	Amoniaco
Conservas y Enlatados Selectos del Mar	Internacional 1192, Jesús García, 82050 Mazatlán, Sin.	Amoniaco
Congeladora Unión	Emilio Barragán (Manuel Gutiérrez Nájera) Mazatlán, Sinaloa	Amoniaco
Cervecería Pacífico	Av. Gabriel Leyva & Melchor Ocampo SN, Centro, 82000 Mazatlán, Sin	Amoniaco
Hielo y Agua Dragón	Calle Salvador Robles Quintero 3463, Ramón F. Iturbe, 82170 Mazatlán, Sin.	Amoniaco
Pinsa	Puerto Mazatlán 227, Parque Industrial Alfredo V. Bonfil, 82059 Mazatlán, Sin.	Amoniaco

Transporte de las Sustancias químicas peligrosas

El transporte de las sustancias químicas peligrosas se realiza por diferentes medios representando cada uno de ellos los riesgos en su trayecto pudiendo afectar a la población, infraestructura urbana y medio ambiente. A continuación, se realizará un análisis de los medios de transporte por ducto de las sustancias químicas peligrosas dentro del municipio de Mazatlán

Ductos (Oleoducto y gasoducto)

La Terminal de Almacenamiento y Despacho Mazatlán, como en toda la infraestructura de PEMEX, existen Riesgos Tecnológicos, esta terminal tiene una capacidad de almacenamiento de 300,500 barriles de destilados y 29,920 barriles de lubricantes, esta Terminal se dedica al recibo, almacenamiento y distribución de hidrocarburos, tiene una capacidad de almacenamiento y distribución de los siguientes productos: PEMEX Magna 85,000 barriles, PEMEX Premium 60,000 barriles y PEMEX Diésel 160,000 barriles, Diésel Marino Especial 30,000 barriles y Combustóleo Pesado 200,000 barriles.

Los hidrocarburos son transportados a Mazatlán por buques petroleros, una vez que los barcos llegan a los muelles, los derivados de los combustibles fósiles son depositados en tanques e inicia la operación de rebombeo a través de 4 ductos que corren por el subsuelo (la profundidad varía dependiendo de la zona donde se localicen), en la parte sur de Mazatlán. Los conductos se inician en el muelle fiscal, atravesando las avenidas Emilio Barragán y Gabriel Leyva hasta llegar a la planta de PEMEX en la Colonia Esperanza, el recorrido comprende 7.273 km; la tubería para el combustóleo que utiliza CFE, empieza en el muelle fiscal y llega hasta la termoeléctrica “José Aceves Pozos”, la longitud de esta red es de 12.040 km (figura II.3.20).

El hiper consumo energético de la sociedad Mazatleca comprueba el potencial de riesgo que se ha ido generando, la población en general continúa ignorando que hay restricciones para invadir el área de seguridad por donde pasa o queda la infraestructura de PEMEX. Así lo pone de manifiesto la infraestructura y consolidación de asentamientos urbanos irregulares o instalaciones industriales en lugares no permitidos, esa anomalía ocasiona que por encima o a lado de los conductos de PEMEX, haya más de 39 asentamientos humanos, situación que constituye una auténtica bomba de tiempo que pone en riesgo a cientos de familias mazatlecas.

Existe un factor de riesgo Alto para los grupos de asentamientos que se han ubicado ilegalmente a pocos metros de la tubería transportadora de combustóleo. La inexistencia previa, o inoperancia posterior, de instrumentos para la orientación planificada del crecimiento de la ciudad, ha terminado por favorecer esas ocupaciones irregulares. Pero más grave aún es la aparición de actitudes delictivas como el ordeñamiento o tomas clandestinas en las tuberías, factores detonadores de potenciales explosiones y otros problemas relacionados con el manejo y transportación irregular de hidrocarburos.

En el trayecto de la infraestructura de PEMEX se localiza una compleja estructura industrial, con procesos productivos altamente peligrosos, situación que implica riesgo para quienes viven cerca de ellos. Los vecinos que habitan esos lugares no saben qué harán en caso de la explosión de un ducto o surja fuga de combustible; la única información que existe es la señal de la ubicación de las tuberías, la prohibición para hacer excavaciones y un número telefónico borroso. Los colonos no están preparados para enfrentar posibles contingencias, la falta de información puede limitar una posible acción preventiva o una reacción efectiva,

en caso de peligro. Ni las propias autoridades de PEMEX saben qué hacer para prevenir a la ciudadanía.

Gasoducto “El Oro – Mazatlán”

Este ducto está desarrollado a lo largo de 432.45 km lineales contemplados dentro de 11 municipios pertenecientes al Estado de Sinaloa, los cuales son:

- ✓ El fuerte
- ✓ Sinaloa de Leyva
- ✓ Guasave
- ✓ Salvador Alvarado
- ✓ Angostura
- ✓ Mocorito
- ✓ Navolato
- ✓ Culiacán
- ✓ Elota
- ✓ San Ignacio
- ✓ Mazatlán

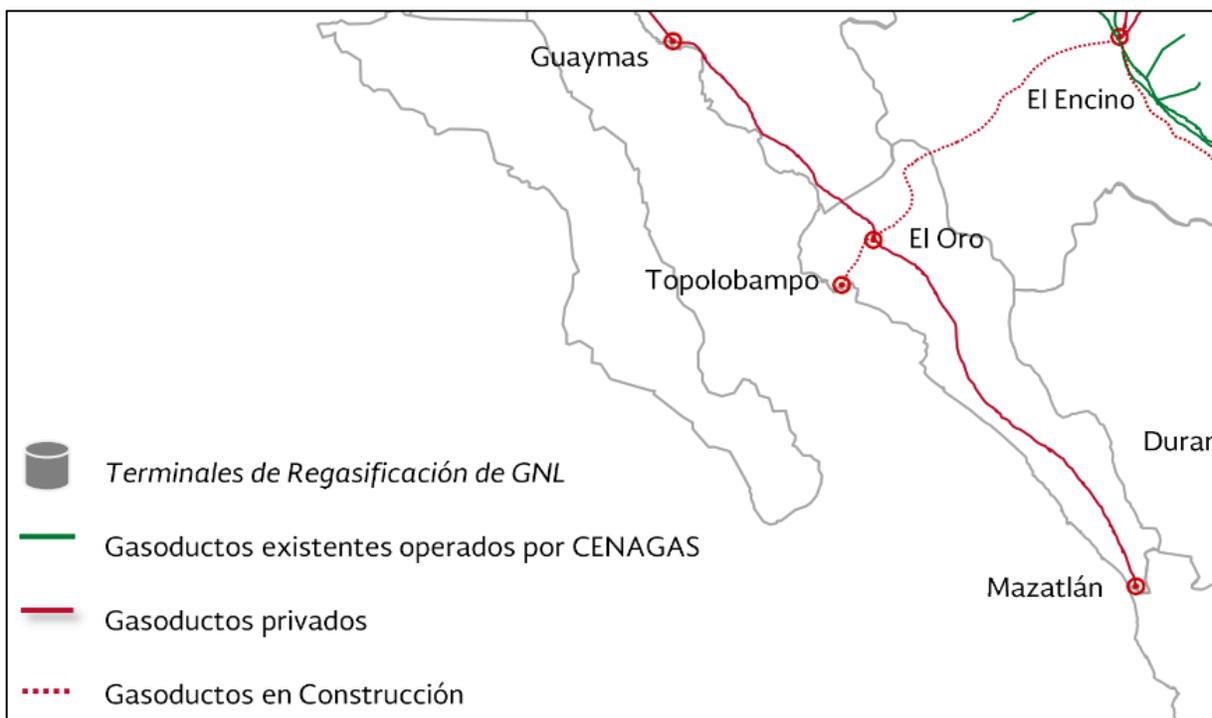


Figura II.3.20. Mapa de localización del gasoducto “El Oro-Mazatlán”.

Fuente. SENER

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/314342/Mapa_Infraestructura_Gas_Natural_2018.pdf

Operador	Transportadora de Gas Natural del Noroeste, S. de R.L. de C.V (TGNN)
Utilidad	Transporte de Gas Natural
Derecho de vía	25 m
Estado Físico del material	Gas
Presión de operación (PMOP)	1,440 psig o 101.25 kg/cm ²
Temperatura del material (Celsius °C)	Min 10 °C - Max 50 °C
Diámetro nominal	24 "

Tabla II.3.11. Información del gasoducto “El Oro-Mazatlán. Fuente. SENER

El ducto transporta gas natural desde la estación de compresión “El Oro”, ubicada en la comunidad de San Blas, perteneciente al Municipio de El fuerte, hasta la termoeléctrica José Aceves Pozos, ubicada dentro del Municipio de Mazatlán.

El Gasoducto El Oro – Mazatlán presenta las siguientes características con las cuales se basan los diferentes modelos de representación del peligro por transporte por ductos.

Con base en los datos del ducto y la tabla de distancias de seguridad en ductos propuesta por CENAPRED, se realizaron modelamientos de radios de afectación para los mapas de peligro.

Diámetro, en pulgadas	Área de trampas de diablos	GASODUCTO		Oleoducto y gasolinoducto	GASODUCTO	
		100 > P ≥ 80 kg/cm ²	80 > P ≥ 50 kg/cm ²		50 > P ≥ 15 kg/cm ²	P < 15 kg/cm ²
48	250 m	200 m	150 m	150 m	100 m	50 m
36	250 m	200 m	150 m	150 m	100 m	50 m
30	250 m	200 m	150 m	150 m	100 m	50 m
24	200 m	150 m	150 m	100 m	100 m	50 m
20	200 m	150 m	100 m	100 m	100 m	50 m
18	150 m	100 m	100 m	100 m	75 m	35 m
16	150 m	100 m	100 m	75 m	75 m	35 m
14	150 m	100 m	75 m	75 m	75 m	35 m
12	150 m	100 m	75 m	75 m	75 m	35 m
10	100 m	75 m	75 m	75 m	50 m	35 m
8	100 m	75 m	75 m	50 m	50 m	35 m
6	75 m	75 m	75 m	50 m	35 m	35 m
4	75 m	50 m	50 m	35 m	35 m	35 m
3	50 m	35 m	35 m	35 m	35 m	35 m
2	35 m	35 m	35 m	35 m	35 m	35 m

Tabla II.3.12. Parámetros de transporte de sustancias. Fuente. SENER

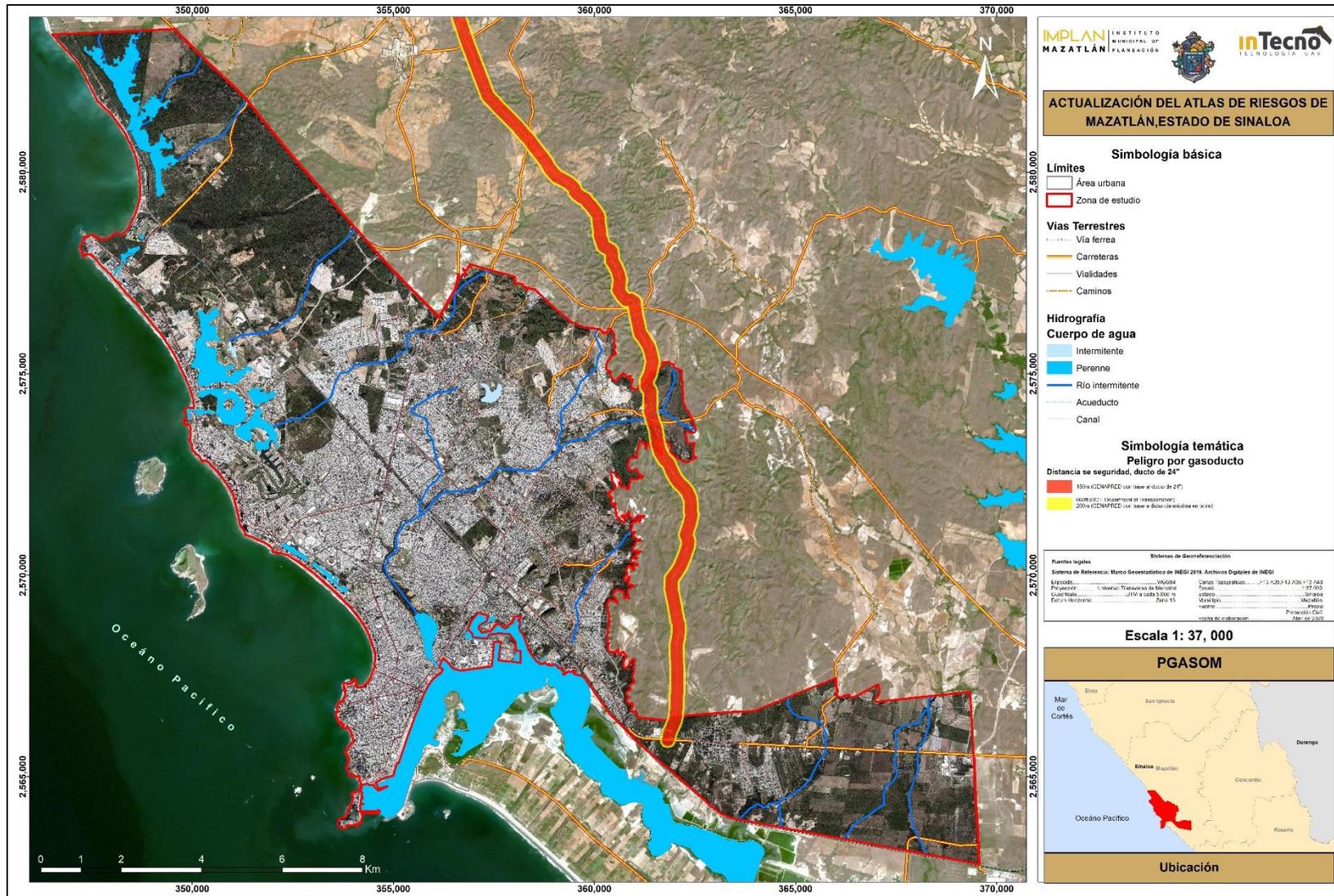


Figura II.3.21. Mapa de Peligro en gasoducto: Radios de afectación con base en guía CENAPRED.
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán.

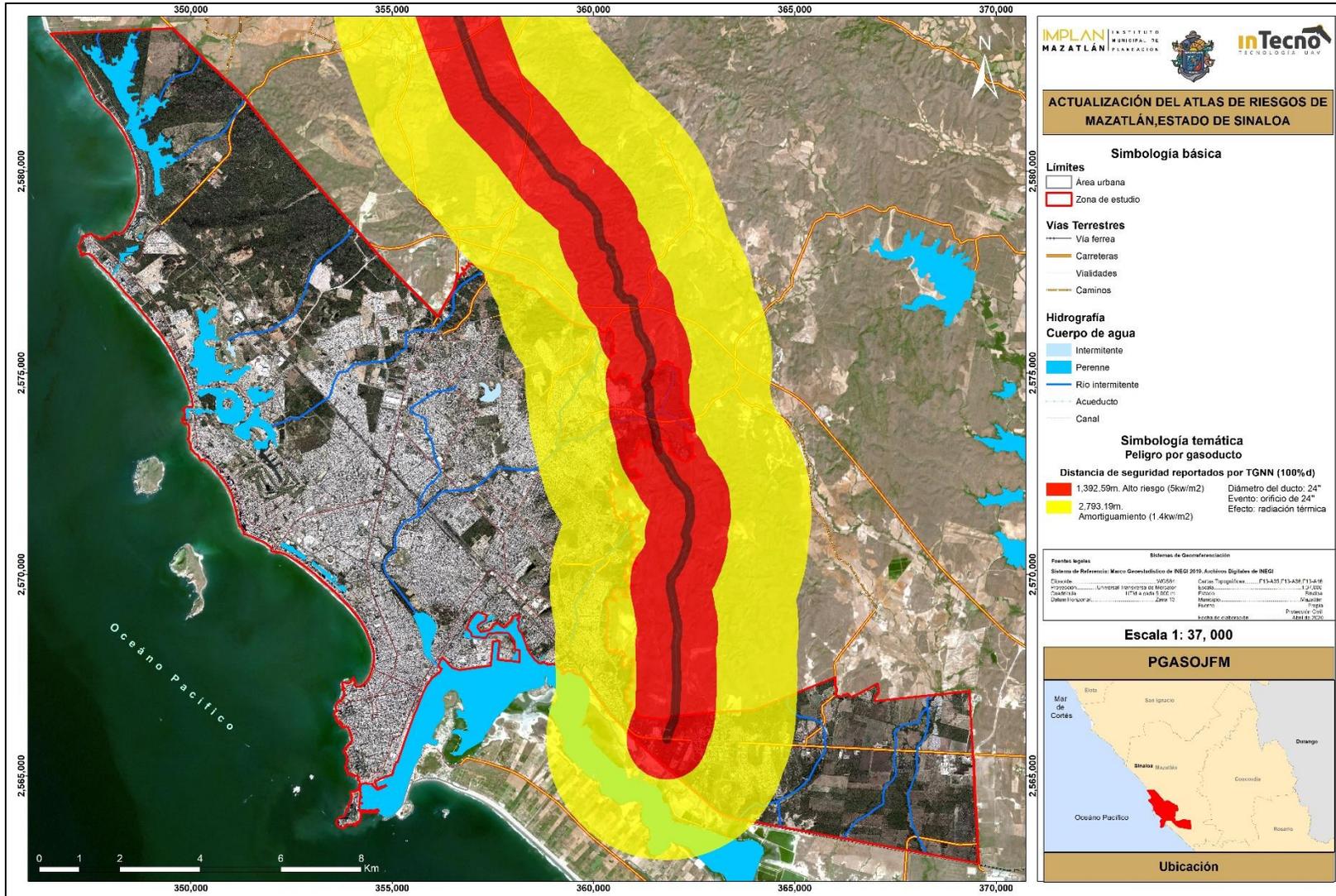


Figura II.3.22. Mapa de Peligro en gasoducto: El peor caso para un (Jet Fire) fisura de 24".
Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán y TGNN.

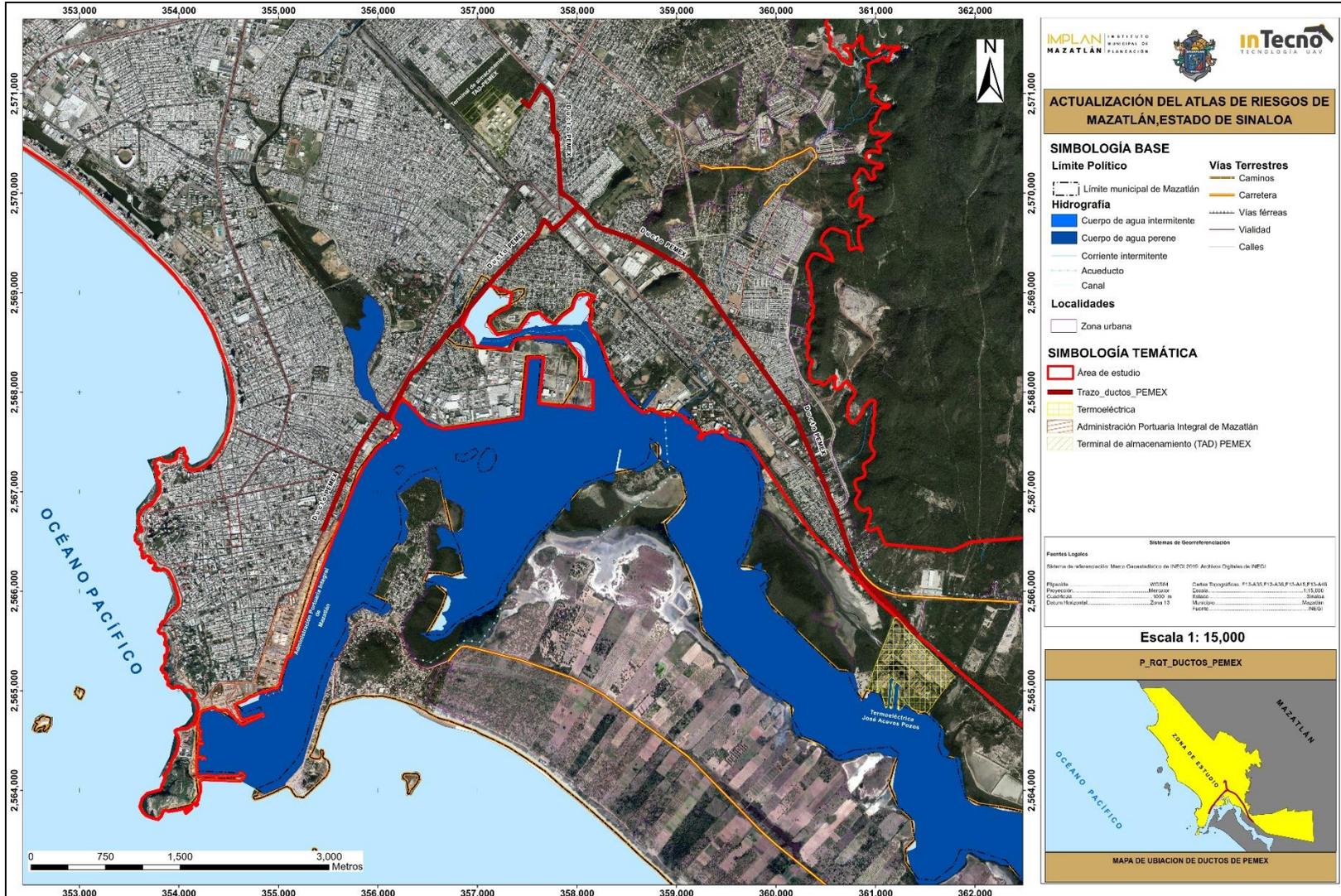


Figura II.3.22. Mapa ubicación de gasolinoducto y oleoducto de PEMEX
 Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán.

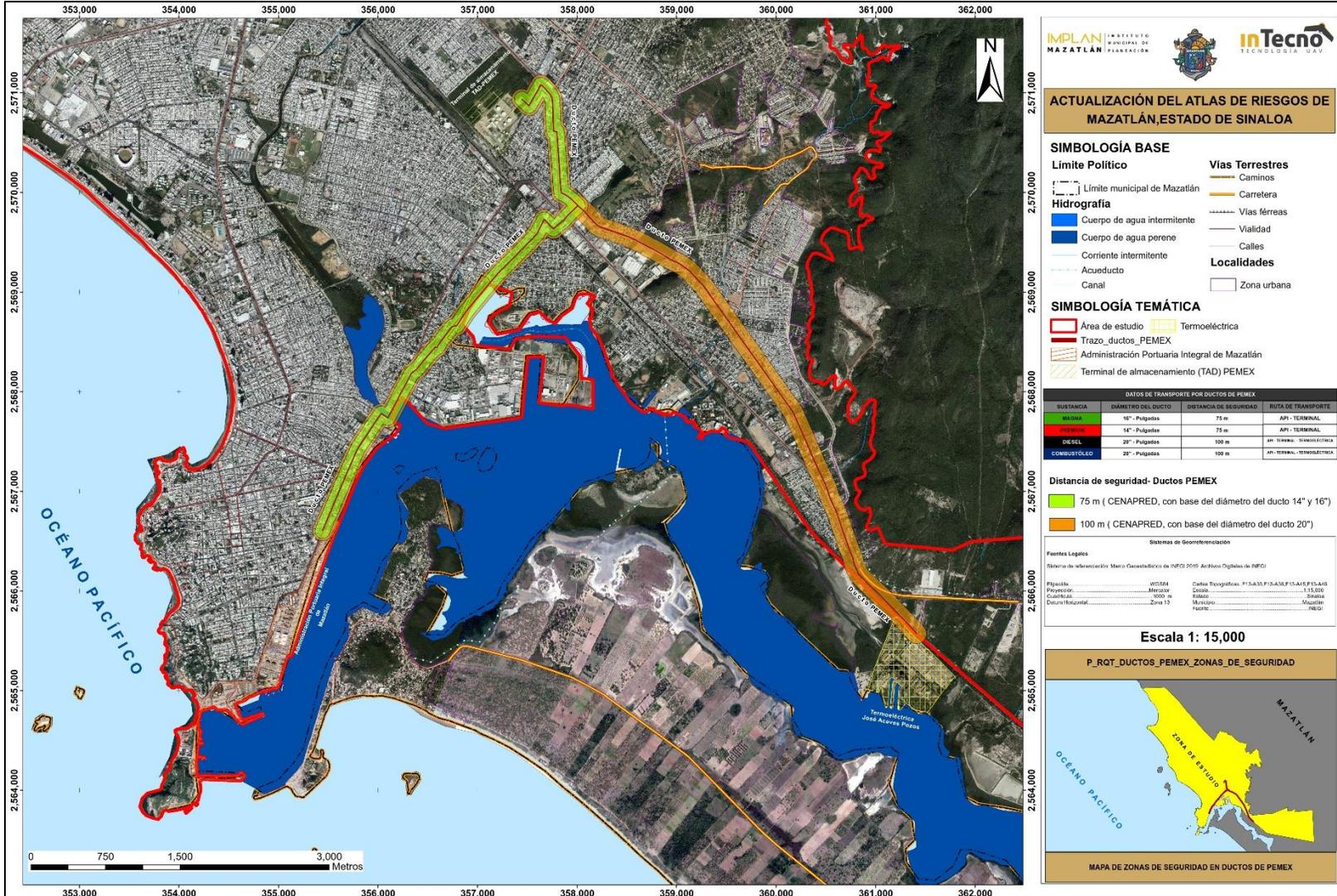


Figura II.3.23. Mapa de Peligro en gasolinoducto y oleoducto de PEMEX: Radios de afectación con base en guía CENAPRED.

Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán.

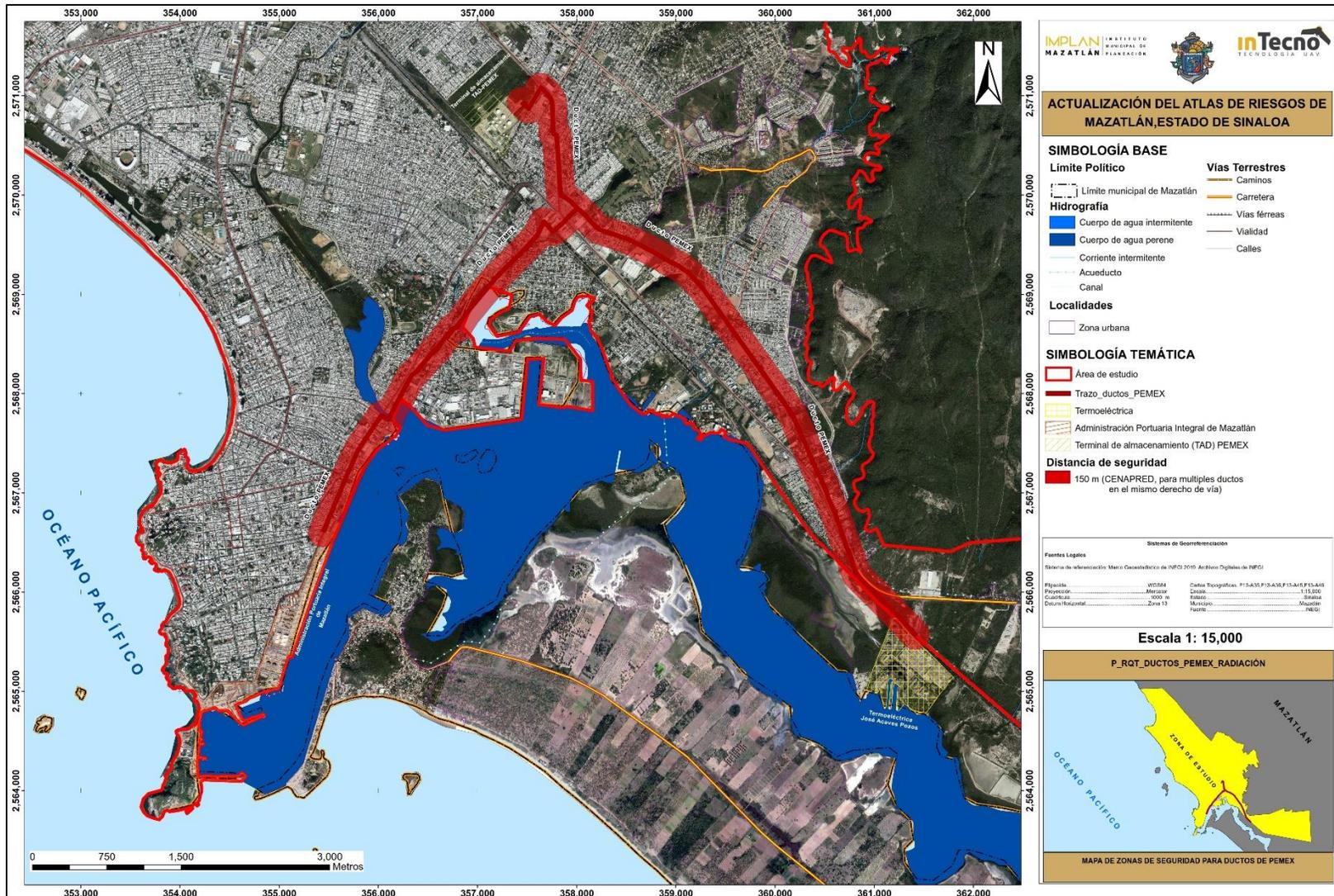


Figura II.3.24. Mapa de Peligro en gasolinoducto y oleoducto de PEMEX: Radios de afectación con base en guía CENAPRED. Fuente. Elaboración propia con datos de Protección Civil Mazatlán.

III Vulnerabilidad

En el presente capítulo se abordarán los temas relacionados con la vulnerabilidad en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, no sin antes definir su concepto.

3.1 Definición

La Vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas.

En términos generales pueden distinguirse dos tipos, la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social.

La primera es más factible de cuantificarse en términos físicos, por ejemplo, la resistencia que ofrece una construcción ante las fuerzas de los vientos producidos por un huracán, a diferencia de la segunda, que puede valorarse cualitativamente y es relativa, ya que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, así como el grado de preparación de las personas.

Por ejemplo, una ciudad cuyas edificaciones fueron diseñadas y construidas respetando un reglamento de construcción que tiene requisitos severos para proporcionar seguridad ante efectos sísmicos, es mucho menos vulnerable ante la ocurrencia de un terremoto, que otra en la que sus construcciones no están preparadas para resistir dicho fenómeno.

En otro aspecto, una población que cuenta con una organización y preparación para responder de manera adecuada ante la inminencia de una erupción volcánica o de la llegada de un huracán, por ejemplo, mediante sistemas de alerta y planes operativos de evacuación, presenta menor vulnerabilidad que otra que no está preparada de esa forma.

La vulnerabilidad física se expresa como una probabilidad de daño de un sistema expuesto y es normal expresarla a través de una función matemática o matriz de vulnerabilidad con valores entre cero y uno. Cero implica que el daño sufrido ante un evento de cierta intensidad es nulo, y uno implica que este daño es igual al valor del bien expuesto. De dos bienes expuestos uno es más vulnerable si, ante la ocurrencia de fenómenos perturbadores con la misma intensidad, sufre mayores daños.

Para llevar a cabo la caracterización de la vulnerabilidad social se definieron 5 parámetros, los cuales caracterizan en parte a la situación social y de salud, educación y económica de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. Dichos indicadores se dividieron en:

- ❖ Salud
- ❖ Educación
- ❖ Vivienda
- ❖ Empleo e Ingresos
- ❖ Población.

A continuación, se presenta a detalle cada uno de estos tópicos.

3.2 Salud

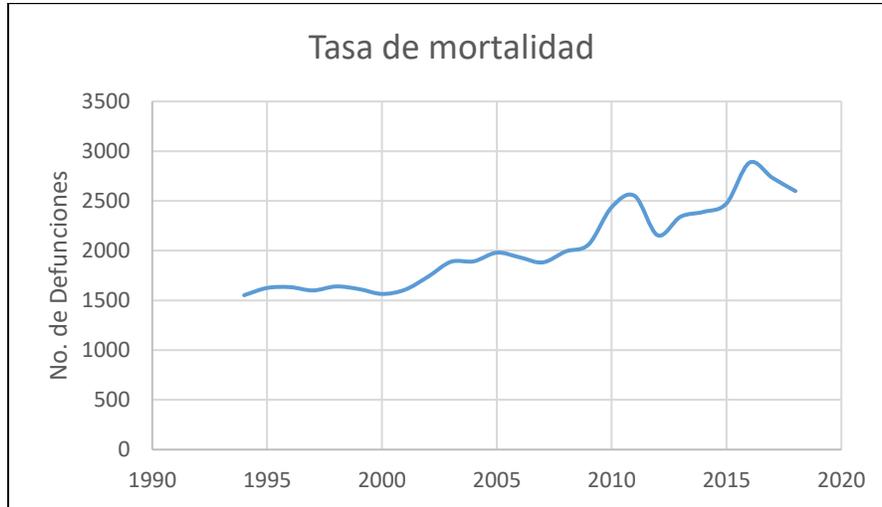
En cuestiones de salud se puede mencionar que, de acuerdo con la Secretaria de Salud del gobierno del estado de Sinaloa, el municipio de Mazatlán cuenta con 17 centros de salud, 1 hospital general, 6 unidades de especialidades médicas y 2 unidades médicas móviles. La densidad de médicos por cada 1,000 habitantes es de 1.52, según datos del censo de población y vivienda llevado a cabo en año de 2010 por el INEGI.

3.2.1 Mortalidad

En lo que a mortalidad se refiere en el municipio de Mazatlán se tiene que en el año de 2018 se registraron 2,599 defunciones de los cuales 1,521 fueron de hombres y 1,078 de mujeres. Es de hacer notar que el número de defunciones por año disminuyeron del año 2016, donde se presentaron 2,885 defunciones a 2,732 para el año 2017, ver tabla III.01 y grafico III.1, donde se presentan por una parte la distribución de las difusiones y su respectiva evolución con el tiempo.

