



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Evaluación de los posibles riesgos  
asociados a un accidente ocurrido en  
el Puerto de Manzanillo ocasionado  
por el dicitlopentadieno liberado de  
un ISOtanque**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniera Ambiental**

**P R E S E N T A N**

Adriana Hernández Peñafort  
Vianey Estrella Rico Guzmán

**DIRECTORA DE TESIS**

Dra. Georgina Fernández Villagómez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y  
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL  
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado EVALUACION DE LOS POSIBLES RIESGOS ASOCIADOS A UN ACCIDENTE OCURRIDO EN EL PUERTO DE MANZANILLO OCASIONADO POR EL DICICLOPENTADIENO LIBERADO DE UN ISOTANQUE que presenté para obtener el título de INGENIERO AMBIENTAL es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

---

**ADRIANA HERNANDEZ PEÑAFORT**  
Número de cuenta: 317185106



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y  
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL  
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado EVALUACION DE LOS POSIBLES RIESGOS ASOCIADOS A UN ACCIDENTE OCURRIDO EN EL PUERTO DE MANZANILLO OCASIONADO POR EL DICICLOPENTADIENO LIBERADO DE UN ISOTANQUE que presenté para obtener el título de INGENIERO AMBIENTAL es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

---

VIANEY ESTRELLA RICO GUZMAN  
Número de cuenta: 317131646

## DEDICATORIA

### Adriana

**A mis padres, Salomé Peñafort y Martin Hernández,** por su amor incondicional, su apoyo constante durante esta etapa de mi vida y por ser mi mayor inspiración. Gracias por motivarme a seguir adelante y creer en mí.

**A mi hermano Marco Antonio,** por estar desde el inicio de la carrera universitaria, cuando todo parecía más difícil. Gracias por ayudarme a entender cuando sentía que no podía, y por apoyarme con tus consejos siempre que los necesité.

**A Lucas, Coco y Mochi,** por ser mis más fieles compañeros. Gracias por alegrarme la vida y por siempre brindarme su amor incondicional.

**A mi compañera de tesis y amiga, Estrella,** por tu paciencia, tu compromiso y por acompañarme en esta etapa de la vida llena de retos y aprendizajes. Sin ti, esto no habría sido posible.

**A mis amigas, Lupita, Cielo, Fedra y Samantha,** por su apoyo y amistad durante esta etapa.

### Vianey

**A Dios,** por la protección en cada día y la esperanza cuando más la necesité.

**A mis padres,** por su amor incondicional, por aguantarme en mis peores momentos, por enseñarme a ser fuerte y a nunca rendirme. Sus palabras, su ejemplo de lucha diaria y sus historias han sido el pilar de mi vida. Les agradezco por siempre confiar en mí y en mis disparates, por darme la oportunidad de conocer el mundo y de cuestionar.

**A mis hermanas, mis mejores amigas,** que con su cariño, apoyo y confianza me fueron guiando. Gracias por ser mi familia, mi razón de ser y ese pedacito de cielo cuando más lo necesitaba.

**A mis abuelos,** que desde el cielo o aquí en la tierra, han sido mi ejemplo y refugio. Ustedes me inspiran a ser mejor, a no dejar de intentar, a levantarme una vez más, a seguir mis sueños.

**A mis amigos, compañeros de carrera,** a quienes llenaron mis días de música y actuaciones, por estar ahí en las desveladas y en las risas. Y a mi coautora de esta tesis, por su esfuerzo y por tanto que hemos vivido en este viaje, por ser más que una compañera.

Gracias a todos ustedes.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A nuestra tutora, la Dra. Georgina Fernández,** por sus consejos y apoyo durante todo este proceso. Por compartir con nosotras su experiencia y conocimientos. Gracias por su amabilidad y por ser una gran guía.

**A nuestro comité tutorial y al jurado,** por sus consejos, correcciones y aportaciones a nuestro trabajo.

**A nuestro profesores y profesoras,** por compartir con nosotras no solo sus conocimientos, sino también la pasión que tienen por el cuidado del ambiente. Sin sus valiosas enseñanzas, este logro no sería posible.

**A la UNAM,** por brindarnos la oportunidad de crecer no solo académicamente, sino también personalmente. Gracias por darnos las herramientas necesarias para expandir nuestros conocimientos.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>1.INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	7
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.4. OBJETIVOS.....	10
1.4.1. Objetivo general .....	10
1.4.2. Objetivos específicos.....	10
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES .....	10
<b>CAPÍTULO II</b> .....	12
<b>2.LEGISLACIÓN AMBIENTAL</b> .....	12
2.1. Legislación internacional.....	12
2.2. Legislación nacional.....	13
2.3. Normatividad ISO.....	17
2.4. Tipos de buques que transportan materiales peligrosos.....	19
2.4.1. Buques de carga general.....	19
2.4.2. Buques portacontenedores .....	19
2.4.3. Buques graneleros.....	20
2.4.4. Buques frigoríficos .....	21
2.4.5. Buques petroleros.....	21
2.4.6. Buques Roll-On/Roll-Off (Carga Rodada).....	22
2.4.7. Buques para gases licuados.....	22
2.4.8. Buques para cargas químicas .....	22
2.4.9. Buques float-on/float-off.....	23
2.4.10. Barcazas .....	23
2.5. Tipos de puertos .....	24
2.6. Puertos que pueden recibir buques con materiales peligrosos en México.....	25
<b>CAPÍTULO III</b> .....	29
<b>3.CASO DE ESTUDIO: PUERTO DE MANZANILLO, MÉXICO</b> .....	29
3.1. Ubicación .....	29
3.2. Clima y temperatura.....	31
3.3. Velocidad del viento .....	33
3.4. Flora y fauna .....	34

3.5. Operaciones de carga y turismo .....	38
3.6. Infraestructura del puerto .....	38
3.7. Reglas de operación del Puerto de Manzanillo .....	40
3.8. Requisitos .....	43
3.9. Principales mercancías que arriban al Puerto de Manzanillo.....	44
3.10. Caso estudio: Accidente por derrame químico en Hutchison Ports TIMSA Manzanillo, Colima .....	44
3.10.1. Descripción del ISOtanque .....	46
3.10.2. Proceso de izaje .....	48
3.10.3. Dicitopentadieno .....	50
3.10.4. Análisis Preliminar de Riesgos (APR).....	51
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>54</b>
<b>4. MODELACIÓN Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>54</b>
4.1. Modelación del accidente en ALOHA.....	54
4.2. Evaluación de resultados .....	57
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>63</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>63</b>
Recomendaciones .....	66
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>68</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>79</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b> Accidentes importantes de 1960 a 2024 con mercancías peligrosas durante el transporte marítimo. ....	2
<b>Tabla 2.1.</b> Legislación Internacional .....	12
<b>Tabla 2.2.</b> Legislación mexicana aplicable a transporte de mercancías peligrosas. ....	14
<b>Tabla 2.3.</b> Normas Oficiales Mexicanas aplicables.....	16
<b>Tabla 2.4.</b> Normas ISO. ....	18
<b>Tabla 2.5.</b> Clasificación de puertos de acuerdo a la Ley de Puertos año 2020. ....	24
<b>Tabla 2.6.</b> Puertos mexicanos que pueden recibir buques con mercancías peligrosas	25
<b>Tabla 3.1.</b> Especies cercanas a la zona .....	36
<b>Tabla 3.2.</b> Capítulos del reglamento de operaciones del Puerto de Manzanillo .....	40
<b>Tabla 3.3.</b> Componentes de un ISOtanque que transporta dicitopentadieno .....	47
<b>Tabla 3.4.</b> Componentes de un ISOtanque que transporta dicitopentadieno .....	51

<b>Tabla 4.1.</b> Datos usados en la modelación .....	54
<b>Tabla 4.2.</b> Resultados de la modelación de nube tóxica.....	58
<b>Tabla 4.3.</b> Resultados de la modelación área inflamable de la nube de vapor .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> <i>Buques de carga general</i> .....	19
<b>Figura 2.2.</b> <i>Buques portacontenedores.</i> .....	20
<b>Figura 2.3.</b> <i>ISOtanque.</i> .....	20
<b>Figura 2.4.</b> <i>Buque granelero</i> .....	20
<b>Figura 2.5.</b> <i>Buque Frigorífico</i> .....	21
<b>Figura 2.6.</b> <i>Buque Petrolero</i> .....	21
<b>Figura 2.7.</b> <i>Buques de carga Rodada</i> .....	22
<b>Figura 2.8.</b> <i>Buque para gas licuado</i> .....	22
<b>Figura 2.9.</b> <i>Buque para cargas de sustancias químicas</i> .....	23
<b>Figura 2.10.</b> <i>Buque float-on/float-off</i> .....	23
<b>Figura 2.11.</b> <i>Barcazas</i> .....	24
<b>Figura 3.1.</b> <i>Ubicación del Puerto de Manzanillo</i> .....	30
<b>Figura 3.2.</b> <i>Fotografías de la zona de carga y descarga del Puerto de Manzanillo, Colima, México</i> .....	31
<b>Figura 3.3.</b> <i>Climas presentes en el Puerto de Manzanillo</i> .....	32
<b>Figura 3.4.</b> <i>Temperatura máxima promedio en el Puerto de Manzanillo</i> .....	33
<b>Figura 3.5.</b> <i>Uso del suelo y vegetación de la zona costera, Región Pacifico Centro</i> ....	35
<b>Figura 3.6.</b> <i>Plano del Puerto de Manzanillo</i> .....	39
<b>Figura 3.7.</b> <i>Buque EVER LEARNED</i> .....	45
<b>Figura 3.8.</b> <i>Grúa tipo Gottwald</i> .....	45
<b>Figura 3.9.</b> <i>Accidente en Puerto Manzanillo.</i> .....	45
<b>Figura 3.10.</b> <i>Componentes de un ISOtanque que transporta dicitlopentadieno.</i> .....	46
<b>Figura 3.11.</b> <i>Partes del diseño de una grúa Gottwald.</i> .....	49
<b>Figura 3.12.</b> <i>Estructura del dicitlopentadieno</i> .....	50
<b>Figura 4.1.</b> <i>Modelación nube tóxica</i> .....	56
<b>Figura 4.2.</b> <i>Modelación área inflamable</i> .....	57

<b>Figura 4.3.</b> <i>Población afectada en caso de formación de nube de vapor tóxico.....</i>	<b>58</b>
<b>Figura 4.4.</b> <i>Población afectada en caso de inflamabilidad.....</i>	<b>59</b>
<b>Figura 5.5.</b> <i>Transporte y dispersión del dicitlopentadieno.....</i>	<b>66</b>

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. ANTECEDENTES**

Los primeros navegantes, para la satisfacción de las necesidades básicas como el alimento y vestido, utilizaban balsas o canoas para atravesar los ríos o costas cercanas. Con el paso del tiempo se construyeron barcos de mayores dimensiones y resistentes que permitieron rutas lejanas, un ejemplo de ello son las cruzadas que se llevaron a cabo durante la edad media y el descubrimiento de América en 1492, provocando cambios económicos, sociales y políticos que ocurrieron gradualmente, lo que tuvo un efecto decisivo en el comercio ya que provocaron el desplazamiento de personas de occidente a oriente, así como la movilización de la riqueza de un lugar a otro (Dávalos, 2010, cap. 1).

En el siglo XIX, la revolución industrial trajo consigo un gran avance en la construcción de barcos, que desencadenó el crecimiento en el intercambio de mercancías, gracias a los avances en la tecnología, tanto en las técnicas de navegación como en los procesos industriales, así como el incremento en la demanda de productos. De los cuales algunos requerían para su producción de mercancías denominadas como peligrosas, que se siguen empleando actualmente. Esto ha llevado a que se tengan importantes riesgos sanitarios y ambientales. De tal forma que, de más de cien mil sustancias químicas en el comercio mundial, aproximadamente ocho mil, son consideradas peligrosas (Anglés Hernández, 2024; Instituto Nacional de Ecología, 1997; Lave, 1989).

Ante estos riesgos potenciales se han tomado diferentes medidas a nivel nacional e internacional, a través de la celebración de asambleas científicas y acuerdos cuyo objetivo ha sido disminuir o evitar el empleo de determinadas sustancias (Anglés Hernández, 2024; Cortinas de Nava Cristina, 1992). Además de realizar la regulación en su transportación como la creación del Código Internacional de Transporte de Mercancías Peligrosas por Vía Marítima que fue publicado en 1965 por la Organización Marítima Internacional (OMI) con la finalidad de imponer un conjunto de reglas obligatorias respecto al transporte de mercancías nocivas, explosivas, tóxicas o radiactivas por medios marítimos (Marítima Sureste. 2024) y con esto garantizar la seguridad de las personas y del medio ambiente. De acuerdo con lo anterior, es posible decir que el transporte marítimo y su regulación es fundamental para cualquier programa

de desarrollo sostenible, ya que el mundo depende de un transporte marítimo internacional que sea protegido, seguro y eficiente (OMI, 2024).

La OMI, señala que el transporte marítimo internacional contribuye con aproximadamente el 80% del total del traslado de mercancías alrededor del mundo. Este medio de transporte desempeña un papel crucial en la conectividad global, facilitando el intercambio de materiales, productos o servicios (OMI, 2020).

Sin embargo, los accidentes que involucran buques durante el transporte de mercancías peligrosas representan una preocupación significativa, puesto que generan impactos negativos al medio ambiente. A lo largo de la historia, se han registrado diversos accidentes que han impactado los océanos, haciéndolos más vulnerables. La Tabla 1.1 presenta algunos de los accidentes con mercancías peligrosas que se han suscitado durante el transporte marítimo internacional, lo que da una visión contextualizada de la magnitud de estos eventos y subraya la necesidad de sugerir medidas preventivas y protocolos de seguridad más rigurosos.

**Tabla 1.1.** *Accidentes importantes de 1960 a 2024 con mercancías peligrosas durante el transporte marítimo.*

Accidente	Lugar	Año	Sustancia	Link
Derrame de más de 66 500 toneladas del Sinclair Petrolore.	São Paulo, Brasil	1960	Petróleo	<a href="https://markleen.com/es/especialistas-derrames/grandes-desastres-de-derrames-en-el-mar/#:~:text=%C2%B7%20Sinclair%20Patrolore%20(Brasil%2C%201960)&amp;text=El%20Sinclair%20Petrolore%20era%20una,de%20miles%20de%20especies%20marinas.">https://markleen.com/es/especialistas-derrames/grandes-desastres-de-derrames-en-el-mar/#:~:text=%C2%B7%20Sinclair%20Patrolore%20(Brasil%2C%201960)&amp;text=El%20Sinclair%20Petrolore%20era%20una,de%20miles%20de%20especies%20marinas.</a>
La embarcación Torrey Canyon encalló y se hundió,	Cornwall, Inglaterra	1967	Petróleo	<a href="https://www.oilspillresponse.com/es/medios-de-">https://www.oilspillresponse.com/es/medios-de-</a>

derramando más de 100 000 toneladas de petróleo, afectando las costas de Bretaña y Francia				<a href="https://www.remembering-torrey-canyon/">comunicaci 60n/news/remembering-torrey-canyon/</a>
La embarcación Urquiola encalló y se incendió	Galicia, España	1976	Petróleo	<a href="https://www.coruna.gal/web/es/actualidad/noticias/noticia/el-urquiola/suceso/1453616171316?argldioma=es">https://www.coruna.gal/web/es/actualidad/noticias/noticia/el-urquiola/suceso/1453616171316?argldioma=es</a>
El buque Olympic Bravery se partió en dos frente a la costa de Francia, derramando el combustible.	Ouessant, Francia	1976	Petróleo	<a href="https://markleen.com/es/especialistas-derrames/grandes-desastres-de-derrames-en-el-mar/">https://markleen.com/es/especialistas-derrames/grandes-desastres-de-derrames-en-el-mar/</a>
El Amoco Cadiz encalló frente a las costas de Bretaña, Francia. alrededor de 31 000 toneladas de combustible fueron derramadas.	Bretaña, Francia	1978	Petróleo	<a href="https://cmlcmidatibase.org/matter-oil-spill-amoco-cadiz-coast-france-16-march-1978">https://cmlcmidatibase.org/matter-oil-spill-amoco-cadiz-coast-france-16-march-1978</a>
Colisión entre los buques Aegean Captain y el Atlantic Empress, derramando aproximadamente 287 mil toneladas de petróleo.	Puerto España, Trinidad y Tobago	1979	Petróleo	<a href="https://markleen.com/es/especialistas-derrames/grandes-desastres-de-derrames-en-el-mar/">https://markleen.com/es/especialistas-derrames/grandes-desastres-de-derrames-en-el-mar/</a>

<p>Nafragio del buque Castillo de Bellver donde se derramaron 252 mil toneladas de petróleo.</p>	<p>Cabo de Buena Esperanza, Sudáfrica</p>	<p>1983</p>	<p>Petróleo</p>	<p><a href="https://markleen.com/es/especialistas-derrames/grandes-desastres-de-derrames-en-el-mar/">https://markleen.com/es/especialistas-derrames/grandes-desastres-de-derrames-en-el-mar/</a></p>
<p>Exxon Valdez, el barco petrolero encalló tras desviarse de su ruta, derramando 38 000 toneladas de petróleo.</p>	<p>Prince William Sound, Alaska</p>	<p>1989</p>	<p>Petróleo</p>	<p><a href="https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/01/100114_0457_exxon_sigue_desastre_jrg">https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/01/100114_0457_exxon_sigue_desastre_jrg</a></p>
<p>El buque petrolero ABT SUMMER, con un cargamento de 260.000 toneladas de petróleo crudo, sufrió una explosión y un incendio a 900 millas de la costa de Angola.</p>	<p>Angola, África Central</p>	<p>1991</p>	<p>Petróleo</p>	<p><a href="https://www.itopf.org/in-action/case-studies/abt-summer-off-angola-1991/">https://www.itopf.org/in-action/case-studies/abt-summer-off-angola-1991/</a></p>
<p>Derrame de sustancias químicas peligrosas por falla de corto circuito en el buque noruego Betula</p>	<p>Michoacán, México</p>	<p>1993</p>	<p>Ácido sulfúrico</p>	<p><a href="http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/2491/1/IIH-M-2010-0011.pdf">http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/2491/1/IIH-M-2010-0011.pdf</a></p>

El Sea Empress encalló en las costas de Gales resultando en un derrame de alrededor de 72 000 toneladas de petróleo	Gran Bretaña, Gales	1996	Petróleo	<a href="https://seos-project.eu/marinepollution/marinepollution-c02-p08.es.html">https://seos-project.eu/marinepollution/marinepollution-c02-p08.es.html</a>
El Erika se hundió frente a la costa de Bretaña	Bretaña, Francia	1999	Petróleo	<a href="https://www.itopf.org/in-action/case-studies/erika-west-of-france-1999/">https://www.itopf.org/in-action/case-studies/erika-west-of-france-1999/</a>
El buque Prestige, se hundió tras un accidente, vertiendo 63 000 toneladas de petróleo	Galicia, España	2002	Petróleo	<a href="https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-63588107">https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-63588107</a>
Un buque petrolero vierte más de 10 000 toneladas de crudo al oeste de Corea del Sur al colisionar con un buque hongkonés.	Seúl, Corea del Sur	2007	Petróleo	<a href="https://www.elmundo.es/elmundo/2007/12/07/ciencia/1197029674.html">https://www.elmundo.es/elmundo/2007/12/07/ciencia/1197029674.html</a>
Derrame de crudo de GoMS Louisiana, por explosión en una plataforma.	Louisiana, Estados Unidos	2010	Crudo	<a href="https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/10/101020_golfo_seis">https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/10/101020_golfo_seis</a>

				<u>meses_am</u>
Derrame de 3 000 litros de ácido sulfúrico durante operaciones de trasvase a un buque.	Sonora, México	2019	Ácido sulfúrico	<a href="https://elpais.com/sociedad/2019/07/11/actualidad/1562852835399726.html">https://elpais.com/sociedad/2019/07/11/actualidad/1562852835399726.html</a>
Explosión causada por la ignición de 2750 toneladas de nitrato de amonio en inadecuado almacenamiento	Beirut, Líbano	2020	Nitrato de amonio	<a href="https://news.un.org/es/story/2022/08/1512492#:~:text=El%20%20de%20agosto%20de,amonio%20en%20un%20almac%C3%A9n%20portuario.">https://news.un.org/es/story/2022/08/1512492#:~:text=El%20%20de%20agosto%20de,amonio%20en%20un%20almac%C3%A9n%20portuario.</a>
Fuga de combustible del X-Press Pearl, un buque con bandera de Singapur se incendió y hundió en la costa occidental.	Colombo, Sri Lanka	2022	Ácido nítrico y aceite	<a href="https://www.mundomaritimo.cl/noticias/popa-del-x-press-pearl-se-hunde-y-sri-lanka-se-prepara-para-posible-desastre-medioambiental#:~:text=El%20incendio%20se%20produjo%20cuando,incendiarse%20el%20%20de%20mayo.">https://www.mundomaritimo.cl/noticias/popa-del-x-press-pearl-se-hunde-y-sri-lanka-se-prepara-para-posible-desastre-medioambiental#:~:text=El%20incendio%20se%20produjo%20cuando,incendiarse%20el%20%20de%20mayo.</a>
Barco con toneladas de alcohol tóxico se hunde en EE.UU	Kentucky, Estados Unidos	2023	Alcohol	<a href="https://venezuela-news.com/barco-toneladas-alcohol-toxico-hunde-eeuu/">https://venezuela-news.com/barco-toneladas-alcohol-toxico-hunde-eeuu/</a>
Derrame de material	Colima,	2023	Diciclopentadieno	<a href="https://www.puer">https://www.puer</a>

<p>peligroso en recinto portuario de Manzanillo al momento de la descarga</p>	<p>México</p>			<p><a href="http://tomanzanillo.com.mx/espi/0000001/noticia.php?id=61">tomanzanillo.com.mx/espi/0000001/noticia.php?id=61</a></p>
<p>El buque derribó el puente de Baltimore transportaba 56 contenedores con materiales peligrosos, aproximadamente 764 toneladas de materiales corrosivos e inflamables</p>	<p>Baltimore, Estados Unidos</p>	<p>2024</p>	<p>Baterías de iones de litio</p>	<p><a href="https://www.dw.com/es/el-barco-que-choc%C3%B3-con-el-puente-de-baltimore-tiene-contenedores-con-qu%C3%ADmicos-peligrosos/a-68687248">https://www.dw.com/es/el-barco-que-choc%C3%B3-con-el-puente-de-baltimore-tiene-contenedores-con-qu%C3%ADmicos-peligrosos/a-68687248</a></p>

Lo que se puede destacar de la Tabla 1.1 es que existen varios accidentes marítimos que involucran sustancias consideradas como peligrosas a lo largo del tiempo y en distintas ubicaciones del mundo. El petróleo es la mercancía más recurrente involucrada en accidentes de transporte marítimo registrados en la tabla anterior, aunque existen otras como el dicitopentadieno, que también tienen consecuencias negativas hacia el ambiente.

**1.2. JUSTIFICACIÓN**

El dicitopentadieno es un subproducto del proceso del craqueo de nafta y gasóleos para obtener etileno, que se utiliza ampliamente para fabricar polímeros, tintas, adhesivos, baterías y algunos productos químicos agrícolas (Equilex, 2024). El mal manejo de esta mercancía puede llegar a provocar situaciones adversas a la salud humana por lo que es necesario estudiar sus efectos (INSST, 2018). Así mismo, el creciente consumo de esta mercancía en el mercado implica su constante transporte a diversos puertos alrededor del mundo. En México, se proyectó que en el periodo del año 2022 al año 2027 habría un incremento en su demanda (Mordor Intelligence, 2024), por ello es importante no solo tener un correcto manejo en su transporte sino también en su descarga en los puertos de salida y llegada.

Los puertos marítimos son infraestructuras críticas para el comercio y la economía mundial (Congreso Nacional ANIERM, 2024), en algunos de estos puertos se gestionan

mercancías peligrosas, lo cual plantea riesgos ambientales y económicos, así como en la operación, o en las variables políticas de seguridad (Romero D., 2017).

Por lo anterior, se necesita de la modelación, que es “la representación de un objeto o situación real que en el plano abstracto el hombre concibe para caracterizarlo y poder, sobre esa base, darle solución a un problema planteado” (Collazo Martínez et al., 2024; Álvarez de Zayas, 1996). La modelación de escenarios de accidentes es crucial para el entendimiento y mitigación de posibles impactos ambientales, además de la protección de vidas humanas y la economía local. Algunas de las herramientas empleadas son software como ALOHA, CALPUFF y AERMOD View que son utilizados por las industrias para modelar accidentes y procesos que manejan mercancías peligrosas con lo que ayudan a la estimación y reducción de riesgos con potencial de afectar a las comunidades cercanas.

La falta de estudios específicos que modelen los escenarios en caso de accidentes con mercancías peligrosas en puertos, deja un vacío importante en la planificación de respuestas efectivas, como fue el caso del puerto en Beirut en el 2020, el cual provocó la muerte de 218 personas y dejó más de 7000 heridos a causa de la detonación de 2700 toneladas de nitrato de amonio (Ortíz P., 2022). La presente investigación evidencia la necesidad de un manejo adecuado y de acciones efectivas para evitar accidentes, a través de una evaluación detallada de los riesgos y posibles consecuencias hacia la población local y al ambiente de un caso en particular. Para ello se emplea una herramienta valiosa de análisis que permite la gestión de riesgos en puertos, facilitando a las autoridades competentes la mejora de sus planes de emergencia que fungen como una guía para la optimización de políticas de seguridad y prácticas en la manipulación de mercancías peligrosas.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los accidentes con mercancías peligrosas representan un obstáculo en la realización de actividades económicas a nivel global debido a su capacidad para causar daños graves a la salud humana y al ambiente. Estos accidentes pueden provocar derrames, explosiones y liberaciones de sustancias tóxicas, así como dañar a las personas y a los ecosistemas. La Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) reporta miles de incidentes anuales relacionados con el manejo y transporte de estos materiales. (ECHA, 2019)

En América Latina, la gestión de mercancías peligrosas enfrenta desafíos importantes debido a la falta de infraestructura y normatividad. La Comisión Económica para América

Latina y el Caribe (CEPAL) ha destacado que la región sufre frecuentemente de accidentes graves que tienen consecuencias ambientales y de salud pública (Jaimurzina A *et al.*, 2015).

México también ha sufrido varios accidentes relacionados con mercancías peligrosas en los últimos años. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha documentado numerosos casos que subrayan la necesidad de mejorar las prácticas de manejo y transporte de estas mercancías para prevenir catástrofes (Sarmiento. M *et al.*, 2003).

Sarmiento M *et al.* (2003) menciona que, en el puerto de Manzanillo, Colima, un accidente reciente involucró el derrame de dicitlopentadieno considerada una sustancia tóxica, lo que afectó a la población cercana y a las especies locales. Este acontecimiento muestra la vulnerabilidad de las comunidades y los ecosistemas locales a los riesgos asociados con el mal manejo de mercancías peligrosas.

De lo anterior se deduce que las causas de estos accidentes pueden incluir errores humanos, fallos en el equipo, y condiciones de almacenamiento inadecuadas. La falta de capacitación y la negligencia en el cumplimiento de normatividad son factores contribuyentes significativos.

De acuerdo con la revisión bibliográfica se puede asumir que las consecuencias de los accidentes con mercancías peligrosas pueden ser devastadoras, esto incluye daños a la salud humana, como intoxicaciones y quemaduras, así como impactos ambientales graves, como la contaminación del aire, agua y suelo. Además, estos accidentes pueden causar pérdidas económicas significativas debido a los costos de limpieza y las interrupciones en las operaciones industriales dentro del puerto.

La modelación del accidente con dicitlopentadieno puede proporcionar valiosos aportes para la prevención y mitigación de futuros accidentes. Al identificar las causas y consecuencias, se pueden desarrollar estrategias más efectivas para mejorar la seguridad en el manejo y transporte de mercancías peligrosas. Además, este estudio puede ayudar a informar políticas y regulaciones más estrictas, contribuyendo a la protección de la salud pública y el ambiente.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar los posibles riesgos asociados a un accidente ocurrido en el puerto de Manzanillo ocasionado por el dicitlopentadieno liberado de un ISOtanque, mediante la modelación con el software libre ALOHA para prevención de los daños a la salud y al ambiente.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Indagar sobre la legislación nacional e internacional relacionada con la contaminación en puertos de carga y descarga de mercancías peligrosas consultando en fuentes electrónicas para su correcta aplicación en la gestión de dichos materiales.
- Describir los acontecimientos que provocaron las necesidades del transporte marítimo de mercancías para la satisfacción de los usuarios y el desarrollo económico a nivel mundial, mediante la búsqueda y sistematización de la información recopilada.
- Recopilar información sobre los diferentes tipos de buques para el transporte marítimo de mercancías peligrosas con el empleo de fuentes electrónicas para su identificación a la llegada en los diferentes puertos mexicanos.
- Presentar las características de los puertos marítimos con posibilidad de recepción de buques que transportan mercancías peligrosas a través de la consulta del reglamento del puerto de Manzanillo para el reconocimiento de cargas y descargas seguras.
- Listar las mercancías peligrosas que se mueven con mayor frecuencia por transporte marítimo para su correcta gestión en los puertos, considerando la normativa nacional que permite su ingreso a México.
- Mostrar las posibles afectaciones a la población y a algunas especies endémicas presentes en el puerto ocasionadas por la liberación de dicitlopentadieno, para la concientización de los involucrados en su gestión tomando en cuenta la modelación de un accidente.

## **1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES**

La modelación del accidente se hizo con la información disponible de un accidente ocurrido el 19 de junio de 2023 en el Puerto de Manzanillo, Colima donde se derramó una sustancia llamada dicitlopentadieno considerada como peligrosa. Este accidente se

seleccionó debido a su relevancia y a la frecuencia con la que sustancias similares son transportadas al puerto. Del mismo modo, esto ejemplifica otros tipos de sustancias que también se manejan en el puerto. Los efectos y consecuencias podrían variar significativamente si se considera una sustancia diferente.

Para llevar a cabo la modelación del accidente, se utilizó el software libre ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres), una herramienta ampliamente utilizada para el análisis de efectos y consecuencias de derrames de sustancias químicas peligrosas. ALOHA permitió simular la dispersión de la sustancia involucrada bajo diversas condiciones meteorológicas, obtenidas en bases de datos generales, puesto que no se contó con datos específicos directamente del Puerto de Manzanillo debido a la inactividad de la estación meteorológica local. Además, las estaciones más cercanas se encuentran a aproximadamente 38 kilómetros de distancia, lo que podría introducir inexactitudes en la modelación de la dispersión de la sustancia. Por lo tanto, se consideraron variables como velocidad, dirección del viento, temperatura, y humedad, tomando en cuenta el peor escenario.

Así mismo, se consideraron algunas especies que podrían verse afectadas en caso de un accidente en el Puerto de Manzanillo, de las cuales se destacan las especies *Crotalus basiliscus*, *Aspidoscelis lineattissimus*, *Aspidoscelis communis*, *Ctenosaura pectinata*, *Crocodylus acutus* y *Exerodonta smaragdina*. Estas son especies listadas dentro de las categorías de amenazada y/o endémica de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. A pesar de que se incluyen especies representativas de la zona, estas no reflejan el impacto negativo faunístico total dentro del área analizada.

## CAPÍTULO II

### 2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL

Para comprender mejor los riesgos asociados al manejo de mercancías peligrosas por vía marítima, es fundamental conocer la legislación que regula estas actividades. Este capítulo tiene como objetivo presentar la legislación ambiental vigente, tanto nacional como internacional que rige el transporte, almacenamiento y gestión de mercancías peligrosas dado que estas son herramientas importantes que permiten identificar oportunidades de mejora en los procesos operativos y prevención de accidentes. Así mismo, se describen brevemente los distintos tipos de buques utilizados para el transporte de mercancías peligrosas. Por último, se presentan cuatro de los puertos más importantes de México en materia de transporte de mercancías.

#### 2.1. Legislación internacional

La regulación del transporte de mercancías peligrosas a través de buques marinos es esencial para fomentar prácticas comerciales responsables a nivel internacional y con esto garantizar la seguridad pública y prevenir impactos ambientales significativos.

En este sentido, la legislación ha evolucionado de manera constante para abordar los desafíos inherentes a la movilización de sustancias peligrosas en los océanos, reconociendo la necesidad de normas y protocolos unificados. En relación con esto la Organización Marítima Internacional (OMI) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) realizan diferentes marcos normativos para la seguridad, protección de la navegación y prevenir la contaminación del mar por los buques como el Código IMDG (International Maritime Dangerous Goods Code) (OMI, 2020), de esto se puede encontrar en la Tabla 2.1 algunas de los ordenamientos más importantes.

**Tabla 2.1.** *Legislación internacional*

Legislación	Descripción	Link
Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas, (Código IMDG)	Contiene recomendaciones para la gestión de las mercancías peligrosas durante el transporte marítimo.	<a href="https://www.imo.org/es/Publications/Paginas/IMDG%20Code.aspx">https://www.imo.org/es/Publications/Paginas/IMDG%20Code.aspx</a>

Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974 (Convenio SOLAS)	Establecen normas mínimas sobre la construcción, el equipo y la utilización de los buques.	<a href="https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS)%2C-1974.aspx">https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS)%2C-1974.aspx</a>
Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL)	Establecen reglas para prevenir y reducir la contaminación ocasionada por buques, tanto accidentales como de operaciones normales.	<a href="https://cetmar.org/documentacion/MARPOL.pdf">https://cetmar.org/documentacion/MARPOL.pdf</a>
Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar	Expresan una ordenación en los océanos y mares del mundo, además de reglas que rigen los usos de los océanos y sus recursos.	<a href="https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/convemar_es.pdf">https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/convemar_es.pdf</a>
Código Internacional para la Protección de los Buques y de las Instalaciones Portuarias (ISPS)	Propone un marco de cooperación a nivel internacional en el sector marítimo, destinado a detectar y abordar amenazas mediante la implementación de evaluaciones y planes de seguridad.	<a href="https://www.sct.gob.mx/index.php?id=1871">https://www.sct.gob.mx/index.php?id=1871</a>

**2.2. Legislación nacional**

Es pertinente mencionar que, según datos de la Organización Mundial de Comercio, en 2023 las exportaciones de bienes y servicios desde México ubicaron al país como el 9º exportador y el 12º importador en el mundo (Banco de México, 2021, Citado por Proyectos México, 2024). Dada la relevancia de esta actividad para la economía nacional, es importante reconocer la legislación nacional aplicable al transporte seguro de mercancías peligrosas a través de buques marinos.

La tabla 2.2 tiene como objetivo proporcionar una visión integral de las Leyes nacionales relacionadas con el transporte de mercancías peligrosas por vía marítima.

**Tabla 2.2.** *Legislación mexicana aplicable a transporte de mercancías peligrosas.*

<b>Legislación</b>	<b>Secretaria expedidora</b>	<b>Objeto de la Ley</b>	<b>Link</b>
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Proporciona y garantiza un medio ambiente sano para el desarrollo, salud y bienestar, así como la preservación y restauración del equilibrio ecológico.	<a href="https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf">https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf</a>
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Garantizar un entorno natural sano mediante la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos.	<a href="https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf">https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf</a>
Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas	Secretaría de Marina	Especifica que el vertimiento en las zonas marinas mexicanas es toda evacuación, eliminación, introducción o liberación en las zonas marinas mexicanas, deliberada o accidental, de desechos u otras materias.	<a href="https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LVZMM_130420.pdf">https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LVZMM_130420.pdf</a>
Ley de Navegación y Comercio Marítimos	Secretaría de Comunicaciones y Transporte	Regula las vías generales de comunicación por agua, la navegación, la protección de los servicios que en ellas se presentan.	<a href="https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LNCM_071220.pdf">https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LNCM_071220.pdf</a>

Ley de puertos	Secretaría de Marina	Establece reglas en los puertos, terminales marinas e instalaciones portuarias.	<a href="https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/65_071220.pdf">https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/65_071220.pdf</a>
Ley Aduanera	Secretaría de Hacienda y Crédito Público	Regula la entrada y la salida de mercancías.	<a href="https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAdua.pdf">https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAdua.pdf</a>
Reglamento de la Ley de Puertos	Secretaría de Marina	Ordena actividades de construcción, uso, aprovechamiento, operación, protección y prestación de servicios en los puertos, terminales, marinas e instalaciones portuarias.	<a href="https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5638489&amp;fecha=16/12/2021">https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5638489&amp;fecha=16/12/2021</a>
Reglamento de la Ley de Navegación y Comercio Marítimos	Secretaría de Comunicaciones y Transporte	Regula las funciones de la Autoridad Marítima Mercante y la actuación de las personas de derecho público o privado que intervengan en los asuntos marítimos y portuarios.	<a href="https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LNC_M_040315.pdf">https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LNC_M_040315.pdf</a>

Así mismo, a nivel nacional, se cuenta con Normas Oficiales Mexicanas, Tabla 2.3, que definen claramente las sustancias consideradas como peligrosas, las especificaciones o condiciones bajo las cuales deben llevarse a cabo los transportes de dichos materiales. Estas normativas desempeñan un papel crucial al contribuir en garantizar la integridad de las operaciones y la protección tanto de las personas como del ambiente.