Mortalidad	No Defunciones
Defunciones generales	2599
Defunciones generales hombres	1521
Defunciones generales mujeres	1078
Defunciones generales de sexo no especificado	0
Defunciones de menores de un año	91
Defunciones de menores de un año hombres	61
Defunciones de menores de un año mujeres	30
Defunciones de menores de un año de sexo no especificado	0
Porcentaje de hijos fallecidos de las mujeres de 15 a 49 años	1.7

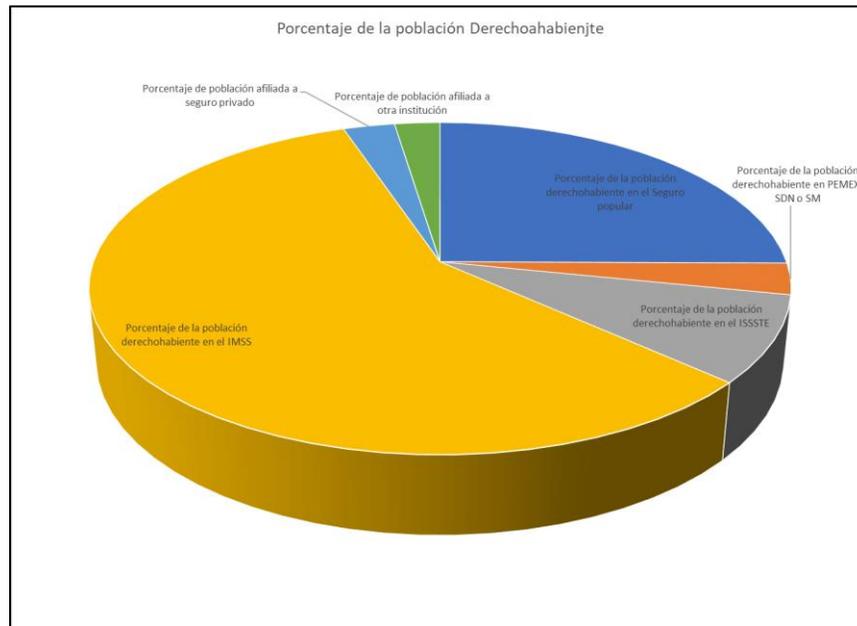
Tabla III.01. Defunciones en el municipio de Mazatlán Sinaloa. **Fuente.** INEGI, 2018



Gráfica III.01. Tasa de Mortalidad en el municipio de Mazatlán Sinaloa. Fuente INEGI 2018

3.2.2 Población Derechohabiente

Actualmente en el municipio de Mazatlán se tiene que el 84 % de la población total se encuentra afiliada a servicios de salud; siendo el Instituto Mexicano del Seguro Social la institución con el mayor número de derechohabientes, con prácticamente el 60 por ciento de la población total, numero de importancia relevante, ya que indica que la brecha de la población con servicios de salud es mínima y con el horizonte de abatimiento muy próximo. En la gráfica III.02 se presentan los porcentajes de población por institución que cubre las necesidades de servicios médicos de esta.



Gráfica III.02. Distribución de la población derechohabiente por institución de salud. Fuente. INEGI 2018.

3.3 Educación

En el municipio de Mazatlán en el 2015 según datos del INEGI se contaba con el 2.6 % de analfabetismo de la población total, contabilizando en esto que el 53.3 % de la población total asiste a la escuela con un rango de edad de 14 años y más, el grado máximo de escolaridad promedio en el municipio es de 10.3 años estudiados, lo que equivale a primer grado de secundaria, si se contabilizan los 3 años de kínder. Con estos resultados se puede observar que existe un rezago importante en cuestiones de estudios y preparación de la población que habita en la región en estudio.

3.4 Vivienda

En cuanto a vivienda se refiere, en el municipio de Mazatlán se tiene que el porcentaje de viviendas sin agua potable es de 3.2%, viviendas sin drenaje del 6.1%, sin energía eléctrica es de 0.7%. porcentaje de viviendas precarias es de 2.4% (conformadas con materiales de desecho y láminas de cartón); ubicándose estas viviendas en las colonias Loma Bonita, Universo, Rincón de Urías, Lomas del Ébano, Felipe Ángeles, Santa Fe, Villas del Sol, Lomas Taurinas y Fraccionamiento San Antonio. Así mismo, el porcentaje de viviendas con piso de tierra es del 2.8%.

3.5. Empleo e Ingresos

La población económicamente activa en el municipio de Mazatlán, representa el 53.9 por ciento de la población total, siendo el 46.1% restante la población codependiente. La tasa de desempleo se sitúa en un 2.8 % (dato estatal), según los registros de INEGI hasta el 2020.

3.6. Población

El municipio de Mazatlán, Sinaloa, tiene una densidad de población de 198.5 hab/km², un 0.75% de personas de habla indígena y una dispersión poblacional de 49.2% son hombres y 50.8 mujeres. Hasta el censo del 2010 el municipio de Mazatlán contaba con 438,434 habitantes. La edad promedio según la encuesta intercensal era de 29 años, lo que indica que Mazatlán es una ciudad de jóvenes.

3.7. Vulnerabilidad Social

Los resultados del Índice de Vulnerabilidad Social para la zona en estudio se presentan a continuación, para cada indicador de vulnerabilidad social.

3.7.1 Indicador Capacidad de Respuesta

Para determinar la situación imperante en el municipio de Mazatlán se elaboró un listado de leyes, reglamentos e instrumentos de política pública que se consideraron fundamentales para lograr la construcción de sociedades resilientes y resistentes ante los fenómenos perturbadores.

En la tabla III.02 se presentan los resultados al aplicar la encuesta de capacidad y respuesta, la cual fue evaluada y contestada por el Director de Protección Civil Municipal.

Pregunta	SI	NO
1. ¿El municipio cuenta con una unidad de protección civil o con algún comité u organización comunitaria de gestión del riesgo que maneje la prevención, mitigación, preparación y la respuesta?	X	
2. ¿Cuenta con algún plan de emergencia?	X	
3. ¿Cuenta con un consejo municipal el cual podría estar integrado por autoridades municipales y representantes de la sociedad civil para que en caso de emergencia organice y dirija las acciones de atención a la emergencia?	X	
4. ¿Existe una normatividad que regule las funciones de la unidad de Protección Civil (p. ej. manual de organización)?	X	
5. ¿Conoce algún programa de apoyo para la prevención, mitigación y/o atención de desastres?	X	
6. ¿Cuenta con algún mecanismo de alerta temprana?		X
7. ¿Cuenta con canales de comunicación (organización a través de los cuáles se pueda coordinar con otras instituciones, áreas o personas en caso de una emergencia)?	X	
8. ¿Las instituciones de salud municipales cuentan con programas de atención a la población (trabajo social, psicológico, vigilancia epidemiológica) en caso de desastre?	X	
9. ¿Tiene establecidas las posibles rutas de evacuación y acceso (caminos y carreteras) en caso de una emergencia y/o desastre?	X	
10. ¿Tiene establecidos los sitios que pueden fungir como helipuertos?	X	
11. ¿Tiene ubicados los sitios que pueden funcionar como refugios temporales en caso de un desastre?	X	
12. ¿Tiene establecido un stock de alimentos, cobertores, colchonetas y pacas de lámina de cartón para casos de emergencia?	X	
13. ¿Tiene establecido un vínculo con centros de asistencia social (DIF, DICONSA, LICONSA, etc.) para la operación de los albergues y distribución de alimentos, cobertores, etc.?	X	
14. ¿Se llevan a cabo simulacros en las distintas instituciones (escuelas, centros de salud, etc.) sobre qué hacer en caso de una emergencia y promueve un Plan Familiar de Protección Civil?	X	
15. ¿Cuenta con un número de personal activo?	X	
16. ¿El personal está capacitado para informar sobre qué hacer en caso de una emergencia?	X	
17. ¿Cuenta con mapas o croquis de su localidad que tengan identificados puntos críticos o zonas de peligro?	X	

18. ¿Cuenta con el equipo necesario en su unidad para la comunicación tanto para recibir como para enviar información (computadora, internet, fax, teléfono, etc.)?		X
19. ¿Cuenta con acervos de información históricos de desastres anteriores y las acciones que se llevaron a cabo para atenderlos?		X
20. ¿Cuenta con equipo para comunicación estatal y/o municipal (radios fijos, móviles y/o portátiles)?	X	
21. ¿Cuenta con algún Sistema de Información Geográfica (SIG) para procesar y analizar información cartográfica y estadística con el fin de ubicar con coordenadas geográficas los puntos críticos en su localidad?		X
22. ¿Cuenta con algún sistema de Geoposicionamiento Global (GPS) para georeferenciar puntos críticos en su localidad?		X
RESULTADO	0.77	0.23

Tabla III.02 Encuesta de Capacidad y Respuesta en la ciudad de Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

La encuesta tuvo un resultado indexado, el cual consistió en dividir todas las respuestas positivas entre el total de preguntas que se le realizaron al entrevistado. Es importante hacer mención que este indicador tiene un factor de peso igual al 25% para conformar el índice de vulnerabilidad social, ver fotografía III.01.



Fotografía III.01. Encuestas Capacidad y Respuesta en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa. **Fuente.** Elaboración propia.

La entrevista realizada, muestra un grado elevado en la atención de emergencias tanto en la ciudad como en el municipio, resaltando que es necesario contar con instrumentos preventivos como lo es un sistema de alertamiento contra inundaciones, cuya distribución deberá de ser en todas las cuencas hidrológicas de Mazatlán y parte del Río Quelite.

3.7.2 Indicador Percepción Local

Al igual que el indicador anterior, se llevó a cabo una encuesta a la población para medir el grado de percepción de la vulnerabilidad local; teniendo en consideración que a esta encuesta tan solo se tomaron en cuenta las respuestas con sí o no, para llevar a cabo la formación de este índice, ver tabla III.03.

Pregunta	SI	NO
1. Dentro de los tipos de peligro que existen (ver cuadro) cuántos tipos de fuentes de peligro identifica en su localidad?		
2. ¿Respecto a los peligros mencionados en la pregunta no. 1 recuerda o ¿sabe si han habido emergencias asociadas a estas amenazas en los últimos años?	X	
3. ¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en desastre?	X	
4. ¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas (que se encuentre en una ladera, en una zona sísmica, en una zona inundable, etc.)?		X
5. ¿Ha sufrido la pérdida de algún bien a causa de un desastre natural	X	
5. En caso de que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron:		
6. ¿Alguna vez ha quedado aislada su comunidad a causa de la interrupción de vías de comunicación, por algunas horas, debido a algún tipo de fenómeno?	X	
7. ¿Cree que en su comunidad se identifican los peligros?	X	
8. ¿Conoce algún programa, obra o institución que ayuda a disminuir efectos de fenómenos naturales (construcción de bordos, presas, terrazas, sistema de drenaje, sistema de alertamiento, etc.)?		X
9. ¿En los centros educativos de su localidad o municipio se enseñan temas acerca de las consecuencias que trae consigo un fenómeno natural?		X
10. ¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes?		X
11. En caso de haber llevado a cabo campañas de información ¿cómo se enteró?		
12. ¿Ha participado en algún simulacro en alguna ocasión?	X	
13. ¿Sabe a quién o a dónde acudir en caso de una emergencia?	X	
14. ¿Sabe si existe en su comunidad un sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia?		X
15. En caso de haber sido afectado a causa de un fenómeno natural ¿se le brindó algún tipo de apoyo?		X

16. ¿Ha sido evacuado a causa de un fenómeno natural (inundación, sismo, erupción)?		X
17. De acuerdo con experiencias anteriores, ¿Considera que su comunidad está lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?		X
18. ¿Existe en su comunidad localidad/municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastre?	X	
19. ¿Conoce la existencia de la unidad de protección civil?	X	
20. ¿Sabe dónde está ubicada y qué función desempeña la unidad de protección civil?		X
21. ¿Estaría preparado para enfrentar otro desastre como el que enfrentó?		X
22. ¿Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?		X
23. ¿Qué tanto puede ayudar la unidad de protección civil? ¿Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?		
24. ¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?	X	
TOTALES	0.48	0.52

Tabla III.03 Encuesta Percepción Local en la ciudad de Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

Esta encuesta se tomó a 100 personas y fue dividida espacialmente como se muestra en la figura III.01.

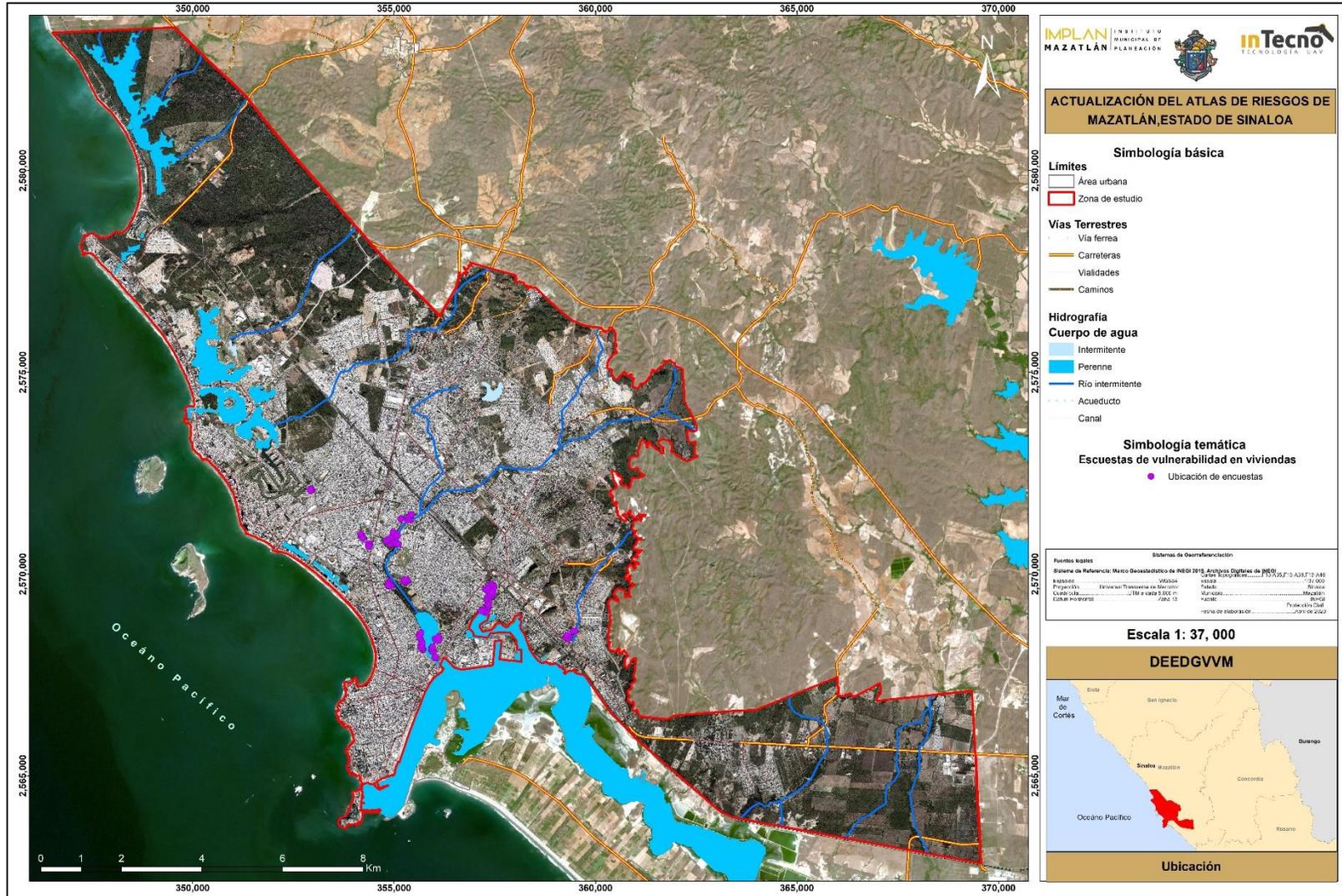


Figura III.01. Distribución espacial de las encuestas para determinar el grado de vulnerabilidad y tipo de vivienda. Fuente. Elaboración propia.

Derivado de la aplicación de la encuesta se estima que más del 50% de la población desconoce que hacer y cómo prevenir en caso de la presencia de un fenómeno perturbador, que para el 100 % de los encuestados, señala a las inundaciones como la fuente más conocida (ver fotografías III.02 a III.04).



Fotografía III.02. Encuestas de percepción local en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa



Fotografía III.03. Encuestas de percepción local en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.



Fotografía III.04. Encuestas de percepción local en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.

3.7.3 Indicador Condiciones Sociales y Económicas

Para evaluar este indicador se utilizaron los parámetros previamente descritos en los puntos III.2 al III.6, de los cuales se utilizaron solo aquellos que están representados en porcentajes. Teniendo en consideración esto se formuló el indicador de manera que se reflejen la pertenencia o atención de la población; es decir, se tomaron como por ejemplo la población con servicios de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica.

El indicador de las condiciones sociales y económicas se resume en la tabla III.04.

INDICADOR	I
Médicos por cada mil habitantes	0.128
Porcentaje de población derechohabiente	0.84
Porcentaje de analfabetismo	0.974
Población de 14 años y más que asiste a la escuela	0.53
Porcentaje de viviendas con agua	0.968
Porcentaje de viviendas con drenaje	0.939
Porcentaje de viviendas con energía eléctrica	0.993
Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón	0.024
Porcentaje de viviendas con piso de tierra.	0.028
Porcentaje de población económicamente activa (PEA) con ingresos de menos de 2 salarios mínimos	0.539
Total	0.60

Tabla III.04. Indicador de las condiciones sociales y económicas. **Fuente.** Elaboración propia.

Como se puede observar el valor del indicador de médicos por cada mil habitantes es de 0.128, el cual resultado de dividir el total de médicos por cada mil habitantes que existen en Mazatlán Sinaloa, entre 2.5, que es el valor de médicos por cada mil habitantes que establece la Organización Mundial de la Salud. El indicador total resultó ser el promedio de todos los indicadores analizados, teniendo en cuenta que cada uno de ellos tienen la misma importancia para determinar las condiciones sociales y económicas de la población bajo estudio.

Interpretando este indicador como que el 40 por ciento de la población puede carecer de alguno de estos aspectos, como por ejemplo la atención médica oportuna y considerando que el 84 % de la población tiene servicios médicos, el 40% de ellos tendrán demoras en la atención por la falta de médicos. El análisis de estos indicadores no se debe de tomar a la ligera ya que focalizan a aquellos servicios que necesitan ser atendidos y reducir en manera de lo posible este rezago hasta alcanzar el número de 2.5 Médicos por cada 1,000 habitantes; valor que recomienda la Organización Mundial de la Salud.

Se procesó cada uno de los indicadores y se multiplicaron por el factor de peso que se estableció previamente para la realización de este estudio, los cuales fueron 50 % para condiciones sociales y económicas y 25% para los dos restantes, en la tabla III.05 se presentan los resultados.

INDICADOR	I(individual)	% ponderación	I(ponderada)
Condiciones Sociales y Económicas	0.60	50.00	0.30
Capacidad de Prevención y Respuesta	0.48	25.00	0.12
Percepción Local	0.77	25.00	0.11
		100.00	0.54

Tabla III.05. Cálculo por indicador y su respectiva ponderación. Fuente. Elaboración propia.

Como resultado de la tabla III.05 se obtiene que el valor de la vulnerabilidad es de 0.54, parámetro que sitúa a Mazatlán como **Poco Vulnerable**, de acuerdo con la tabla III.07, la cual contiene los estratos de vulnerabilidad según el Apartado II. VULNERABILIDAD SOCIAL de la “Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Tomo Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social” de CENAPRED, ver tablas III.06 y III.07.

INDICADOR	I
Condiciones Sociales y Económicas	0.30
Capacidad de Prevención y Respuesta	0.12
Percepción Local	0.11
VALOR TOTAL VULNERABILIDAD	0.54

Tabla III.06. Resumen de los indicadores y resultado de la Vulnerabilidad Social. Fuente. Elaboración propia.

ESCALA DE VULNERABILIDAD SOCIAL	Escala	Rango	Color
	Muy vulnerable	0.00-0.25	Red
	Vulnerable	0.26-0.50	Orange
	Poco Vulnerable	0.51-0.75	Yellow
	No Vulnerable	0.75-1.00	Green

Tabla III.07. Resumen de los indicadores y resultado de la Vulnerabilidad Social. Fuente. CENAPRED.

Para tener un horizonte de comparación y evaluar la fiabilidad de este análisis se confrontaron los resultados con el estudio que se hizo a nivel municipal denominado “**Estudio de la vulnerabilidad y programa de adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un sistema de alerta temprana a eventos hidrometeorológicos extremos**”, desarrollado por FONATUR, en el año 2013, los resultados se resumen en la tabla III.08.

INDICADOR	CALIFICACIÓN
1. Indicador de gobernabilidad	0.33
2. Indicador de exposición	0.46
3. Indicador de percepción ciudadana	0.63
4. Indicador de cohesión social	0.73
5. Indicador de capacidad de respuesta del sector salud	0.61
Índice de Vulnerabilidad	0.55

Tabla III.08. Tabla resumen de los resultados del estudio de la vulnerabilidad. **Fuente.** Proyecto 165452 Fondo sectorial SECTUR CONACYT.

Como se puede observar, el estudio antes mencionado tiene un índice de vulnerabilidad social de 0.55 que es ligeramente mayor al 0.54 respecto a este estudio, la razón de la diferencia estriba en la densidad de médicos por cada 1,000 habitantes, el cual, en el estudio de SEDETUR es de 1.52 médicos por cada 1,000 habitantes mientras que en este estudio la densidad es de 0.32 médicos por cada 1,000 habitantes, sin embargo, la sensibilidad de este parámetro no es tal como para mover abruptamente la Vulnerabilidad Social, por lo que se decide usar el valor estimado en el presente análisis.

Para crear el plano de vulnerabilidad, se utilizó como respaldo la información vectorial de manzanas versión 2016 que emitió el INEGI, donde la distribución de la vulnerabilidad quedó de la siguiente forma, ver figura III.02.

En el anexo III.1 se presentan los planos de la vulnerabilidad social por cada nivel de peligro asociado a este.

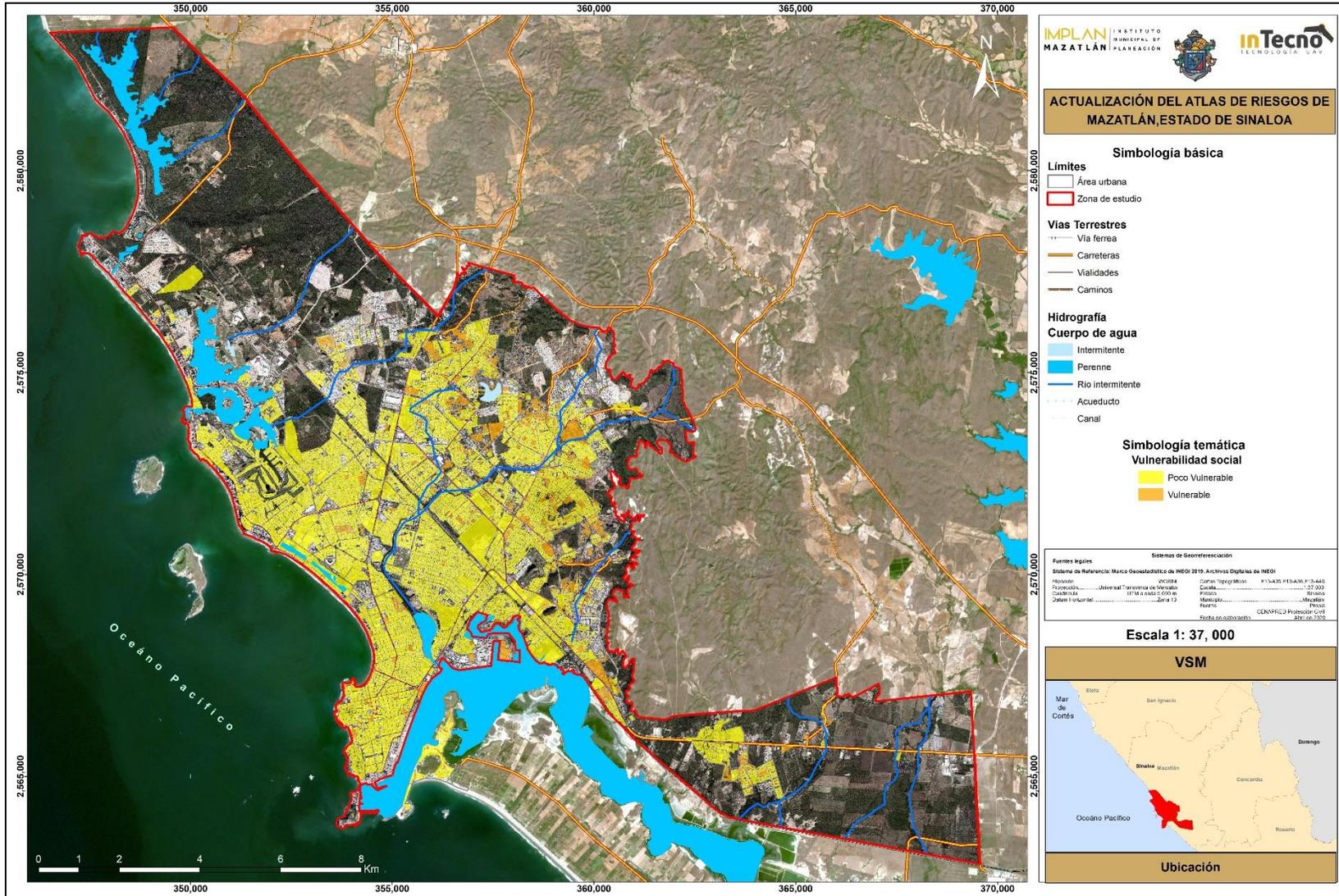


Figura III.02. Mapa de la Vulnerabilidad Social. Fuente. Elaboración propia.

3.8 Vulnerabilidad física

3.8.1 Criterios de evaluación de la vulnerabilidad física

La *Guía para la identificación de vulnerabilidad por inundación en el medio rural* del CENAPRED, permitió estimar el grado de vulnerabilidad a partir de la ubicación de las casas y propiedades de los habitantes respecto a la cercanía del arroyo y de las características de las viviendas.

La medición de la vulnerabilidad por inundaciones que se maneja a lo largo de este texto se refiere solamente a los bienes que tiene la población dentro de sus viviendas, conocida como “menaje” o “enseres”, debido a que se considera a partir de los análisis de peligro efectuados en el capítulo anterior, que las inundaciones ocurren lentamente, es decir, que existe tiempo suficiente para que las personas puedan desalojar sus viviendas de modo tal que sus vidas no sufran peligro.

3.8.2 Tipología de la vivienda

Para el caso particular de la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, se caracterizó a la vivienda de acuerdo con lo establecido en el anexo 9 de la Guía de Contenido Mínimo, que emite el CENAPRED, apoyándose en recorridos en campo para determinar el tipo de vivienda que predominada en las zonas de peligro.

En estos recorridos se identificaron más de 7,500 viviendas, distribuidas en zonas donde los peligros por inundación resultaron ser más periódicos, ver figura III.03

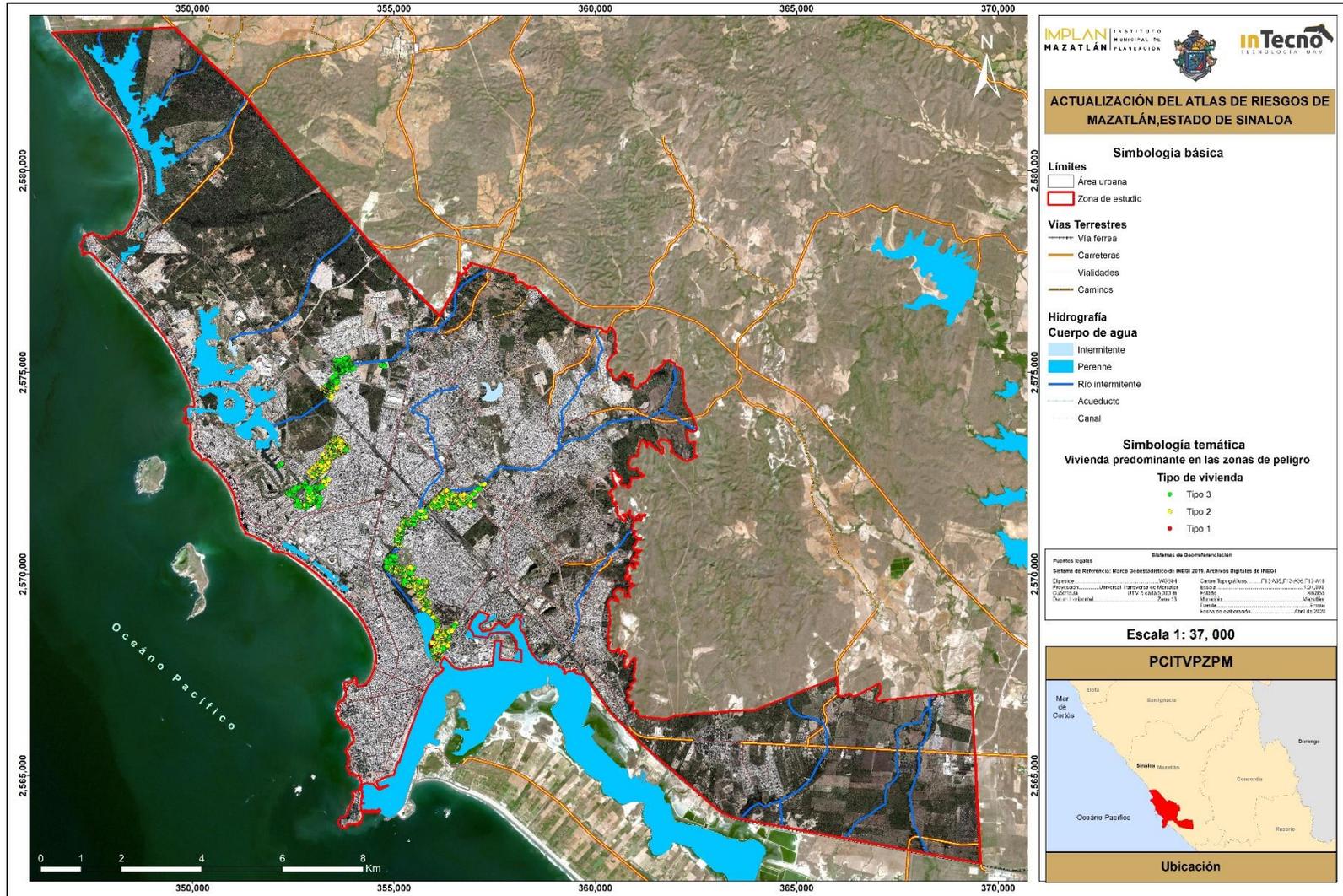
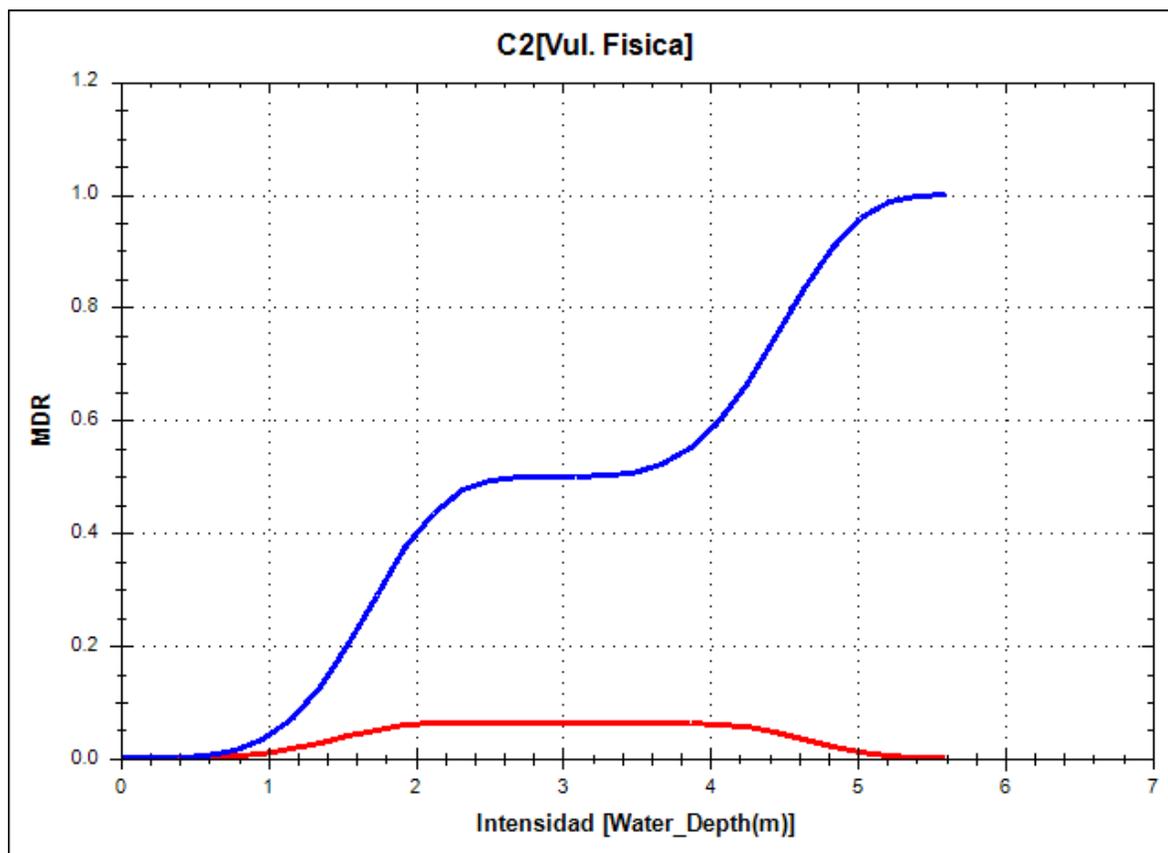


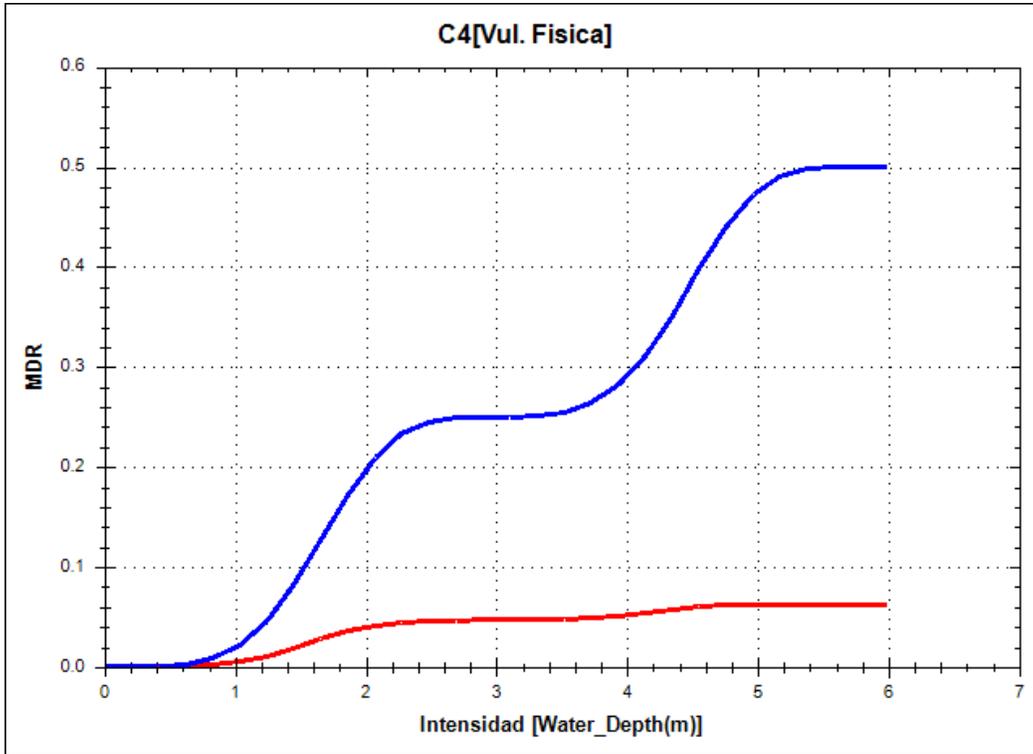
Figura III.03. Puntos de reconocimiento en campo para identificar el tipo de vivienda predominante en las zonas con peligro, en la Ciudad de Mazatlán Sinaloa. Fuente. Elaboración propia.