**Tabla 2.3. Normas Oficiales Mexicanas aplicables**

Norma	Descripción	Link
NOM-002-SCT-2011	En ella se enlistan las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.	<a href="https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4623/SCT2a/SCT2a.htm">https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4623/SCT2a/SCT2a.htm</a>
NOM-002-SCT-SEMAR-ARTF/2023	Listado de sustancias y materiales peligrosos (mercancías)	<a href="https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5711751&amp;fecha=18/12/2023#gsc.tab=0">https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5711751&amp;fecha=18/12/2023#gsc.tab=0</a>
NOM-002-SCT4-2013	Dispone la Terminología Marítima-Portuaria.	<a href="https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5334608&amp;fecha=04/03/2014">https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5334608&amp;fecha=04/03/2014</a>
NOM-003-SCT-2008	Establece las características de las etiquetas de envases y embalajes, destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.	<a href="https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5056785&amp;fecha=15/08/2008">https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5056785&amp;fecha=15/08/2008</a>
NOM-004-SCT-2008	Comprende los sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.	<a href="https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5056880&amp;fecha=18/08/2008#gsc.tab=0">https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5056880&amp;fecha=18/08/2008#gsc.tab=0</a>
NOM-010-SCT2-2009	En ella se instauran las disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.	<a href="https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5107654">https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5107654</a>

NOM-012-SCT4-2007	Contiene los lineamientos para la elaboración del Plan de Contingencias para Embarcaciones que Transportan Mercancías Peligrosas.	<a href="https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5001491&amp;fecha=25/09/2007#gsc.tab=0">https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5001491&amp;fecha=25/09/2007#gsc.tab=0</a>
NOM-023-SCT4-1995	Integra las condiciones para el manejo y almacenamiento de mercancías peligrosas en puertos, terminales y unidades mar adentro.	<a href="https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content/uploads/117_NOM-023-SCT4-1995.pdf">https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content/uploads/117_NOM-023-SCT4-1995.pdf</a>
NOM-020-SCT4-1995	Sienta la frecuencia de inspecciones en seco para embarcaciones y artefactos navales.	<a href="https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content/uploads/114_NOM-020-SCT4-1995.pdf">https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content/uploads/114_NOM-020-SCT4-1995.pdf</a>
NOM-033-SCT4-2013	Establece los lineamientos para el ingreso de mercancías peligrosas a instalaciones portuarias.	<a href="https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content/uploads/125_NOM-033-SCT4-1996.pdf">https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content/uploads/125_NOM-033-SCT4-1996.pdf</a>
NMX-R-019-SCFI-2011	Define el sistema armonizado de clasificación y comunicación de peligros de los productos químicos.	<a href="https://cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Varios/Leyes_y_Normas_SEMARNAT/NMX/residuos/1.2011.pdf">https://cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Varios/Leyes_y_Normas_SEMARNAT/NMX/residuos/1.2011.pdf</a>

### 2.3. Normatividad ISO

La ISO (Organización Internacional de Normalización) es una entidad no gubernamental que se dedica a establecer normas técnicas internacionales. Estas normas apoyan a que la producción, el desarrollo y el suministro de bienes y servicios sean más eficaces, seguros y transparentes (*ISO - Organización Internacional De Normalización, 2024*). Su importancia en el transporte marítimo radica en que ayudan a las empresas a garantizar procesos eficientes, seguros y a reducir impactos ambientales, dando así al mismo tiempo un mejor servicio de mayor calidad. Por tanto, en la Tabla 2.4 se mencionan las Normas ISO más destacadas para el transporte de mercancías peligrosas.

**Tabla 2.4. Normas ISO.**

<b>ISO</b>	<b>Descripción</b>	<b>Link</b>
ISO 14001:2005 Sistemas de gestión ambiental	Detalla cómo implementar un sistema de gestión ambiental eficaz centrándose en la protección del medio ambiente, la prevención de la contaminación y la mejora continua.	<a href="https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es">https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es</a>
ISO 28000:2007 Sistemas de Gestión de Seguridad de la Cadena de Suministro	Define a los actores involucrados en las cadenas del comercio internacional, proporcionando directrices para mejorar la seguridad y la protección en la cadena de suministro.	<a href="https://www.puertolazarocardenas.com.mx/plc25/iso28000">https://www.puertolazarocardenas.com.mx/plc25/iso28000</a>
ISO 9001:2005 Sistemas de Gestión de la Calidad	Dirige su enfoque a la calidad de los procesos y servicios.	<a href="https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es">https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es</a>
ISO 45001:2018 Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo:	Determina requisitos para la seguridad y salud de los trabajadores en todas las industrias.	<a href="https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:es">https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:es</a>
ISO 39001:2012 Sistemas de Gestión de la Seguridad Vial:	Establece un marco para gestionar y mejorar la seguridad vial en operaciones, identificando y evaluando los riesgos relacionados con la seguridad vial, así como monitoreando y mejorando el desempeño en este aspecto.	<a href="https://normasiso.org/norma-iso-39001/">https://normasiso.org/norma-iso-39001/</a>

De la tabla anterior hay que hacer notar que las certificaciones ISO pueden ayudar a los sistemas portuarios a mejorar su desempeño, cumplir con los requisitos normativos, fortalecer su reputación y acceder a nuevas oportunidades comerciales.

## 2.4. Tipos de buques que transportan materiales peligrosos

Con el fin de comprender el contexto en el que ocurrió el accidente, es pertinente conocer los distintos tipos de buques que transportan mercancías peligrosas, ya que cada tipo de embarcación implica condiciones estructurales y procedimientos específicos de carga y descarga, lo cual está relacionado directamente con los riesgos asociados al manejo de mercancías peligrosas.

### 2.4.1. Buques de carga general

Es de los buques más usados en el comercio marítimo y son utilizados para trasladar carga suelta, es decir, aquellas mercancías que no están embaladas y que no se encuentran dentro de contenedores. Dicho lo anterior, este tipo de buque no es apto para el transporte de pellets. Además, cuentan con grúas para los procesos de carga y descarga de mercancías (BOSS Continental, 2021).



**Figura 2.1.** *Buques de carga general*  
**Fuente:** Castorani J. (2019)

<https://ingmaritima.blogspot.com/2016/06/clasificacion-y-identificacion-de-tipos.html>

### 2.4.2. Buques portacontenedores

Son empleados para trasladar contenedores estándar, los cuales pueden transportar desde bienes manufacturados, materiales para la construcción hasta productos químicos. Más de la mitad del comercio marítimo internacional, en términos de volumen, se moviliza a través de este tipo de embarcaciones (BOSS Continental, 2021).

En los buques portacontenedores además de transportar lo ya antes mencionado, también son transportados ISOtanques que son un tipo de contenedor cilíndrico especializado en el transporte de líquidos a granel, diseñado bajo normas internacionales y deben de contar con un Certificado de Seguridad de Contenedores (CSC), además, por seguridad son inspeccionados cada 2.5 y 5 años (Marmedsa, 2022). Todo esto para asegurar su compatibilidad y seguridad con distintos modos de transporte en este caso marítimo.

Estos contenedores pueden transportar entre 21 000 y 40 000 litros de líquido y están contruidos con una aleación de acero inoxidable rodeada de capas protectoras (Marmedsa, 2022). Además, están equipados con válvulas en la parte superior e inferior, para la carga y descarga. Sin embargo, su clasificación depende de las especificaciones de construcción y los accesorios, determinando así el tipo de productos que pueden transportar.



**Figura 2.2.** *Buques portacontenedores.*

**Fuente:** bilogistik, S.A. (2019)

<https://www.bilogistik.com/blog/tipos-buque-segun-carga/>



**Figura 2.3.** *ISOtanque.*

**Fuente:** SLM Containers. (2016)

<https://slmecuador.com/blog/30-que-es-un-isotankue>

### 2.4.3. Buques graneleros

Estos buques se caracterizan por ser de gran tamaño y se encuentran divididos en varias bodegas, usualmente son empleados para movilizar cargas sueltas como el carbón, madera, cemento y granos como el maíz, frijol, trigo, etc (BOSS Continental, 2021).



**Figura 2.4.** *Buque granelero*

**Fuente:** EZ Logistics (2021).

<https://ezlogistics.me/buques-graneleros-gran-opcion-para-el-transporte-de-contenedores/>

#### 2.4.4. Buques frigoríficos

Estos buques transportan mercancías que requieren refrigeración para su conservación como son algunos alimentos y mercancías peligrosas que deben cumplir con ciertas condiciones y regulaciones internacionales establecidas por la OMI (International Maritime Organization, 2022). Además, estos buques suelen diseñarse en blanco para poder reflejar los rayos del Sol y evitar el calentamiento del mismo (BOSS Continental, 2021).



**Figura 2.5. Buque Frigorífico**  
**Fuente:** A. Oliveira (2015)

<https://vadebarcos.net/2015/03/08/buques-carga-refrigerada-cap-san-nicolas-bananero-reefer/>

#### 2.4.5. Buques petroleros

Transportan el crudo hasta las refinerías para su procesamiento. Entre este tipo de buques se encuentran los llamados superpetroleros, que por su enorme tamaño deben atracar en alta mar, sin embargo, con el objetivo de minimizar riesgos en caso de siniestro se traslada el petróleo en buques de dimensiones más reducidas (BOSS Continental, 2021).



**Figura 2.6. Buque Petrolero**  
**Fuente:** Reuters (2020)

<https://elceo.com/internacional/buques-petroleros-de-iran-elevan-tension-entre-estados-unidos-y-venezuela/>

#### 2.4.6. Buques Roll-On/Roll-Off (Carga Rodada)

Este tipo de embarcaciones transporta carga con ruedas y disponen de un gran portón en popa o en proa, del cual ingresa y se extrae la mercancía. También cuentan con un sistema que permite inmovilizarla, este tipo de cargas suelen ser: coches, camiones y materiales rodantes. Es posible que se transporten mercancías peligrosas, pero bajo condiciones muy estrictas (BOSS Continental, 2021).



**Figura 2.7.** Buques de carga Rodada

**Fuente:** Revista Marítima y Portuaria (2014)

<https://revistamaritima.com/2014/05/19/buques-ro-ro-clase-mark-v/>

#### 2.4.7. Buques para gases licuados

Son utilizados específicamente para el transporte de gases como el gas natural licuado (GNL) y el gas licuado del petróleo (GLP), los cuales, dados sus características de peligrosidad, requieren condiciones distintas de presión y temperatura para su transporte. Para evitar accidentes, es fundamental contar con instalaciones especializadas para llevar a cabo sus operaciones de carga y descarga (BOSS Continental, 2021).



**Figura 2.8.** Buque para gas licuado

**Fuente:** Bilogistik, S.A. (2019)

<https://www.bilogistik.com/blog/tipos-buque-segun-carga/>

#### 2.4.8. Buques para cargas químicas

En este tipo de buques se movilizan diversas sustancias químicas y están equipados con sistemas de seguridad especiales que ayudan a prevenir accidentes graves en caso de

fugas. Una de sus características más visibles es la presencia de tuberías externas, que los hace fácilmente identificable (BOSS Continental, 2021).



**Figura 2.9.** Buque para cargas de sustancias químicas

**Fuente:** Centramar (2019)

<https://www.centramar.es/tipos-buques-carga-transporte-maritimo/>

#### 2.4.9. Buques float-on/float-off

Este tipo de buques se utilizan para trasladar cargas de gran tamaño o peso, como equipos industriales, y están equipadas con mecanismos que les permiten sumergirse parcialmente para facilitar las maniobras de descarga (BOSS Continental, 2021).



**Figura 2.10.** Buque float-on/float-off

**Fuente:** Centramar (2019)

<https://www.centramar.es/tipos-buques-carga-transporte-maritimo/>

#### 2.4.10. Barcazas

Son embarcaciones de menor tamaño utilizadas generalmente para navegación en ríos o zonas con poca profundidad, puesto que tienen un fondo plano con el que pueden encallar directamente en la orilla, lo que permite realizar operaciones de carga y descarga sin necesidad de infraestructura portuaria como muelles o embarcaderos (BOSS Continental, 2021).



**Figura 2.11. Barcazas**

**Fuente:** EcuRed (s.f.)  
<https://www.ecured.cu/Barcaza>

Así pues, diferenciar los tipos de buques utilizados en el transporte de mercancías peligrosas es importante para comprender las implicaciones que tienen en términos de seguridad y ambiente. Puesto que cada buque está diseñado para un propósito en específico y tienen necesidades diferentes dependiendo de la mercancía a transportar, además de la relación con el entorno para evitar pérdidas económicas, daños sociales y ambientales.

## 2.5. Tipos de puertos

Los puertos marítimos se clasifican de diferente forma de acuerdo a su tamaño, función y actividades a las que se dedican. Dentro de la Ley de Puertos, publicada en el año 2020, en el Capítulo II “*Puertos, terminales, marinas e instalaciones portuarias*”, Artículo 9, los puertos y terminales se clasifican de acuerdo con la Tabla 2.5.

**Tabla 2.5. Clasificación de puertos de acuerdo a la Ley de Puertos año 2020.**

<b>Por su navegación</b>	
De altura	Cuando atiendan embarcaciones, personas y bienes en navegación entre puertos o puntos nacionales e internacionales.
De cabotaje	Cuando sólo atiendan embarcaciones, personas y bienes en navegación entre puertos o puntos nacionales.
<b>Por sus instalaciones y servicios</b>	
Comerciales	Cuando se dediquen, preponderantemente, al manejo de mercancías o de pasajeros en tráfico marítimo
Industriales	Cuando se dediquen, preponderantemente, al manejo de bienes

	relacionados con industrias establecidas en la zona del puerto o terminal
Pesqueros	Cuando se dediquen, preponderantemente, al manejo de embarcaciones y productos específicos de la captura y del proceso de la industria pesquera
Turísticos	Cuando se dediquen, preponderantemente, a la actividad de cruceros turísticos y marinas.

## 2.6. Puertos que pueden recibir buques con materiales peligrosos en México

Conforme al Sistema Portuario Mexicano (2021), México dispone de 118 puertos y terminales distribuidos a lo largo de 11 122 km de costas. Sin embargo, únicamente cinco de estos poseen la capacidad de recibir y almacenar temporalmente mercancías peligrosas (Puerto de Manzanillo, Puerto de Veracruz, Puerto de Altamira, Puerto de Lázaro Cárdenas y Puerto de Ensenada) (CMIC, 2022). Esta limitada infraestructura resalta la necesidad de una gestión especializada en los puntos de entrada designados, donde la seguridad y el cumplimiento de normativas adquieren una importancia relevante para salvaguardar tanto la flora y fauna del lugar como a la población presente. A continuación, se presenta la tabla 2.6. con 4 de los puertos más importantes de México que transportan mercancías peligrosas.

**Tabla 2.6.** Puertos mexicanos que pueden recibir buques con mercancías peligrosas

Puerto	Ubicación	Descripción general	Rutas de importación y exportación	Tipo de mercancía operada
<b>Puerto de Veracruz</b>	Zona centro del estado de Veracruz, al sur con los municipios de Medellín y Boca del Río	Clasificado como un puerto de altura y el puerto comercial más importante del Golfo de México. Opera 18 posiciones de atraque y cuenta con una superficie de almacenaje de	Se enlaza a 150 terminales en el mundo, a través de 54 líneas navieras. Norteamérica → Estados Unidos → Canadá América del sur → Brasil → Panamá → Colombia	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Granel agrícola: maíz, sorgo, arroz, frijol y soya.</li> <li>● Granel mineral: coque de petróleo y fertilizantes.</li> <li>● Transporte de automóviles.</li> <li>● Carga general</li> <li>● Buques portacontenedores.</li> <li>● Fluidos e</li> </ul>

		601,359.60 m <sup>2</sup> . Tiene una movilización de carga total de 34 millones 262 mil 585 toneladas. (ASIPONA,2023).	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Costa Rica</li> <li>→ Puerto Rico</li> </ul> <p>Europa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Bélgica</li> <li>→ España</li> <li>→ Francia</li> <li>→ Italia</li> </ul> <p>África</p>	hidrocarburos.
<b>Puerto de Altamira</b>	Municipio de Altamira, al sur del estado de Tamaulipas	Clasificado como un puerto de altura. Cuenta con una extensión de 1,361.73 km <sup>2</sup> . Tiene una movilización de carga de aproximadamente 20.8 millones de toneladas (ASIPONA Altamira, 2023).	<p>Cuenta con 19 líneas navieras</p> <p>Norteamérica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Estados Unidos</li> <li>→ México</li> <li>→ Canadá</li> </ul> <p>América del Sur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Brasil</li> <li>→ Colombia</li> <li>→ Chile</li> </ul> <p>Europa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Alemania</li> <li>→ Bélgica</li> <li>→ Francia</li> </ul> <p>África</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Argelia</li> <li>→ Gabón</li> <li>→ Sudáfrica</li> </ul> <p>Asia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Japón</li> <li>→ China Popular</li> <li>→ Corea del Sur</li> </ul> <p>Oceanía</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Australia</li> <li>→ Nueva Zelanda</li> <li>→ Guinea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Madera</li> <li>● Resina</li> <li>● Graneles minerales: coque de petróleo, fluorita e ilmenita</li> <li>● Carga general suelta: autos terminados y partes para vehículos automotrices</li> <li>● Fluidos petroquímicos</li> <li>● Graneles agrícolas: maíz, trigo, arroz y grano destilado</li> <li>● Bebidas destiladas de agave</li> </ul>
<b>Puerto de Lázaro Cárdenas</b>	Ubicado en la costa del Pacífico mexicano, limita con los	Clasificado como un puerto de altura, cuenta con una superficie de 41.56 km <sup>2</sup> . Posee cinco	<p>Cuenta con 17 líneas navieras</p> <p>Norteamérica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Estados Unidos</li> <li>→ Canadá</li> <li>→ México</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Granel mineral: carbón, metales y minerales, fertilizantes.</li> <li>● Granel agrícola</li> <li>● Carga General</li> </ul>

	estados de Michoacán y Guerrero.	terminales privadas especializadas en el manejo de materiales peligrosos. Tiene una movilización de carga de aproximadamente	<p>América del sur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Guatemala</li> <li>→ El Salvador</li> <li>→ Ecuador</li> <li>→ Colombia</li> <li>→ Panamá</li> <li>→ Chile</li> <li>→ Argentina</li> <li>→ Perú</li> </ul> <p>Asia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Japón</li> <li>→ Malasia</li> <li>→ Filipinas</li> <li>→ Singapur</li> <li>→ Taiwán</li> <li>→ Corea del Sur</li> <li>→ China</li> <li>→ Taiwán</li> <li>→ Indonesia</li> <li>→ Tailandia</li> <li>→ Pakistán</li> </ul> <p>Europa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Rusia</li> </ul> <p>Oceanía</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Nueva Zelanda</li> </ul> <p>África</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sudáfrica</li> </ul>	<p>Contenerizada</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Fluidos e hidrocarburos</li> <li>● Automóviles</li> </ul>
<b>Puerto de Ensenada</b>	Se localiza en el estado de Baja California en la cuenca del Pacífico, colinda con los estados de California, Arizona y Baja California Sur	Clasificado como un puerto de altura, cuenta con una superficie de 3.38 km <sup>2</sup> en total del recinto portuario. Tiene una movilización de carga de aproximadamente 3,635,940 toneladas (ASIPONA Ensenada, 2021)	<p>El puerto de Ensenada, registra conexión a 64 puertos de 28 países, ofreciendo 10 líneas navieras.</p> <p>Asia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Corea del Sur</li> <li>→ China</li> <li>→ Japón</li> <li>→ Hong Kong</li> <li>→ Malasia</li> <li>→ Taiwán</li> <li>→ Indonesia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Carga general contenerizada</li> <li>● Granel mineral: caliza, yeso, coque y urea.</li> <li>● Carga general: bobinas de lámina, madera a granel, barras de acero y lingotes de aluminio.</li> <li>● Granel agrícola: trigo</li> <li>● Fluidos e hidrocarburos</li> </ul>

			América del sur → Panamá → Chile → Costa Rica → Honduras → Nicaragua Norteamérica → Estados Unidos Europa → Italia → Francia → España → África → Argelia → Marruecos Oceanía → Nueva Zelanda	
--	--	--	--	--

**Fuente:** Elaboración propia con información de ASIPONA año 2024

La importancia que tienen estos cuatro puertos en conjunto con el Puerto de Manzanillo radica en la variedad y volumen de mercancías peligrosas y no peligrosas que son importadas y exportadas a través de ellos. En un contexto de creciente globalización, el transporte marítimo adquiere mayor importancia, sin embargo, en México existen numerosos puertos que no cuentan con la infraestructura adecuada para el manejo seguro de mercancías peligrosas y que no cumplen con todas las normativas de calidad, salud, seguridad y medio ambiente (The Logistics World, 2024). Aunado a esto, el impacto que tiene el transporte marítimo hacia la biota acuática representa una limitación adicional para la recepción de mercancías peligrosas en algunos puertos mexicanos. Por ejemplo, el ruido submarino que causan los grandes buques, altera la vida de algunos mamíferos que habitan en el medio acuático como son las ballenas y los delfines que se comunican por ultrasonidos, también ocurren accidentes como colisiones de los buques con estas especies, causándoles daños o incluso la muerte (Zero Waste Group, 2018).

## **CAPÍTULO III**

### **3. CASO DE ESTUDIO: PUERTO DE MANZANILLO, MÉXICO**

En este capítulo se abordan las características claves del Puerto de Manzanillo, con el fin de comprender las condiciones que presenta el puerto y su posible influencia en el accidente. También, se abordan las propiedades técnico-operativas que posee el puerto para el manejo de mercancías peligrosas. Así mismo, se introduce el accidente que involucra la mercancía peligrosa de dicitlopentadieno, la cual se tomó en cuenta para realizar un análisis preliminar de riesgo.

#### **3.1. Ubicación**

El Puerto de Manzanillo está en el Estado de Colima, dentro de la República Mexicana en la costa del Océano Pacífico, limita al Norte y al Este con el estado de Jalisco, al Sureste con Michoacán y al Sur y Oeste con el Océano Pacífico (ASIPONA Manzanillo, 2024) como puede observarse en la Figura 3.1. Así mismo, en 2023 se movilizó 16 millones 374 mil 412 toneladas, lo que representa el 40.2% del total de carga contenerizada importada en México (ASIPONA Manzanillo, 2024).

Es importante destacar que el Puerto de Manzanillo tiene cercanía con la población como se puede observar en la Figura 3.2, esta proximidad puede afectar a los habitantes en caso de un accidente dentro del puerto o durante el transporte terrestre de mercancías peligrosas en la entrada y salida. Estos eventos pueden afectar vialidades y causar efectos adversos por lo que se tienen que contar con protocolos de respuesta y sistemas de alerta para protección de la población.

# Ubicación del puerto de manzanillo

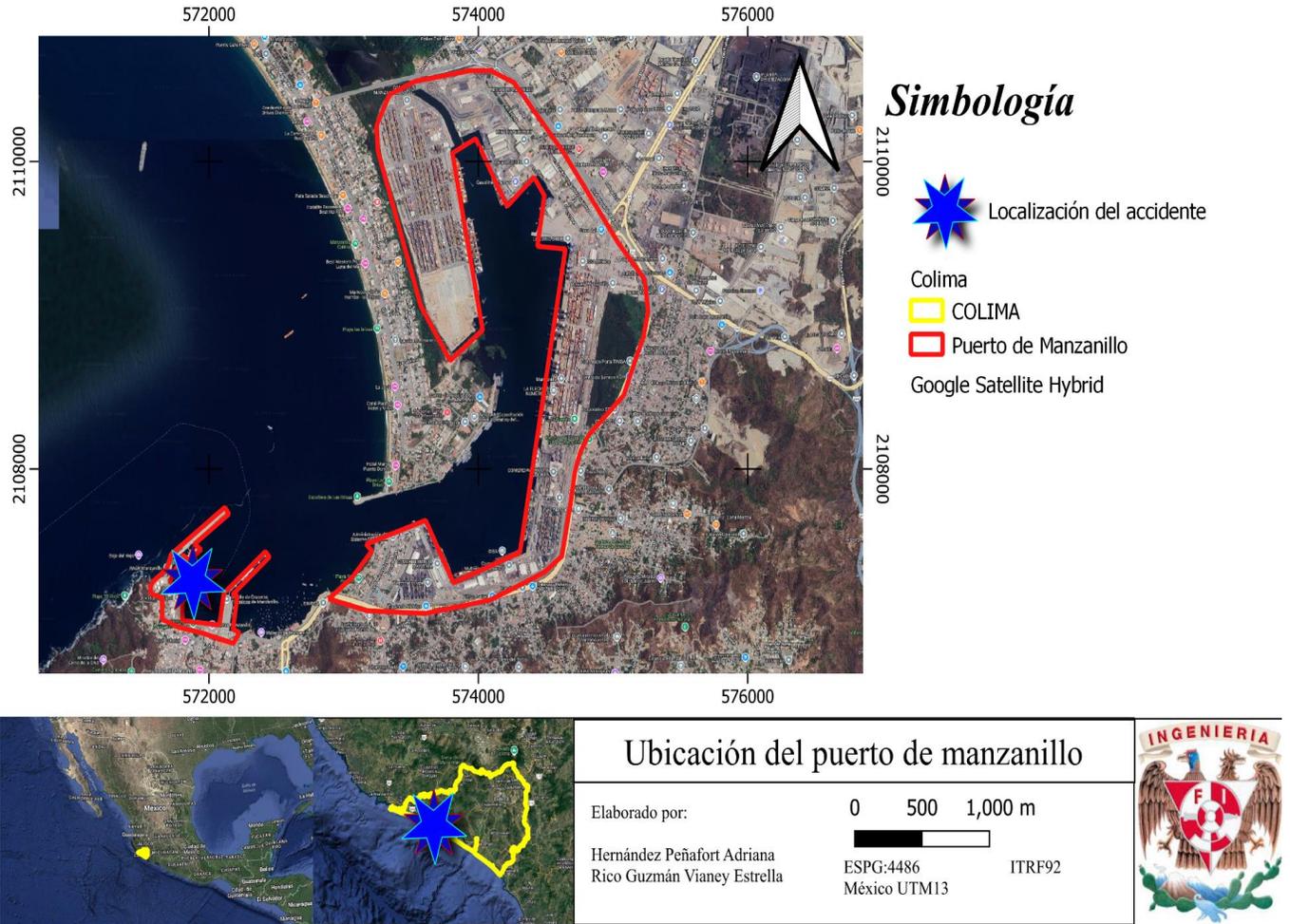
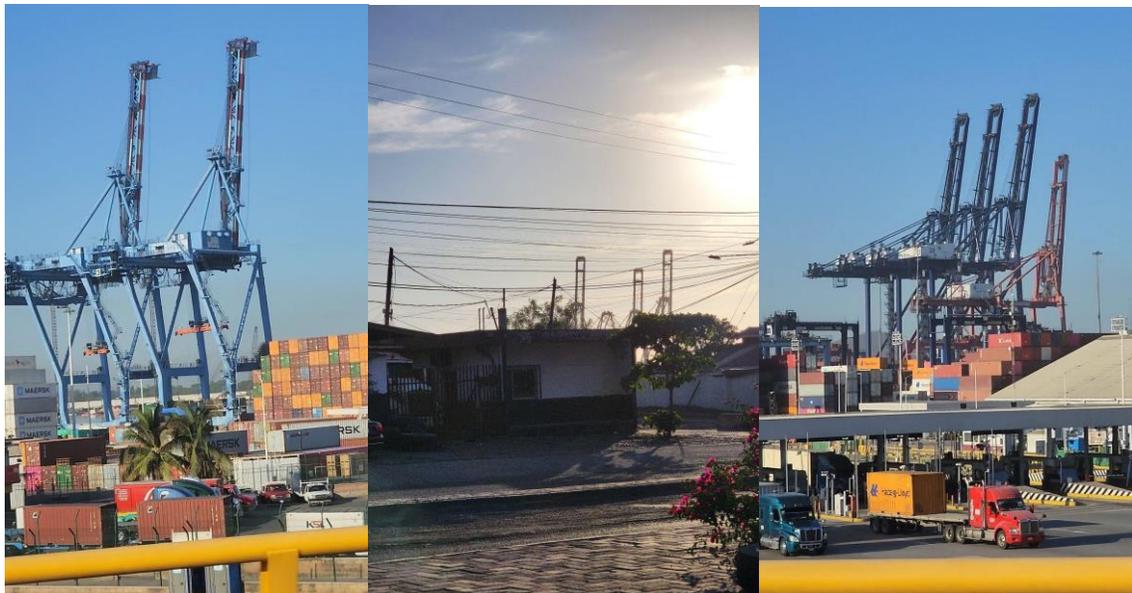


Figura 3.1. Ubicación del Puerto de Manzanillo

Fuente: Google Satellite (marzo 2024)



**a) Grúas del puerto**

**b) Zona habitacional cercana al puerto**

**c) Ingreso y salida de mercancías**

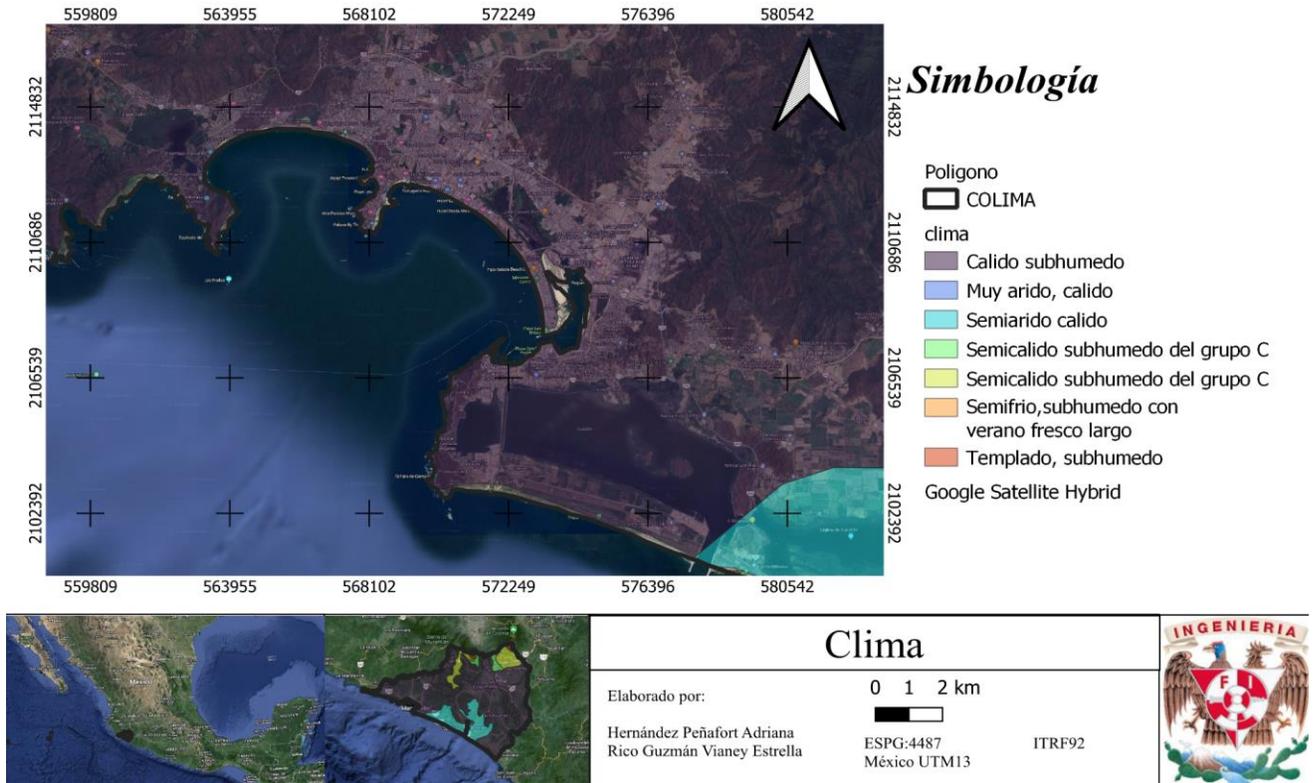
**Figura 3.2.** *Fotografías de la zona de carga y descarga del Puerto de Manzanillo, Colima, México.*

Por lo antes mencionado, su ubicación estratégica lo convierte en un punto clave para el transporte de mercancías tanto a nivel nacional como internacional, abarcando países como Estados Unidos, Canadá, Guatemala, Colombia, Ecuador, Chile, Japón, China, Taiwán, Corea, Indonesia, Malasia, Singapur y Filipinas (ASIPONA Manzanillo, 2024). Así mismo, sostiene una significativa actividad comercial con la Unión Europea, incluyendo a España, Rusia y Alemania, además de mantener relaciones comerciales importantes con países de Oceanía como Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica (ASIPONA Manzanillo, 2024).

### **3.2. Clima y temperatura**

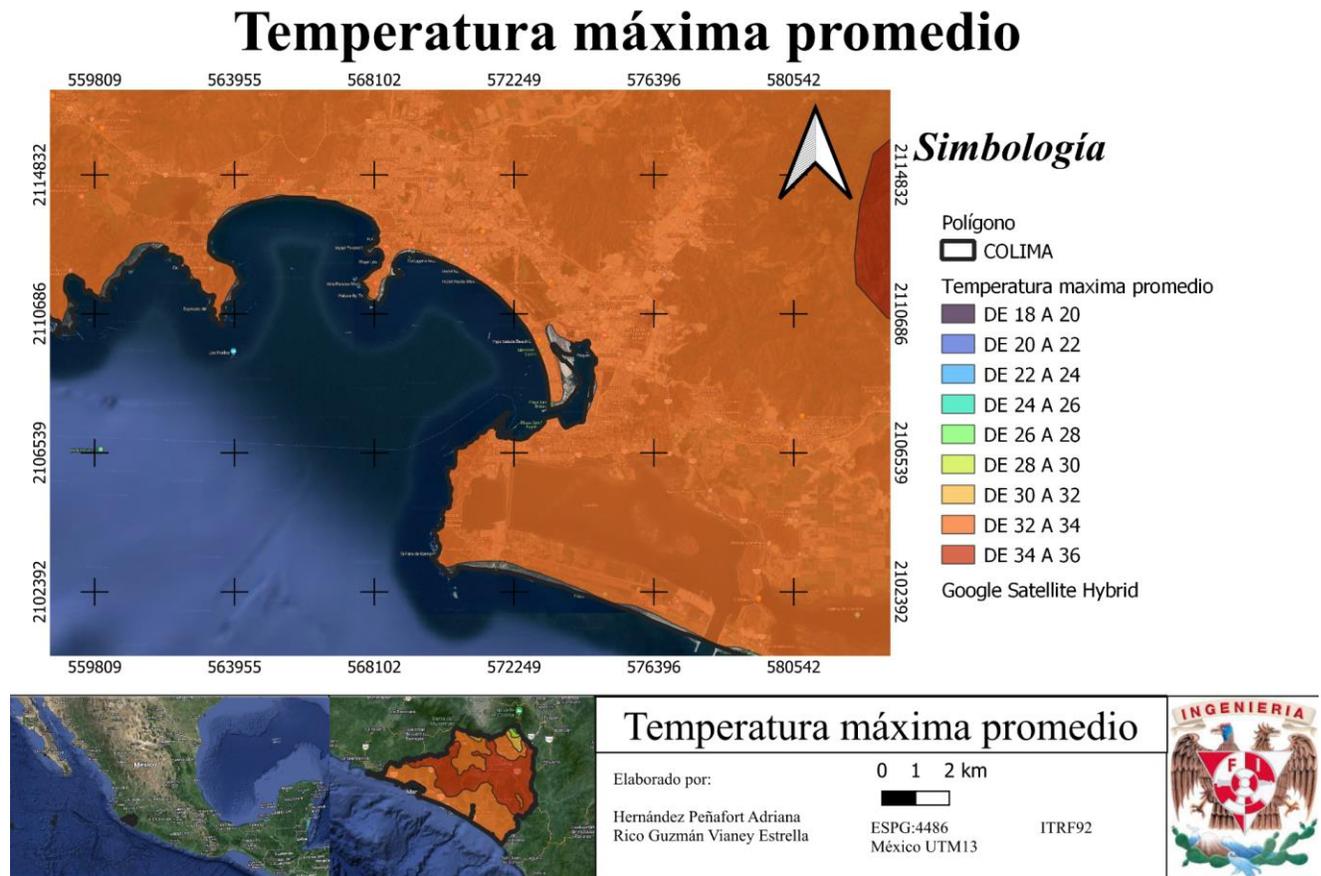
El estado de Colima tiene varios climas presentes en su territorio, para su definición se utilizó información del Geoportal de la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) donde se obtuvieron los climas y temperaturas máximas promedio presentes en Colima, en especial en la zona del puerto de Manzanillo. En la Figura 3.3, se puede observar que se tiene un clima predominantemente Cálido Subhúmedo, tiene una temperatura media anual mayor a los 20 °C, y presenta poca oscilación térmica durante el día, las lluvias se manifiestan en su mayoría en los meses de verano con una temperatura de 22 °C aproximadamente, y una temporada invernal seca con una temperatura mayor a los 18 °C (Servicio Meteorológico Nacional, 2021).