Con la información recopilada y analizada, se consideró el tipo II y el tipo III de vivienda representativa para el análisis por manzana, según sea el caso.

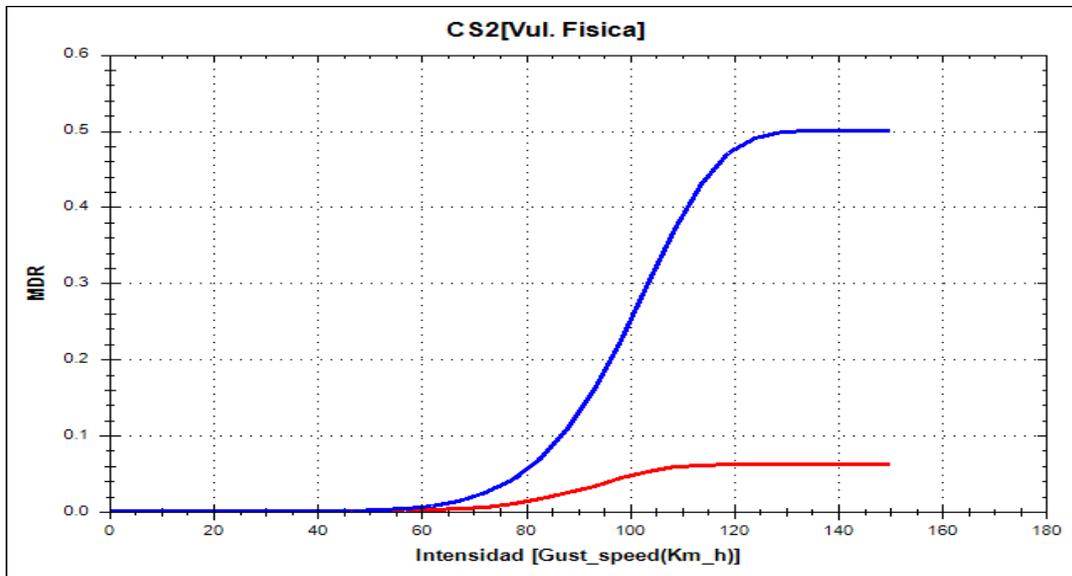
Se llevó a cabo el procedimiento de aplicación de las curvas típicas de vulnerabilidad las cuales fueron obtenidas del CAPRA en su dirección de internet <https://ecapra.org/topics/vulnerability>, los resultados se presentan en las Gráficas III.03 a la II.06



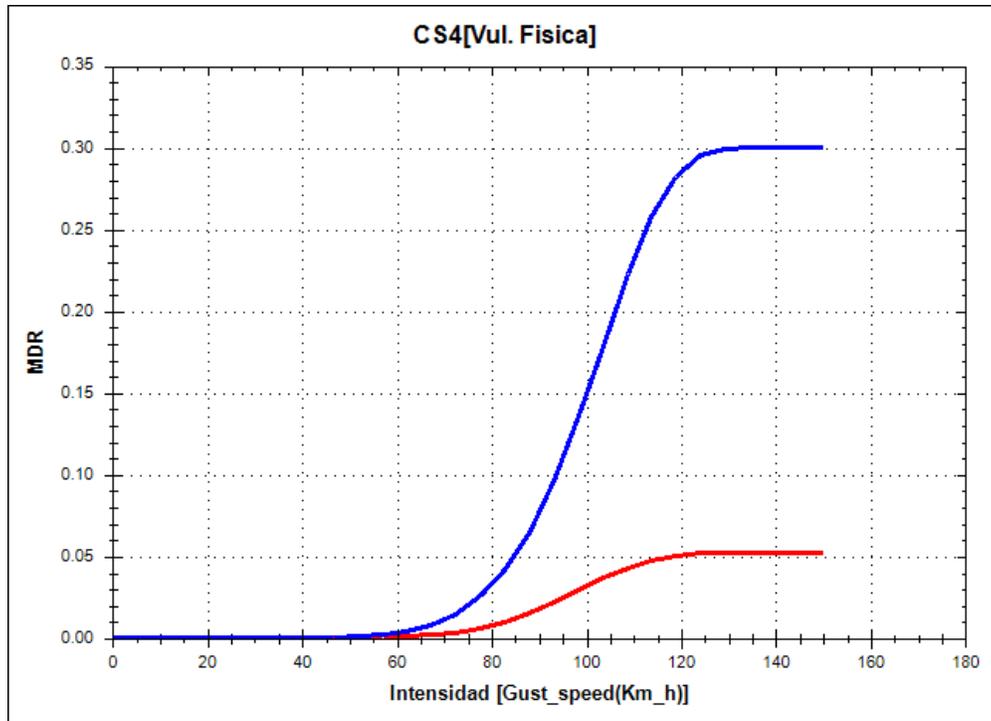
Gráfica III.03. Curva de vulnerabilidad para vivienda tipo II, Inundación. Fuente. CAPRA.



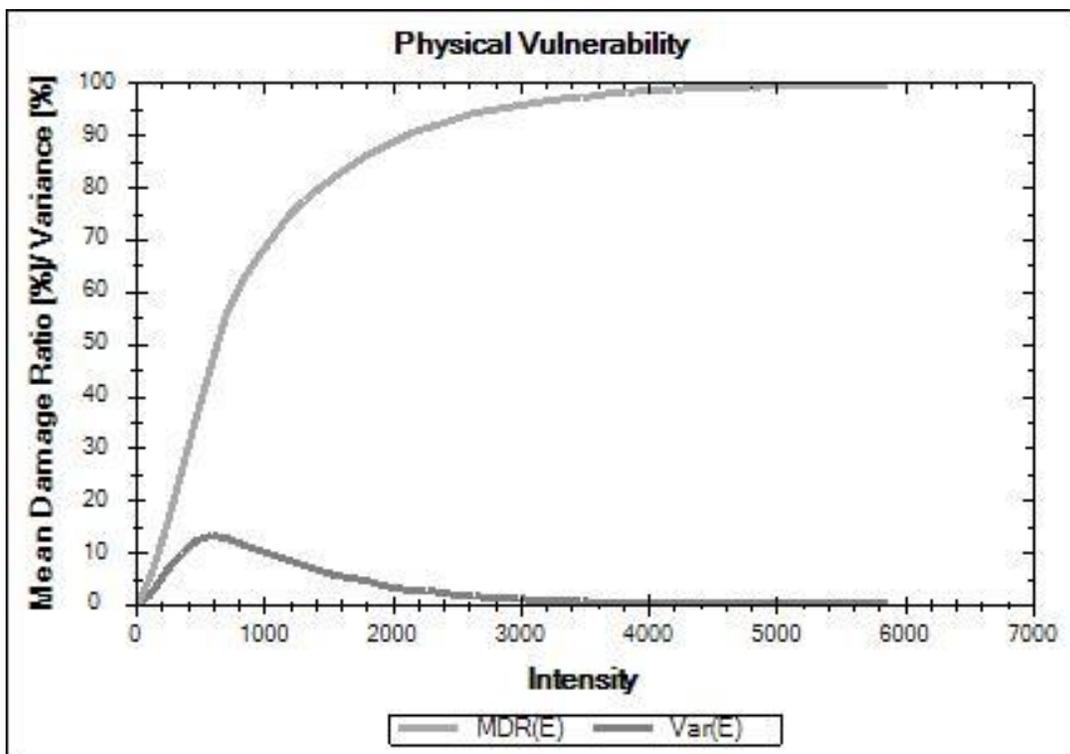
Gráfica III.04. Curva de vulnerabilidad para vivienda tipo III, Inundación. Fuente. CAPRA GIS.



Gráfica III.05. Curva de vulnerabilidad para vivienda tipo II, Viento. Fuente. CAPRA GIS.



Gráfica III.06. Curva de vulnerabilidad para vivienda tipo III, Viento. Fuente. CPRA GIS.



Gráfica III.07. Curva de vulnerabilidad para vivienda tipo III, sismo. Fuente. CAPRA GIS

Para llevar a cabo el proceso de estimación de la vulnerabilidad física se utilizó la información vectorial de los peligros asociados a inundaciones por marea de tormenta, inundaciones lacustres, inundaciones pluviales e inundaciones pluviales, para el caso de deslizamientos se optó por no aplicarlas, ya que los valores contenidos en ellos expresados en pesos mexicanos, daban cantidades fuera del ámbito real del fenómeno.

Siguiendo el proceso de cálculo, se diseñó una rutina de búsqueda entre los datos tabulados de la curva por tipo de vivienda, el árbol de diseñado incluía la selección de cada tipo de vivienda y aplicaba el criterio según la profundidad de inundación.

Por otra parte, se actualizaron los daños que contenían en el anexo 9 Guía de Contenido Mínimo, que emite el CENAPRED, con datos de la inflación anual, quedando los costos por daños por tipo de vivienda, como se presenta en la tabla III.09.

Es de hacer notar que estos costos son los llamados menaje de casa.

Daño esperado por año			Tipo de Vivienda				
año	Inflación Anual		I	II	III	IV	V
	i%	i	\$12,500.00	\$50,000.00	\$150,500.00	\$300,000.00	\$450,000.00
2006	4.05	0.0405	\$13,006.25	\$52,025.00	\$156,595.25	\$312,150.00	\$468,225.00
2007	3.76	0.0376	\$13,495.29	\$53,981.14	\$162,483.23	\$323,886.84	\$485,830.26
2008	6.53	0.0653	\$14,376.53	\$57,506.11	\$173,093.39	\$345,036.65	\$517,554.98
2009	3.57	0.0357	\$14,889.77	\$59,559.08	\$179,272.82	\$357,354.46	\$536,031.69
2010	4.4	0.044	\$15,544.92	\$62,179.68	\$187,160.82	\$373,078.06	\$559,617.08
2011	3.82	0.0382	\$16,138.73	\$64,554.94	\$194,310.37	\$387,329.64	\$580,994.46
2012	3.57	0.0357	\$16,714.89	\$66,859.55	\$201,247.25	\$401,157.31	\$601,735.96
2013	3.97	0.0397	\$17,378.47	\$69,513.88	\$209,236.76	\$417,083.25	\$625,624.88
2014	4.08	0.0408	\$18,087.51	\$72,350.04	\$217,773.62	\$434,100.25	\$651,150.37
2015	2.13	0.0213	\$18,472.77	\$73,891.10	\$222,412.20	\$443,346.58	\$665,019.87
2016	3.36	0.0336	\$19,093.46	\$76,373.84	\$229,885.25	\$458,243.03	\$687,364.54
2017	6.77	0.0677	\$20,386.09	\$81,544.35	\$245,448.48	\$489,266.08	\$733,899.12
2018	4.83	0.0483	\$21,370.73	\$85,482.94	\$257,303.65	\$512,897.63	\$769,346.45
2019	2.83	0.0283	\$21,975.53	\$87,902.11	\$264,585.34	\$527,412.63	\$791,118.95
2020	3.06	0.0306	\$22,647.98	\$90,591.91	\$272,681.65	\$543,551.46	\$815,327.19

Tabla III.09. Actualización del Daño esperado por año y por tipo de vivienda. **Fuente.** Elaboración propia.

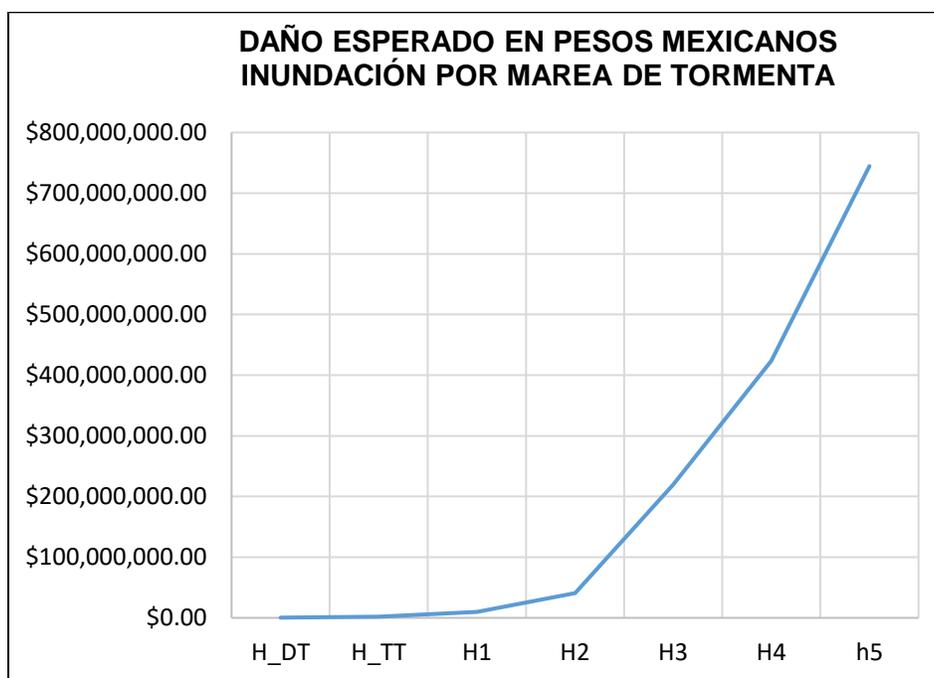
Obtenido el parámetro del Daño esperado por año, el paso siguiente fue calcular la vulnerabilidad física y su respectivo costo monetario, expresado en pesos mexicanos.

Para el caso de tormenta de marea se pueden esperar costos por la presencia de fenómenos de este tipo, que van desde los \$344,000 pesos para las depresiones tropicales, hasta los 744 millones de pesos para un huracán categoría 5, ver tabla III.10.

TIPO	DAÑO
H_DT	\$344,611.63
H_TT	\$2,020,380.78
H1	\$9,892,636.59
H2	\$40,727,223.89
H3	\$219,689,911.85
H4	\$423,449,417.47
H5	\$744,619,300.02

Tabla III.10. Daños por tormenta de marea. Fuente. Elaboración propia.

En la Gráfica III.07 se presenta la curva característica del daño por este fenómeno natural.



Gráfica III.07. Daños potenciales por Marea de Tormenta. Fuente. Elaboración propia.

Se realizó el mismo procedimiento para el caso de inundaciones pluviales, lacustres y fluviales; teniendo valores significativos que a continuación se describen.

1. La curva de daños para inundaciones pluviales y lacustres tiene un incremento significativo de 5 años de periodo de retorno y esta se mantiene constante con un costo por daño del orden de los \$15 millones de pesos, ver Gráfica III.08 y tabla III.11

Tr	Daño
2	\$12,480,485.10
5	\$12,805,528.88
10	\$15,763,535.93
25	\$15,763,535.93
50	\$15,763,535.93

Tabla III.11 Daños por inundación pluvial. **Fuente.** Elaboración propia.

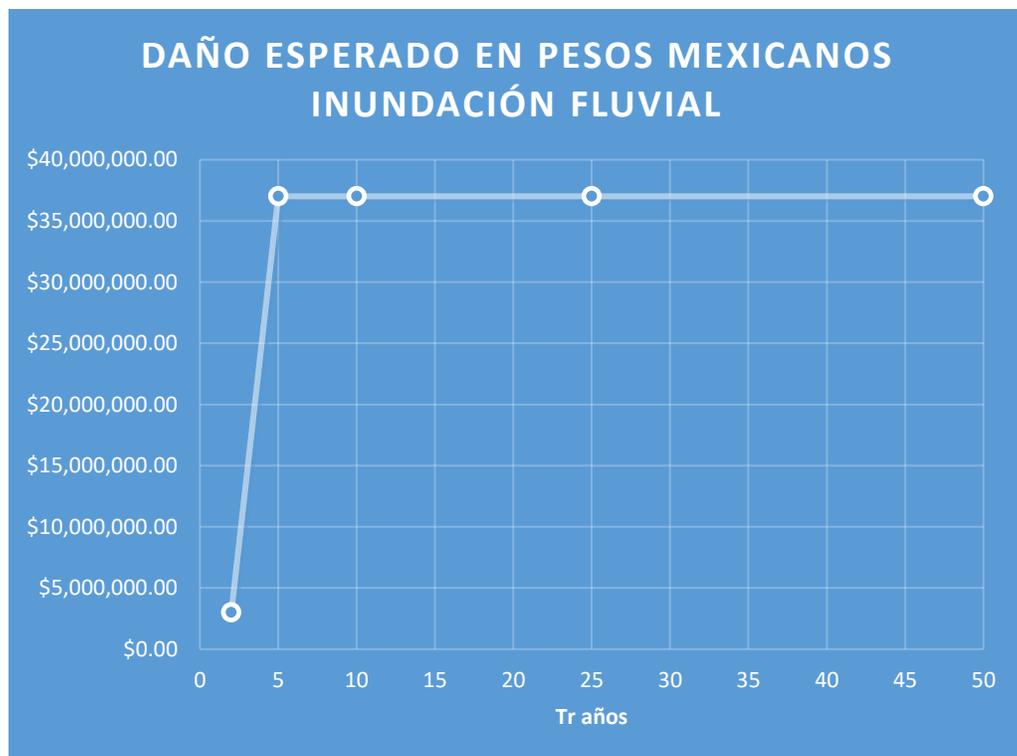
- La curva de daño de por inundaciones fluviales tiene una pendiente pronunciada que va de los 5 años de pasando de los casi \$ 3 millones de pesos hasta los \$37 millones para el periodo de retorno de 5 años, lo que la convierte en un problema serio por la ocurrencia, prácticamente anual, del fenómeno, ver tabla III.12 y Gráfica III.09

Tr	Daño
2	\$2,984,097.52
5	\$37,008,788.34
10	\$37,008,788.34
25	\$37,008,788.34
50	\$37,008,788.34

Tabla III.12. Daños por inundación Fluvial. **Fuente.** Elaboración propia.



Gráfica III.08. Curva de daños para inundaciones Pluvial y Lacustre. **Fuente.** Elaboración propia.



Gráfica III.09. Curva de daños para inundaciones Fluvial. **Fuente.** Elaboración propia.

Como se puede observar, la ciudad de Mazatlán es susceptible de sufrir inundaciones pluviales y fluviales teniendo costos de recuperación sumamente elevados, que al hacer un análisis somero de la viabilidad de realizar un proyecto integral para el control de inundaciones este se pagaría en menos de 10 años

En el anexo III.2 se pueden observar los mapas y bases de datos de daños para los fenómenos en cuestión.

En la figura III.03a, se presenta el grado de susceptibilidad de procesos gravitacionales, originados por la pendiente del terreno; cuya aplicación será para definir los riesgos en cuestiones geológicas, como lo menciona la guía básica emitida por el CENAPRED, para tal efecto.

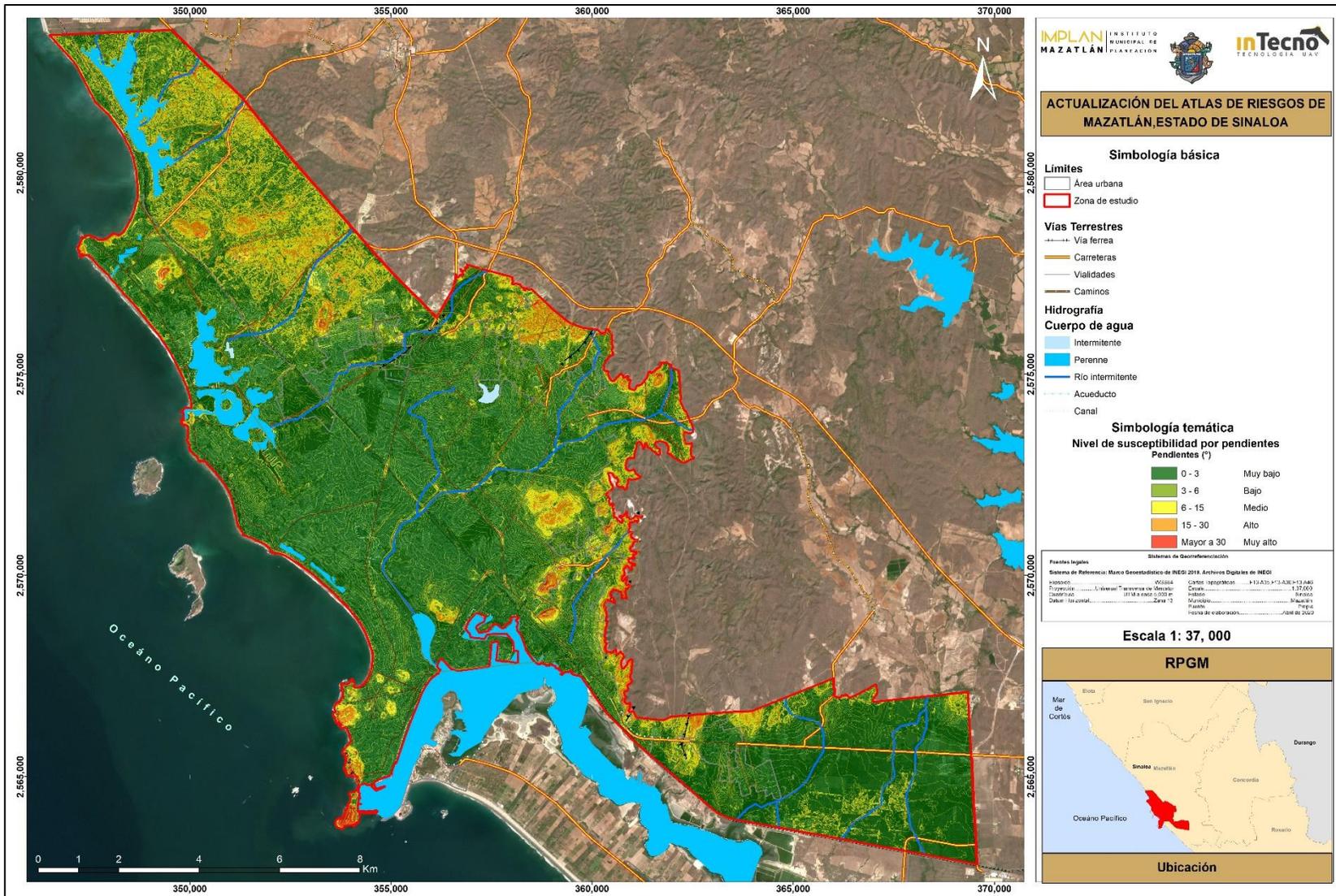


Figura III.03a. Susceptibilidad a procesos gravitacionales, en la Ciudad de Mazatlán Sinaloa. Fuente. Elaboración propia

Nota Explicativa sobre los fenómenos:

Hidrometeorológicos.

1. Lluvias
2. Huracanes
3. Tormentas eléctricas
4. Ondas Cálidas
5. Vientos Fuertes

Estos sub fenómenos al ser del tipo variable regional, la población y los bienes expuestos son todos, por tal motivo la vulnerabilidad de cada uno de estos sub fenómenos es la misma que la vulnerabilidad social. No existen funciones de vulnerabilidad, así como funciones de daños, por ello no se presentan los análisis de estos sub fenómenos. Así mismos huracanes y lluvias son fenómenos primarios; esto es un huracán genera lluvias extremas y estas a su vez genera inundaciones pluviales, fluviales y deslizamientos.

Geológicos

1. Deslizamientos
 - 1.1 Derrumbes
 - 1.2 flujos y
 - 1.3 hundimientos
2. Tsunami
3. Sismo

En el primer caso la vulnerabilidad se hizo en un plano global donde se abordan todos los tipos de deslizamientos, excepto los ocasionados por sismos. No existe función precisa del daño esperado, ya que como se explicó la actual registra valores exagerados y poco o cero confiables.

Sismo y Tsunamis, estos dos fenómenos por su probabilidad cero de ocasionar daño no se abordaron en el análisis de vulnerabilidad. Esto se puede observar en el informe y análisis de la fase II.

3.8.3 Vulnerabilidad física – Riesgos Químico-Tecnológicos

Con base en la “Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos” el tipo de vulnerabilidad de los sistemas expuestos para este capítulo se desarrolla exclusivamente tomando en cuenta a las personas. Considerando el daño por fenómenos de tipo térmico (radiación térmica), tipo mecánico (ondas de sobrepresión, proyectiles, impulso) o de tipo químico (concentraciones en el aire de sustancias químicas), según aplique el evento a modelar.

Para la elaboración de los planos y tablas se analiza a la población expuesta, utilizando como auxiliar los datos del censo de población y vivienda 2010, así como los datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) con fecha de actualización a marzo del 2020, ambos programas pertenecientes al INEGI. Se utilizan las zonas de peligro calculadas con anterioridad como apoyo para estimar la vulnerabilidad física.

3.8.3.1 Gasolineras

Se muestra la vulnerabilidad de personas por radiación térmica en evento de incendio tipo “pool fire” para las 51 gasolineras inventariadas, de las cuales, 50 son desarrolladas teniendo en cuenta un evento de incendio por derrame sin confinar y 1 para un incendio por derrame en una trinchera rectangular.

En la tabla III.13 se muestra el número de personas totales que presentan una vulnerabilidad física por radiación térmica. Dentro de la zona de peligro alto se registran 1065 personas vulnerables a una radiación térmica de 37.5 kW/m², en la zona de peligro medio se calculan 8628 personas vulnerables a una radiación térmica de 5 kW/m² y en la zona de peligro bajo se contabilizan 23,782 personas vulnerables a una radiación de 1.4 kW/m².

	PELIGRO			<i>Fuentes para la toma de datos del número de personas</i>
	ALTO	MEDIO	BAJO	
Radiación térmica	37.5 kW/m²	5 kW/m²	1.4 kW/m²	
Índice de vulnerabilidad	1	0.7	0.4	
Vulnerabilidad física a las personas por radiación térmica	<i>No. Personas</i>	<i>No. Personas</i>	<i>No. Personas</i>	
	260	4002	10764	DENUE
	N/A	4624	13018	INEGI_Marco Geoestadístico
	805	2	N/A	Personal laborando reportado en la industria modelada
Total de personas por área	1065	8628	23782	Suma de DENUE+INEGI+PERSONAL

Tabla III.13. Personas totales ante vulnerabilidad física por radiación térmica. Fuente. Elaboración propia.

En las tablas siguientes se especifican las relaciones de radiación específica y sus efectos producidos a las personas, y en algunos casos a equipos y materiales.

Radiación Modelada kW/m ²	Radiación Base kW/m ²	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
37.5	37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras	100% de mortalidad en 1 minuto.
	25	El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por larga exposición, sin llama	1% de mortalidad en 1 minuto. Lesiones significativas en 10 seg.
	12.5	Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. daños severos a equipos de instrumentación	ZONA DE INTERVENCIÓN: Máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (ejemplo bomberos). Es más que conveniente, de todos modos, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 seg.
	11.7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica	
5	8		Umbral de letalidad (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1min.
	4		ZONA DE ALERTA: Suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 seg. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.
1.4	1.5		Máximo soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado

Tabla III.14. Efectos de la radiación calórica incidente. Fuente. Elaboración propia.

Radiación modelada kw/m ²	Radiación Base kW/m ²	Tiempo para dolor severo (seg)	Tiempo para quemadura de 2º grado (seg)
1.4	1	115	663
	2	45	187
5	3	27	92
	4	18	57
	5	13	40
Dentro del rango Alto	6	11	30
	8	7	20
	10	5	14
	12	4	11

Tabla III.15. Criterio de lesiones por quemadura debido a la radiación. Fuente. Elaboración propia.

3.8.3.2 Estaciones de servicio de gas L.P. (Gaseras)

La liberación accidental o intencional de sustancias peligrosas a la atmósfera origina serías consecuencias, tales como: presencia de gases tóxicos, incendios y explosiones, amenazando directamente a las personas, la propiedad y el ambiente. con dichos gases, sobrepresión (explosión) y radiación térmica (calor) y fuga de gases tóxicos. Por este motivo, se realizaron simulaciones para predecir la distribución espacial de las áreas de vulnerabilidad y estimar posibles consecuencias de accidentes. Con el objetivo de evaluar las posibles consecuencias se utilizaron parámetros para visualizar los peores escenarios provocados por fuga de gas LP, amoniaco y cloro gas por medio de fallas en las válvulas de los tanques que lo contengan. Los escenarios hipotéticos que se establecieron para las estaciones de carburación de Gas LP fueron para una nube tóxica y para la sustancia química que se desplaza en forma de vapor y arde (Jet-Fire).

Para la modelación por nube tóxica se aplicaron los criterios de la guía IDLH (por sus siglas en inglés “Valores de peligro Inmediato para la vida o la salud definido por el instituto Nacional de Seguridad y Salud de los EE- UU.) que se muestran a continuación. Tabla III.16.

NIVEL DE TOXICIDAD IDLH ppm	INTENSIDAD
2100.00	ALTO
800.00	MEDIO

Tabla III.16. Índices de Toxicidad que afectan a la salud y a la vida. **Fuente.** Elaboración propia.

La concentración de 2100 ppm en el radio que genera la modelación nos indica que las personas que se encuentran dentro podrían sufrir alto nivel de intoxicación de consecuencias graves incluso la muerte. La concentración de 800 ppm causa irritabilidad y malestares físicos y en ambos casos el factor tiempo es importante, pues si logra salir de la zona de peligro en un lapso de tiempo de 60 segundos puede no sufrir daños a la salud.

Para el escenario de nube de vapor que puede arder (Jet-Fire) se indican los criterios de afectación a la salud por cantidad de Radiación medida en kW/m² y se muestra en la siguiente tabla:

RADIACION Kw/m ² JETFIRE	INTENSIDAD
10.00	ALTO
5.00	MEDIO
1.40	BAJO

Tabla III.17. Criterios de afectación a la salud por cantidad de Radiación. **Fuente.** Elaboración propia.

La Radiación de 10.0 kW/m_2 es potencialmente letal para las personas que se encuentren dentro del radio de Alta intensidad de la modelación. Para 5.0 kW/m_2 se presentarán quemaduras de segundo grado en el radio de afectación Medio y finalmente para 1.4 kW/m_2 .

Es un máximo soportable para personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado. En el municipio de Mazatlán se registraron 17 estaciones de gas distribuidas por diferentes zonas dentro de la ciudad:

- ❖ 12 corresponden a la empresa GASPASA modelándose tanques de 5000 L
- ❖ 2 de la empresa GAS TIJUANA modelándose tanques de 25000 L y 5000L respectivamente
- ❖ La empresa GasExpress con 1 tanque de 21 000 L
- ❖ La empresa GAS & OIL con un tanque de 3400 L
- ❖ 1 empresa particular con 1 tanque de 3200L

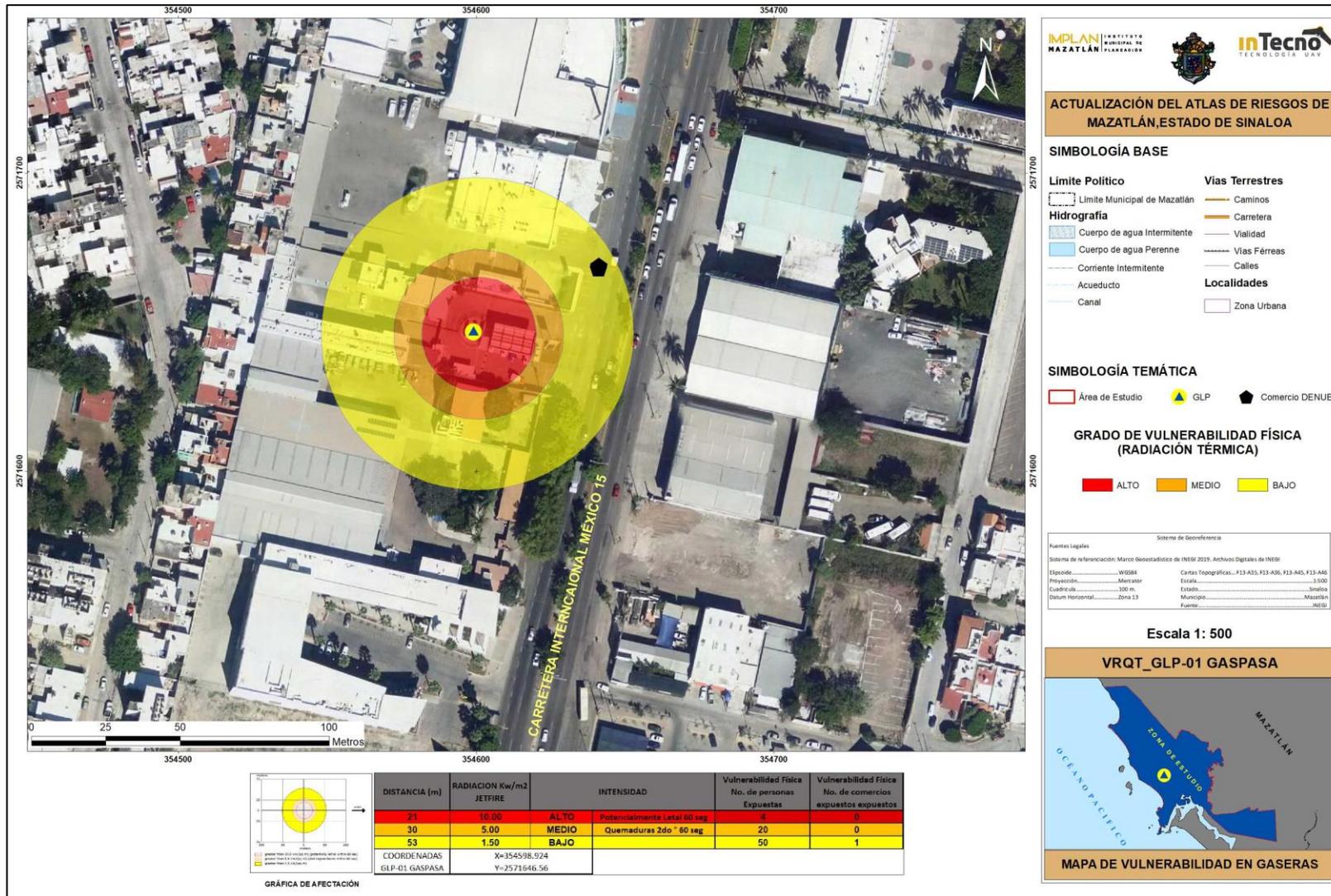


Figura III.05. Mapa de vulnerabilidad física por radiación térmica por gasera. Fuente. Elaboración propia.