# Clima



**Figura 3.3.** Climas presentes en el Puerto de Manzanillo  
**Fuente:** Geoportal de la CONABIO (enero 2008) García, E. (1998)

Del mismo modo en la Figura 3.4 se identifica que el rango de temperatura máxima promedio en Colima está entre 32 a 34 °C.



**Figura 3.4.** *Temperatura máxima promedio en el Puerto de Manzanillo*  
**Fuente:** Geoportal de la CONABIO (abril, 2008), García, E. (1998)

### 3.3. Velocidad del viento

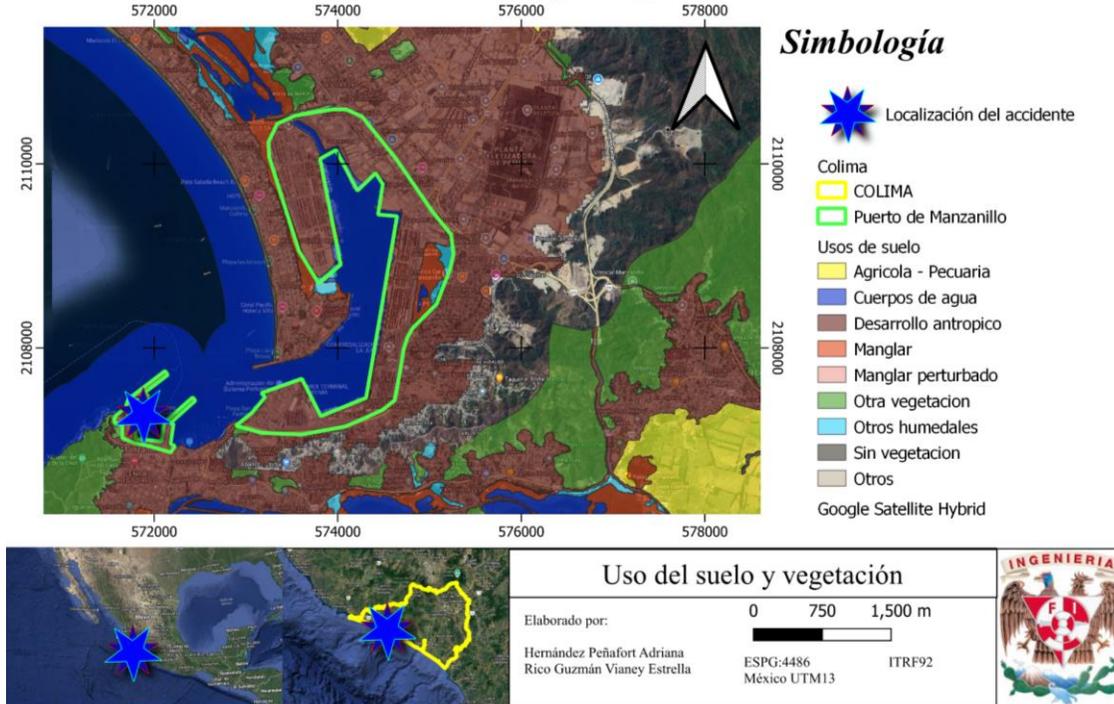
Conforme información de la Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología, Colima cuenta con una velocidad media anual de vientos de 5 [m/s] (DIGAOHM, 2024). Sin embargo, actualmente, no se dispone de información meteorológica precisa del puerto de Manzanillo, ya que la estación meteorológica local no está activa. Las estaciones más cercanas se encuentran a aproximadamente 38 kilómetros de distancia, lo que representa un desafío significativo al intentar realizar cálculos o modelaciones precisas para esta área. Esta falta de datos locales afecta la exactitud del análisis de velocidad y dirección del viento en el puerto.

### **3.4. Flora y fauna**

Es importante la identificación de la fauna y de los ambientes en los que se encuentran presentes puesto que pueden ocurrir graves desequilibrios ecológicos por accidentes con mercancías peligrosas. Entre las posibles consecuencias está la pérdida de elementos en las cadenas tróficas al afectar especies clave, lo que provoca extinciones locales o sobrepoblaciones. Del mismo modo, la biodiversidad se puede ver afectada especialmente si hay especies que se encuentren dentro del listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Además, se corre el riesgo de degradar ecosistemas enteros, afectando servicios vitales como la purificación del agua, la polinización y el control de plagas. La omisión de la identificación de éstas puede generar incumplimientos legales y conflictos con comunidades locales. Por ello, es esencial considerar la fauna y los usos de suelo cercanos al puerto de Manzanillo para prevenir impactos irreversibles y asegurar una gestión ambiental responsable.

Para analizar los usos de suelo y vegetación presentes en la zona, se tomó información del Geoportal de la CONABIO del mapa de uso del suelo y vegetación de la zona costera con presencia de manglares, Región Pacífico Centro (2020) En la Figura 3.5 se aprecia que las instalaciones están clasificadas como desarrollo antrópico. Sin embargo, hay población cercana a la zona que también entra en esta categoría. Así mismo, cerca de la zona del puerto hay Manglar, además de humedales y cuerpos de agua, que son de gran importancia ambiental y social por el turismo de la región.

## Uso del suelo y vegetación



**Figura 3.5.** *Uso del suelo y vegetación de la zona costera, Región Pacifico Centro*

**Fuente:** CONABIO (2020)

En cuanto a la fauna presente en la zona, según el reporte presente en el Seguimiento Ambiental Puerto de Manzanillo Programa Maestro de Desarrollo Portuario 2000-2010, se encontraron al menos 128 especies entre ellas anfibios (16), reptiles (54) y mamíferos (58) lo que equivale al 45 % del total (282) registrado para estos grupos en el estado de Colima. (Campos Arnoldo, 2022). Además, se tienen especies que son endémicas específicamente 44 de 128 especies, mientras que 32 se encuentran en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Campos Arnoldo, 2021). Esto indica que hay una gran diversidad de especies presentes en el puerto de Manzanillo.

**Tabla 3.1. Especies cercanas a la zona**

Especie	Información importante
 <p><a href="https://www.inaturalist.org/guide_taxa/464118#ref6">https://www.inaturalist.org/guide_taxa/464118#ref6</a></p>	<p>La rana de árbol esmeralda es una especie perteneciente a los anfibios de la familia Hylidae. Los entornos naturales en los que se encuentra incluyen bosques tropicales o subtropicales secos, zonas montañosas áridas, ríos, humedales de agua dulce y cauces de agua que no fluyen de manera continua (Jesús Loc, 2001). Sin embargo, se encuentra en riesgo de extinción por la destrucción de su hábitat natural. Es una especie ectoterma, es decir, es una especie que depende de las condiciones de salud del hábitat donde se distribuye, por lo que suele tener poca tolerancia a factores como la contaminación (Ramírez-Bautista, 2001, personal)</p>
 <p><a href="https://mexico.inaturalist.org/taxa/26085-Crocodylus-acutus">https://mexico.inaturalist.org/taxa/26085-Crocodylus-acutus</a></p>	<p>El cocodrilo de río o cocodrilo americano es una especie importante en la red trófica de sus ecosistemas puesto que es carnívoro y con metabolismo ectotermo. Habita en cuerpos de agua permanente como las lagunas costeras, ríos, arroyos y manglares.</p> <p>Se encuentra en riesgo por la destrucción y fragmentación de su hábitat ya que ponen en riesgo la disponibilidad de sitios de anidación, recursos alimentarios, hábitat de cría y refugios.</p>
 <p><a href="https://mexico.inaturalist.org/taxa/35306-Ctenosaura-pectinata">https://mexico.inaturalist.org/taxa/35306-Ctenosaura-pectinata</a></p>	<p>La iguana espinosa mexicana se considera una especie amenazada por la severa explotación, ya que ha sido utilizada como fuente de carne, como mascota y por la destrucción de su hábitat. Como animal ectotermo come alimentos diversos y su crecimiento no es constante.</p>

 <p><i>Aspidoscelis communis</i> Huico moteado gigante Sujeta a protección especial Endémica</p> <p><a href="https://mexico.inaturalist.org/taxa/73660-Aspidoscelis-communis">https://mexico.inaturalist.org/taxa/73660-Aspidoscelis-communis</a></p>	<p>El huico moteado gigante es considerado una especie de lagarto vertebrado amniota tetrápodo de respiración pulmonar, es decir que los huicos moteados son ovíparos y además son considerados como organismos ectotermos.</p>
 <p><i>Aspidoscelis lineattissimus</i> Huico muchas líneas Sujeta a protección especial Endémica</p> <p><a href="https://enciclovida.mx/especies/27408-aspidoscelis-lineattissimus">https://enciclovida.mx/especies/27408-aspidoscelis-lineattissimus</a></p>	<p>Huico muchas líneas; al ser parte de sauropsida son organismos ectotermos. Prefieren lugares abiertos con mucho sol. Esta especie tiene hábitos de vida diurnos y terrestres, por lo que buscan principalmente insectos entre la hojarasca.</p>
 <p><i>Crotalus basiliscus</i> Víbora de cascabel Sujeta a protección especial Endémica</p> <p><a href="https://mexico.inaturalist.org/taxa/73724-Crotalus-basiliscus">https://mexico.inaturalist.org/taxa/73724-Crotalus-basiliscus</a></p>	<p>La víbora de cascabel es una especie considerada como venenosa pitviper y se puede encontrar en el oeste Mexicano. Es una de las serpientes de cascabel más grandes. Habita selvas caducifolias y bosques de coníferas, en climas semiáridos cálidos y cálidos. Está sujeta a la fragmentación, disminución y destrucción de su hábitat.</p>

De la tabla 3.1 se puede destacar que estas especies se caracterizan por ser especies ectotermas, esto se refiere a aquellas con calor corporal y metabolismo dependientes de las condiciones ambientales en las que se encuentran, es decir, cuando la temperatura ambiental disminuye en los ectotermos, al mismo tiempo lo hace su temperatura corporal y con ello su metabolismo (Pough, 1980; Pough et al., 2001). Lo que puede sugerir que un cambio en su ambiente puede impactar en su salud o forma de vida.

### **3.5. Operaciones de carga y turismo**

La siguiente información se obtuvo de ASIPONA Manzanillo (2024). En el año 2023, el puerto de Manzanillo se registró como el primer lugar nacional en la operación de carga comercial, al movilizar 31 millones 479 mil 564 toneladas, movilizándose 22 millones 603 mil 202 toneladas de carga contenerizada, lo que representa el 44.2% del total de TEU's<sup>1</sup> operados en todo México, esto de acuerdo con el Informe Estadístico a diciembre de los puertos de México. Por lo tanto, puede considerarse que este puerto juega un papel crucial en la importación y exportación de bienes en México.

Para la categoría de carga granel agrícola, Manzanillo también se posicionó como el puerto líder del Pacífico, con una movilización de un millón 758 mil 929 toneladas además de un valor de 16 millones 374 mil 412 toneladas en importaciones representando el 40.2% y 6 millones 228 mil 790 toneladas, lo que representa el 35.57%.

Además, Manzanillo también tiene movimiento de cruceros, recibiendo a 33 mil 314 pasajeros en 2023. De modo que también contribuye en el turismo de la zona. De igual forma, cuenta con 14 empresas de capital privado, nacional y extranjero para el manejo de todo tipo de carga.

Finalmente, el puerto de Manzanillo cuenta con certificaciones como las de Industria Limpia Reconocimiento de Puerto Limpio de 2018, ISO 14001:2015 que es para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) y la ISO 9001:2015 que es para implementar sistemas de gestión de calidad en las empresas.

### **3.6. Infraestructura del puerto**

Los siguientes datos mencionados provienen de ASIPONA Manzanillo (2024). La Terminal Especializada en el manejo de contenedores (TEC) tiene una capacidad de operación de hasta tres buques simultáneamente, y rendimientos de hasta 120 cajas por hora buque.

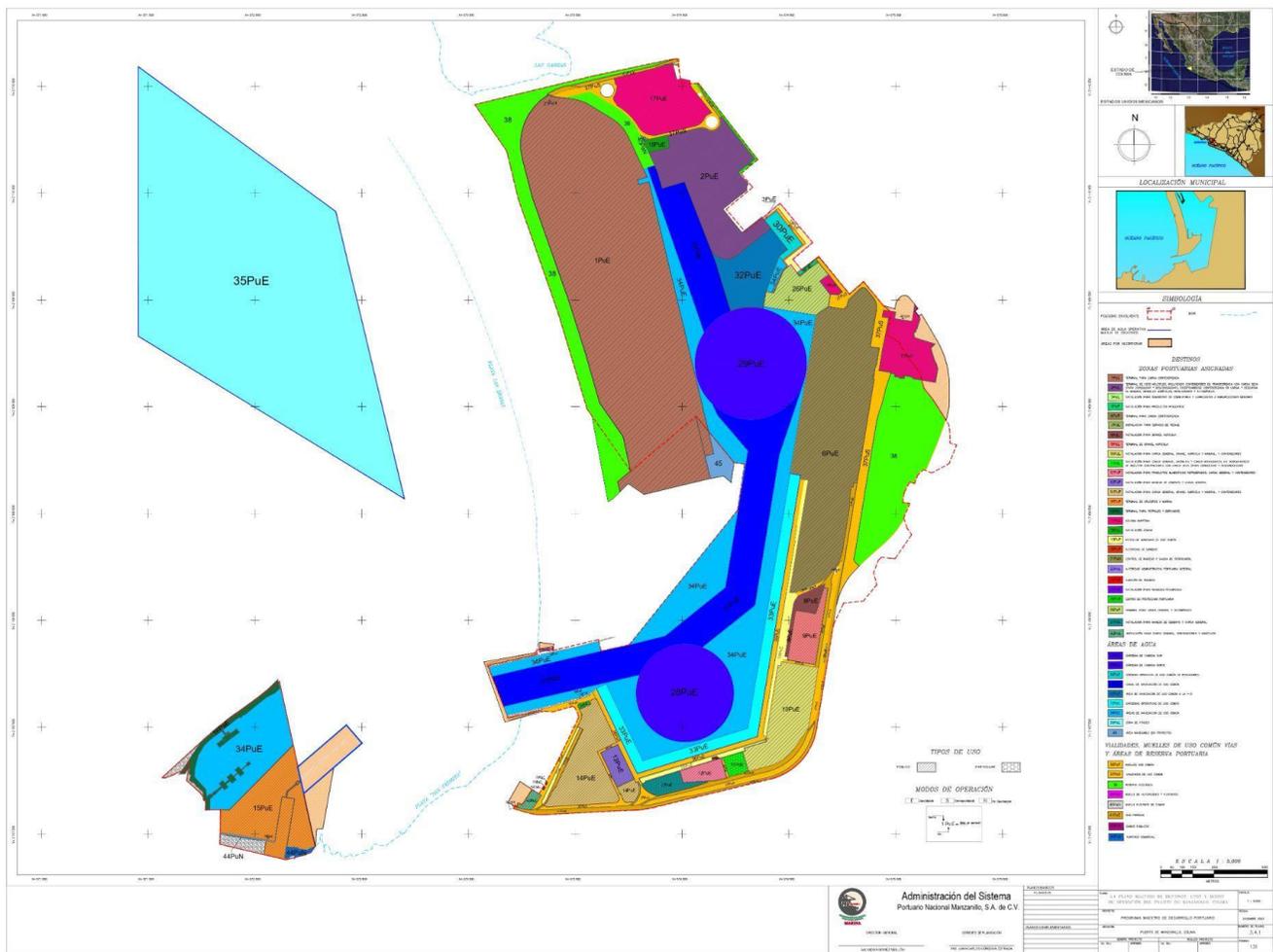
Cuenta con una instalación granelera con tres silos de almacenamiento de 7 000 toneladas c/u. La instalación granelera de Comercializadora La Junta, con capacidad de descarga de hasta 1 000 toneladas por hora, y almacenamiento para 50 000 toneladas. Dos Instalaciones de usos múltiples para el manejo de carga general y contenerizada. Una instalación para el manejo especializado de productos líquidos a granel, como lo son el aceite, con capacidad de almacenamiento por 13 900 m<sup>3</sup>. Un frigorífico para el almacenamiento de productos perecederos, con capacidad para 3000 toneladas. Un

---

<sup>1</sup> TEU :Twenty-Foot Equivalent Unit (unidad equivalente a un contenedor de 20 pies).Se utiliza internacionalmente como unidad normalizada para contar contenedores ISO normalizados.

almacén para el manejo de cemento a granel con capacidad de 25 000 toneladas operado por APASCO y dos almacenes operados por CEMEX, uno para el manejo de 50 000 toneladas de clinker y el segundo para el manejo de 16 000 toneladas de cemento a granel (ASIPONA Manzanillo, 2024).

En la Figura 3.6 se observa un plano general de las zonas que conforman el Puerto de Manzanillo, de la cual se destacan: la instalación de residuos peligrosos, la terminal para carga contenerizada; la terminal de cruceros y marina; la terminal de petróleo y derivados; y una reserva ecológica. Esta última tiene como fin conservar la biodiversidad y contribuir a la sostenibilidad del puerto, por lo que se necesita de una gestión adecuada para minimizar impactos.