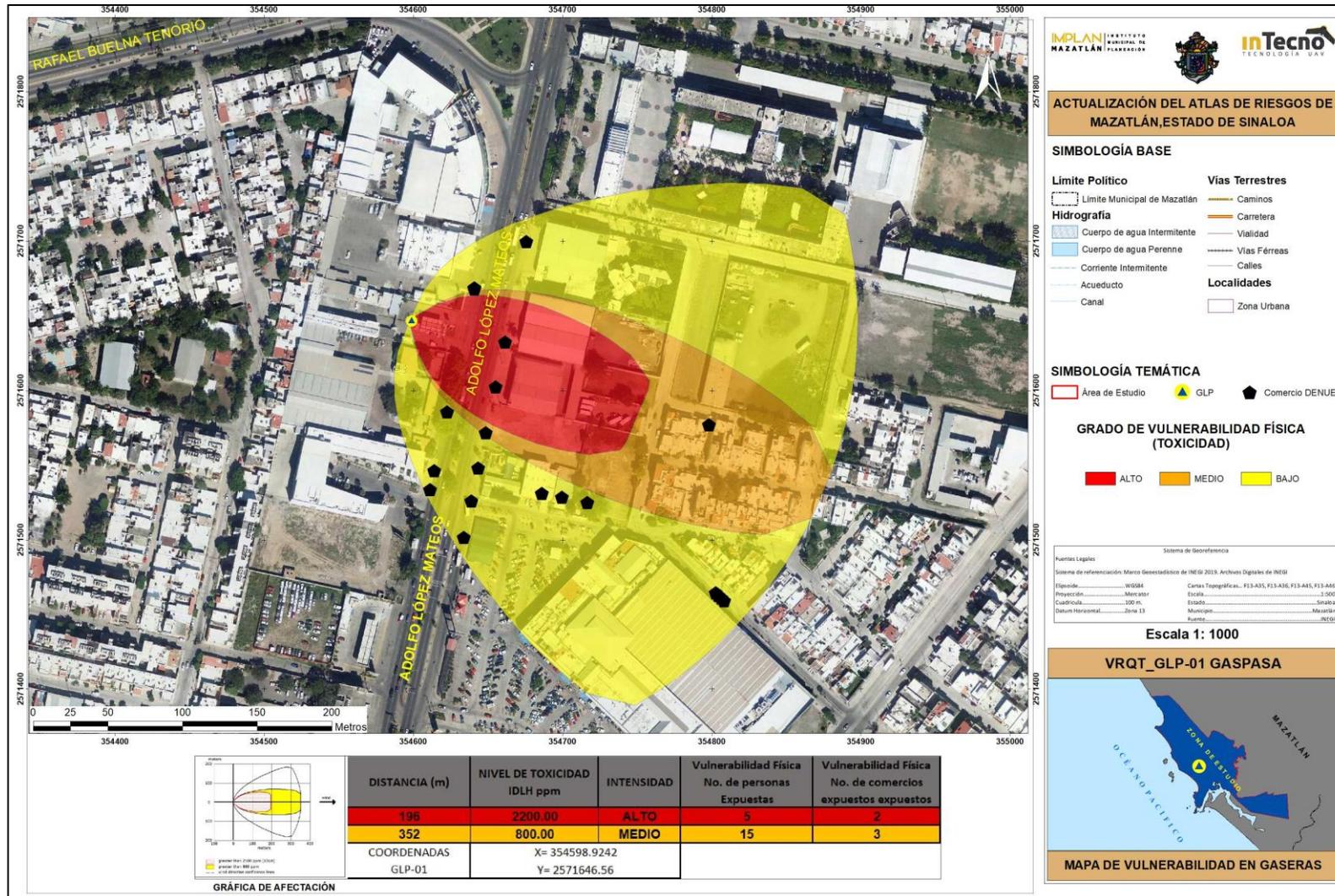


Figura III.06. Mapa de vulnerabilidad física por radiación térmica por gasera. Fuente. Elaboración propia.

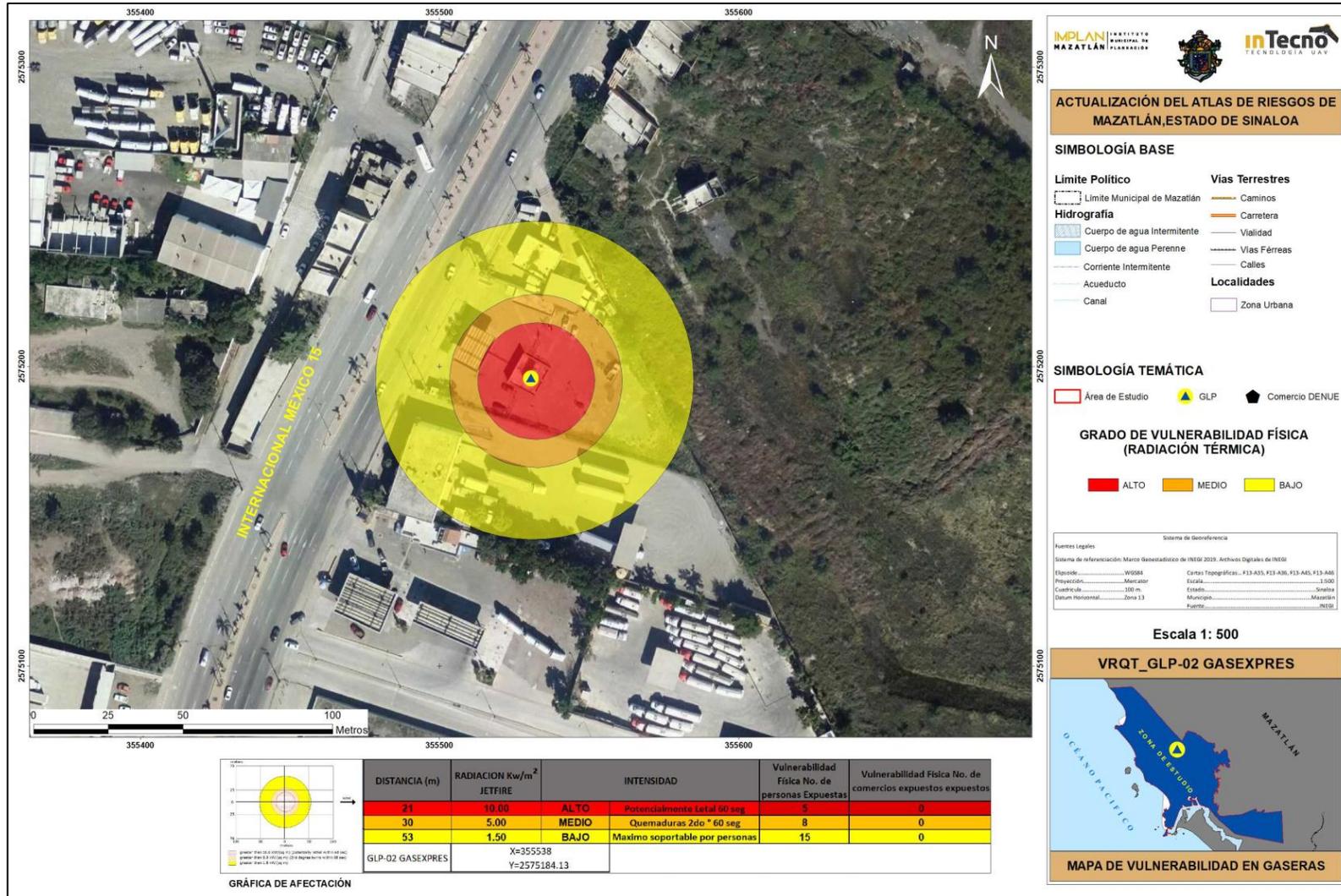


Figura III.07. Mapa de vulnerabilidad física por radiación térmica por gasera. Fuente. Elaboración propia.

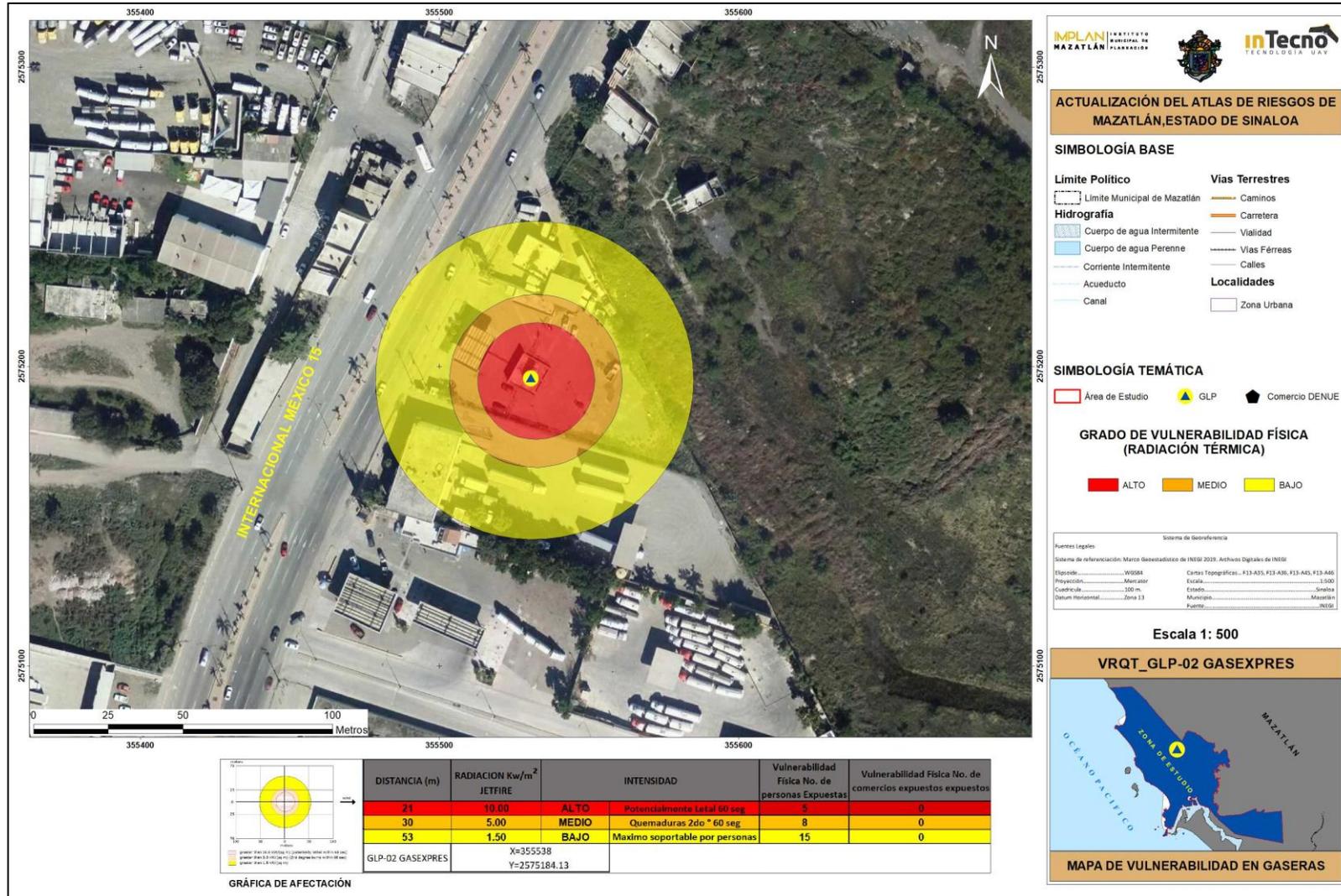


Figura III.08. Mapa de vulnerabilidad física por radiación térmica por gasera. Fuente. Elaboración propia.

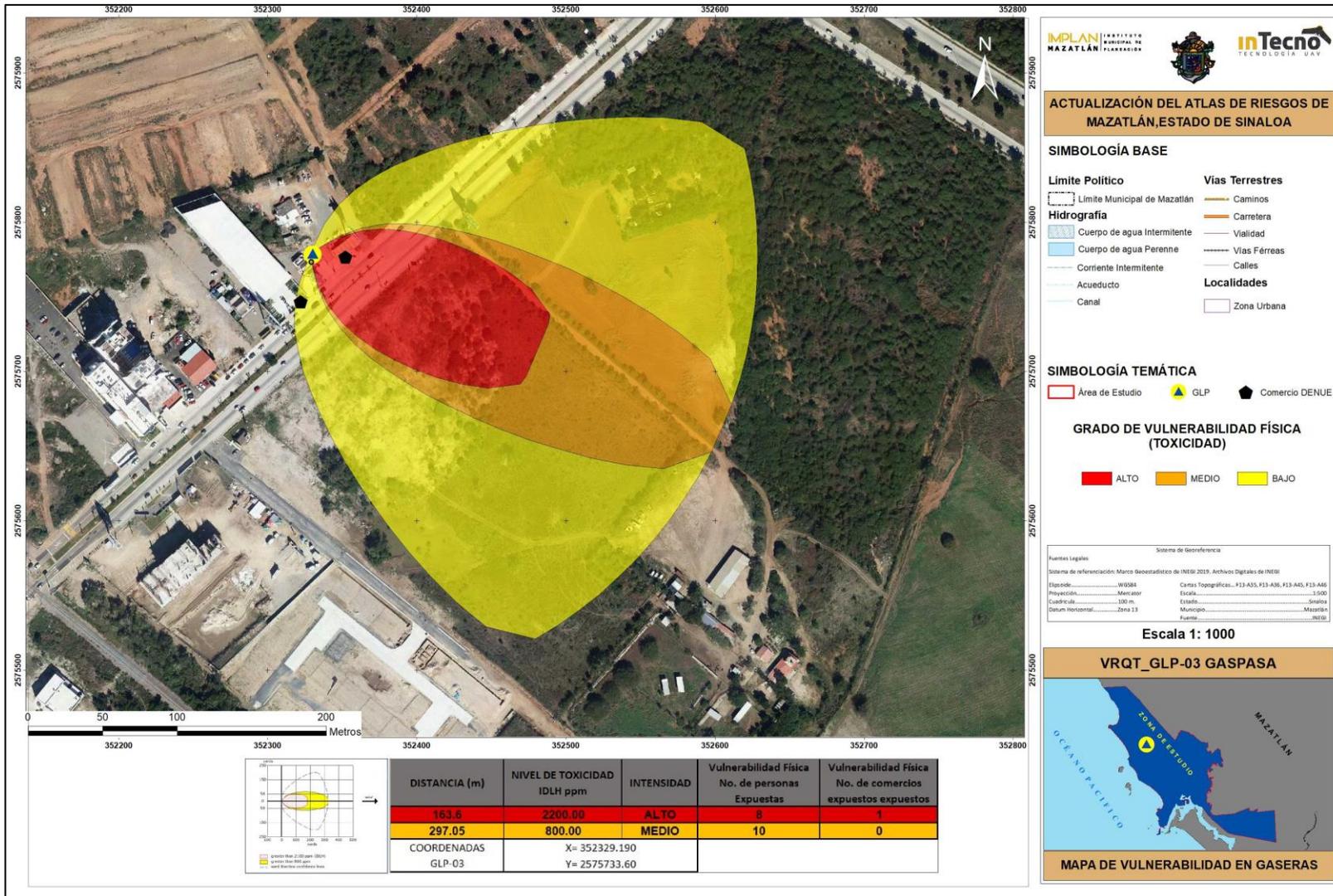


Figura III.09. Mapa de vulnerabilidad física por radiación térmica por gasera. Fuente. Elaboración propia.

3.8.3.3 Empresas que manejan amoniaco y cloro gas.

Las empresas que manejan amoniaco lo utilizan como refrigerante para la conserva de sus alimentos, así como la generación de hielo; dichas empresas se encuentran en su mayoría en el parque Industrial Alfredo V. Bonfil. La modelación que se utilizó fue la de Nube tóxica y sus parámetros se tomaron de la guía AEGL (Niveles de referencia de exposición aguda de la concentración de sustancias químicas que representan un nivel de riesgo para los humanos) representan el umbral límite de exposición para la población y son aplicables a emergencias para periodos de exposición desde 10 minutos a 8 horas. Se cree que los niveles de exposición recomendados son aplicables a la población incluyendo niños y otros individuos que puedan ser susceptibles. Los tres **AEGL** han sido definidos como:

AEGL-1 Concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo los híper susceptibles, puede experimentar una incomodidad notable. Concentraciones por debajo del AEGL 1 representan niveles de exposición que producen ligero olor, sabor u otra irritación sensorial leve.

AEGL-2 Concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo los híper susceptibles, puede experimentar efectos a largo plazo serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Concentraciones por debajo del AEGL 2 pero por encima del AEGLs 1 representan niveles de exposición que pueden causar notable malestar.

AEGL-3 Es la concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo los híper susceptibles, podría experimentar efectos amenazantes para la vida o la muerte. Concentraciones por debajo de AEGL 3 pero por encima de AEGL 2 representan niveles de exposición que pueden causar efectos a largo plazo, serios o irreversibles o impedir la capacidad de escapar.

A continuación, se muestra en la tabla III.18 las ppm (partes por millón) con las que se realizaron las modelaciones de peligro.

NIVEL DE TOXICIDAD AEGL ppm	CONSECUENCIAS	INTENSIDAD
1100 AEGL (3)	Efectos amenazantes a la vida o la muerte	ALTO
160 AEGL (2)	Efectos a largo plazo o irreversible	MEDIO
30 AEGL (1)	Irritabilidad e incomodidad notable	BAJO

Tabla III.18. Niveles de toxicidad Amoniaco AEGL. **Fuente.** Elaboración propia.

La sustancia química peligrosa que utiliza la planta purificadora Los Horcones es el Cloro gas, para esta modelación se utilizaron los niveles que se muestran en la tabla III.19.

NIVEL DE TOXICIDAD AEGL ppm	CONSECUENCIAS	INTENSIDAD
20.00 AEGL (3)	Efectos amenazantes a la vida o la muerte	ALTO
2.00 AEGL (2)	Efectos a largo plazo o irreversible	MEDIO
0.5 AEGL (1)	Irritabilidad e incomodidad notable	BAJO

Tabla III.19. Niveles de toxicidad Cloro gas AEGL. **Fuente.** Elaboración propia.

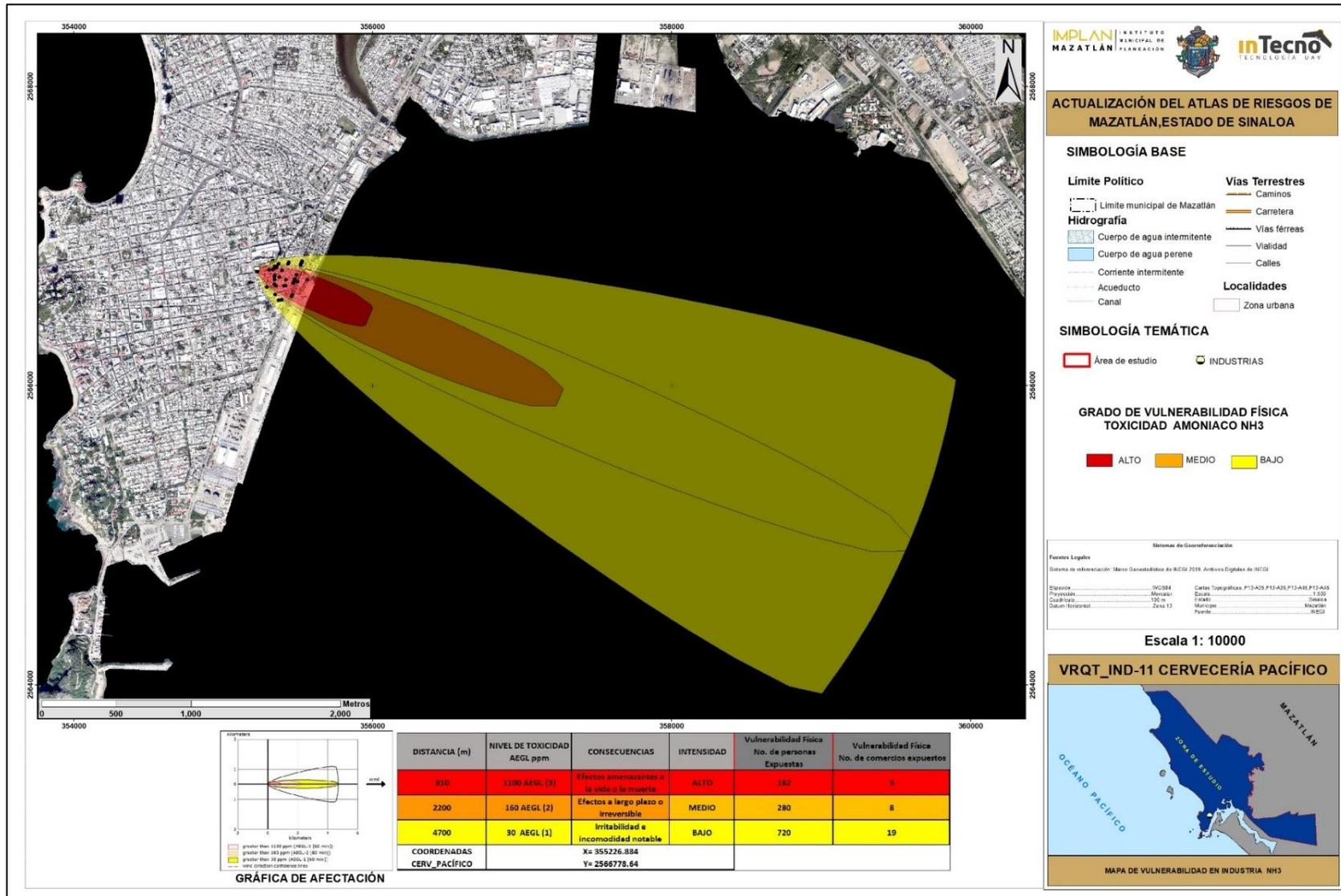


Figura III.10. Mapa de vulnerabilidad física por toxicidad por amoniaco. Fuente. Elaboración propia.

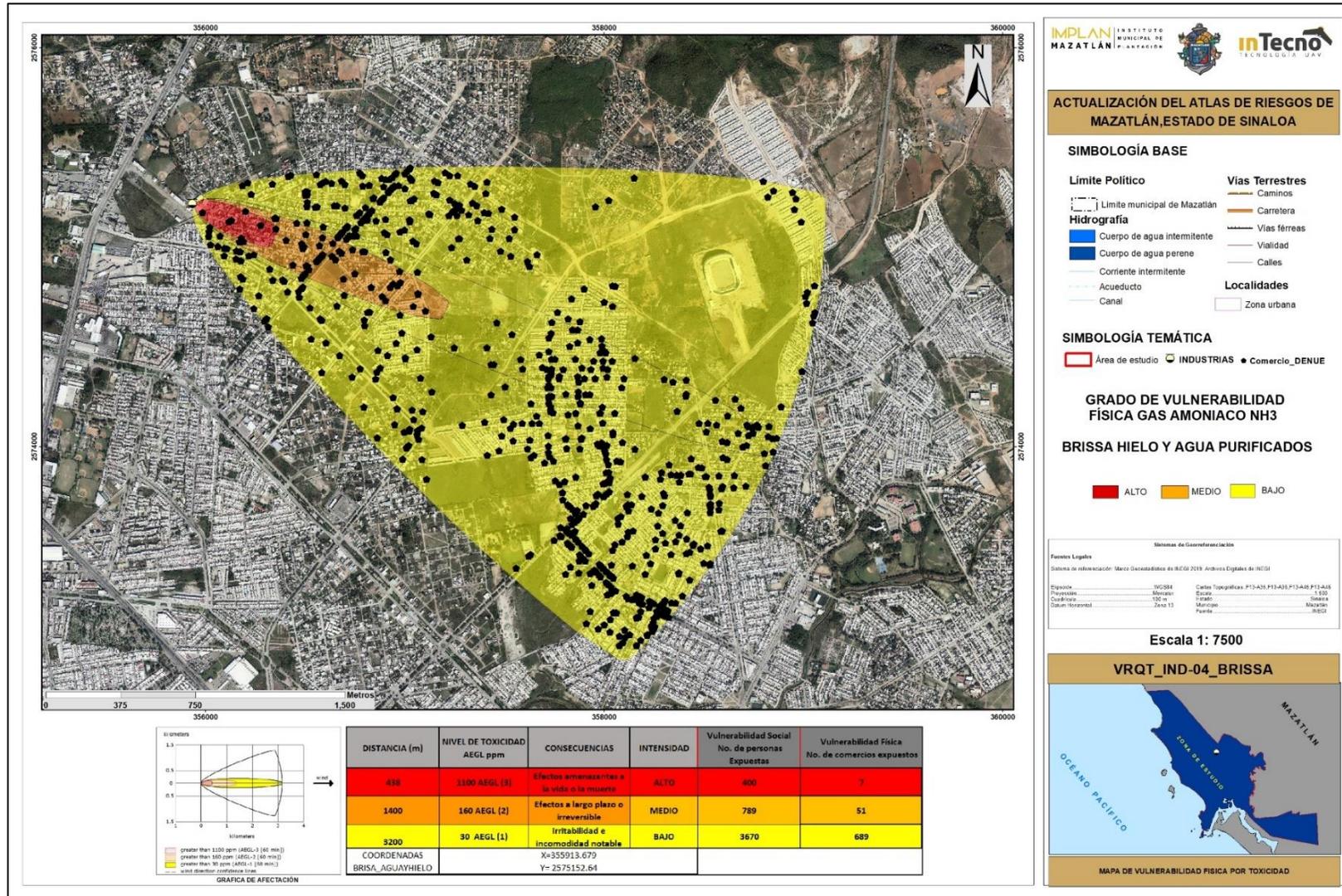


Figura III.11. Mapa de vulnerabilidad física por toxicidad por amoniaco. Fuente. Elaboración propia.

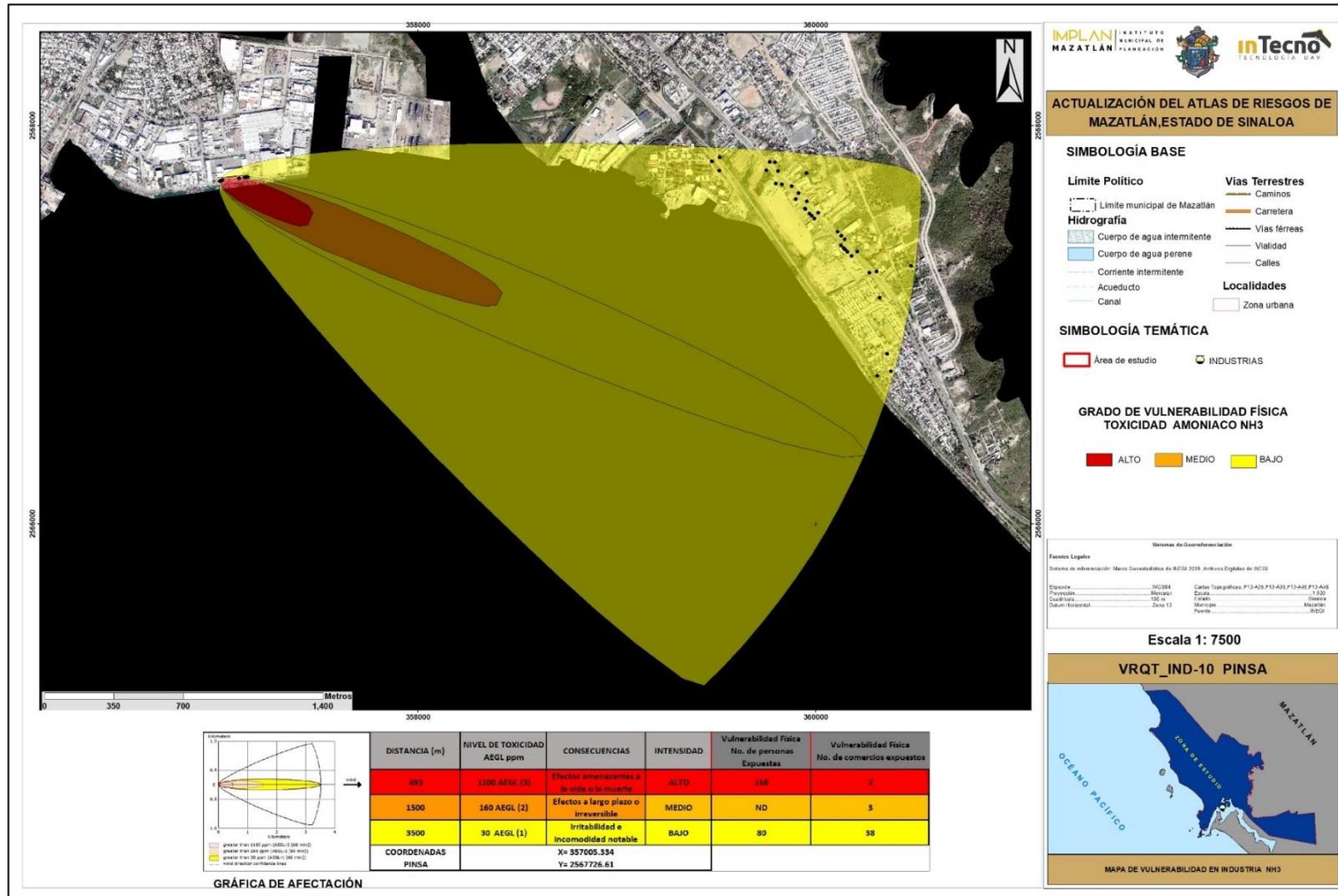


Figura III.12. Mapa de vulnerabilidad física por toxicidad por amoniaco. Fuente. Elaboración propia.

3.8.3.4 Empresas de almacenamiento de combustibles

Para el caso de almacenamiento de combustibles Diésel se ubicaron las empresas ProEnergéticos, Eagle-Gas, Petroil y Azteca donde se utilizó la modelación de Derrame contenido (pool-fire) En las industrias de procesos químicos en particular, los incendios en piscinas son los más frecuentes de todos los posibles tipos de accidentes. Los incendios en piscinas también son, en la mayoría de los casos, los desencadenantes de incendios más grandes, explosiones y / o emisiones tóxicas.

Los niveles de radiación que se utilizaron para este fenómeno se muestran en las siguientes tablas.

Radiación Modelada kW/m ²	Radiación Base kW/m ²	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
37.5	37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras	100% de mortalidad en 1 minuto.
	25	El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por larga exposición, sin llama	1% de mortalidad en 1 minuto. Lesiones significativas en 10 seg.
	12.5	Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama. Ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. daños severos a equipos de instrumentación	ZONA DE INTERVENCIÓN: Máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (ejemplo bomberos). Es más que conveniente, de todos modos, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 seg.
	11.7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica	
5	8		Umbral de letalidad (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1min.
	4		ZONA DE ALERTA: Suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 seg. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.
1.4	1.5		Máximo soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado

Tabla III.20. Efectos de la radiación calórica incidente. Fuente. Elaboración propia.

Radiación modelada kw/m ²	Radiación Base kW/m ²	Tiempo para dolor severo (seg)	Tiempo para quemadura de 2º grado (seg)
1.4	1	115	663
	2	45	187
5	3	27	92
	4	18	57
	5	13	40
Dentro del rango Alto	6	11	30
	8	7	20
	10	5	14
	12	4	11

Tabla III.21. Criterio de lesiones por quemadura debido a la radiación. Fuente. Elaboración propia.

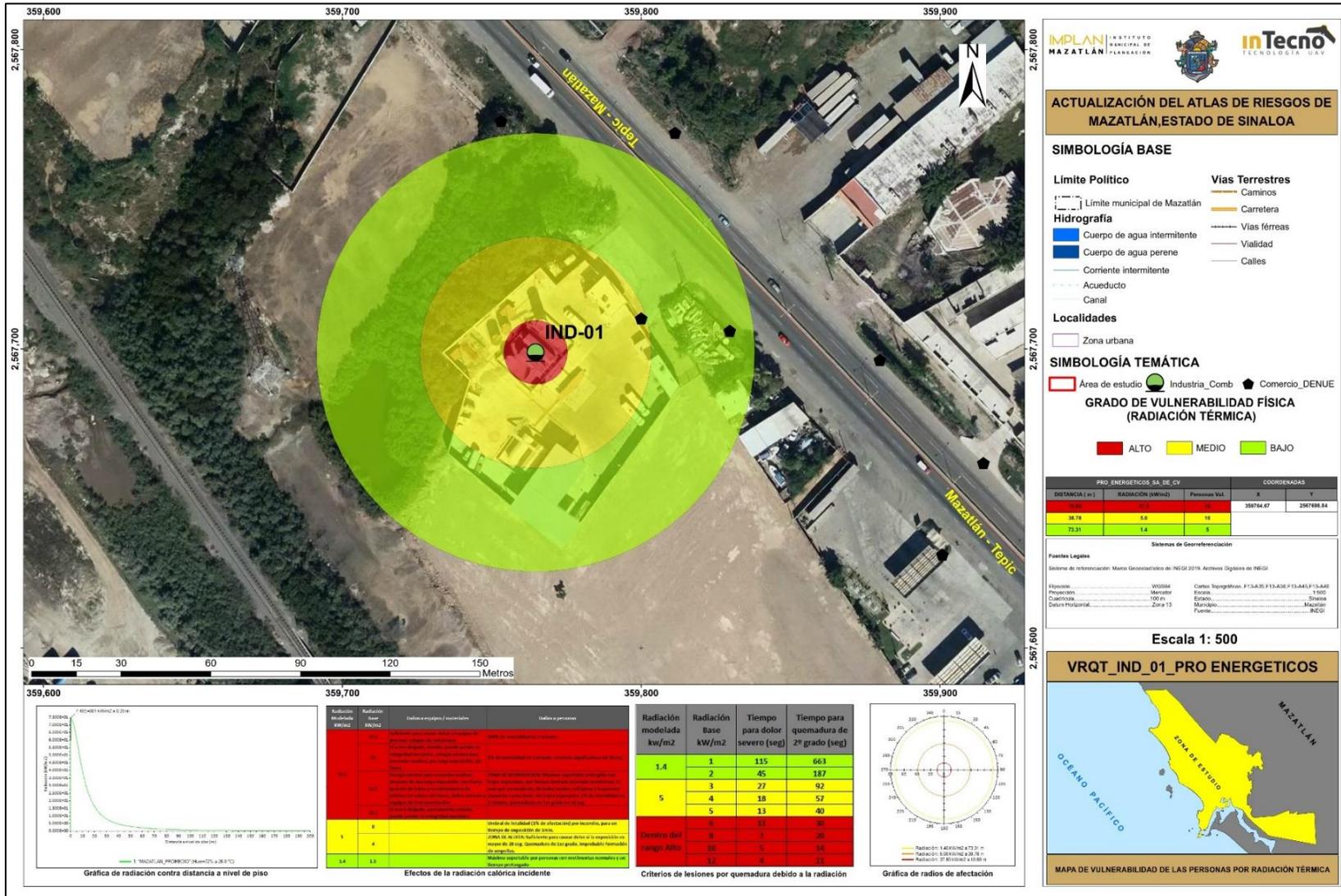


Figura III.13. Mapa de vulnerabilidad física por radiación térmica por almacén de combustible. Fuente. Elaboración propia.

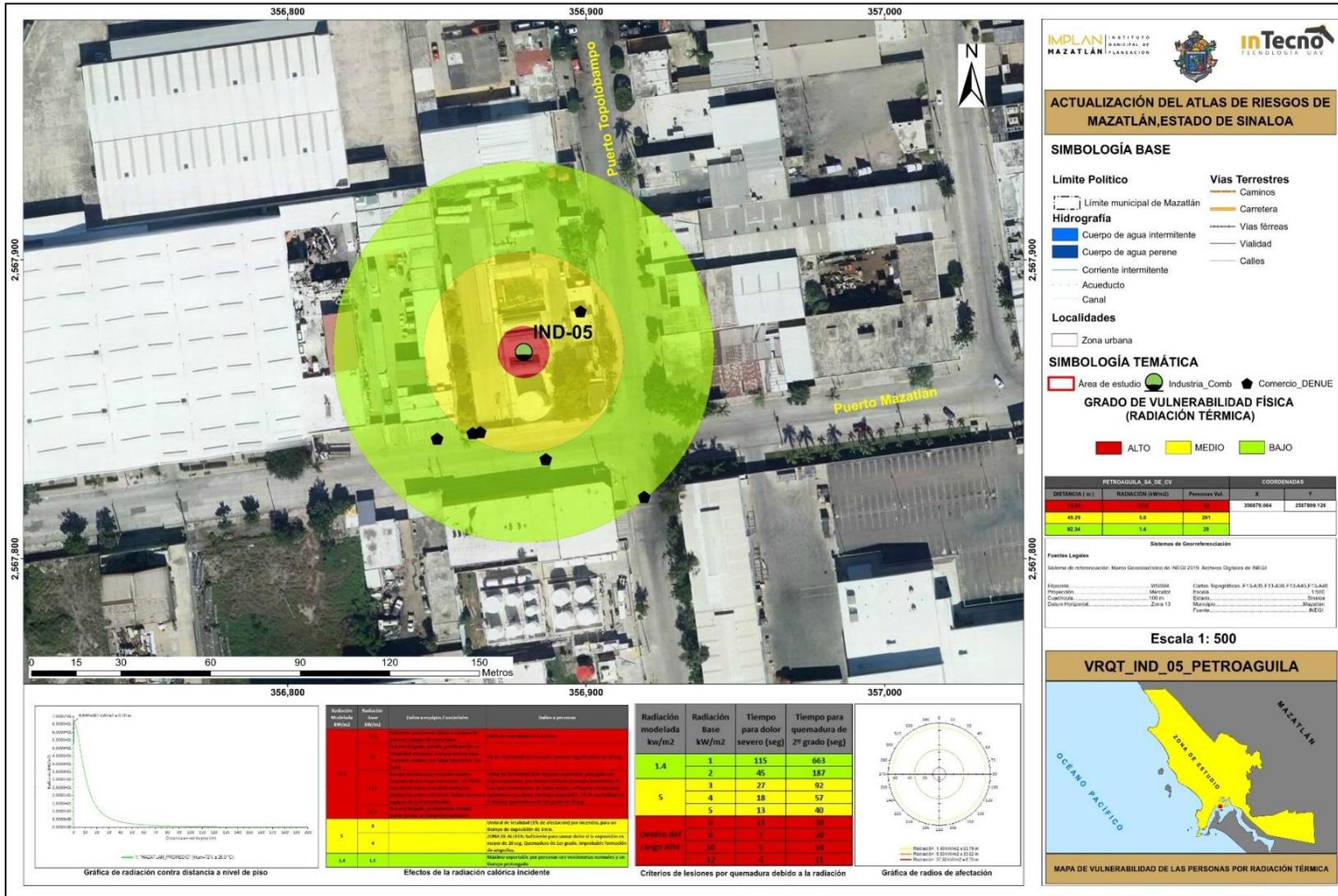


Figura III.14. Mapa de vulnerabilidad física por radiación térmica por almacén de combustible. Fuente. Elaboración propia.

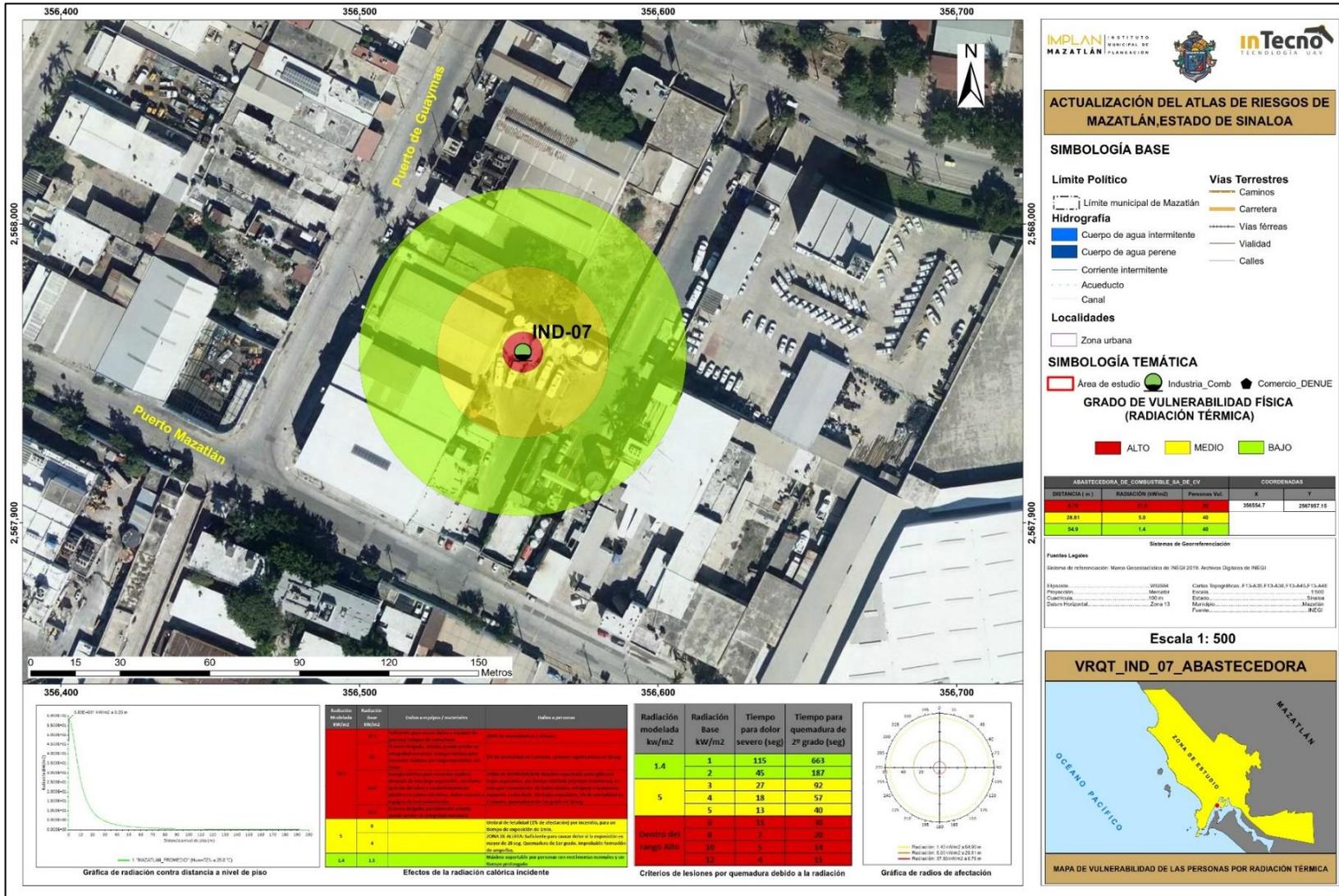


Figura III.15. Mapa de vulnerabilidad física por radiación térmica por almacén de combustible. Fuente. Elaboración propia.

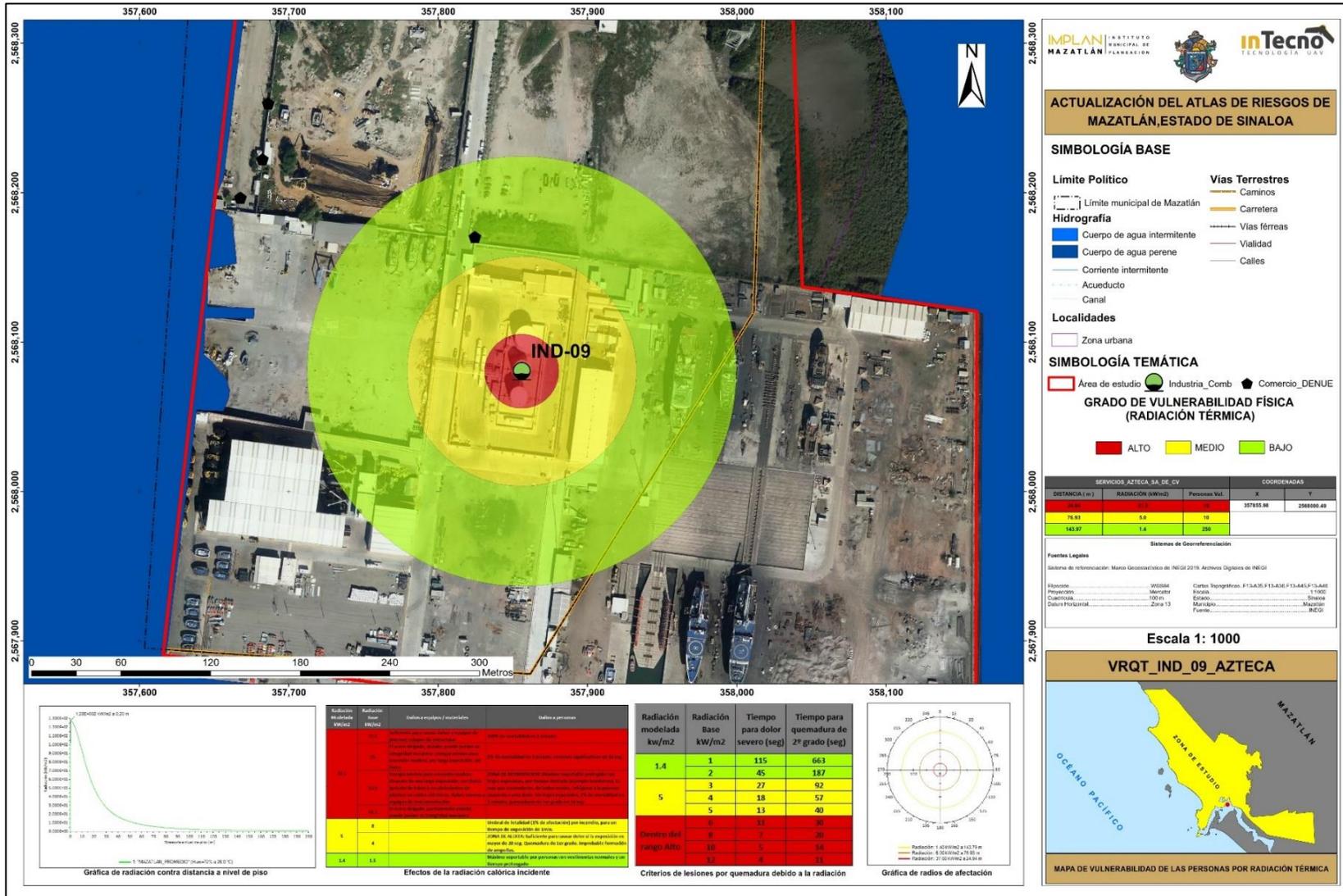


Figura III.16. Mapa de vulnerabilidad física por radiación térmica por almacén de combustible. Fuente. Elaboración propia.

3.8.3.5 Vulnerabilidad de transporte por ducto

Con base en los radios de peligro ante un evento de “Jet fire” reportado por la compañía TGNN, la cual es responsable del manejo del gasoducto “El Oro-Mazatlán”, se muestra la vulnerabilidad física de las personas por radiación térmica. Tomando como base para el conteo estimativo de personas afectadas el DENUE y el Censo de Población y Vivienda 2010, elaborados por el INEGI.

En la tabla se muestra el número de personas totales que presentan una vulnerabilidad física por radiación térmica. Dentro de la zona de peligro alto se calculan 4873 personas vulnerables a una radiación térmica de 5 kW/m² y en la zona de peligro medio se contabilizan 63,232 personas vulnerables a una radiación de 1.4 kW/m².

	PELIGRO		Fuentes para la toma de datos del número de personas
	ALTO	MEDIO	
Radiación térmica	5 kW/m ²	1.4 kW/m ²	
Índice de vulnerabilidad	1	0.5	
Vulnerabilidad física a las personas por radiación térmica	<i>No. Personas</i>	<i>No. Personas</i>	
	455	15061	DENUE
	4418	48171	INEGI_Marco Geoestadístico
	N/A	N/A	Personal laborando reportado en la industria modelada
Total de personas por área	4873	63232	Suma de DENUE+INEGI+PERSONAL

Tabla III.22. Personas totales ante vulnerabilidad física por radiación térmica. Fuente. Elaboración propia.

kW/m ²	Daños a personas
8	Umbral de letalidad (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1min.
4	ZONA DE ALERTA: Suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 seg. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.
1.5	Máximo soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado

Tabla III.23. Efectos de la radiación calórica incidente. Fuente. Elaboración propia.

Radiación modelada kw/m2	Radiación Base kW/m2	Tiempo para dolor severo (seg)	Tiempo para quemadura de 2º grado (seg)
1.4	1	115	663
	2	45	187
5	3	27	92
	4	18	57
	5	13	40

Tabla III.24. Criterio de lesiones por quemadura debido a la radiación. **Fuente.** Elaboración propia.

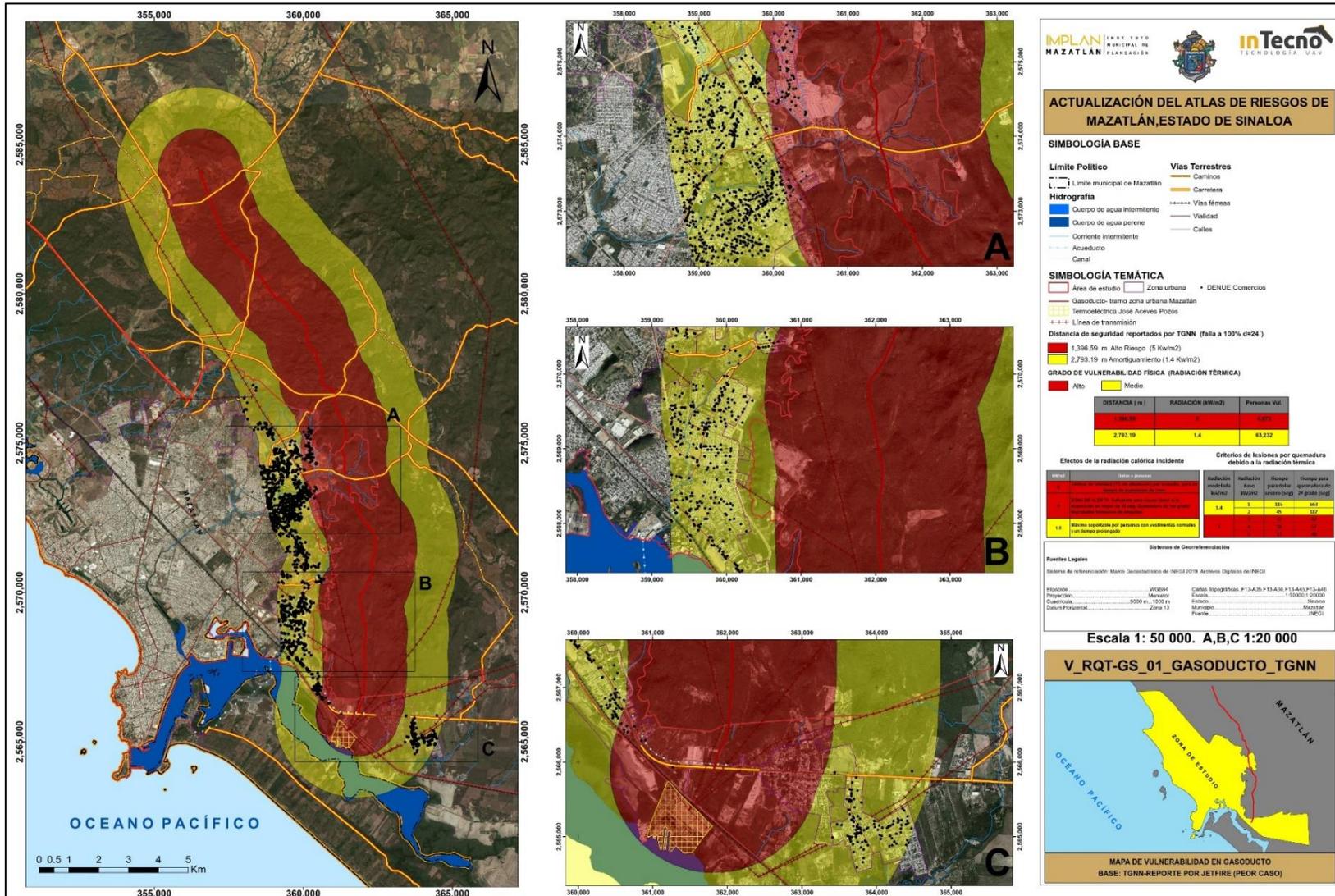


Figura III.17. Mapa de vulnerabilidad física por radiación térmica por transporte por ducto. Fuente. Elaboración propia.

IV Riesgo

Un riesgo natural se puede definir como la probabilidad de que un territorio y la sociedad que habita en él se vean afectados por episodios naturales de rango extraordinario. En otras palabras, la vulnerabilidad de una población o región a una amenaza o peligro natural.

Por el contrario, los riesgos antrópicos son riesgos provocados por la acción del ser humano sobre la naturaleza, como la contaminación ocasionada en el agua, aire, suelo, la deforestación, los incendios, entre otros.

La amenaza o peligro natural hace referencia a la probabilidad de que se produzca un determinado fenómeno natural, de una cierta extensión, intensidad y duración, con potencial para causar daños a personas o al entorno.

La vulnerabilidad hace referencia al impacto del fenómeno sobre la sociedad (1) y es precisamente el incremento de la vulnerabilidad el que ha llevado a un mayor aumento de los riesgos naturales. La vulnerabilidad abarca desde el uso del territorio (exposición al riesgo) hasta la estructura de las construcciones y mecanismos de alarma y aviso (sensibilidad socioeconómica) y depende fuertemente de la capacidad de respuesta de la población frente al riesgo (resiliencia).

Esto numéricamente puede ser expresado como:

$$R_j = \sum_{i=1}^m C_j P(i) V_i(Y_i) \quad (1)$$

De donde se define a:



- ✓ R_j , como el Riesgo del sitio o lugar j
- ✓ C_j ; Costo monetario del lugar expuesto
- ✓ $P(i)$; Probabilidad de que ocurra el evento i
- ✓ V_i ; Vulnerabilidad del evento i , en función del tipo de fenómeno, Y , inundación, V , viento, etc.

Función que resume el trabajo cohesivo entre las partes técnicas, logísticas y administrativas de una gestión del riesgo.

Sin llegar a grandes desarrollos matemáticos esta función de concepción sencilla establece las relaciones directas entre las partes, económicas, naturales y sociales del entorno donde se presente un fenómeno que perturbe la paz o tranquilidad, ponga en peligro a la población y a sus bienes y con ello exista la probabilidad de que se vulneren estos.

Para el presente estudio se tomaron las consideraciones siguientes:

1. La vivienda se típico de manera promedio en toda la ciudad y se utilizaron la distribución por manzanas en el caso de los sub - fenómenos:
 - a) Marea de Tormenta
 - b) Vientos Fuertes
 - c) Ondas Cálidas
 - d) Tormentas Eléctricas.
 - e) Deslizamiento de Laderas
 - f) Derrumbes.
2. Se empleó solo vulnerabilidad social, para casos donde no se podían definir funciones de vulnerabilidad física, en los casos:
 - a) Ondas Cálidas.
 - b) Tormentas Eléctricas.
 - c) Deslizamiento de laderas.
 - d) Derrumbes.

Para comparar los daños, se tomó la consideración de utilizar aquellos fenómenos que tenían tangibilidad en este rubro, es decir que pudieran ser cuantificables, por ejemplo, para el caso propio se estimó que los riesgos por inundación eran los que demostraban la recurrencia y periodicidad del daño potencial. Siendo las ecuaciones 2,3 y 4 la usada para este caso:

$$DDH_{\text{máx}} = 877.28 \ln(h) + 2479.23 \quad (2)$$

$$DDH_{\text{mín}} = 797.24 \ln(h) + 2233.19 \quad (3)$$

$$DDH_{\text{mp}} = 865.56 \ln(h) + 2443.20 \quad (4)$$

Funciones de daño par grado de marginación bajo y casas de una planta.



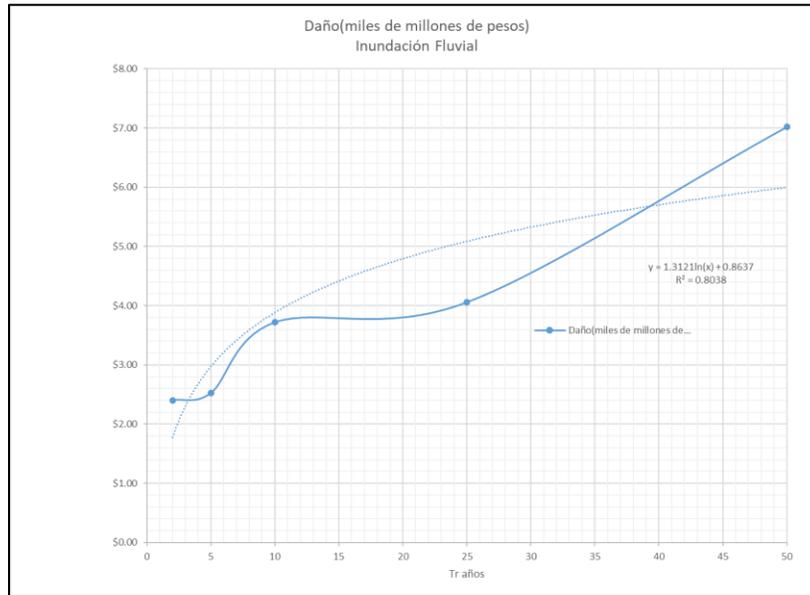
Donde:

DDHmáx; Daño potencial Máximo

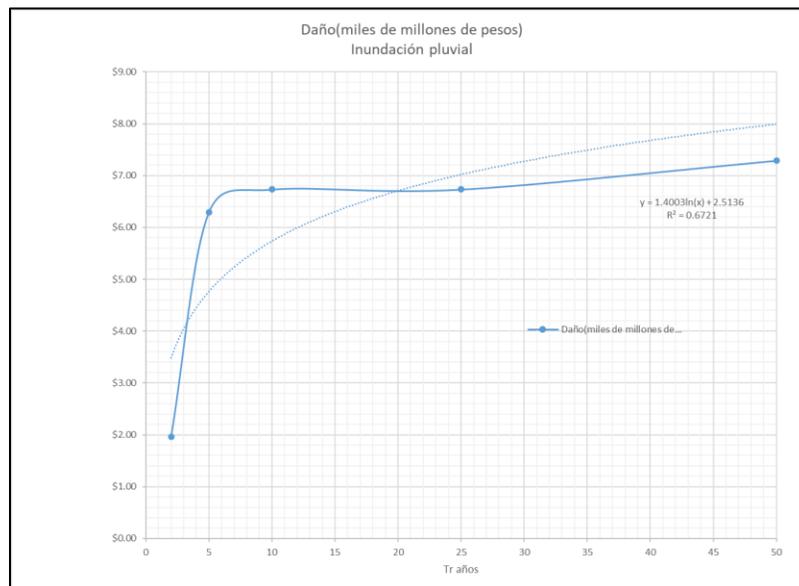
DDHmín; Daño Potencial Mínimo

DDHmp; Daño potencial Máximo Probable.

Teniendo que estas dos funciones están expresadas en salarios mínimos.



Gráfica IV.01. Daño inundación Fluvial, base salarios mínimos \$123.22 pesos. **Fuente.** Elaboración propia.



Gráfica IV.02. Daño inundación Pluvial, base salarios mínimos \$123.22 pesos. **Fuente.** Elaboración propia.

A continuación, se presentan los planos por fenómeno.

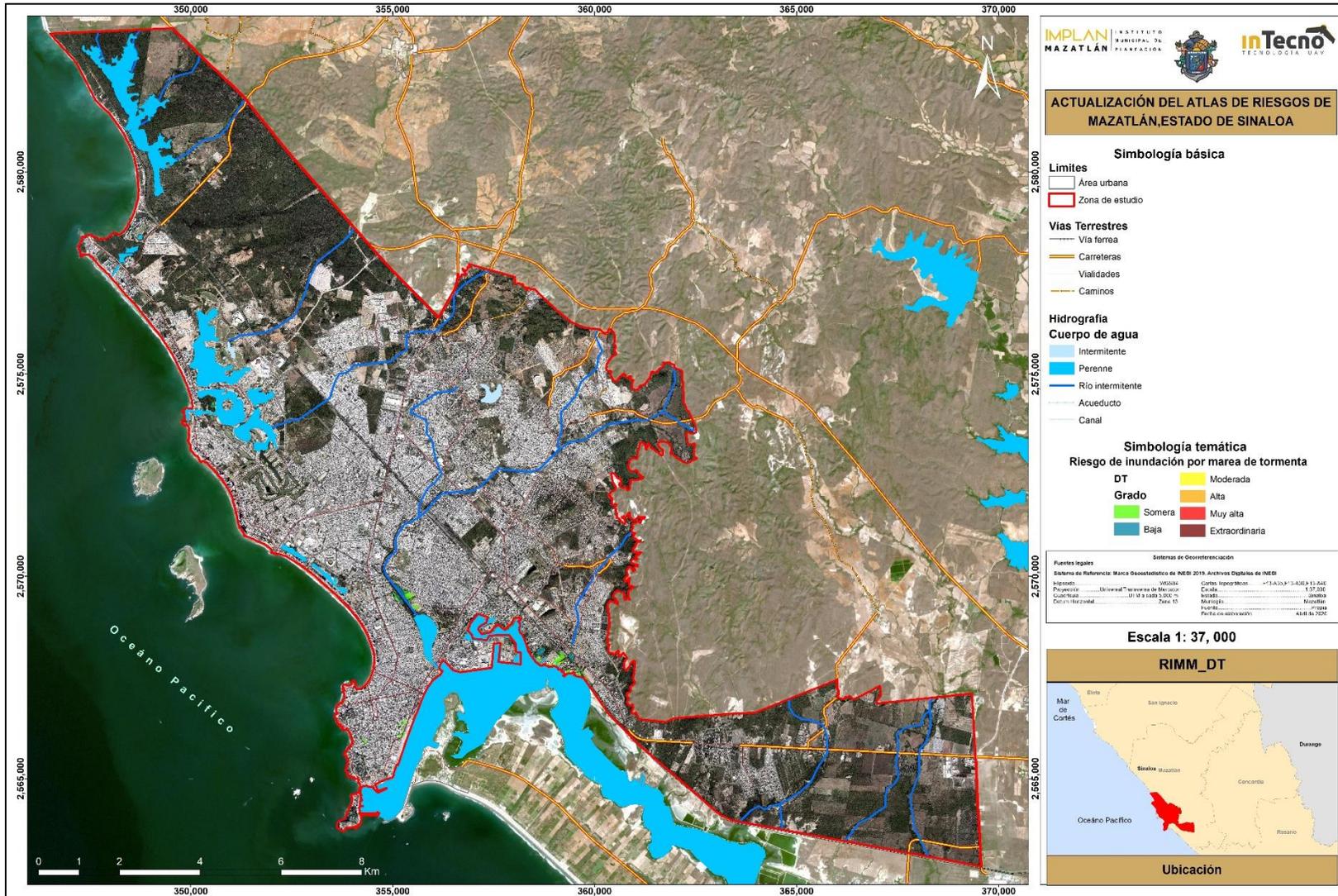


Figura IV.01. Mapa de Riesgo por Inundación por Marea HDT. Fuente. Elaboración propia.

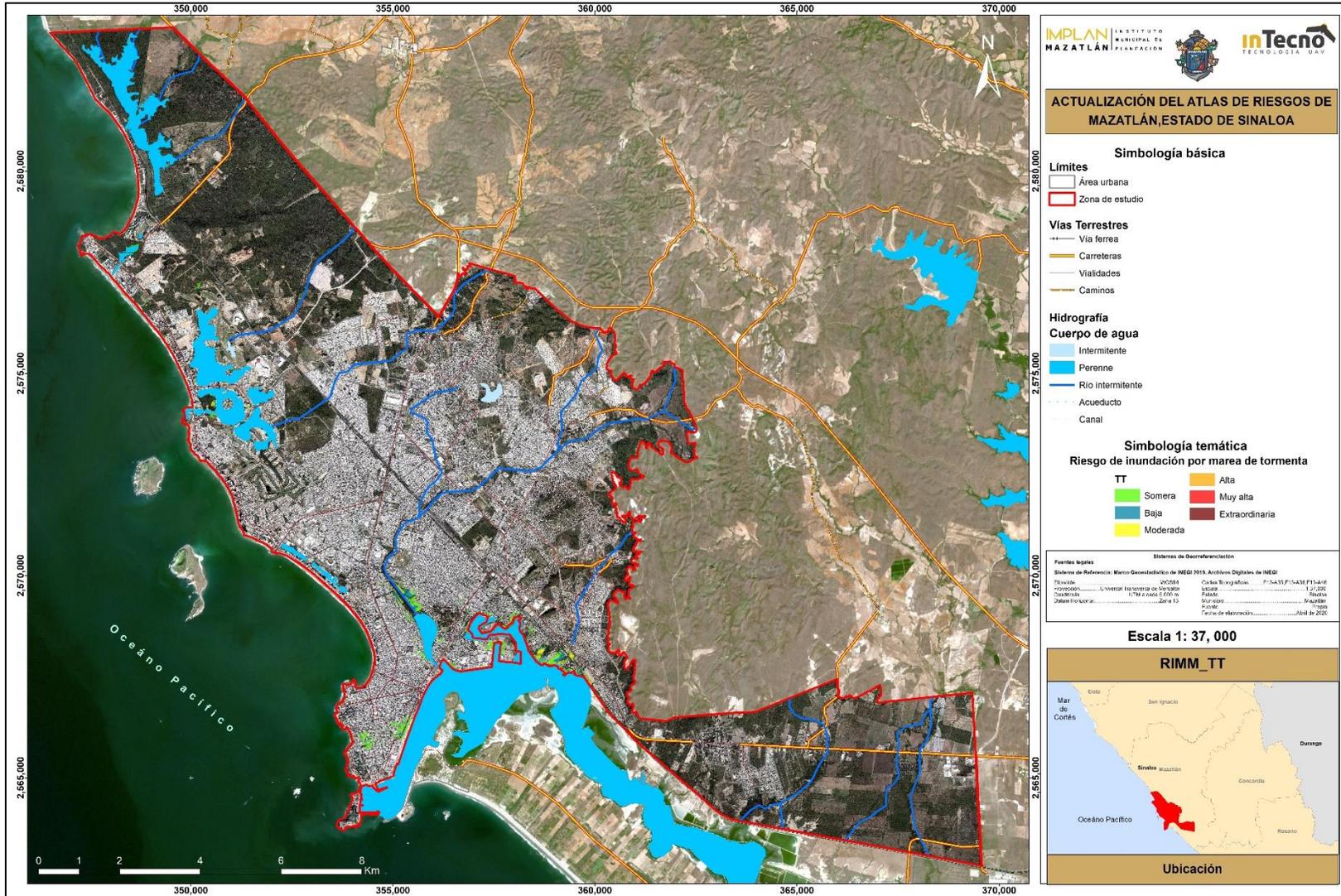


Figura IV.02. Mapa de Riesgo por Inundación por Marea HTT. Fuente. Elaboración propia.

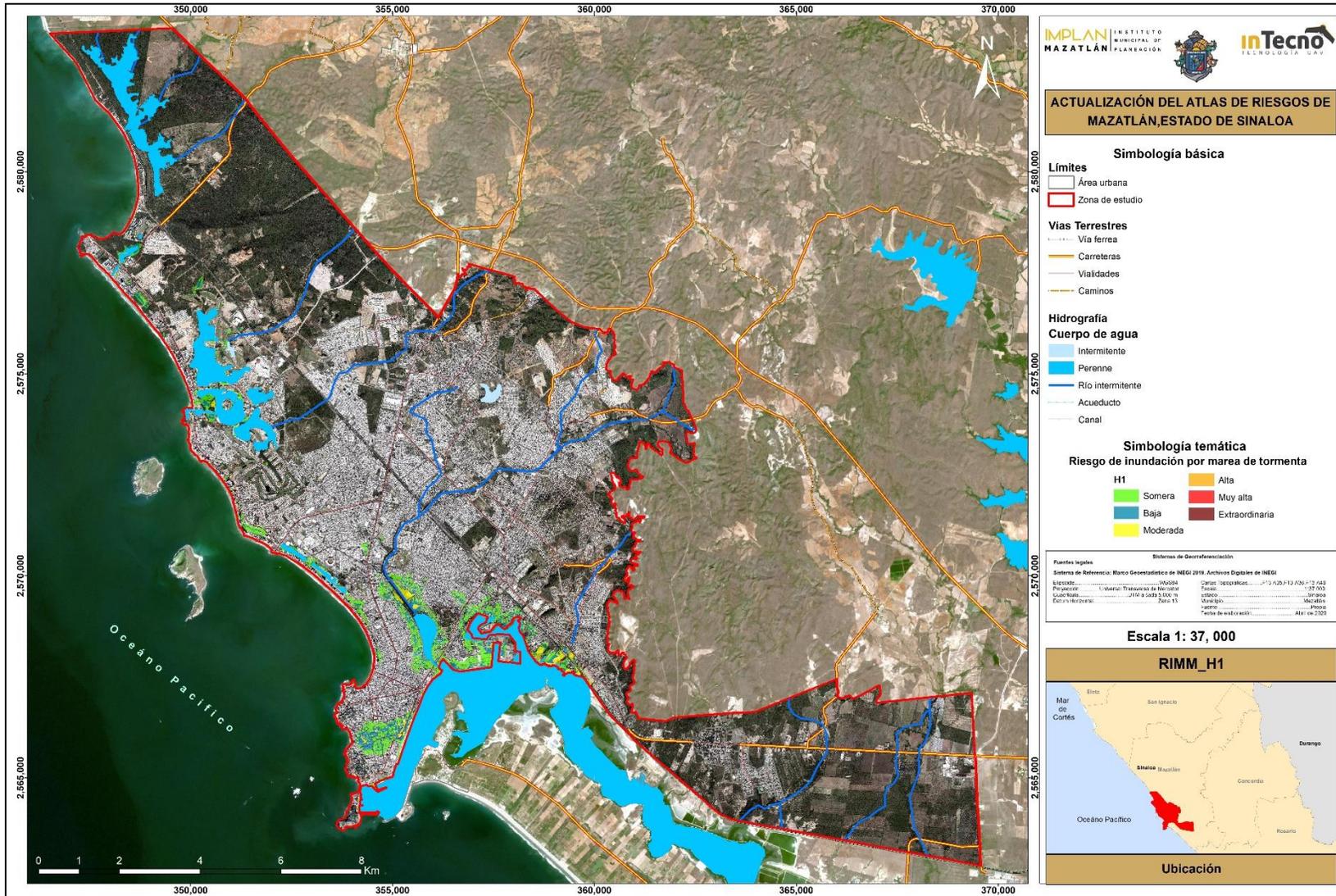


Figura IV.03. Mapa de Riesgo por Inundación por Marea HH1. Fuente. Elaboración propia.