**Figura 3.6.** Plano del Puerto de Manzanillo

**Fuente:** (ASIPONA Manzanillo, 2023)

<https://www.puertomanzanillo.com.mx/esps/0020301/plano-del-puerto.htm>

### 3.7. Reglas de operación del Puerto de Manzanillo

Cada puerto de México tiene su propio Reglamento de Operaciones que se adapta a sus características específicas y necesidades. Aunque se tienen fundamentos generales comunes, las particularidades varían según el puerto y su contexto (De Puertos Y Marina Mercante, 2022). En otras palabras, las Reglas de Operación abordan temas como la carga y descarga de mercancías, la seguridad, los servicios portuarios y la administración de cada puerto.

El objetivo de este reglamento es entender la correcta operación de zonas que manejan mercancía peligrosa y cómo actuar en caso de un accidente teniendo un protocolo de acción para evitar daños ambientales y hacia la población.

A continuación, se muestra la tabla 3.2 con las reglas más importantes relacionadas con el transporte de mercancías peligrosas del Reglamento de operación del Puerto de Manzanillo.

**Tabla 3.2.** *Capítulos del reglamento de operaciones del Puerto de Manzanillo*

<b>Capítulo I. Disposiciones Generales</b>	
Regla 3. Ámbito de aplicación de las reglas de operación	
Esta regla denota las áreas de operación portuaria, de la cual hay una en específico llamada Terminal de GNL, está es una terminal marítima orientada a la manipulación del Gas Natural Licuado, así como el de brindar atención a los buques especializados en el transporte de dicha mercancía peligrosa	
<b>Capítulo IV: horarios del puerto</b>	
Regla 24. Horarios de la prestación de los servicios portuarios	Regla 31. De la planeación de buques con carga peligrosa
El desembarque de mercancías peligrosas se realiza en muelles designados las 24 horas del día, de los 365 días del año, salvo aquellas que tengan un determinado horario asignado debido a su alto riesgo para la salud y seguridad al ambiente por sus características CRETIB (corrosivo,	El capitán de una embarcación que transporta mercancía peligrosa debe notificar a la Capitanía y a la terminal o a la instalación portuaria con un mínimo de 48 horas antes del arribo, algunos requisitos, como son el nombre, numeral y nacionalidad de la embarcación; razón social del agente consignatario; fecha y

reactivo, explosivo, tóxico ambiental, inflamable y biológico-infeccioso).	hora estimada de arribo y zarpe; lista o manifiesto de las mercancías peligrosas. Todas las embarcaciones que arriben con mercancías peligrosas deben de contar con todos los certificados vigentes aplicables.
--	---

**Capítulo VIII: Servicios portuarios y conexos**

Regla 59. Requisitos particulares para la prestación de servicios portuarios.

Todas aquellas entidades que participen en las operaciones portuarias se deben de realizar bajo los estándares de calidad, seguridad, oportunidad y eficiencia. Los prestadores de servicio deben de presentar una solicitud detallada describiendo los servicios que pretende prestar a la Administración, si ésta es aceptada, se deben de seguir los lineamientos que se emitan por la Aduana para el ingreso y salida de cualquier maquinaria o material. En el caso específico de materiales peligrosos, se tienen dos puntos

- Punto VII: Servicio de suministro de combustibles y lubricantes, del cual se puede destacar que el prestador de servicio debe de presentar los certificados vigentes y actualizados emitidos por la autoridad competente que autorice el transporte de sustancias peligrosas. Así como presentar el equipo y personal necesario para el manejo de sustancias peligrosas y contar con un plan de emergencias en caso de accidentes.
- Punto VIII: Recolección de basura o desechos. Los prestadores de servicio para la eliminación de materiales peligrosos deben presentar actualizada y vigente la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para recolección y transporte de materiales peligrosos, así como almacenamiento o disposición final. Como también la autorización emitida por La Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) para el transporte de materiales peligrosos y un acuse de recibo de conocimiento emitido por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) para el caso particular de los residuos de fumigantes derivados de los tratamientos fitosanitarios. Adicional a esto, todos aquellos que maniobren con materiales peligrosos deben presentar un plan de prevención y atención a emergencias.

**Capítulo IX: Maniobras portuarias, rendimientos y productividad**

<p>Regla 72. Del manejo de sustancias peligrosas</p>	<p>Regla 78. Traslado de las mercancías peligrosas</p>
<p>Los buques que transporten sustancias peligrosas deben cumplir con lo indicado en el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (Código IMDG). Es responsabilidad de las terminales, operadoras o maniobristas el manejo de sustancias peligrosas, así como la de implementar medidas de seguridad para los trabajadores acorde al producto que se maneje.</p>	<p>El personal encargado del tránsito de mercancías peligrosas por el puerto, debe estar capacitado sobre los cuidados a seguir para el correcto manejo de las mercancías, así como portar el equipo adecuado y elementos auxiliares en caso de accidentes.</p>
<p align="center"><b>Capítulo X: Almacenamiento de carga</b></p>	
<p align="center">Regla 87. Almacenamiento de mercancías peligrosas</p>	
<p>Las mercancías peligrosas deben almacenarse en Recintos Fiscalizados autorizados, lugares que deben cumplir con características específicas, las cuales, de no ser cumplidas, no podrán almacenar mercancía peligrosa y tendrá que ser trasladada a un recinto que sí cumpla con las condiciones o en su defecto, una descarga a transporte terrestre con desalojo inmediato.</p>	
<p align="center"><b>Capítulo XIV. Control ambiental y prevención de la contaminación</b></p>	
<p>Regla 125. Operaciones de graneles sólidos</p>	<p>Regla 126. De la generación, almacenamiento y disposición final de residuos.</p>
<p>Para el manejo de graneles (fertilizantes y minerales) se debe contar con hoja de seguridad de los productos a cargar o descargar, así como capacitar al personal encargados del manejo del producto. Queda prohibido el lavado de muelles con agua ya que este puede ser vertido al mar causando su posible contaminación.</p>	<p>Aquellas terminales e instalaciones prestadoras de servicios que generen residuos clasificados como peligrosos, de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, deben cumplir con las disposiciones correspondientes al manejo, transporte y disposición final.</p>

En la modelación subsecuente, este marco regulatorio que define la operación y manejo de mercancías peligrosas, permitirá delimitar el ámbito de aplicación de las normas, identificar restricciones y protocolos, así como dar a conocer las responsabilidades de los involucrados. Además, este reglamento incorpora consideraciones ambientales relacionadas con la prevención de la contaminación, lo que permitirá verificar que el escenario modelado cumpla con la normativa vigente y considerar mejoras en la gestión del riesgo.

### **3.8. Requisitos**

Para que un puerto pueda recibir o manejar mercancías peligrosas, debe cumplir con una serie de requisitos y condiciones específicas, entre ellas el cumplimiento de normas y reglamentos relacionados con el manejo y almacenamiento de mercancías peligrosas.

Así mismo debe seguir la reglamentación internacional, como la ya mencionada en el capítulo II sobre legislación internacional, que proporciona directrices específicas para el transporte seguro de mercancías peligrosas por vía marítima.

Igualmente, los puertos deben de contar con áreas designadas para el manejo de mercancías peligrosas. Estas áreas deben estar debidamente señalizadas y equipadas para garantizar la seguridad. Las terminales y almacenes deben cumplir con requisitos específicos para el almacenamiento seguro de estas mercancías.

Así pues, se necesita de personal calificado y con capacitación especializada en el manejo de mercancías peligrosas. El personal debe estar familiarizado con los procedimientos de seguridad, la clasificación de riesgos y las medidas de respuesta en caso de emergencia.

Aunado a lo anterior, el puerto debe mantener una lista o manifiesto de las mercancías peligrosas que ingresan o salen. Esta lista debe incluir detalles como el nombre de expedición, número de identificación (UN), clasificación de riesgo y cantidad a transportar, datos especificados en la NOM-023-SCT4-1995, en la que se menciona que los contenedores y bultos que contienen mercancías peligrosas deben llevar el etiquetado correspondiente para su identificación.

Por último, el puerto debe contar con planes de contingencia y respuesta en caso de derrames, fugas o incidentes relacionados con los materiales peligrosos. Estos planes deben especificar los equipos y procedimientos para controlar y mitigar cualquier situación de emergencia.

### **3.9. Principales mercancías que arriban al Puerto de Manzanillo**

En la actualidad, es posible acceder a registros de mercancías peligrosas comúnmente transportadas como las mencionadas en el Anexo II del MARPOL. De manera detallada para México, la información pertinente se encuentra en la NOM-002-SCT/2011 ya especificada anteriormente en el Capítulo II de Legislación Nacional. No obstante, para un análisis más detallado, se han utilizado datos obtenidos por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) acerca de las sustancias químicas peligrosas almacenadas en mayor volumen en el Estado de Colima, debido a la importancia estratégica del puerto situado en esta región, se tiene que las sustancias que se encuentran en mayor cantidad son alcohol isopropílico, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico, ácido nítrico, acetileno, amoníaco y ácido clorhídrico (Arcos. M, Izcapa. C, 2003).

El Puerto de Manzanillo maneja una amplia gama de mercancías, no limitándose únicamente a productos derivados del petróleo, sino también otras mercancías, algunas de ellas consideradas como peligrosas: parafina, fertilizantes, productos de acero, rollos de papel, autopartes, refacciones, vehículos, ganado; granel agrícola como canola, trigo, semilla de nabo, avena, sorgo; granel mineral, entre los cuales están el cemento, fertilizante mineral, urea, concentrado de zinc, azufre, pellet de hierro, yeso, nitrato de potasio, productos químicos, tequila entre otros (Gobierno de México, 2024). Esta diversidad en el tipo de carga transportada convierte al puerto en un peligro potencial, ya que cada sustancia presenta diferentes desafíos en caso de un accidente.

Conocer el comportamiento que las sustancias pueden tener, ayuda a identificar y evaluar los riesgos potenciales, permitiendo desarrollar modelos de simulación que contemplen los diferentes escenarios de liberación de estas sustancias peligrosas, y anticipar sus posibles efectos en el entorno portuario y sus alrededores.

### **3.10. Caso estudio: Accidente por derrame químico en Hutchison Ports TIMSA Manzanillo, Colima**

El 19 de junio de 2023 a las 13:47 horas, ocurrió un derrame de una sustancia en el Puerto de Manzanillo, México, donde cerca de 800 personas resultaron afectadas, manifestando síntomas como irritación en garganta, nariz y ojos, así como náuseas y erupciones cutáneas (Dimensión Real de Colima, 2023). El accidente ocurrió por la caída de dos ISOtanques (figura 2.9) con una capacidad aproximada de 25 mil litros que contenían la sustancia química de dicitopentadieno, esto ocurrió durante las maniobras realizadas por una grúa tipo gottwald (figura 3.8) en la terminal de Hutchison Ports TIMSA, por parte del buque Ever Landen, que es considerado como un buque de portacontenedores (figura 3.7) (Dimensión Real de Colima, 2023).



**Figura 3.7.** Buque *EVER LEARNED*

**Fuente:** (VesselFinder, 2023)  
<https://surl.li/tqtda>



**Figura 3.8.** Grúa tipo *Gottwald*

**Fuente:**  
<https://www.almovi.pt/es/marcas/gottwald>



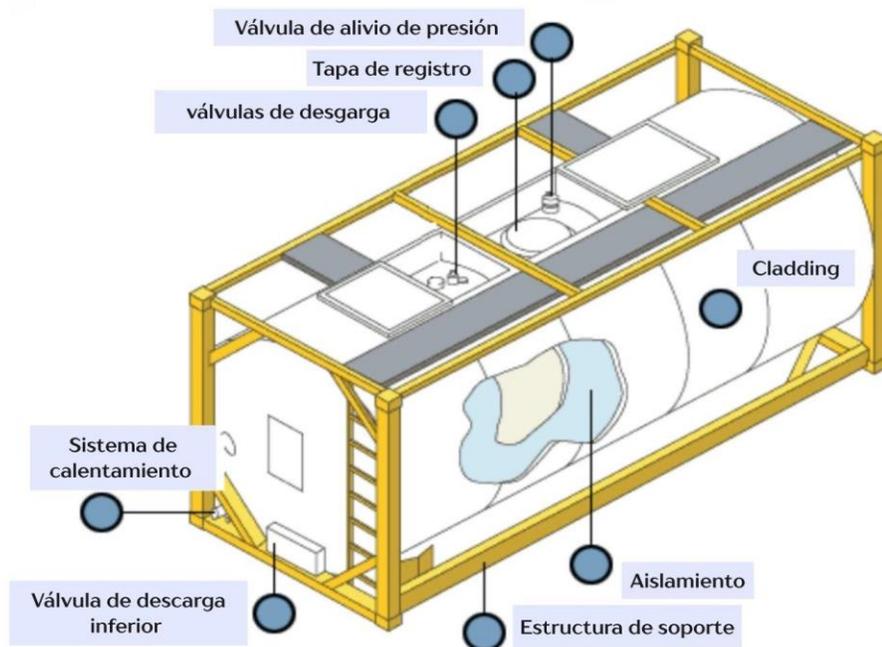
**Figura 3.9.** Accidente en *Puerto Manzanillo*.

**Fuente:** (Dimensión Real de Colima, 2023).  
<https://surl.li/jjlvif>

### 3.10.1. Descripción del ISOtanque

Para comprender a fondo el accidente, es necesario describir el contenedor que transportaba el dicitopentadieno, con el fin de conocer las partes que lo componen y entender su funcionamiento. Esta información permite ubicar posibles puntos críticos, manipulación o mantenimiento del ISOtanque que pudieron haber contribuido al accidente. Además, conocer esta información permite formular medidas correctivas y preventivas para evitar situaciones similares en el futuro.

Los contenedores ISOtanque son utilizados para el transporte de líquidos peligrosos y no peligrosos, así como aquellos clasificados para uso alimentario, el diseño de los ISOtanques se realiza de acuerdo al líquido que se transporta, por lo tanto, no hay una construcción fija que se aplique a todos los tanques. Sin embargo, todos son recipientes cilíndricos de acero inoxidable con una estructura de soporte fijo de acero al carbono soldado, que tiene como función sostener y proteger el tanque, así como facilitar la sujeción y manipulación del ISOtanque (SLM Containers, 2023). A continuación, se presenta la figura 3.10 y la tabla 3.3 que señala y describe los componentes más importantes de un ISOtanque que transporta Dicitopentadieno.



**Figura 3.10.** Componentes de un ISOtanque que transporta dicitopentadieno.

Fuente: (CATAMP, s.f.).

<https://www.catamp.org.ar/wp-content/uploads/2018/12/b.t.nao-59-isotanques.pdf>

**Tabla 3.3.** Componentes de un ISOtanque que transporta dicitlopentadieno

Componente	Función
Válvula de alivio de Presión	Previenen el vacío excesivo dentro del tanque, es una forma de protección contra desequilibrios por presión. Las válvulas se abren para permitir la entrada de aire o vapor cuando la presión desciende, evitando así la formación de vacío.
Tapa de registro	Apertura en la parte superior del tanque que es utilizada para fines de inspección, tiene un diámetro de 50 [cm] o más.
Válvulas de descarga	Válvula que se encuentra en la parte superior del ISOtanque que es utilizada para la carga de la mercancía.
Sistema de calentamiento	Para calentar la sustancia y reducir su viscosidad, se utiliza vapor saturado para elevar la temperatura dentro del ISOtanque.
Válvula de descarga inferior	Se instala en el punto de drenaje del ISOtanque y se utiliza para la carga o descarga de la mercancía.
Aislamiento	Es el material aislante del ISOtanque. Los materiales comunes incluyen espuma de poliuretano o fibra de vidrio, el objetivo del aislante es mantener la temperatura de la carga durante el transporte y su espesor estándar es de 5 [cm].
Cladding	Se refiere al revestimiento del ISOtanque que consta de una lámina de resina de plástico reforzado con fibra de vidrio que recubre el aislamiento. Su función es proteger el aislamiento de la lluvia y el agua de mar.
Estructura de soporte	Se trata de un marco de acero robusto que proporciona soporte estructural y protege el ISOtanque durante la manipulación y el transporte.

Fuente: Elaboración propia con información de Tankspan

El ISOtanque que se utiliza para transportar dicitlopentadieno tiene medios de calentamiento como tuberías, las cuales cuentan con un recubrimiento aislante de fibra de vidrio, estas se conectan a generadores de vapor para que el líquido se caliente y sea vaciado (Tankspan, s.f.). El dicitlopentadieno tiene propiedades físico-químicas como punto de fusión elevado (32-34°C) (PubChem, 2023), esto puede causar una

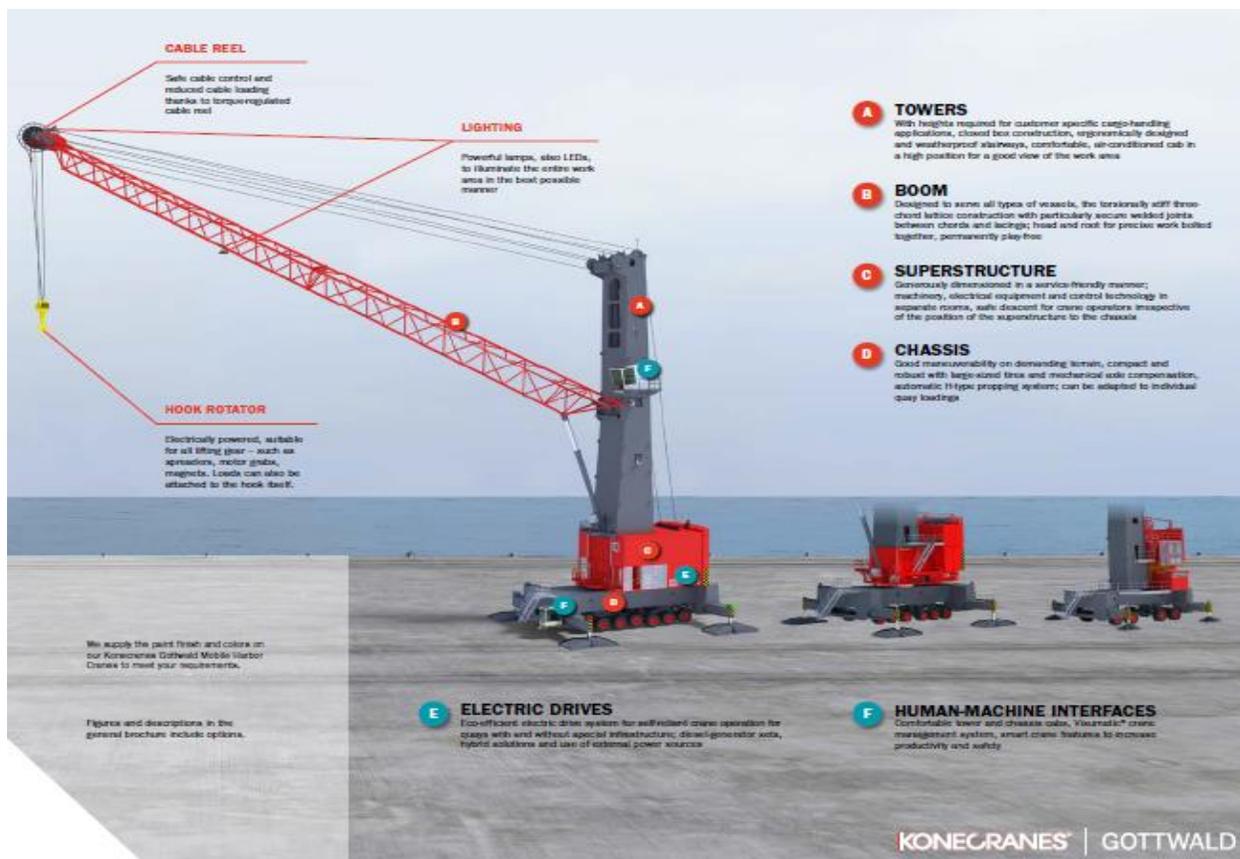
solidificación completa o parcial, es por ello que requiere de un sistema de calentamiento controlado entre 40 - 60 °C para reducir su viscosidad y ser vaciado con facilidad.