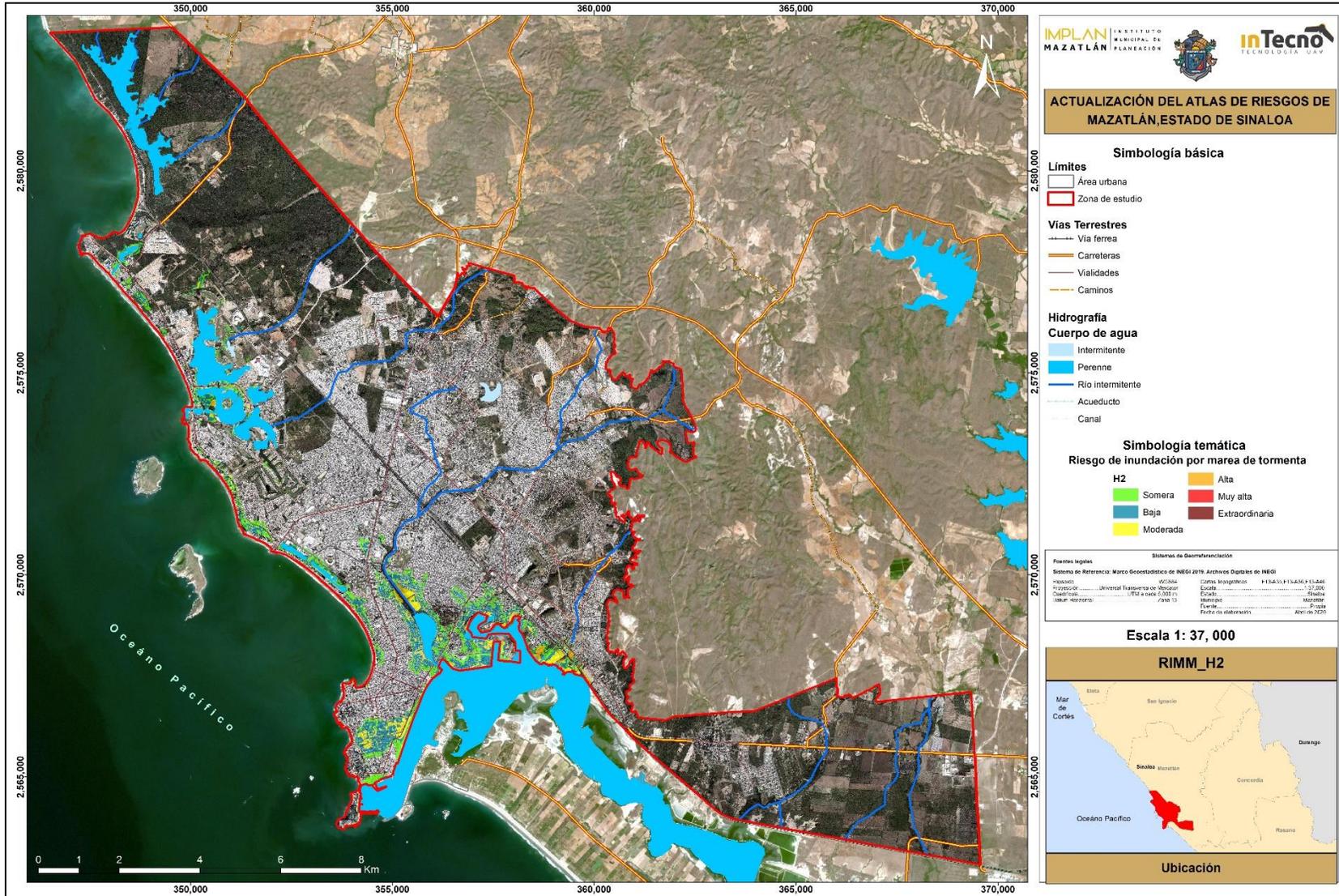


Figura IV.04. Mapa de Riesgo por Inundación por Marea HH2. Fuente. Elaboración propia.

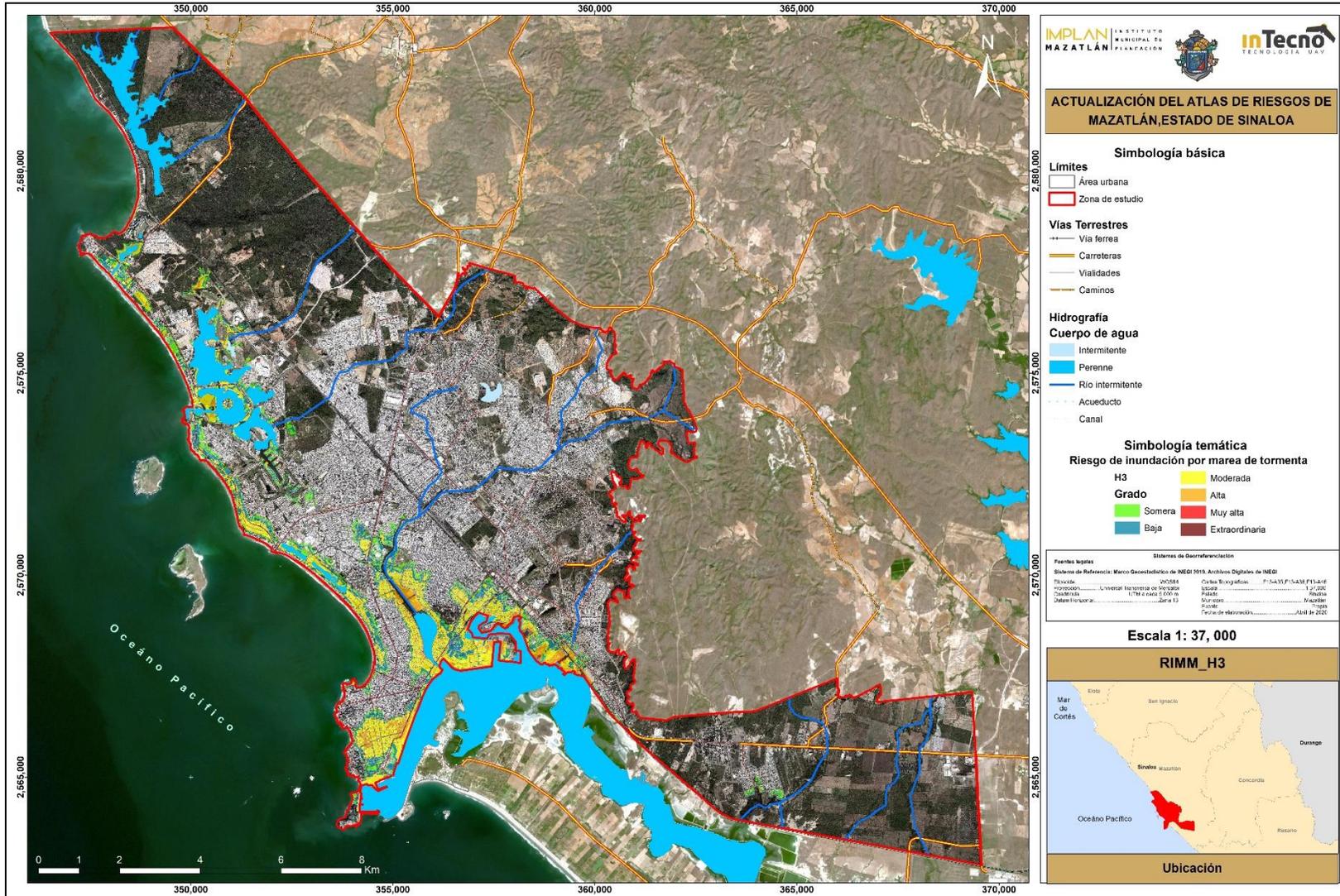


Figura IV.05. Mapa de Riesgo por Inundación por Marea HH3. Fuente. Elaboración propia.

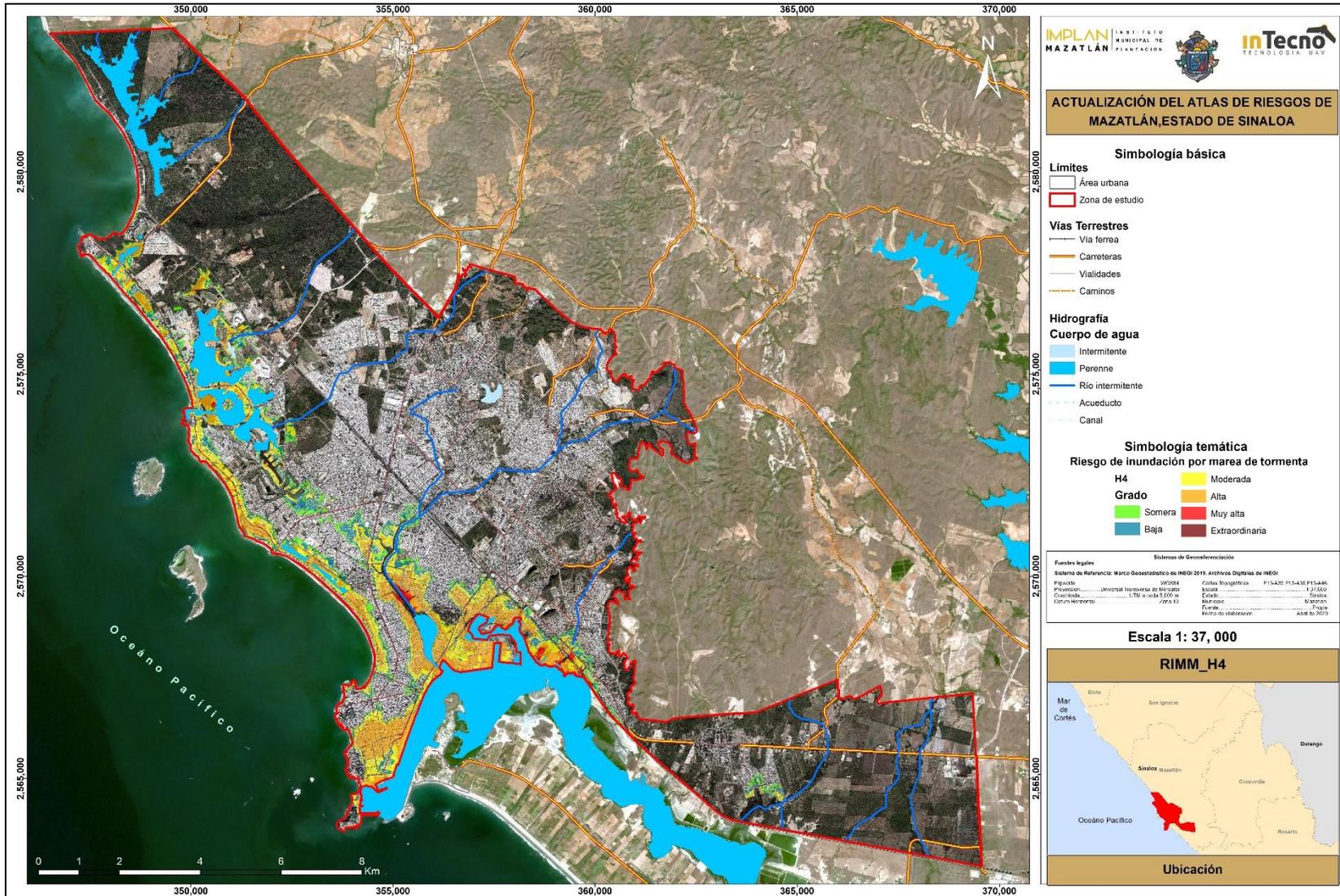


Figura IV.06. Mapa de Riesgo por Inundación por Marea HH4. Fuente. Elaboración propia.

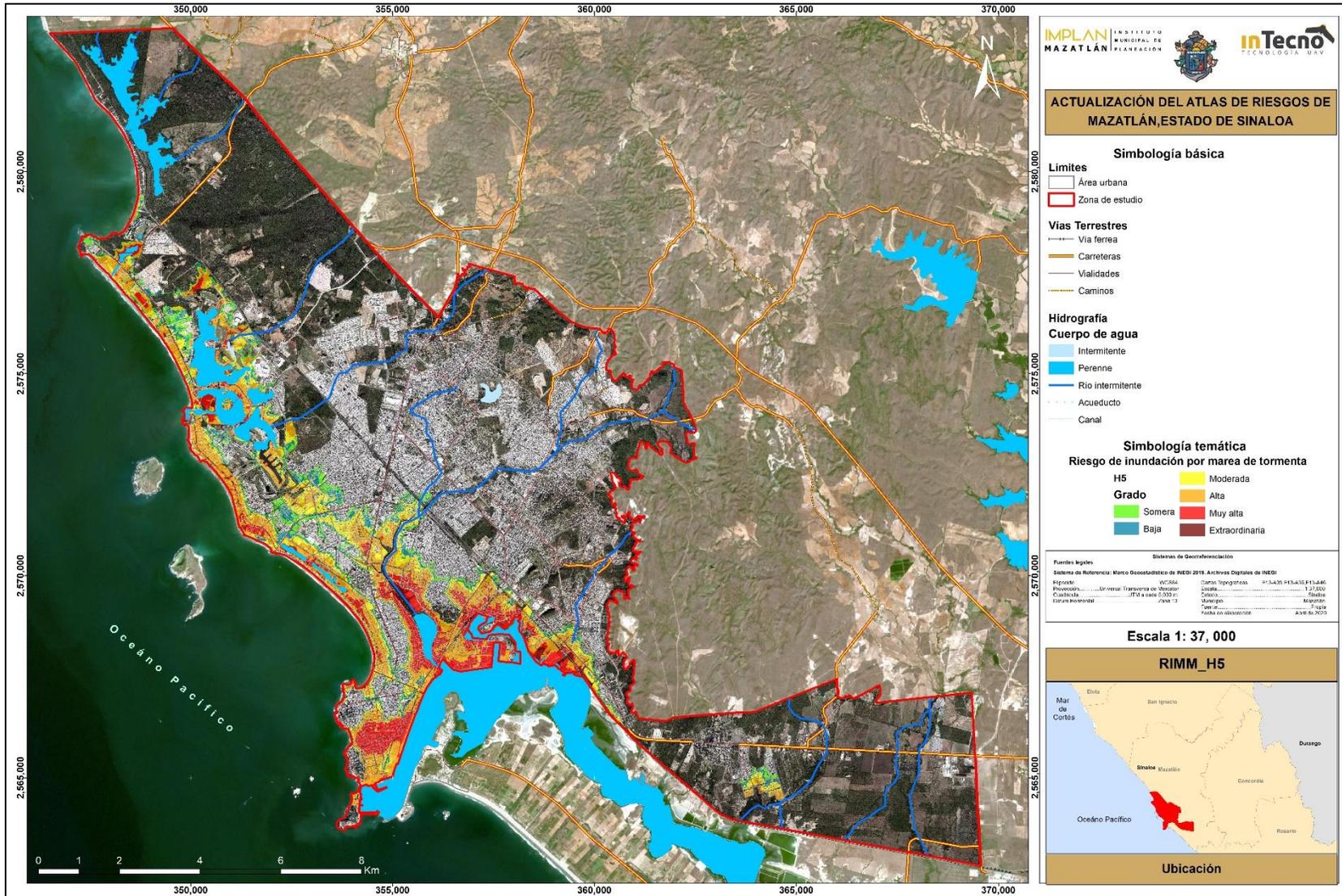


Figura IV.07. Mapa de Riesgo por Inundación por Marea HH5. Fuente. Elaboración propia.

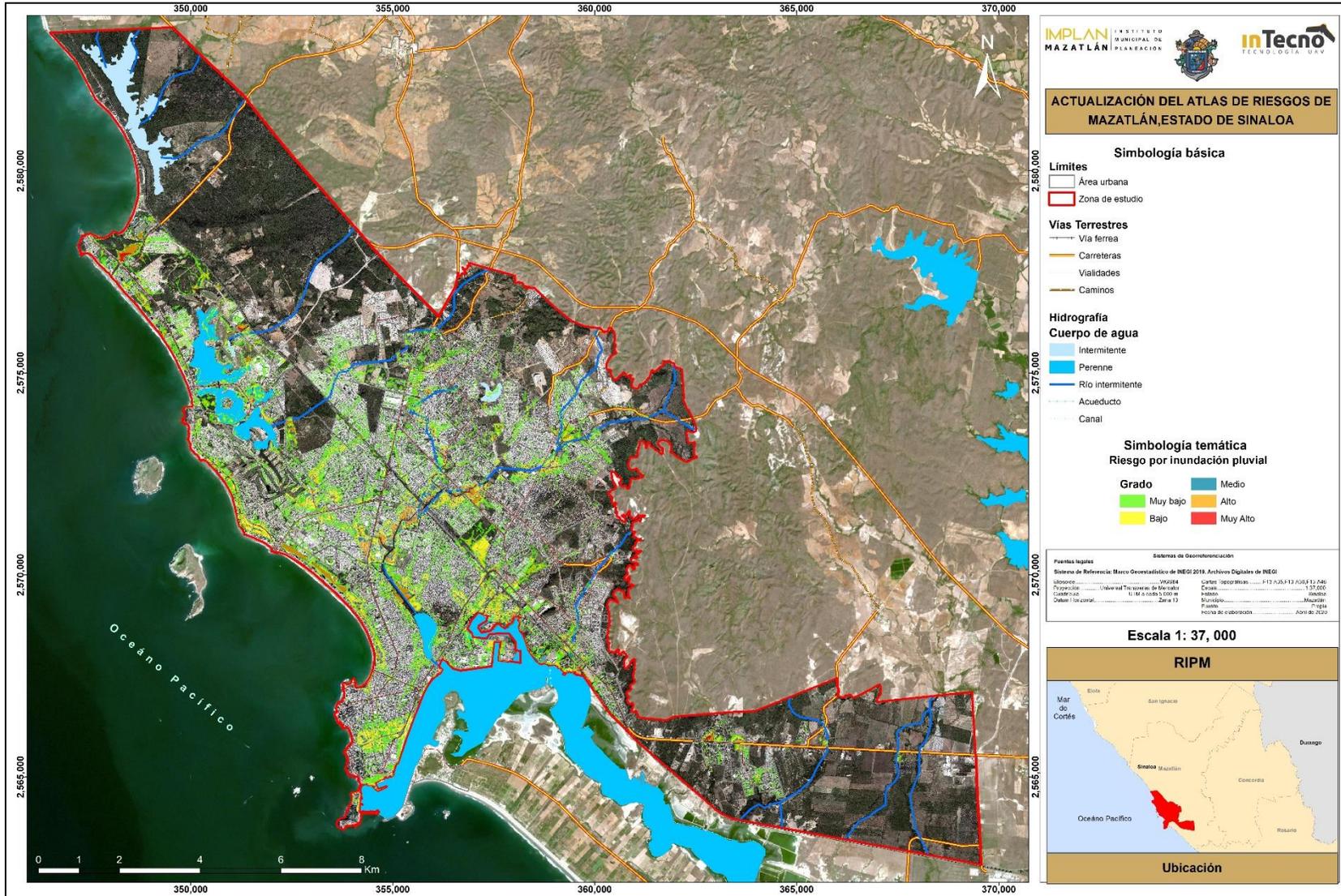


Figura IV.08. Mapa de Riesgo por Inundación Pluvial. Fuente. Elaboración propia.

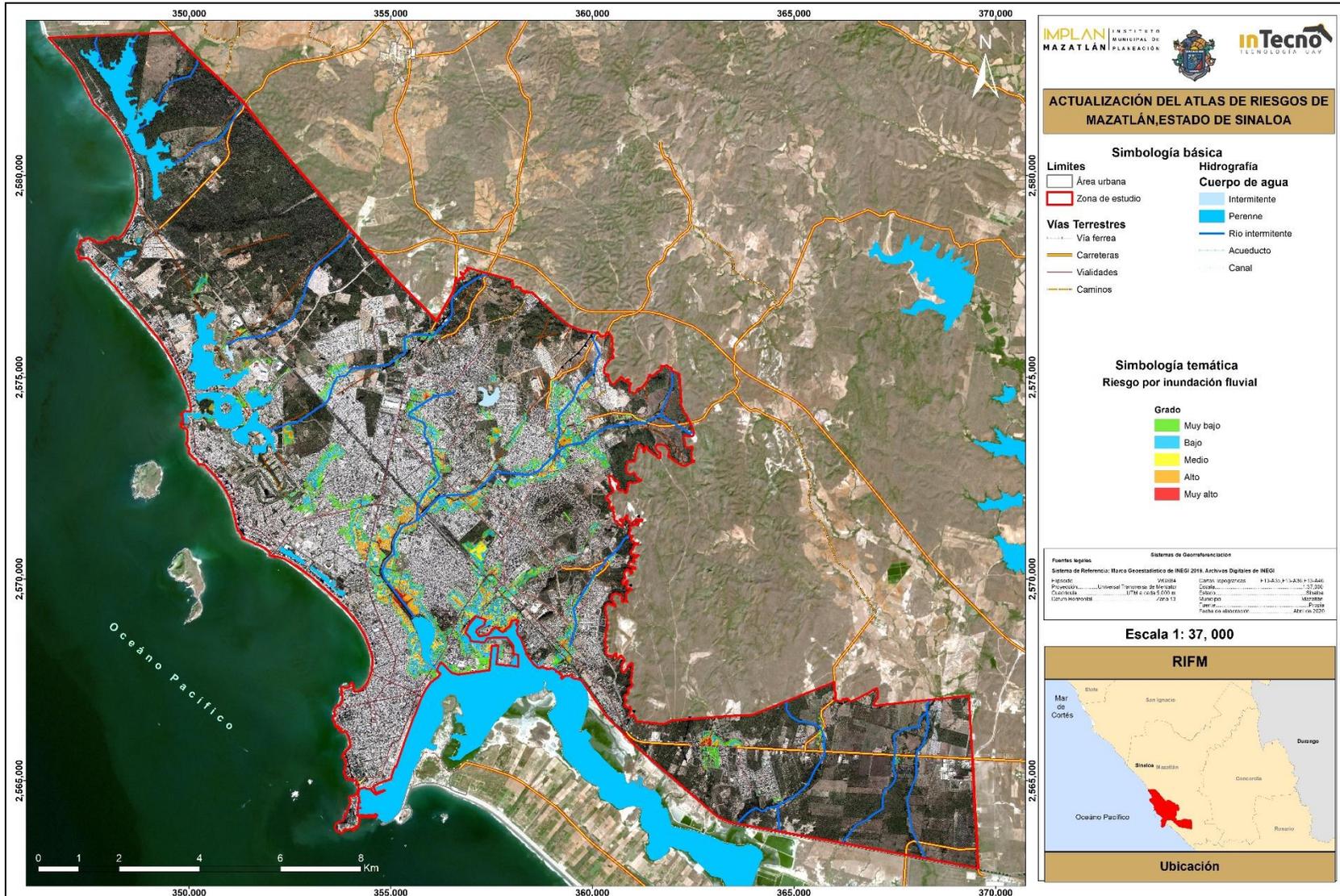


Figura IV.09. Mapa de Riesgo por Inundación Fluvial. Fuente. Elaboración propia.

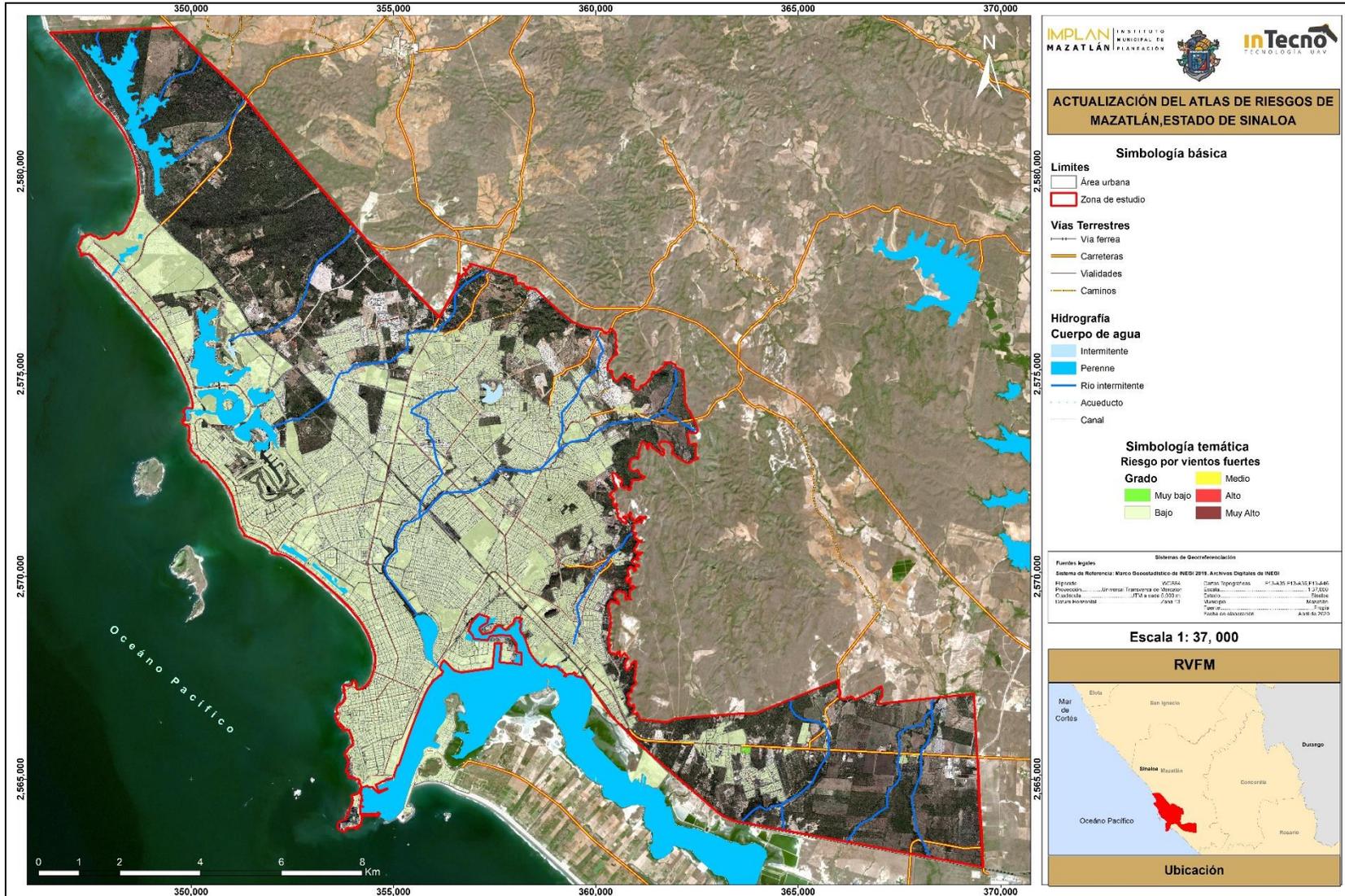


Figura IV.10. Mapa de Riesgo por Vientos Fuertes. Fuente. Elaboración propia.

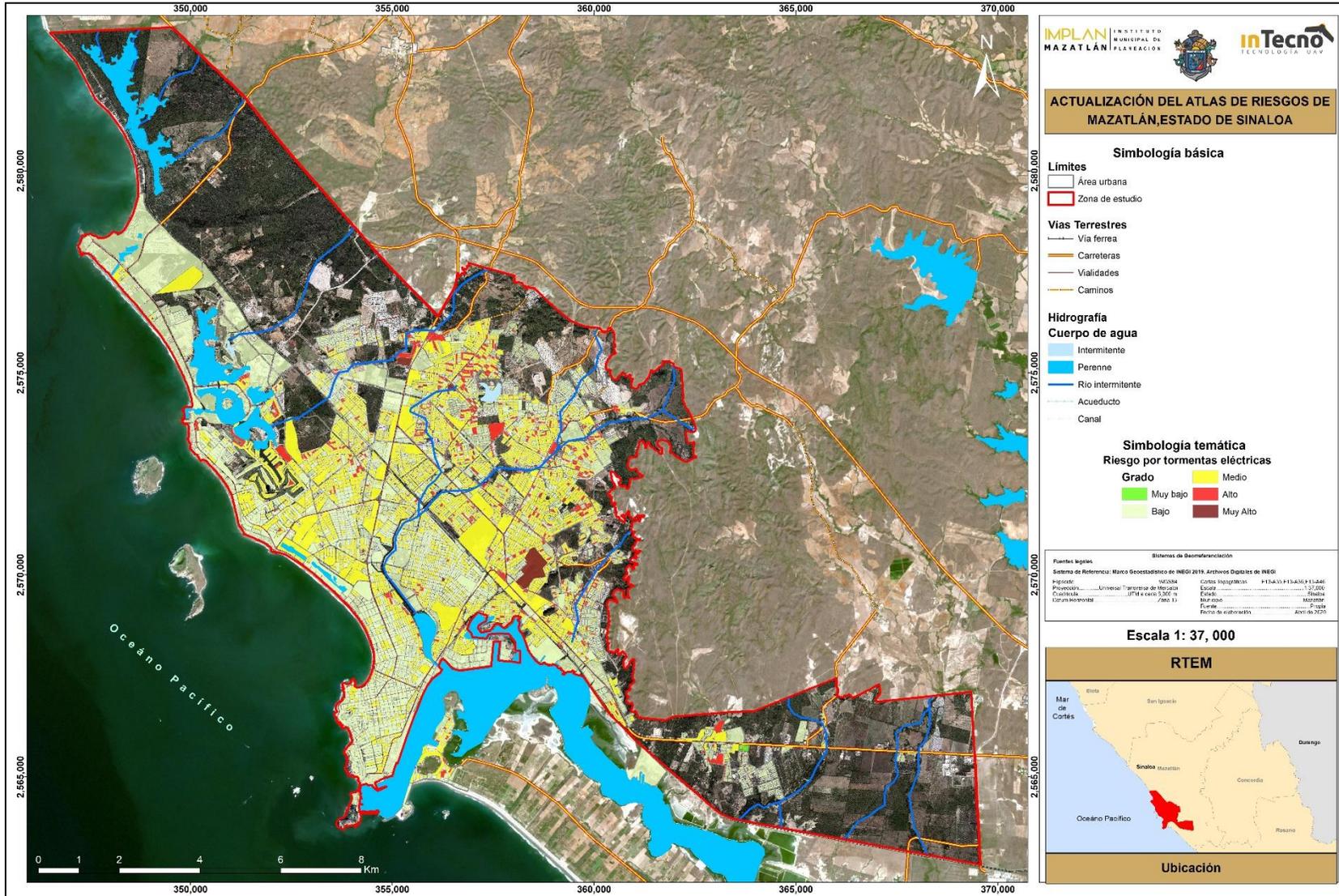


Figura IV.11. Mapa de Riesgo por Tormentas Eléctricas. Fuente. Elaboración propia.

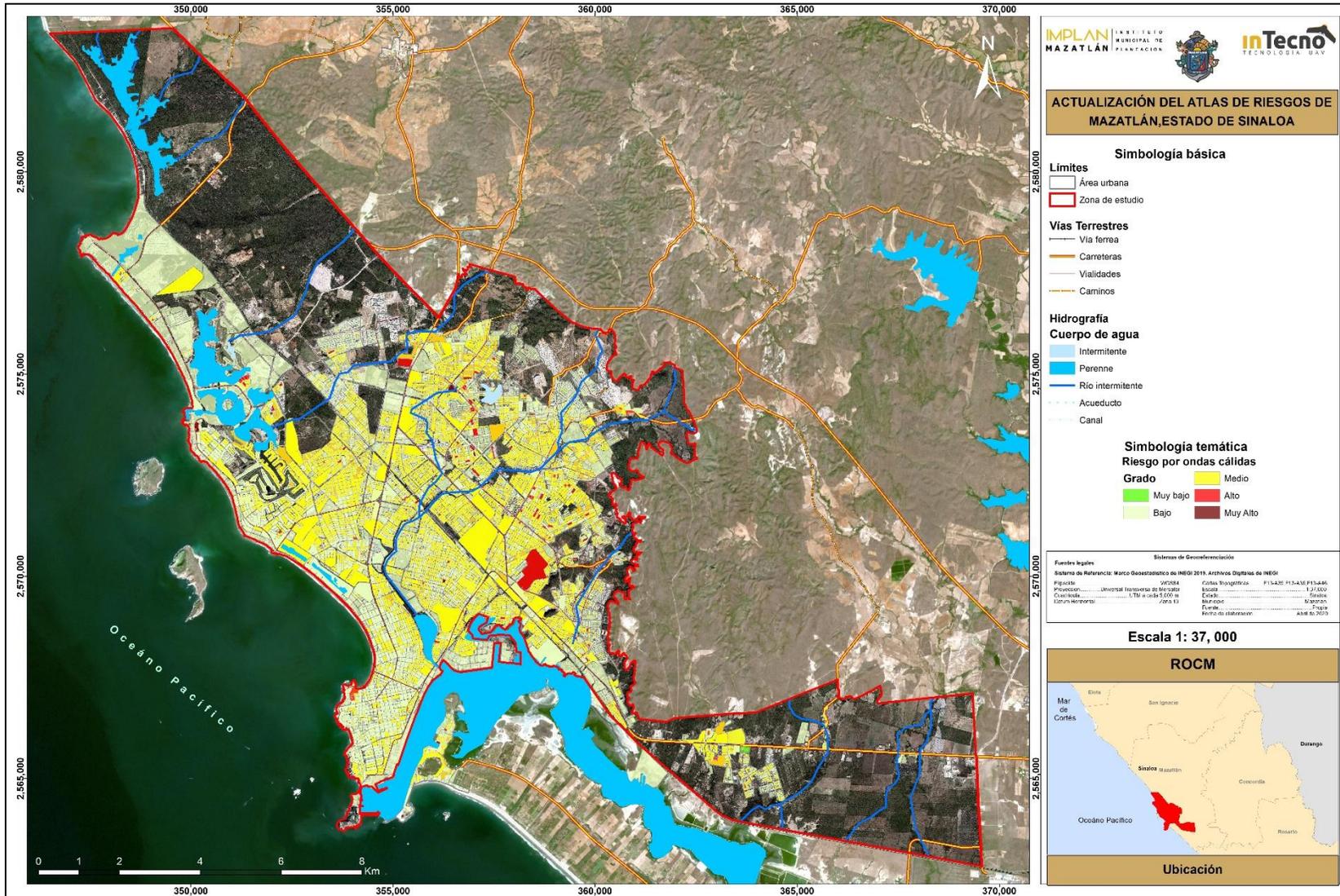


Figura IV.12. Mapa de Riesgo por Ondas Cálidas. Fuente. Elaboración propia.