Además del conocer el funcionamiento del contenedor en el que iba la mercancía peligrosa, es importante conocer la situación en la que se dio el accidente, es decir el proceso de izado puesto que existen factores que pueden contribuir a un accidente.

### **3.10.2. Proceso de izaje**

El accidente analizado se produjo durante el proceso de izaje, el cual consiste en el levantamiento de cargas utilizando equipos especializados como grúas para facilitar la carga y descarga de mercancías (en este caso en instalaciones portuarias), por lo tanto todos los aparatos para el izado y accesorios de manipulación deben de tener un buen diseño, estar dotados de una resistencia adecuada para el uso al que se destinan, además de estar hechos conforme la normativa vigente y estar en buen estado de funcionamiento. Así mismo, contar con uno o varios frenos los cuales deben tener un constante mantenimiento e inspecciones (Oficina Internacional del Trabajo Ginebra, 2016).

En el caso de estudio se utilizó una grúa móvil portuaria Gottwald, fabricada por la empresa alemana KONECRANES, esta grúa debe tener como requisito la capacidad de resistir una carga mínima de 100 toneladas para el desmontaje seguro de los ISOtanques. Entre las partes más importantes de una grúa Gottwald se encuentran la superestructura, que integra maquinaria, equipos eléctricos y tecnología de control; el chasis, neumáticos y soportes. El puente, pluma o *boom* con uniones soldadas para atender distintos tipos de buques. Además, las torres están diseñadas para tener una altura ajustable, estructura cerrada, escaleras y sobre todo buena visibilidad. Las cabinas cuentan con controles e interfaces para la seguridad y productividad. No menos importante, el sistema eléctrico que incluye accionamientos como generadores diésel, soluciones híbridas y conexión a fuentes externas, además de sistemas de control y distribución de potencia (KONECRANES GOTTWALD, 2018).



**Figura 3.11.** Partes del diseño de una grúa Gottwald.

Fuente: (KONECRANES GOTTWALD, 2018).

<https://www.konecranes.com/sites/default/files/download/kc-mhc-brochure-en.pdf>

El izado de ISOtanques con mercancías peligrosas con una grúa tipo Gottwald debe seguir un protocolo para garantizar la seguridad. Primero, se debe realizar una inspección previa de la grúa, verificando el buen estado de los cables, ganchos, sistemas hidráulicos y controles. Una vez asegurada la funcionalidad del equipo, se debe de hacer el aseguramiento de los ISOtanques con la grúa, utilizando dispositivos de unión adecuados para evitar desplazamientos. La carga debe estar correctamente balanceada para prevenir oscilaciones durante el movimiento (Oficina Internacional del Trabajo Ginebra, 2016). Así mismo, se deben monitorear factores externos como el viento o el oleaje, que podrían afectar la estabilidad de la carga. Al llegar a la posición deseada el muelle, se procede al posicionamiento cuidadoso, asegurando que los ISOtanques queden firmemente apoyados antes de liberar la mercancía.

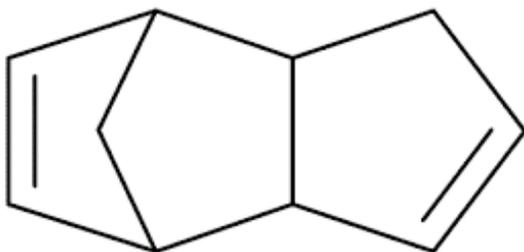
Este proceso debe de estar bien establecido y es necesario que los involucrados estén capacitados correctamente para evitar accidentes que pongan en riesgo su salud e

integridad física, en especial si están involucradas mercancías peligrosas como el dicitopentadieno.

### 3.10.3. Dicitopentadieno

El dicitopentadieno (DCPD) es un compuesto químico con fórmula  $C_{10}H_{12}$ . A temperatura ambiente, es una cera blanca quebradiza con un olor a cera de soja o alcanfor, en muestras de menor pureza pueden observarse de forma líquida con color pajizo y poseen un olor acre (CAMEO Chemicals, 1999). Este compuesto es insoluble en agua, hidrofóbico y no polar, características que lo hacen útil en diferentes procesos industriales (PubChem, 2023).

El dicitopentadieno que se muestra en la Figura 3.11, está compuesto por dos anillos de ciclopenteno con un doble enlace y un anillo de ciclopentano, sin dobles enlaces. El doble enlace en el anillo de ciclopenteno hace que el DCPD sea altamente reactivo, especialmente en reacciones de polimerización.



**Figura 3.12.** Estructura del dicitopentadieno

**Fuente:** MERK, 2024

<https://surl.li/bnvsue>

El DCPD, con número CAS 77-73-6, es un subproducto del proceso de craqueo en grandes cantidades con vapor de nafta y gasóleos para obtener etileno. Entre sus principales aplicaciones están su empleo como monómero para la fabricación de polímeros ya que tiene una alta reactividad y versatilidad en la síntesis química, además de su rentabilidad, también se utiliza en la producción de tintas, adhesivos y algunos productos químicos agrícolas (EQUILEX, 2025).

Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) del Gobierno de España, esta sustancia química presenta riesgos significativos. A temperaturas superiores a 32°C, pueden formarse mezclas explosivas en el aire, lo que lo hace altamente inflamable (INSST, 2018). De igual modo los vapores de DCPD pueden causar irritación respiratoria, dolor de cabeza, irritación ocular y cutánea, mientras que su

ingestión puede provocar náuseas, vómitos y dolor abdominal (véase Anexo A Hoja de Seguridad Diciclopentadieno)(INSST, 2018).

Así mismo, cuenta con un STEL (Short-Term Exposure Limit) de 1 ppm y un TLV (Time-weighted average): 0.5 ppm como TWA (Time-Weighted Average) (INSST, 2018). Arias (2024) señala que el STEL se define como la exposición media ponderada en un tiempo de 15 minutos, que no se debe sobrepasar en ningún momento en la jornada laboral, aun cuando la media ponderada en el tiempo que corresponda a las ocho horas sea inferior al TLV. Las exposiciones por encima del TLV-TWA hasta el valor del STEL no deben tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día. Debe haber un periodo de por lo menos 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este rango (Arias. R, 2024). Es decir, si en algún momento se alcanza una concentración más alta de hasta 1 ppm, esto solo puede ocurrir durante 15 minutos.

Por lo tanto, DCPD es un compuesto químico de gran relevancia industrial debido a sus propiedades únicas, como su baja polaridad y alta reactividad. Sin embargo, su manipulación requiere estrictas medidas de seguridad para evitar riesgos de inflamabilidad, polimerización exotérmica y toxicidad (PubChem, 2023)

### 3.10.4. Análisis Preliminar de Riesgos (APR)

El Análisis Preliminar de Riesgos (APR) es una técnica de evaluación que selecciona las sustancias peligrosas y los equipos principales de una actividad para generar escenarios en puntos en los que pueda ser liberada alguna sustancia de forma incontrolada, los resultados de aplicar este análisis son cualitativos y son útiles para reducir, prevenir o controlar los riesgos potenciales asociados con el manejo de mercancías peligrosas (Sgobba, 2023). A continuación, se presenta la Tabla 3.4, correspondiente al APR, en la que se muestran los escenarios potenciales derivados del manejo inadecuado del diciclopentadieno, incluyendo en primer lugar el caso estudio.

**Tabla 3.4.** Componentes de un ISOtanque que transporta diciclopentadieno

Accidente	Sistema	Riesgo	Componente
Liberación de DCPD al arribo del puerto	Sistema de descarga (grúas y equipos de transferencia)	Riesgo de nube tóxica o inflamable debido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fractura de la pluma de la grúa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cableado y ganchos de la grúa</li> <li>Acoplamientos de mangueras</li> <li>Sistema de frenado</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Caída de contenedores o tanques</li> <li>● Rotura de mangueras o tuberías</li> <li>● Desgaste de la estructura de soporte del ISOtanque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tensores hidráulicos</li> <li>● Inspecciones periódicas de grúas</li> <li>● Sistemas de alarma por sobrecarga</li> <li>● Sistemas de identificación de fallas</li> <li>● Barreras de contención en zonas de descarga</li> </ul>
Incendio por fuga de DCPD	Sistema de almacenamiento en el ISOtanque	<p>Riesgo de explosión por</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Formación de atmósfera explosiva</li> <li>● Ignición por chispa o calor</li> <li>● Sobrecalentamiento al reducir la viscosidad de la sustancia.</li> <li>● Ruptura de la válvula de alivio de presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sellos de gases inflamables</li> <li>● Extintores automáticos</li> <li>● Protocolos de zona ATEX (antichispa)</li> <li>● Sensores de temperatura</li> <li>● Válvula de seguridad</li> </ul>
Fuga en transporte terrestre	Sistema de transporte	<p>Riesgo de formación de nube tóxica o inflamable debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Colisión y mezcla de mercancías</li> <li>● Corrosión de válvulas</li> <li>● Liberación tóxica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Válvulas de seguridad</li> <li>● GPS y sistema de ruteo seguro</li> <li>● Inspección de ISOtanques</li> </ul>
Exposición tóxica a vapores	Sistema de ventilación	<p>Riesgo de lesiones a los trabajadores debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Acumulación de vapores en espacios confinados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Extractores de aire</li> <li>● Equipo de protección personal</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fallo en equipos de monitoreo</li> <li>● Falla en la válvula de alivio de presión</li> <li>● Falla en el ISOtanque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Protocolos de evacuación y respuesta</li> <li>● Válvula de seguridad</li> </ul>
Derrame de DCPD marina	Sistema de contención	Riesgo de contaminación marina debido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Movimiento excesivo del buque</li> <li>● Error en el procedimiento de cabotaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sistemas de compensación de marea</li> <li>● Tensores hidráulicos</li> <li>● Barreras de contención en zonas de descarga</li> </ul>
Reacción química no controlada	Sistema de almacenamiento temporal	Riesgo de explosión, daños a equipo, formación de nube tóxica o inflamación, además de daños al personal debido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Mezcla accidental con sustancias no compatibles</li> <li>● Aumento de temperatura o presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Segregación inadecuada de sustancias</li> <li>● Almacenamiento en áreas adecuadas</li> <li>● Sensores de temperatura y presión</li> </ul>

Como puede observarse en el cuadro anterior, los accidentes pueden ser causados por diferentes circunstancias, o en diferentes sistemas, estos accidentes pueden llegar a ser originados por un inadecuado mantenimiento de la infraestructura, una mala utilización de la misma, por la falla en algún componente no previsto o hasta por un fallo humano. Tomando esto en cuenta, realizar un APR resulta ser una herramienta muy útil que permite analizar accidentes, planificar adecuadamente y considerar las situaciones involucradas, así como revisar los componentes de estos sistemas para su prevención, en este caso se toma en cuenta la liberación de dicitopentadieno por la ruptura de la pluma.

## CAPÍTULO IV

### 4. MODELACIÓN Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos a partir de los datos obtenidos en el capítulo anterior. Se realizó una modelación utilizando el software libre ALOHA, en donde se consideraron dos escenarios: el primero, la liberación del producto generando una nube de vapor tóxico; la segunda, la liberación del producto con posibilidad de inflamabilidad. Se realiza el análisis de ambos escenarios en donde se exponen los posibles riesgos hacia la población y a las especies nativas asociados al accidente planteado.

#### 4.1. Modelación del accidente en ALOHA

La modelación se realizó utilizando el software ALOHA (ANEXO C) tomando como referencia el accidente ocurrido el 29 de junio de 2023 en la terminal 16PaE “Terminal para petróleo y derivados” (ver la Figura 3.6 Plano del puerto). Se recopilaron datos meteorológicos proporcionados por la Administración del Sistema Portuario Nacional (ASIPONA) Manzanillo necesarios para realizar la modelación, tales como la temperatura, la velocidad del viento, la dirección del viento, humedad relativa, estabilidad atmosférica, altura a la que se derramó el material peligroso, temperatura del material peligroso y la cantidad derramada.

Dado que no se obtuvieron datos meteorológicos precisos necesarios para realizar la modelación, se tomó en cuenta el peor escenario con información proporcionada en la página oficial de ASIPONA Manzanillo, los cuales se muestran en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1. Datos usados en la modelación**

<b>Material peligroso: Diciclopentadieno</b>		
Parámetro	Dato	Link
Temperatura	34 °C	<a href="https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioManzanillo.pdf">https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioManzanillo.pdf</a>
Velocidad del viento	4.38 [m/s]	<a href="https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioManzanillo.pdf">https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioManzanillo.pdf</a>
Dirección del viento	Oeste	<a href="https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioManzanillo.pdf">https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioManzanillo.pdf</a>

Humedad Relativa	77%	<a href="https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioManzanillo.pdf">https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioManzanillo.pdf</a>
Estabilidad atmosférica	D	ALOHA
Altura del derrame del ISOtanque	0 [m]	<a href="https://www.almovi.pt/es/marcas/gottwald">https://www.almovi.pt/es/marcas/gottwald</a>
Temperatura del material peligroso	30 °C	<a href="https://surl.li/zdgokj">https://surl.li/zdgokj</a>
Cantidad derramada	25,000 [l]	<a href="https://www.almovi.pt/es/marcas/gottwald">https://www.almovi.pt/es/marcas/gottwald</a>

Así mismo, para la localización del accidente, se consideró el plano del puerto de Manzanillo. Debido a que la mercancía peligrosa involucrada se trata de un derivado del petróleo, se ubicó en la zona 16 PaE de la Figura 3.6 Plano del puerto Manzanillo.

A continuación, se muestran los resultados de la modelación realizada en ALOHA, en la Figura 4.1 se observa la nube tóxica y en la 4.2 el área inflamable, en ambas se observa el ámbito de afectación de afectación por el accidente. En la simbología de ambas figuras se indican las llamadas *threat zones* o zonas de amenaza, las cuales están representadas por diferentes colores dependiendo de la concentración de la sustancia tóxica modelada.