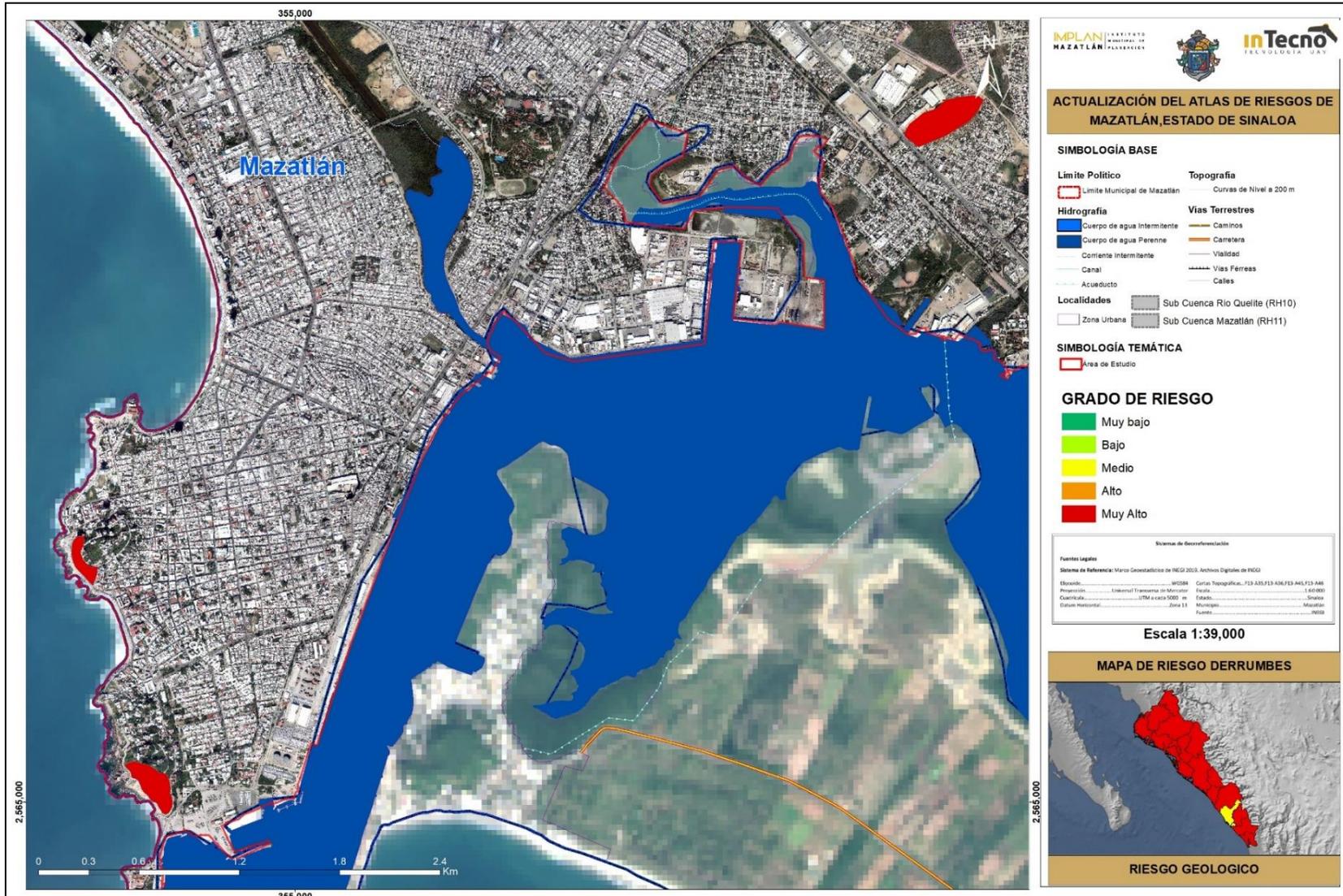


Figura IV.13. Mapa de Riesgo por Derrumbes. Fuente. Elaboración propia.

4.1 Químico – Tecnológicos

4.1.1. Gasolineras

Para el análisis de exposición física y jerarquización del riesgo en gasolineras, se realiza un conteo estimativo de comercios, número de viviendas y personal laborando dentro de la industria. Basados en los radios generados en el análisis de peligros por incendio por derrame (pool fire), imágenes de alta resolución, el DENUe y el conteo de población y vivienda 2015, se realizan las tablas correspondientes para cada tipo de evento modelado y el conteo de los inmuebles y personas que pudiesen ser afectados por dichos eventos.

No se cuentan con registros de eventos tipo pool fire hasta el momento en ninguna de las gasolineras registradas, por tanto, el valor de la probabilidad de ocurrencia será tomado como el valor más bajo del tabulador, con una probabilidad de ocurrencia “Remota”. La exposición de los trabajadores y/o población, por ser modelado el evento de derrame de combustibles al momento de recargar los tanques de almacenamiento de las gasolineras, será tomado como una exposición “Mediana” debido a que, en promedio, la mayoría de las gasolineras reportan recargas en ese periodo, aunque depende mucho de la necesidad particular en cada sitio.

El factor tomado en cuenta para tabular la severidad del daño para este caso de incendio por derrame es la radiación térmica, la cuál va desde un nivel “serio” para valor de 1.4 kW/m², un nivel “crítico” para un valor de 5.0 kW/m² y un nivel “fatal” para un valor de radiación de 35.7 kW/m².

La fórmula empleada para calcular la magnitud del riesgo es la siguiente:

$$MR = P * E * S$$

Donde

MR= Magnitud del riesgo

P= Probabilidad de ocurrencia

E= Exposición del personal y/o población

S = Severidad del daño.

MAGNITUD DEL RIESGO POOL FIRE EN GASOLINERAS								
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	DEFINICIÓN	PODERACIÓN	EXPOSICIÓN DE LOS TRABAJADORES Y/O POBLACION	DEFINICIÓN	PONDERACIÓN	SEVERIDAD DE DAÑOS	RADIACIÓN kW/m ²	PONDERACIÓN
REMOTA	Que excepcionalmente puede ocurrir una vez cada 10 años	0.5	MUY BAJA	Una o dos veces al año	0.5	MENOR	0	1
AISLADA	Que excepcionalmente puede ocurrir una vez al año	1	BAJA	Una o dos veces al mes	1	SERIA	1.4	7
OCASIONAL	Que excepcionalmente puede ocurrir una vez al mes	3	MEDIANA	Una o dos veces por semana	3	CRITICA	5	40
RECURRENTE	Que excepcionalmente puede ocurrir una vez al semana	6	ALTA	Una vez al día	6	FATAL	37.5	100
CONTINUA	Que excepcionalmente puede ocurrir una vez al día	10	MUY ALTA	Más de una vez al día	10			

Tabla IV.01. Magnitud de riesgo *Pool Fire* en Gasolineras. Fuente. Elaboración propia.

MAGNITUD DE RIESGO EN GASOLINERA						
POOL FIRE _RADIACIÓN TÉRMICA						
GASOLINA FATAL 37.5 kW/m2	P	E	S	MR		Requiere corrección.
	0.50	3.00	100.00	150	MEDIO	
GASOLINA CRÍTICA 5.0 kW/m2	P	E	S	MR		Requiere atención y, en su caso, corrección.
	0.5	3	40	60	BAJO	
GASOLINA SERIA 1.4 kW/m2	P	E	S	MR		Requiere atención
	0.5	3	7	10.5	MÍNIMO	

Tabla IV.02. Magnitud de riesgo *Pool Fire* Radiación Térmica en Gasolineras. Fuente. Elaboración propia.

RIESGO/ ESPOSICIÓN EN GASOLINERAS MAZATLÁN								
MEDIO 150	Escuela		0	Generación Eléctrica		0	Viviendas	0
	Clínica		0	Hospital		1		
	Asoc. Religiosas		0	Comercios		61		
BAJO 60	Escuela		0	Generación Eléctrica		0	Viviendas	1729
	Clínica		3	Hospital		0		
	Asoc. Religiosas		2	Comercios		203		
MÍNIMO 10.5	Escuela		7	Generación Eléctrica		1	Viviendas	4800
	Clínica		32	Hospital		1		
	Asoc. Religiosas		5	Comercios		620		

Tabla IV.03. Riesgo/Exposición por Gasolineras en Mazatlán. Fuente. Elaboración propia.

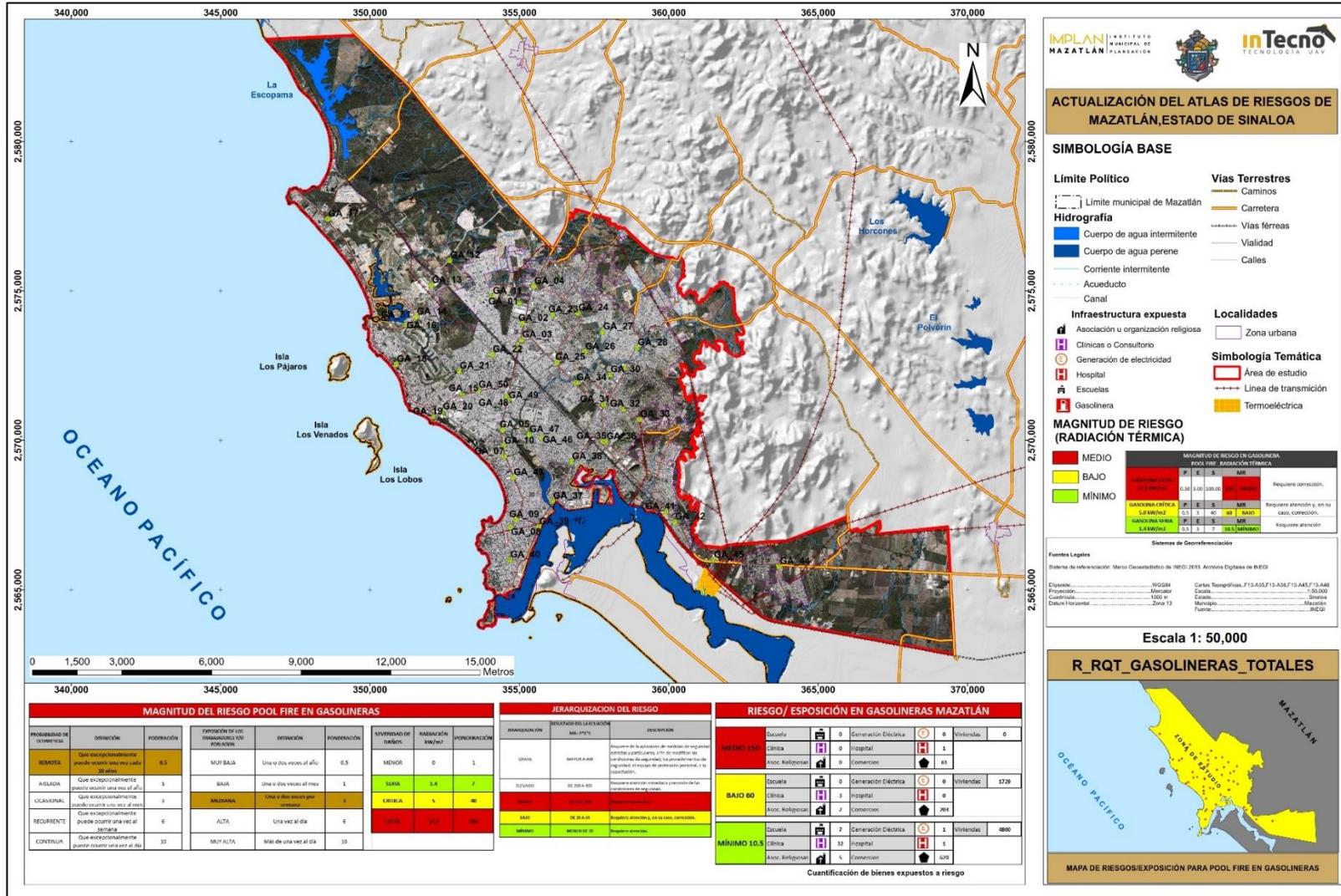


Figura IV.16. Mapa de Riesgo/Exposición por Gasolineras. Fuente. Elaboración propia.

4.1.2 Magnitud de riesgo para estaciones de gas e industrias que manejan amoniaco y cloro gas

Para el análisis de exposición física y jerarquización del riesgo en estaciones de gas LP y las industrias que manejan amoniaco y cloro gas, se realizó un conteo aproximado de comercios, número de viviendas y personal laborando dentro de la industria, en donde se apoyó con los radios obtenidos en el modelamiento generados para el análisis de peligros, imágenes de alta resolución, el DENUE y el conteo de población y vivienda 2015, con esta información se realizan las tablas y planos correspondientes para cada tipo de evento modelado y el conteo total de los inmuebles y personas que pudiesen ser afectadas por dichos eventos.

La fórmula empleada para calcular la magnitud del riesgo es la siguiente:

$$MR = P * E * S$$

Donde

MR= Magnitud del riesgo

P= Probabilidad de ocurrencia

E= Exposición del personal y/o población

S = Severidad del daño.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	DEFINICIÓN	PODERACIÓN
REMOTA	Que excepcionalmente puede ocurrir una vez cada 10 años	0.5
AISLADA	Que excepcionalmente puede ocurrir una vez al año	1
OCASIONAL	Que excepcionalmente puede ocurrir una vez al mes	3
RECURRENTE	Que excepcionalmente puede ocurrir una vez al semana	6
CONTINUA	Que excepcionalmente puede ocurrir una vez al día	10

Tabla IV.04. Probabilidad de ocurrencia de riesgo por gaseras en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

EXPOSICIÓN DE LOS TRABAJADORES Y/O POBLACION	DEFINICIÓN	PONDERACIÓN
MUY BAJA	Una o dos veces al año	0.5
BAJA	Una o dos veces al mes	1
MEDIANA	Una o dos veces por semana	3
ALTA	Una vez al día	6
MUY ALTA	Más de una vez al día	10

Tabla IV.05. Probabilidad de exposición de riesgo por gaseras en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

SEVERIDAD DE DAÑOS	RADIACIÓN kW/m ²	PONDERACIÓN
MENOR	0	1
SERIA	1.4	7
CRITICA	5	40
FATAL	37.5	100

Tabla IV.06. Ponderación de la severidad de daños por gaseras en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

JERARQUIZACIÓN	RESULTADO DEL LA ECUACIÓN MR= P*E*S	DESCRIPCIÓN
GRAVE	MAYOR A 400	Requiere de la aplicación de medidas de seguridad estrictas y particulares, a fin de modificar las condiciones de seguridad; los procedimientos de seguridad; el equipo de protección personal, o la capacitación.
ELEVADO	DE 200 A 400	Requiere atención inmediata y revisión de las condiciones de seguridad.
MEDIO	DE 70 A 199	Requiere corrección.
BAJO	DE 20 A 69	Requiere atención y, en su caso, corrección.
MÍNIMO	MENOR DE 20	Requiere atención.

Tabla IV.07. Jerarquización de riesgo por gaseras en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

No se cuentan con registros de eventos por fugas (dispersión de gas o nube tóxica y explosión por fuga o Jet-fire) hasta el momento en ninguna de Estación de Gas registradas, por tanto, el valor de la probabilidad de ocurrencia será tomado como el valor más bajo del tabulador, con una probabilidad de ocurrencia “Remota”. La exposición de los trabajadores y/o población, el evento se modela hipotéticamente por una fuga de un orificio de 2.4 cm de diámetro circular, con una cantidad de 5000 L y un llenado del 80%; por lo que será tomado como una exposición “Muy Alta” debido a que, es una posible causa que el entrevistado-encargado de la estación de gas comentó que pudiese acontecer. El factor tomado en cuenta para tabular la severidad del daño para estos eventos de dispersión y explosión de nube tóxica es el siguiente:

- En la *explosión de nube de vapor*, su radiación térmica se definirá, en un nivel “serio” para valor de 1.5 kW/m², un nivel “crítico” para un valor de 5.0 kW/m² y un nivel “fatal” para un valor de radiación de 10 kW/m².

MAGNITUD DE RIESGO EN ESTACIONES DE GAS POR EXPLOSIÓN DE NUBE DE VAPOR						
	P	E	S	MR		
GLP FATAL	0.50	10.00	100.00	500.00	GRAVE	Requiere de la aplicación de medidas de seguridad estrictas y particulares, a fin de modificar las condiciones de seguridad; los procedimientos de seguridad; el equipo de protección personal o la capacitación.
GLP CRÍTICA	0.5	6	40	120	MEDIO	Requiere corrección.
GLP SERIA	0.5	3	7	10.5	BAJO	Requiere atención.

Tabla IV.08. Magnitud de riesgo por explosión de nubes de vapor en gaseras en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

- En la *dispersión de nube de vapor o nube tóxica* se definieron los parámetros de acuerdo a la toxicidad que se genera a la salud siendo 800 ppm “crítico” y 2200 ppm “fatal”.

MAGNITUD DE RIESGO EN ESTACIONES DE GAS POR DISPERSIÓN DE NUBE DE VAPOR						
	P	E	S	MR		
GLP FATAL	0.50	10.00	100.00	500.00	GRAVE	Requiere de la aplicación de medidas de seguridad estrictas y particulares, a fin de modificar las condiciones de seguridad; los procedimientos de seguridad; el equipo de protección personal o la capacitación.
GLP CRÍTICA	0.5	6	40	120	MEDIO	Requiere corrección.

Tabla IV.09. Magnitud de riesgo por dispersión de nubes de vapor en gaseras en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

- Para las industrias que trabajan con amoniaco y cloro gas tampoco se ha registrado ningún evento de accidente por fugas, por lo tanto, se vuelve a tomar el factor de probabilidad de ocurrencia como “Remota”, la modelación se realizará tomando nuevamente la fuga como posible causa por un orificio de 2.4 cm de diámetro, en un tanque de 907 kg para el Cloro gas, su exposición será tomada como “Muy Alta” pues se calculará el peor de los escenarios para todas las sustancias. El factor tomado en cuenta para tabular la severidad del daño para el evento de fuga de Cloro Gas por dispersión de nube tóxica es de 0.5 ppm (AEGL-1) “seria” 2.0 ppm (AEGL-2) como “crítica” y 20 ppm (AEGL-3) como “fatal”.

MAGNITUD DE RIESGO EN LA PLANTA POTABILIZADORA QUE MANEJAN CLORO GAS						
CLORO GAS FATAL	P	E	S	MR		Requiere de la aplicación de medidas de seguridad estrictas y particulares, a fin de modificar las condiciones de seguridad; los procedimientos de seguridad; el equipo de proteccion personal o la capacitación.
	0.50	10.00	100.00	500.00	GRAVE	
CLORO GAS CRÍTICA	P	E	S	MR		Requiere corrección.
	0.5	6	40	120	MEDIO	
CLORO GAS SERIA	P	E	S	MR		Requiere atención.
	0.5	3	7	10.5	BAJO	

Tabla IV.10. Magnitud de riesgo en plantas potabilizadoras que manejan Cloro Gas en Mazatlán. Fuente. Elaboración propia.

- Para en amoniaco se toma una ocurrencia “Remota” una exposición “Alta” y una severidad de 30 ppm (AEGL-1) “seria” 160 ppm (AEGL-2) como “crítica” y 1100 ppm (AEGL-3) como “fatal”.

MAGNITUD DE RIESGO EN INDUSTRIAS QUE MANEJAN AMONIACO						
AMONIACO FATAL	P	E	S	MR		Requiere de la aplicación de medidas de seguridad estrictas y particulares, a fin de modificar las condiciones de seguridad; los procedimientos de seguridad; el equipo de proteccion personal o la capacitación.
	0.50	10.00	100.00	500.00	GRAVE	
AMONIACO CRÍTICA	P	E	S	MR		Requiere corrección.
	0.5	6	40	120	MEDIO	
AMONIACO SERIA	P	E	S	MR		Requiere atención.
	0.5	3	7	10.5	BAJO	

Tabla IV.11. Magnitud de riesgo en industrias que manejan Amoniaco en Mazatlán. Fuente. Elaboración propia.

Como resultado final del análisis de la Magnitud de Riesgo en la población se realizó el conteo para conocer la cantidad aproximada de personas, comercios e infraestructura que pudiera ser dañada con los diferentes modelamientos en los diversos eventos.

Inventario de bienes y población expuestos a GAS LP Explosión de nube de vapor

TOTAL DE 17 ESTACIONES DE GAS EXPLOSIÓN DE NUBE DE VAPOR (TÓXICA)			
Número de población en Riesgo		Número de comercios en Riesgo	
GRAVE	105	GRAVE	9
MEDIO	124	MEDIO	9
MÍNIMO	347	MÍNIMO	22

Tabla IV.12. Población y comercios expuestos por explosión de nube de vapor de gaseras en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

GRAVE 500	Escuela		0	Generación Electrica		0
	Hospital Público		0	Hospitales-Particulares		0
	Asoc. Religiosas		0	Comercios		20
	Vivienda		70			
MEDIO 120	Escuela		0	Generación Electrica		0
	Hospital Público		0	Hospitales-Particulares		0
	Asoc. Religiosas		0	Comercios		35
	Vivienda		85			
MINIMO 10.5	Escuela		0	Generación Electrica		1
	Hospital Público		0	Hospitales-Particulares		0
	Asoc. Religiosas		2	Comercios		50
	Vivienda		120			

Tabla IV.13. Establecimientos expuestos por explosión de nube de vapor de gaseras en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

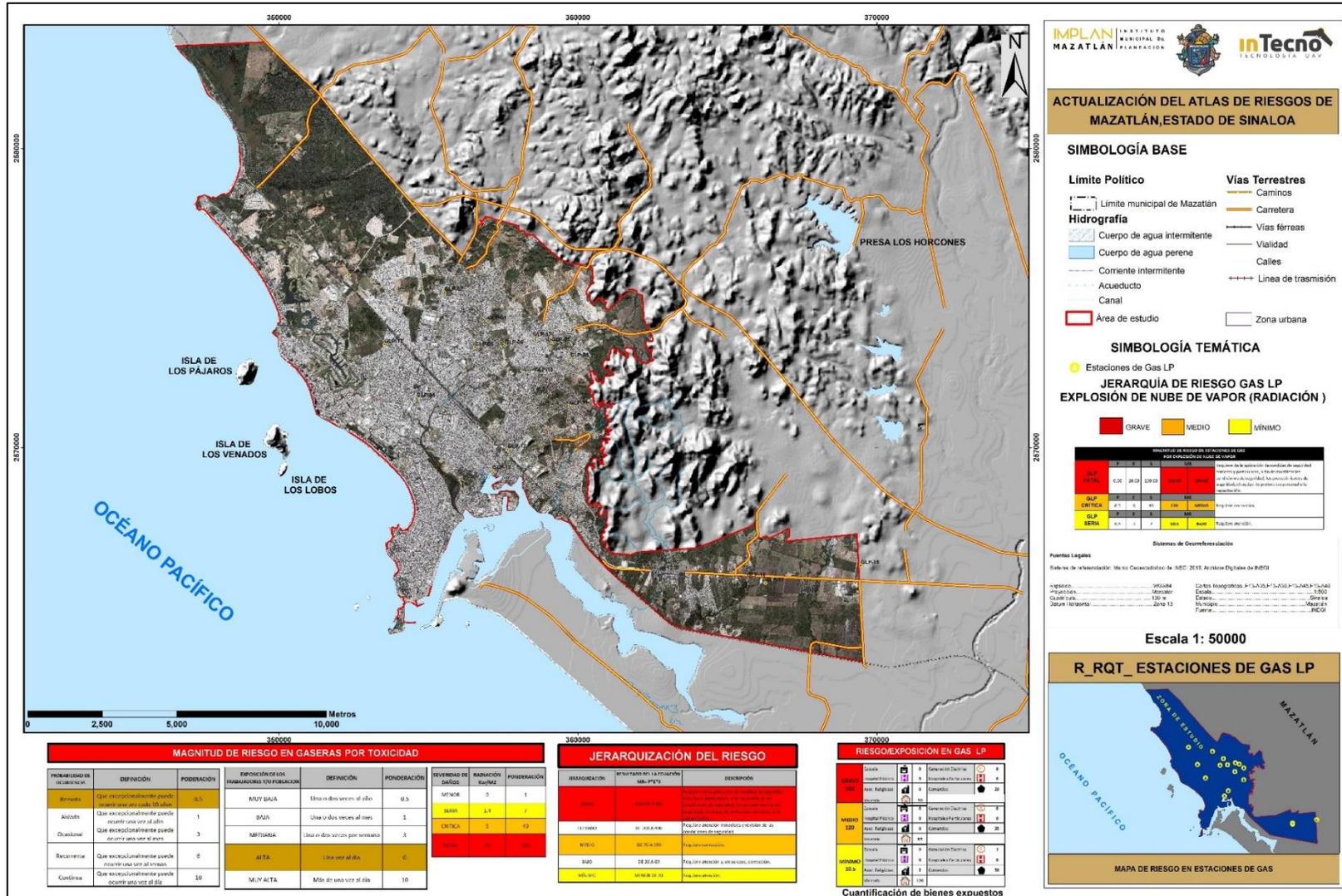


Figura IV.17. Mapa de Riesgo/Exposición por explosión de nube de vapor en gaseras. Fuente. Elaboración propia.

En las siguientes tablas se muestra de manera general que cantidad de personas y que cantidad de comercios estarían en riesgo para un evento catastrófico de dispersión de nube de vapor.

Inventario de bienes y población expuestos a GAS LP Dispersión de nube de vapor

TOTAL DE 17 ESTACIONES DE GAS DISPERSIÓN DE NUBE DE VAPOR (TÓXICA)			
Número de población en Riesgo		Número de comercios en Riesgo	
GRAVE	929	GRAVE	55
MEDIO	1576	MEDIO	68

Tabla IV.14. Población y comercios expuestos por dispersión de nube de vapor de gaseras en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

GRAVE 500	Escuela		0	Generación Electrica		0
	Hospital Público		0	Hospitales-Particulares		0
	Asoc. Religiosas		5	Comercios		370
	Vivienda		980			
MEDIO 120	Escuela		0	Generación Electrica		0
	Hospital Público		0	Hospitales-Particulares		0
	Asoc. Religiosas		1	Comercios		720
	Vivienda		1680			
MÍNIMO 10.5	Escuela		6	Generación Electrica		1
	Hospital Público		0	Hospitales-Particulares		0
	Asoc. Religiosas		2	Comercios		1200
	Vivienda		2500			

Tabla IV.15. Establecimientos expuestos por dispersión de nube de vapor de gaseras en Mazatlán. **Fuente.** Elaboración propia.

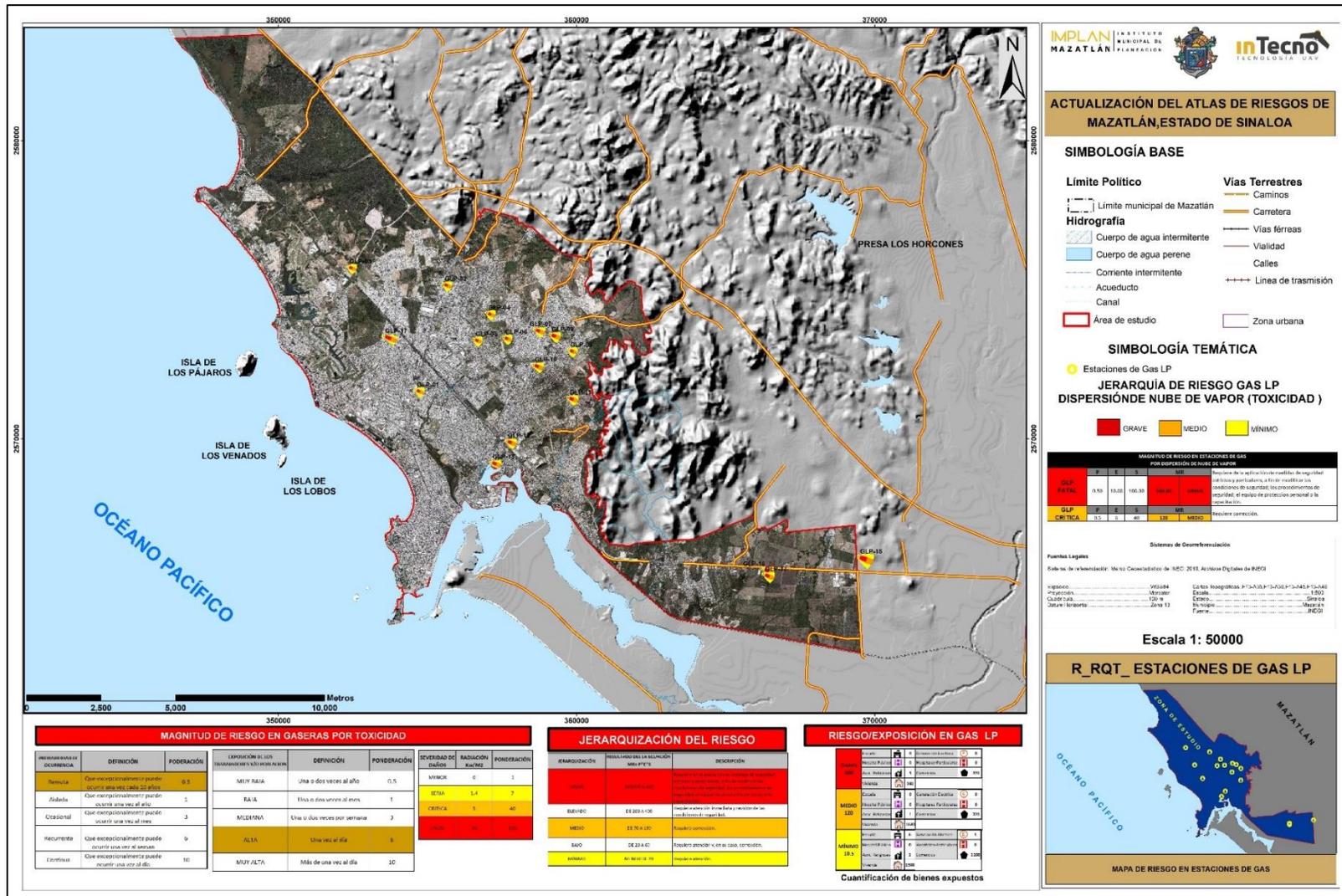


Figura IV.18. Mapa de Riesgo/Exposición por dispersión de nube de vapor en gaseras. Fuente. Elaboración propia.

Inventario de bienes y población expuestos a Amoniaco Dispersión de vapor (Nube Tóxica)

TOTAL DE 8 INDUSTRIAS QUE MANEJAN AMONIACO DISPERSIÓN DE NUBE DE VAPOR (TÓXICA)			
Número de población en Riesgo		Número de comercios en Riesgo	
GRAVE	855	GRAVE	31
ELEVADO	1109	ELEVADO	105
MEDIO	6007	MEDIO	1241

Tabla IV.16. Población y comercios expuestos por dispersión de nube de vapor tóxica de amoniaco en Mazatlán. Fuente. Elaboración propia.

GRAVE 500	Escuela		0	Generación Electrica		0
	Hospital Público		0	Hospitales-Particulares		0
	Asoc. Religiosas		1	Comercios		300
	Vivienda		1200			
MEDIO 120	Escuela		3	Generación Electrica		0
	Hospital Público		3	Hospitales-Particulares		0
	Asoc. Religiosas		5	Comercios		35
	Vivienda		1700			
MÍNIMO 10.5	Escuela		13	Generación Electrica		1
	Hospital Público		4	Hospitales-Particulares		2
	Asoc. Religiosas		2	Comercios		8938
	Vivienda		3790			

Tabla IV.17. Establecimientos expuestos por dispersión de nube de vapor tóxica de Amoniaco en Mazatlán. Fuente. Elaboración propia.

Para el Cloro gas no represento análisis cualitativo ya que no hay población cercana que pueda afectar, solo se tomó en cuenta el personal que labora dentro de la institución.

INDUSTRIA QUE MANEJA CLORO GAS DISPERSIÓN DE NUBE DE VAPOR (TÓXICA)			
Número de población en Riesgo		Número de comercios en Riesgo	
GRAVE	10	GRAVE	0
ELEVADO	0	ELEVADO	0
MEDIO	0	MEDIO	0

Tabla IV.18. Población y comercios expuestos por dispersión de nube de vapor tóxica de Cloro Gas en Mazatlán. Fuente. Elaboración propia.

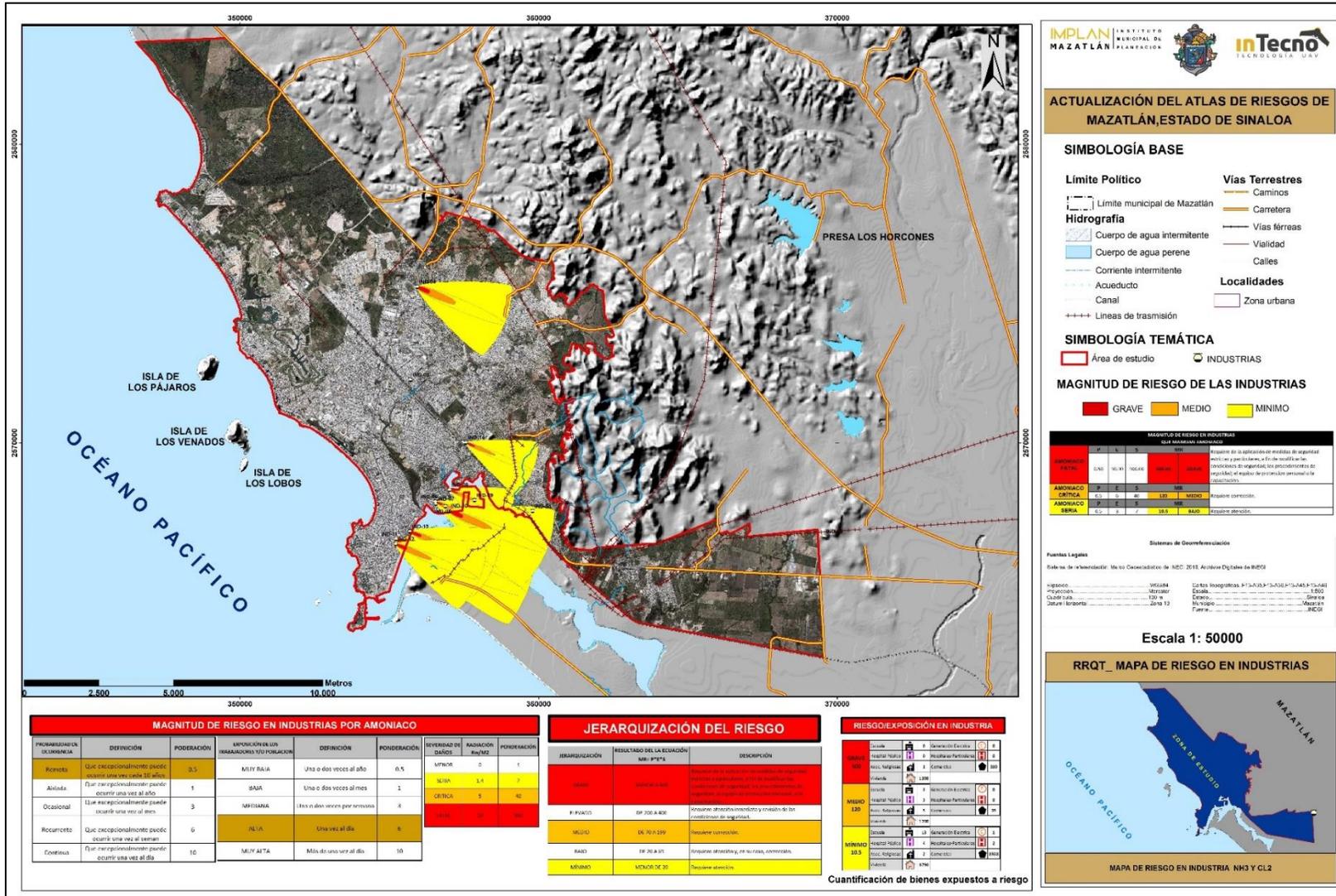


Figura IV.19. Mapa de Riesgo/Exposición por dispersión de nube de vapor tóxica de Amoníaco. Fuente. Elaboración propia.

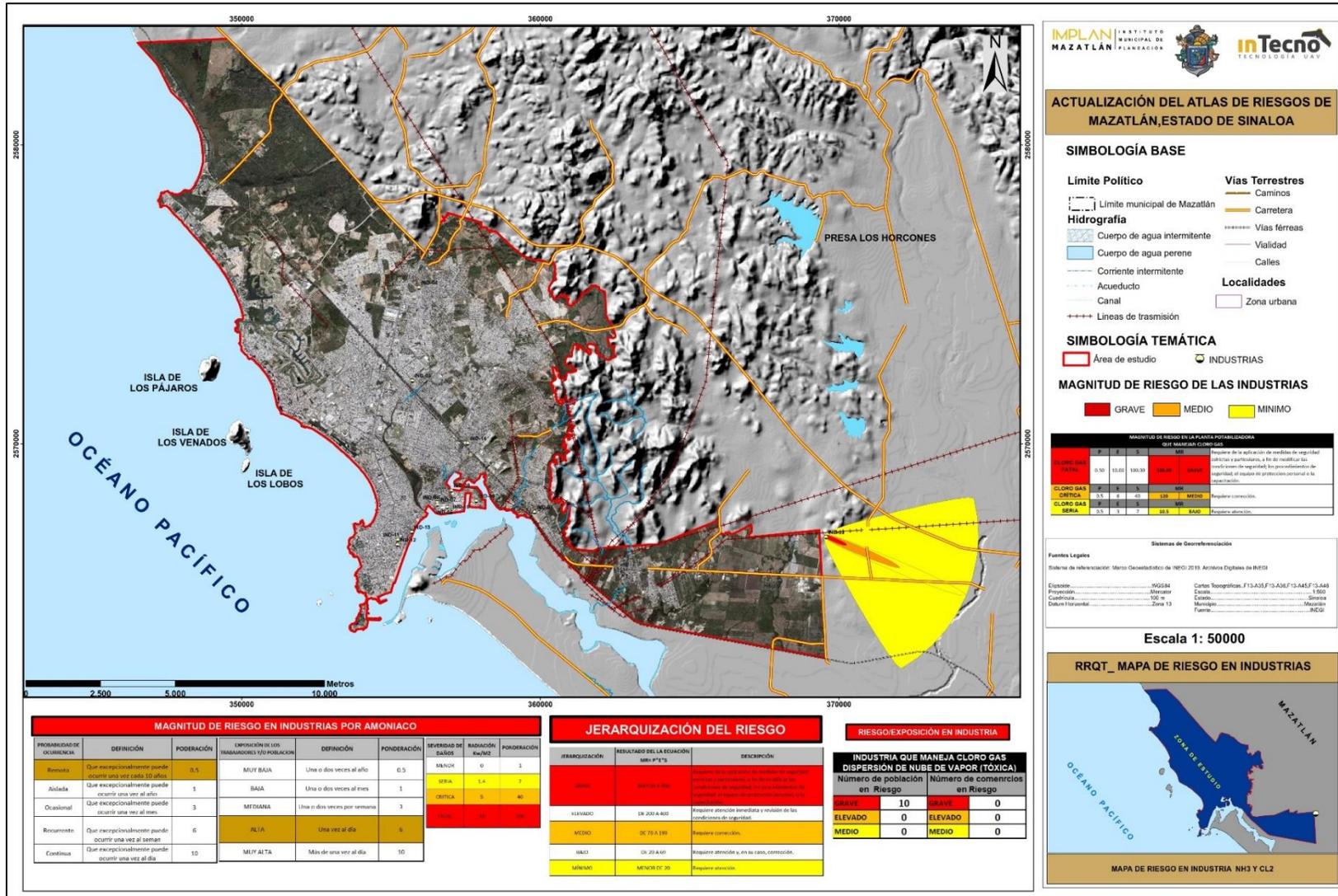


Figura IV.20. Mapa de Riesgo/Exposición por dispersión de nube de vapor tóxica de Cloro Gas. Fuente. Elaboración propia.

V Propuestas de Solución

El principal problema de la Ciudad de Mazatlán ha sido el crecimiento urbano sin control de los últimos 20 años, el cual ha ido invadiendo las zonas de las lagunas, cauces de arroyos y cuerpos de agua en general.

Aunado a lo anterior se tiene que, en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, no existe una política hídrica que regule tanto el asentamiento de nuevos desarrollos, habitacionales y turísticos, así como los parámetros hidrológicos de diseño que permitan construir obras capaces de desalojar las aguas pluviales y fluviales que se generan.

En consecuencia, con el presente trabajo se proponen obras y acciones de manera enunciativas para mitigar los efectos que generan malestar y ponen en peligro a las vidas humanas. Estas acciones se han definido como estructurales y no estructurales.

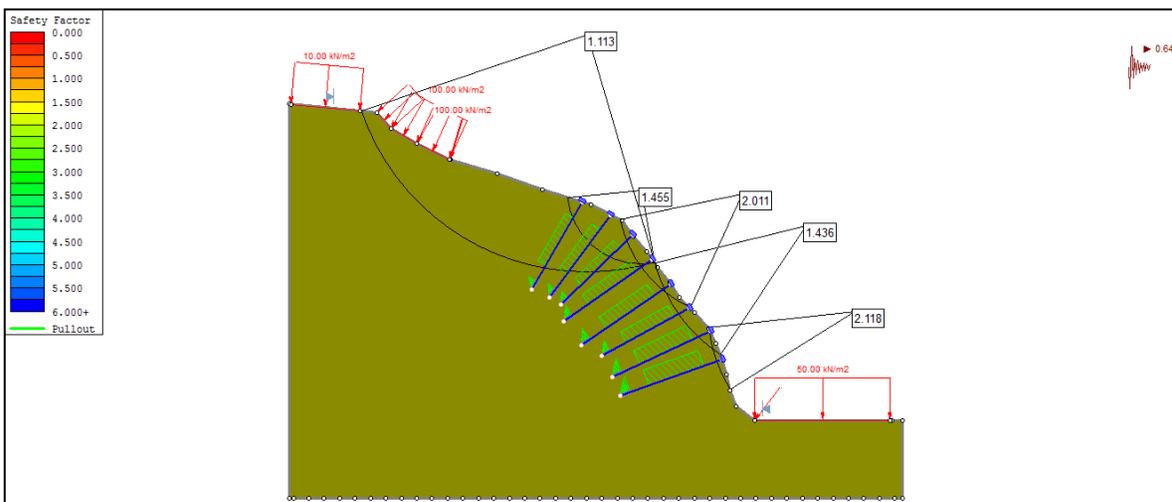
No estructurales

1. Estudio integral para el manejo y control de avenidas para la ciudad de Mazatlán Sinaloa.
2. Estudio de factibilidad técnica para la construcción de la presa para el control de avenidas en el cauce del Arroyo Jabalines a la altura del lugar denominado Mira Valles.
3. Revisión de la capacidad hidráulica de los cárcamos de bombeo para el desalojo de las aguas pluviales en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa.
4. Estudio para la delimitación de las zonas federales del cauce del arroyo Jabalines y sus afluentes.

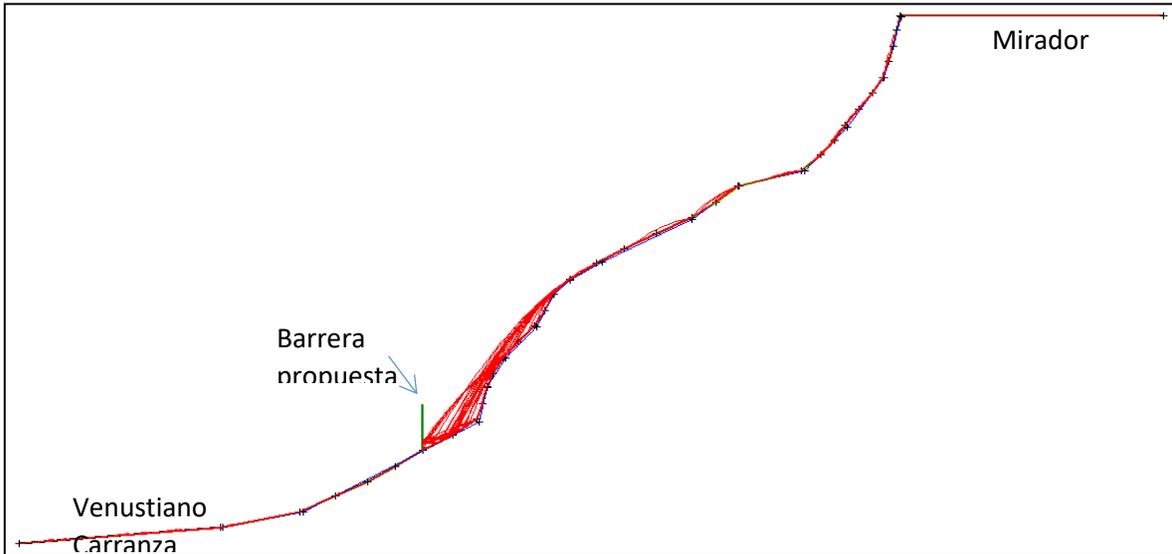
5. Diseño del sistema de alertamiento en tiempo real de la ciudad de Mazatlán Sinaloa (estaciones climatológicas automatizadas).
6. Estudio topográfico para determinar la configuración batimétrica de los cuerpos de agua más importantes en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, entre ellos el Estero Escopoma, Estero el Yugo, Laguna Camarones, Estero Infiernillo y Estero Urías.
7. Actualización del Catastro en la ciudad de Mazatlán Sinaloa.
8. Estudio geotécnico para la zonificación de los tipos de suelos y sus características en la ciudad de Mazatlán Sinaloa.

Estructurales

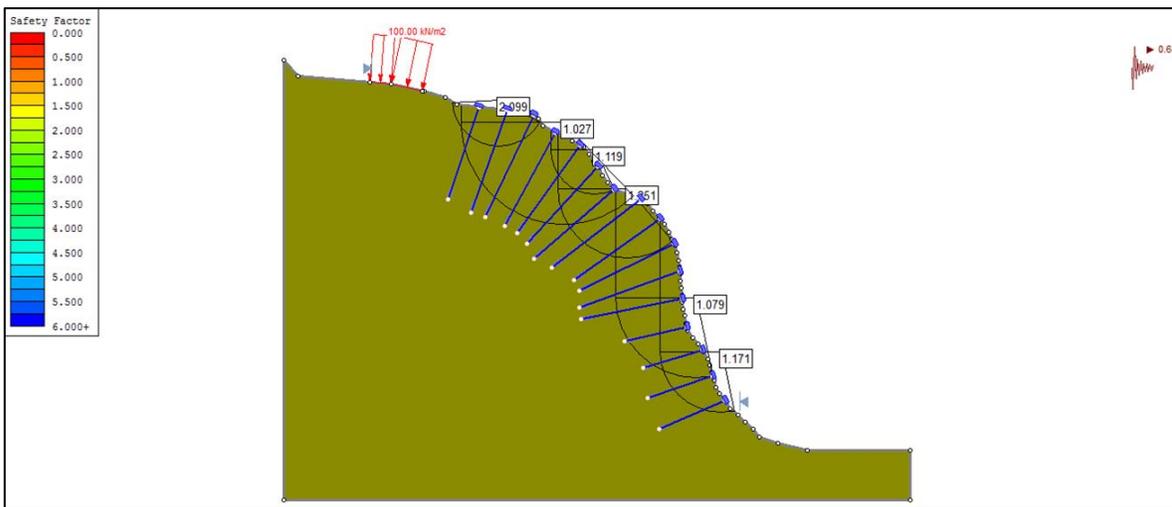
1. Desazolve continuo del arroyo Jabalines.
2. Desazolve del Estero Infiernillo.
3. Construcción de parque lineal o malecón o paseo en ambas márgenes del estero Infiernillo.
4. Instalación de compuertas tipo charnela en las descargas de los pluviales hacia el mar.
5. Para estabilizar los desprendimientos de los distintos cerros se propone lo siguiente:



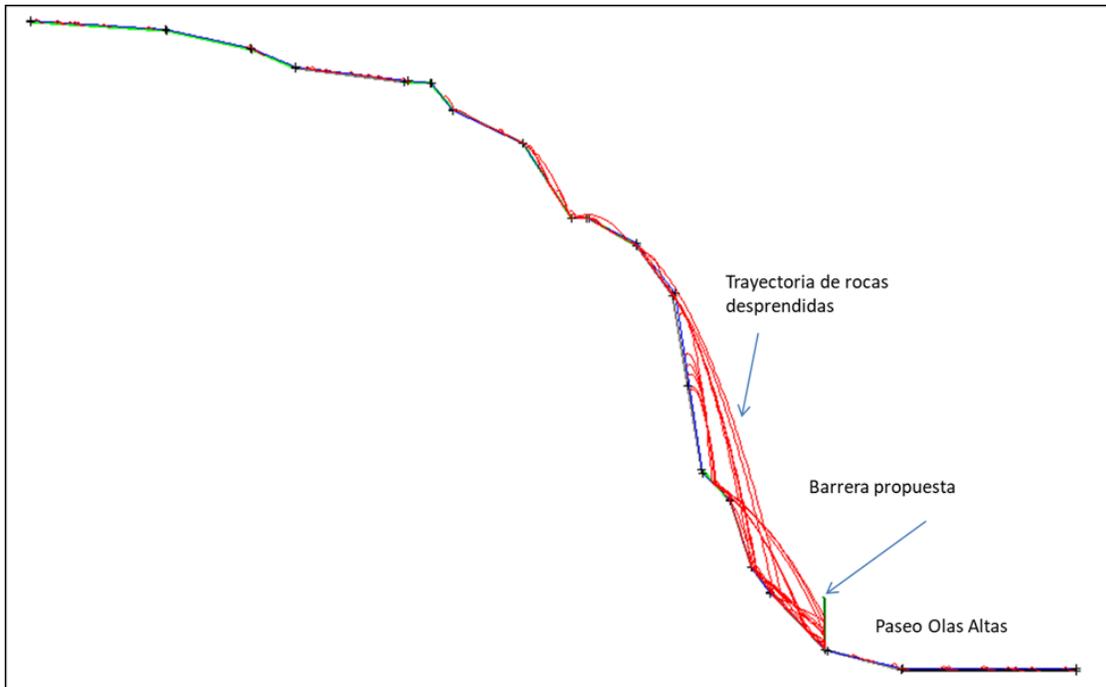
Cerro el Vigía. Estabilización mediante anclas



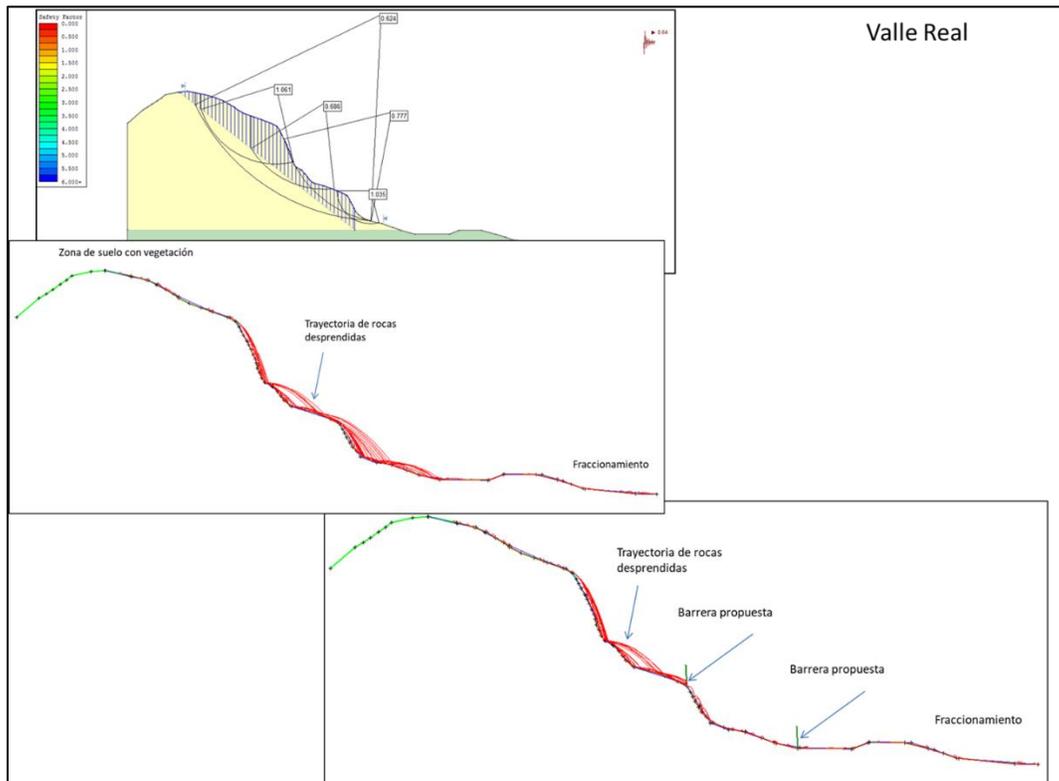
Cerro el Vigía. Muro de Contención



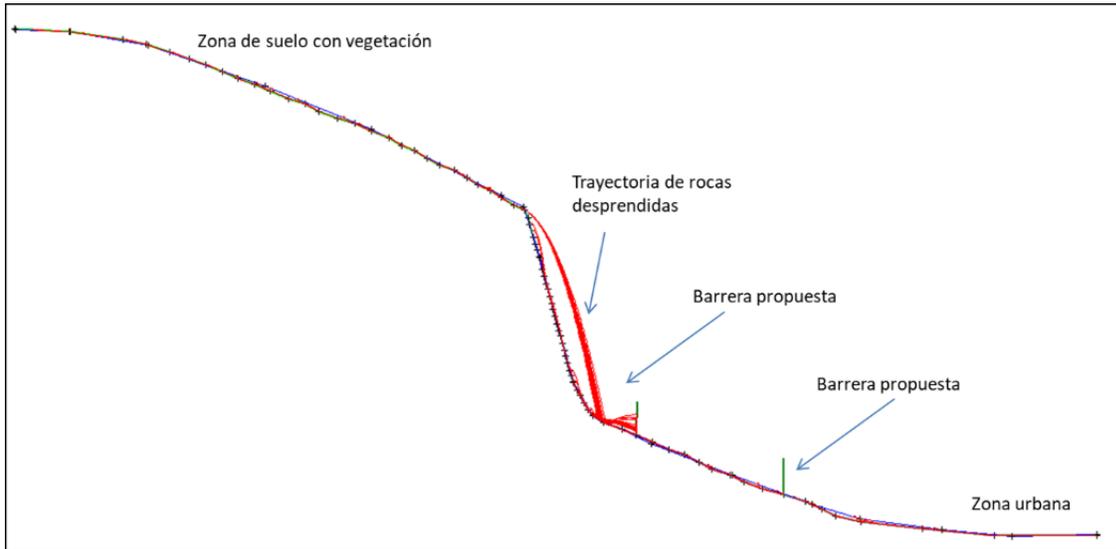
Cerro de Nevería. Estabilización mediante anclas



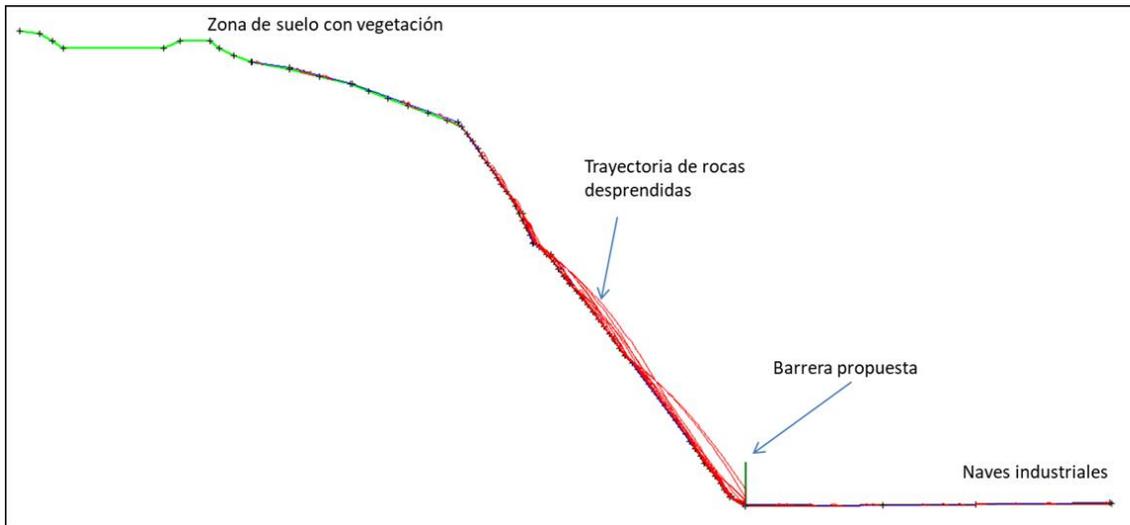
Cerro de Nevería. Muro de Contención.



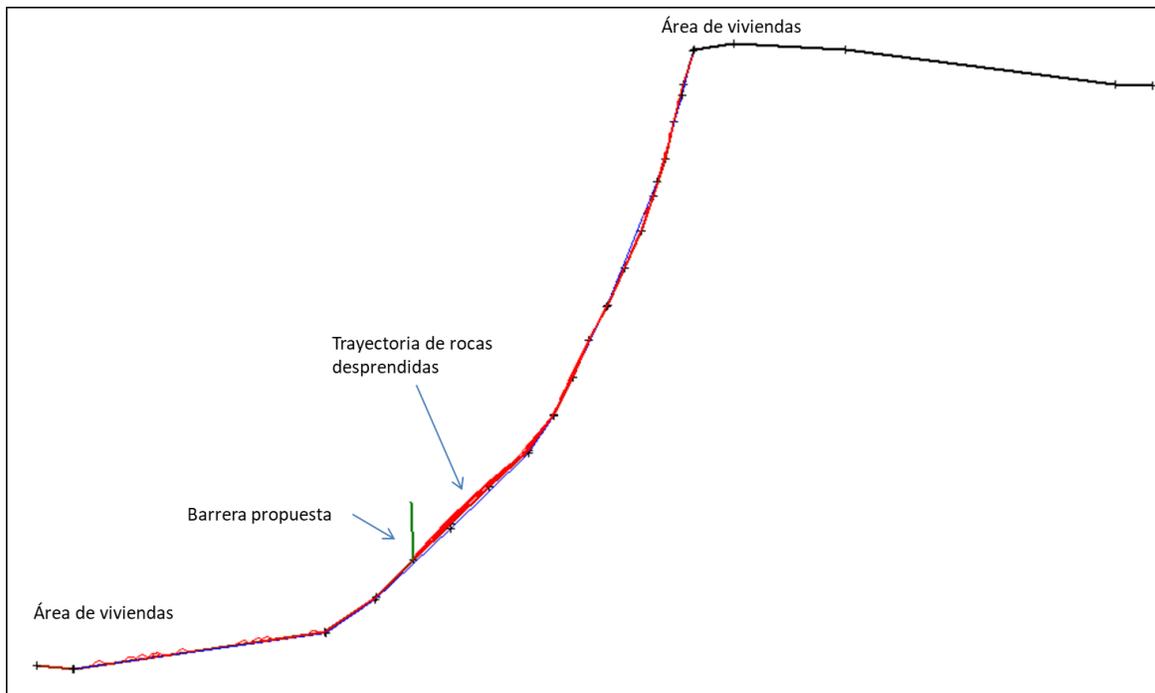
Valle Real. Muro de Contención.



Felipe Ángeles. Muro de Contención.



Cerro del Colorado. Muro de Contención



Cerro del Obispo. Muro de Contención

Priorización de acciones.

Se propone que se deberán realizar al corto y mediano plazo las acciones no estructurales, es decir los estudios y proyectos ejecutivos para determinar las obras necesarias para mitigar los efectos de los fenómenos naturales.

En segundo orden se tendrán que realizar a mediano plazo las acciones estructurales en cuestiones geológicas, como son los escenarios aquí propuestos de obras posibles de solución.

Es importante aclarar que el desazolve del estero el Infiernillo es una actividad que se tiene que realizar de forma recurrente y periódica.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Aguirre Gerardo J. y Labarthe Guillermo H., 2003, Geological Society of America, Geology, v. 31; n° 9; p 773-776. Fissure ignimbrites: Fissure-Source origin for voluminous ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and its relationship with Basin and Range Faulting.
- 2.- Albinson T., Norman D., Cole D., Chomiak B., 2001, p. 1-32, Society of Economic Geologist, special publications n° 8, Controls on Formations of Low –Sulfidation Epithermal Deposits in México: Constraints from Fluid Inclusion and Stable Isotope Data.
- 3.- Alcántara Garduño M.E & Gonzáles Morán T. (2001) *Modelado de radios de afectación por explosiones en instalaciones de gas*. CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES.
- 4.- Altamirano Sánchez E. & Fernández Villagómez G. (2001), *Prácticas apropiadas para disminuir los riesgos ambientales por manejo de gasolinas en estaciones de servicio*. 1ra ed. CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES.
- 5.- Arcos Serrano, M. and Izcapa Treviño, C. (2003). *Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México*. 1st ed. CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES.
- 6.- Beraud Lozano, José Luis, & Covalente Rodríguez, César, & Beraud Martínez, Igor Piotr (2009). Vulnerabilidad Socioambiental en Mazatlán, México. Cuadernos Geográficos (45) 31-62.
- 7.- Camprubí Antoni, Luca Ferrari et al, 2003, pp 1029-1037, Economic Geology, Ages of epithermal deposits in México: Regional Significance and Links with the evolution of tertiary volcanism.
- 8.- Aranda-Gómez J. J., Henry C. D., Luhr J. F., (2000). Evolución tectonomagmática post-paleocénica de la Sierra Madre Occidental y de la porción meridional de la provincia tectónica de Cuencas y Sierras, México. Bol. Soc. Geol. Mexicana V. LIII, PP. 59-71.
- 9.- Arredondo G. P., (2004). Caracterización Tectónica de las unidades Pre-Cenozoicas de la región de Mazatlán, Sinaloa. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología.
- 10.- Campa M. F., And Coney P. V., (1983). Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distributions in México. Department of Geosciences, University of Arizona, Tucson. A.Z. 85721, USA.
- 11.- Centeno G. E., (2005). Review of Upper Paleozoic and Lower Mesozoic stratigraphy and depositional environments of central and west Mexico: Constraints on terrane analysis and paleogeography Geological Society of America, Special Paper 393.
- 12.- Código estratigráfico norteamericano, 2010; Traducción al español por: Ricardo Barragán Manzo, Emiliano Campos-Madrigal, Ismael Ferrusquía-Villafranca, Isabel López-Palomino y Gustavo Tolson Instituto de Geología, U.N.A.M., Boletín 117, P. 1-48.
- 13.- Consejo de Recursos Minerales (1996). Informe Final Complementario de la Cartografía geológico- minera y geoquímica de la Hoja Mármol (F13-A35) Escala 1:50,000, Municipio de Mazatlán, Estado de Sinaloa.
- 14.- Consejo de Recursos Minerales (1997). Informe de la Cartografía geológico- minera y geoquímica de la Carta Mazatlán, clave F13-1 Escala 1: 250,000, estado de Sinaloa.
- 15.- Consejo de Recursos Minerales (2003). Informe de la Cartografía geológico- minera y geoquímica de la Carta Concordia, clave F13-A36 Escala 1: 50,000, estado de Sinaloa.
- 16.- Corbett G. J., (2004). Epithermal Au-Ag- The Magmatic Connection Comparisons between East and West Pacific rim. The Ishihara Symposium: Granites and Associated Metallogenesis. Geociencia Australia p. 1-50.

- 17.- Charles E. Chapin y Wolfgang E. Elston, Ash-Flow Tuffs, 1979, The Geological Society of America, Inc.
- 18.- Damon, P.E., Clark K. F. (1983). Geochronology of the porphyry copper deposits and Related Mineralization of Mexico. Archivo Técnico 250468, CRM.
- 19.- Ferrari L., Valencia M. M., Bryan S., (2005). Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica. Boletín de la Soc. Geol. Mexicana, Tomo LVII, Núm. 3, p. 343-378.
- 20.- Ferrari Luca, López M. Margarita, 1999, Geology; v. 27; n° 4; p. 303-306. Space-time patterns of Cenozoic arc volcanism in central México: From the Sierra Madre Occidental to Mexican Volcanic Belt.
- 21.- Ferrari Luca, López M. Margarita, Rosas E. José, 2002, Tectonics, v. 21, n° 4 p. 17-1-17-24; Ignimbrite flare-up deformation in the southern Sierra Madre Occidental, western México: Implications for the late subduction history of the Farallon plate.
- 22.- Ferrari Luca, López M. Margarita, 1999, Geology; v. 27; n° 4; p. 303-306. Space-time patterns of Cenozoic arc volcanism in central México: From the Sierra Madre Occidental to Mexican Volcanic Belt.
- 23.- Ferrari Luca, López M. Margarita, Rosas E. José, 2002, Tectonics, v. 21, n° 4 p. 17-1-17-24; Ignimbrite flare-up deformation in the southern Sierra Madre Occidental, western México: Implications for the late subduction history of the Farallon plate.
- 24.- Ferrari Luca, Valencia M. Martin, Bryan Scout, 2005, p 343-378 Bol. Soc. Geol. Mexicana. Magmatismo y tectónica en la Sierra Madre Occidental y su relación con la evolución de la margen occidental de Norteamérica.
- 25.- Henry C. D., (1975). Geology and Geochronology of the Granitic Batholithic Complex, Sinaloa, México. Thesis Doctoral. The University of Texas at Austin, 170 p.
- 26.- Henry C. D., (1989). Late Cenozoic Basin and Range structure in western Mexico adjacent to the Gulf of California. Geol. Soc. America Bulletin, v. 101, p. 1147-1156.
- 27.- Henry C. D., Aranda-Gómez., J. J. (2000). Plate interactions control middle-late Miocene, proto-Gulf and Basin and Range extension in the southern Basin and Range. Elsevier, Tectonophysics, 318 p. 1-26.
- 28.- Henry C. D., (2003). Geology and geochronology of granitic batholithic complex, Sinaloa, México: Implications for Cordilleran magmatism and tectonics. Geological Society of America, Special Paper 374.
- 29.- Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, México, 2005. Última reforma publicada en el *Diario Oficial de la Federación* del 25/10/2005.
- 30.- Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGGEPA). México, 2007. Última reforma publicada en el *Diario Oficial de la Federación* del 05/07/2007.
- 31.- Ley General de Salud. Secretaría de Salud. México, 2006. Última reforma publicada en el *Diario Oficial de la Federación* del 19/06/2007.
- 32.- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México, 2007. Última reforma publicada en el *Diario Oficial de la Federación* del 19/06/2007.
- 33.- López Ramos E. Geología de México, 1980, Tomo II, 2ª ed.
- 34.- McDowell Fred W. y Clabaugh S. E, 1979, Geological Society of America, Special Paper 180, p. 113-124, Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and Their Relation to the tectonic history of western México.
- 35.- McDowell W. F., and Keizer P. R., (1977). Timing of mid- Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City Mazatlán, México. Geol. Soc. America Bulletin, v. 88, p 1479-1487.
- 36.- McDowell Fred W. y Clabaugh S. E., Revista del Instituto de Geología UNAM, vol. 5 num. 2, 1981, The Igneous History of the Sierra Madre Occidental and its Relation to the Tectonic Evolution of Western México.

- 37.-** Peccerillo, R. y Taylor, S. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 58: 63-81 p.
- 38.-** Reglamento en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, México, 1988.
- 39.-** Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, México, 1993. Última reforma publicada en el *Diario Oficial de la Federación* del 28/11/2003.
- 40.-** Servicio Geológico Mexicano (1995). Cartografía geológico- minera de la Carta Mármol, clave F13-A35 Escala 1: 50,000, estado de Sinaloa.
- 41.-** Sillitoe R.H., Hedenquist J.W. 2003. Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits. *Society of Economic Geologists*.