# Modelación Nube Tóxica

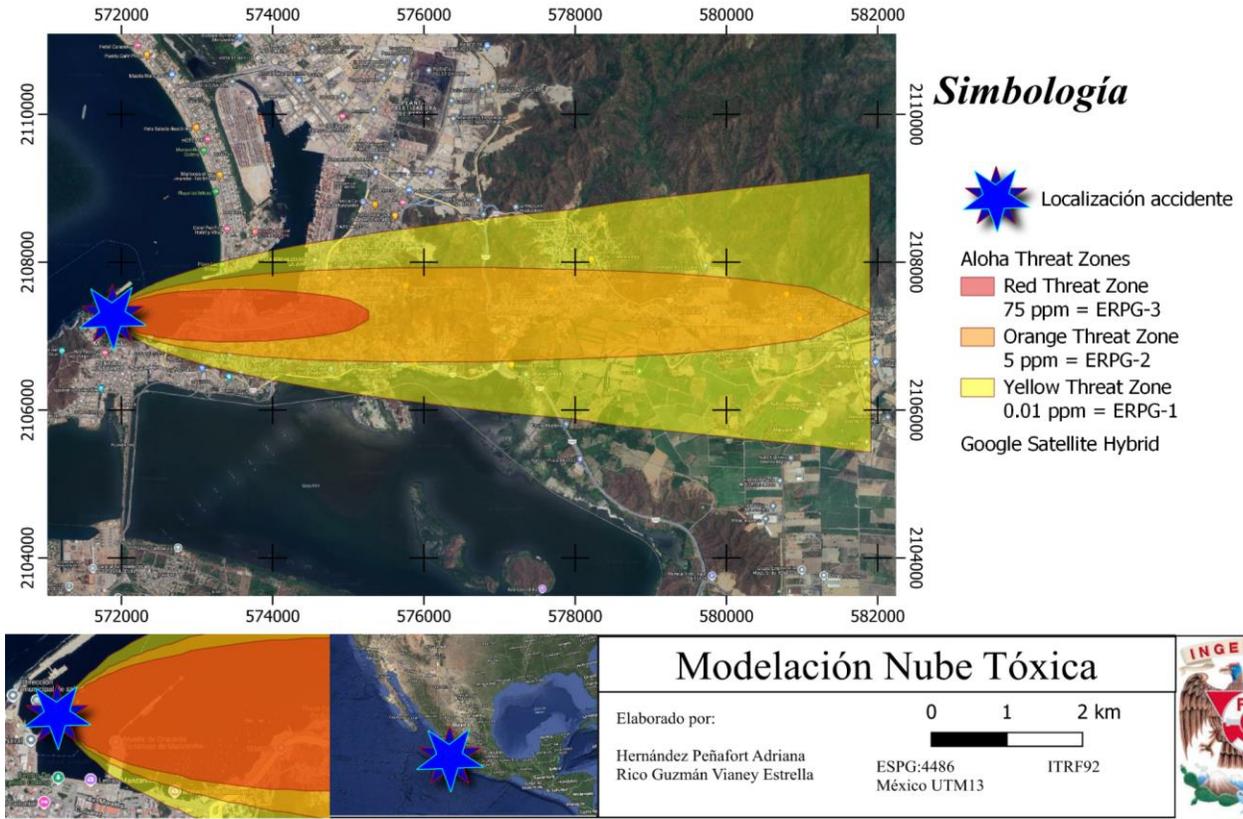


Figura 4.1. Modelación nube tóxica

# Modelación área inflamable de la nube de vapor

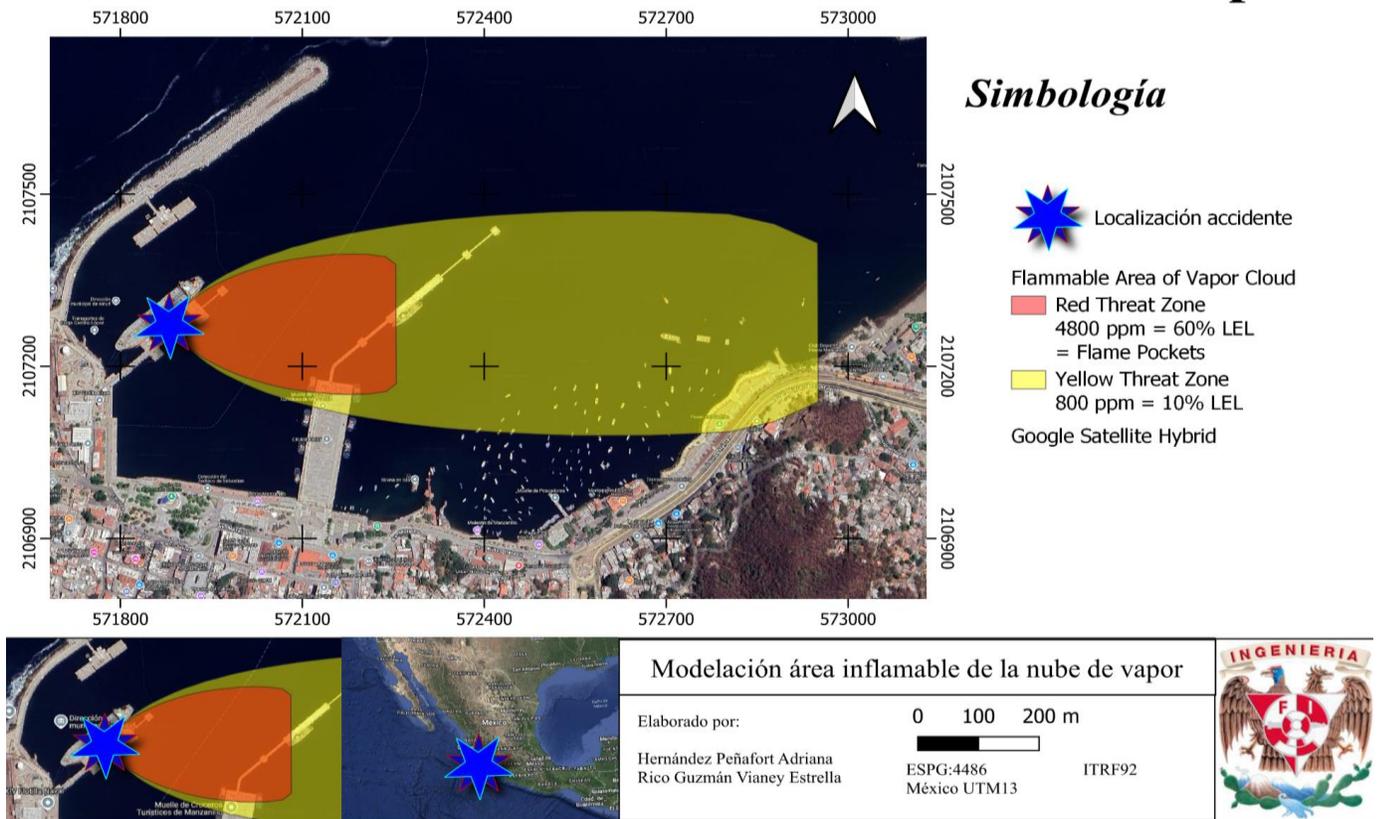


Figura 4.2. Modelación área inflamable

## 4.2. Evaluación de resultados

La modelación dio como resultado ámbitos de afectación dependiendo de la concentración en el aire, dentro de estas áreas se observa que hay asentamientos humanos, por lo cual se utilizó la base de datos del Mapa digital de México de INEGI para determinar la cantidad de personas afectadas por el accidente, estos resultados se presentan en la Tabla 4.2 para la nube tóxica y en la Tabla 4.3 para la nube de vapor inflamable. Por otro lado, se obtuvo la proyección de población con datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO) para el año 2023 ya que el último censo poblacional se realizó en el 2020 y el accidente ocurrió en el 2023. De esta forma, se obtuvo una población en Manzanillo, Colima de 213,116 habitantes para el año 2023.

En las Figuras 4.3 y 4.4 se observan las viviendas identificadas con color verde que podrían verse afectadas por la nube de vapor y la posible inflamabilidad respectivamente. Estas imágenes se presentan como evidencia de la proximidad de zonas habitadas al

área de riesgo, destacando que se trata de viviendas ocupadas por personas que podrían resultar directamente afectadas en caso de un accidente.

**Tabla 4.2.** Resultados de la modelación de nube tóxica

Nube tóxica			
Concentración en el aire	Ámbito de afectación	Población 2020	Población proyectada afectada en 2023
ERPG - 3: 75 ppm	3.6 [km]	2,272	2,382
ERPG - 2: 5 ppm	Mayor a 10 [km]	12,795	13,412
ERPG - 1: 0.01 ppm	Mayor a 10 [km]	23,389	24,517



**Figura 4.3.** Población afectada en caso de formación de nube de vapor tóxico.

Fuente: <https://www.ineqi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx>

**Tabla 4.3. Resultados de la modelación área inflamable de la nube de vapor**

Área inflamable de la nube de vapor		
Porcentaje de gas en el aire	Ámbito de afectación	Población afectada
LeL: 60% = 4800 ppm	373 [m]	0
LeL: 10% = 800 ppm	1.1 [km]	0



**Figura 4.4. Población afectada en caso de inflamabilidad**

**Fuente:** <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx>

Los resultados de la Tabla 4.2 Resultados de la modelación de Nube tóxica presentan ámbitos expresados como Emergency Response Planning Guidelines (ERPG), que estiman las concentraciones a las que la mayoría de las personas comenzarán a experimentar efectos sobre la salud si se exponen a una sustancia química peligrosa en el aire durante el lapso de una hora (NOAA,2023). Una sustancia química puede tener hasta tres valores ERPG, cada uno de los cuales corresponde a un nivel específico de efectos sobre la salud (NOAA, 2023). Los cuales se describen a continuación:

- ERPG-3 es la concentración máxima en el aire por debajo de la cual casi todas las personas podrían estar expuestas durante hasta 1 hora sin experimentar o desarrollar efectos para la salud que pongan en peligro su vida (NOAA, 2023).
- ERPG-2 es la concentración máxima en el aire por debajo de la cual casi todas las personas podrían estar expuestas durante hasta 1 hora sin experimentar o desarrollar efectos o síntomas irreversibles u otros efectos graves para la salud que podrían perjudicar la capacidad de una persona para tomar medidas de protección (NOAA, 2023).
- ERPG-1 es la concentración máxima en el aire por debajo de la cual casi todas las personas podrían estar expuestas durante hasta 1 hora sin experimentar más que efectos adversos leves y transitorios para la salud o sin percibir un olor desagradable claramente definido (NOAA, 2023).

Así mismo la Tabla 4.3 Resultados de la modelación Área inflamable de la nube de vapor, tiene los resultados expresados como Límite Inferior de Explosividad (LEL) que nos indica la concentración de un compuesto en el aire debajo de la cual la mezcla no se incendiará (EPA, 2024). Los resultados muestran dos porcentajes 10% y 60%, esto nos indica que debajo de 10% no hay suficiente gas para que ocurra una inflamación incluso si hubiese una fuente de ignición, por otro lado, el de 60% indica que la atmósfera tiene alta concentración y que hay un riesgo significativo de inflamación en caso de una fuente de ignición, esto no asegura una explosión ya que tendría que mostrarse un LEL del 100%, así pues debido a condiciones como la dispersión, cantidad y las condiciones del material esto no se presenta en la modelación.

Por otro lado, de la Tabla 4.2. Resultados de la modelación de Nube tóxica y de la Figura 4.3 Población afectada en caso de formación de Nube de vapor tóxico, se puede apreciar que la nube tóxica de vapor tendría una afectación sobre la población que se encuentre cercana a la zona, en el peor de los casos la población más afectada sería aproximadamente del 1.12% del total de la población de Colima y en el área de mayor incidencia tendría un impacto en cerca del 10% con respecto a la población total. En el caso del LEL y en conjunto con la modelación, se puede observar que la población afectada por esto sería nula en cuanto a la situación de vivienda, pero no se descartan otro tipo de afectaciones.

Dado que el accidente se contuvo en menos de una hora, la población expuesta en el nivel ERPG-1 que tuvo un alcance mayor a 10 km (véase figura 4.1) no presentó ningún síntoma de exposición al dicitlopentadieno ya que la concentración en el aire fue menor a 0.01 ppm, siendo mucho menor que 75 ppm la cual es la mínima concentración para presentar efectos adversos. Por otro lado, la población en el nivel ERPG-2 con un ámbito de exposición igualmente mayor a 10 [km], percibió efectos leves y transitorios como un

olor desagradable y leve irritación en las vías respiratorias y la piel. Por último, para el nivel ERPG-3, el rango de exposición fue de 3.6 [km], lo cual conlleva que la población ubicada en esta zona presente efectos que ponen en peligro la vida.

Cabe mencionar que el accidente se tuvo que haber contenido en menos de 15 minutos, ya que la hoja de seguridad de la OMS del dicitopentadieno (véase anexo A) indica que los límites de exposición laboral STEL (Short-Term Exposure Limit) es de 1 ppm y si se observa el nivel ERPG-3 mostrado en la figura 4.1 Modelación nube tóxica, ésta es la zona más cercana al lugar del accidente, es decir, ahí se encontraban los trabajadores. Haciendo entonces una comparación de la concentración de la modelación (75 ppm) y la concentración sugerida por la OMS (1 ppm), ésta se rebasa 75 veces, por lo que es probable que una exposición mayor a ésta derive en efectos más graves hacia la salud, ya que se pueden formar peróxidos por contacto prolongado por el aire (Anexo A).

La intensidad tóxica de cada nivel ERPG se puede ver modificada por la reacción tóxica que tenga cada organismo, es decir, factores como la dosis (concentración a nivel del receptor), la sensibilidad del receptor, factores humanos individuales como la edad, si presentan enfermedades, sexo, entre otros.

Otro factor importante a mencionar son los daños colaterales, en este caso, las actividades de operación del puerto, como el tiempo de espera de los buques para carga o descarga de materiales; esto debido al traslado de personal de contención de accidentes al lugar de los hechos. Complementario a lo anterior, el accidente podría llevar al retraso o cancelación de los cruceros, por la cercanía con el muelle de cruceros turísticos de Manzanillo, además de las restricciones en actividades acuáticas, afectando significativamente los ingresos no solo de las empresas de capital privado que se encuentran ahí, sino también para los que obtienen ingresos de negocios locales beneficiados del turismo.

Por otro lado, el LEL sugiere que existe una probabilidad de inflamación en la zona, especialmente con un riesgo del 60%, por lo tanto, en el caso de que llegara a ocurrir dicha situación, ésta causaría quemaduras de primer grado afectando sólo la capa externa de la piel hasta quemaduras de tercer grado con afectaciones a las capas profundas de la piel de los trabajadores que se encuentren dentro de la *red threat zone* o en español zona de amenaza roja; que es un término utilizado en modelación de dispersión de sustancias peligrosas para representar el área de mayor riesgo tras un derrame o liberación de químicos tóxicos (Véase Figura 4.2 Modelación área inflamable) y afectar a las personas que se encuentren desembarcando de los cruceros en las proximidades.

No menos importante, la inhalación de vapores tóxicos puede causar daño respiratorio y sistémico a las especies ubicadas en las zonas afectadas, en especial la (Exerodonta smaragdina) rana de árbol esmeralda (*Crocodylus acutus*) cocodrilo de río, cocodrilo americano (*Ctenosaura pectinata*) iguana espinosa mexicana (*Aspidozelis communis*) huico moteado gigante (*Aspidozelis lineatissimus*) huico muchas líneas (*Crotalus basiliscus*) víbora de cascabel. Que al ser ectotermos y depender de la temperatura ambiental para su metabolismo, pueden tener dificultades adicionales para detoxificar y eliminar el dicitopentadieno del cuerpo.

Así mismo esto puede llegar a afectar su comportamiento haciéndolos más letárgicos o desorientados, lo que puede reducir su capacidad para encontrar alimento y refugio. Con lo anterior se vería afectado el proceso de reproducción de estos animales, ya que los químicos pueden interferir con sus sistemas hormonales y reproductivos. Y, por último, en casos severos, la exposición a altos niveles de vapores tóxicos puede resultar en la muerte de los animales afectados.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Inicialmente se realizó una búsqueda de información donde se describieron los acontecimientos históricos más relevantes que ocasionaron el surgimiento de los buques como un medio de transporte capaz de transportar mercancías a diversas partes del mundo. Así mismo, se evidenció la necesidad de los mismos para atender la creciente demanda de la sociedad, facilitando el comercio internacional y contribuyendo al desarrollo económico.

Posteriormente se llevó a cabo una recopilación de la legislación nacional e internacional vigente relacionada con la gestión de mercancías peligrosas en puertos de carga y descarga, lo cual permitió indagar a fondo la relación que tienen las normativas internacionales y mexicanas. Así pues, México como país miembro de la OMI, adopta normativas internacionales claves para la identificación y manejo de mercancías peligrosas, lo cual garantiza que las operaciones en los puertos y aguas nacionales cumplan con los estándares globales y de esta forma permite que México participe en el comercio marítimo sin conflictos regulatorios tanto ambientales como económicos.

De igual forma, se observó que ha habido reformas a estas normatividades para el mejoramiento de la gestión de las mercancías peligrosas tomando en cuenta los diferentes acontecimientos históricos.

La normativa aplicable también hace mención de cómo actuar ante los accidentes que puedan ocurrir en los puertos al momento de las cargas o descargas de mercancías peligrosas, así como aplicar la responsabilidad de las afectaciones a los prestadores de servicios, tanto de las afectaciones a la infraestructura como ambientales. Por lo cual la empresa a cargo del dicitlopentadieno tuvo que hacerse responsable de las afectaciones en el puerto y a las ocasionadas hacia el ambiente, sin embargo, no se cuenta con información suficiente como para saber si esto fue solventado económicamente por la empresa o si se llevó a cabo alguna maniobra de monitoreo detallado hacia las especies y los efectos a la salud que presentó la población circundante al lugar de los hechos.

Derivado de la recopilación de información se permitió identificar los diferentes tipos de buques utilizados para el transporte de mercancías peligrosas, los cuales presentan distintas características dependiendo de las propiedades de la carga. Además, se destacó el buque portacontenedor debido a su capacidad para movilizar mercancías de gran volumen y diversidad de manera internacional. El conocer los diferentes tipos de

buques facilita su correcta identificación al arribo de los distintos puertos mexicanos y a su vez a llevar a cabo una correcta gestión de las mercancías.

En cuanto a la revisión del Reglamento del Puerto de Manzanillo, se especifica que se deben de contar con los permisos, certificados y acreditaciones para el manejo, almacenamiento, y disposición de mercancías peligrosas, para lo cual en el reglamento se presenta el Anexo IX, que especifica los procedimientos que debe de llevar a cabo el puerto para el manejo y almacenamiento temporal de productos, sustancias, materiales y mercancías peligrosas, sin embargo, para obtener información más detallada sobre estos temas, es necesario consultar la Ley Aduanera y normas adjuntas.

Así mismo se listaron las mercancías tanto peligrosas como no peligrosas que son operadas en los puertos más importantes de México considerando las normativas nacionales, las cuales permiten la identificación y gestión de la gran diversidad de sustancias que son transportadas con diferentes propósitos, algunas de las mercancías representan un riesgo ya que cada una presenta desafíos particulares en su gestión, por lo que conocer la diversidad de carga operada por los puertos mexicanos y la aplicación de la normatividad mexicana permite garantizar la seguridad y protección a la población, el ambiente y al comercio nacional e internacional.

En cuanto a la evaluación de los posibles efectos por medio de la modelación en ALOHA se obtuvo que la zona más afectada sería la que está dentro de la zona ERPG-3, donde la población expuesta de aproximadamente 2,382 habitantes podría experimentar o desarrollar síntomas irreversibles u otros efectos graves para la salud, así como efectos adversos leves y transitorios, cabe mencionar que si la población afectada estuviera más de una hora expuesta a la nube tóxica emitida por el dicitopentadieno, su vida estará en peligro.

Además, los trabajadores presentes durante el accidente debieron de tener el equipo de protección personal adecuado y no haber sido expuestos por más de 15 minutos al contaminante para no poner en riesgo su salud.

En cuestión de la fauna presente en la zona, es esencial mencionar que hay una variedad de especies que pueden ser afectadas por sus características, teniendo como ejemplo a la rana de árbol esmeralda, cocodrilo de río, cocodrilo americano, iguana espinosa mexicana, huico moteado gigante, huico muchas líneas y víbora de cascabel que son especies ectotermas y dependen de las condiciones de su hábitat para su desarrollo, por lo que en caso de un incendio y por consiguiente un aumento de temperatura estas especies podrían presentar daño respiratorio y sistémico. Además de que estas especies se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 por lo que se les

debería de prestar especial atención sin olvidar al resto de especies presentes. Si la fauna no se tomará en cuenta podría verse afectada la biodiversidad de la zona y sus cadenas tróficas, sin embargo, se necesitan de más estudios para la confirmación de esto.

No menos relevante, puesto que la modelación realizada no considera un vertido de la sustancia en el mar, las especies marítimas no se abordaron en esta investigación, sin embargo, son de importancia y se tendrían que analizar para medir el riesgo.

Con lo anterior se hace una reflexión acerca de lo significativo que es la correcta gestión de mercancías peligrosas para evitar accidentes, así como tener actualizada la guía de respuesta en caso de emergencia y de ese modo evitar efectos adversos hacia la infraestructura del puerto, población y ambiente.

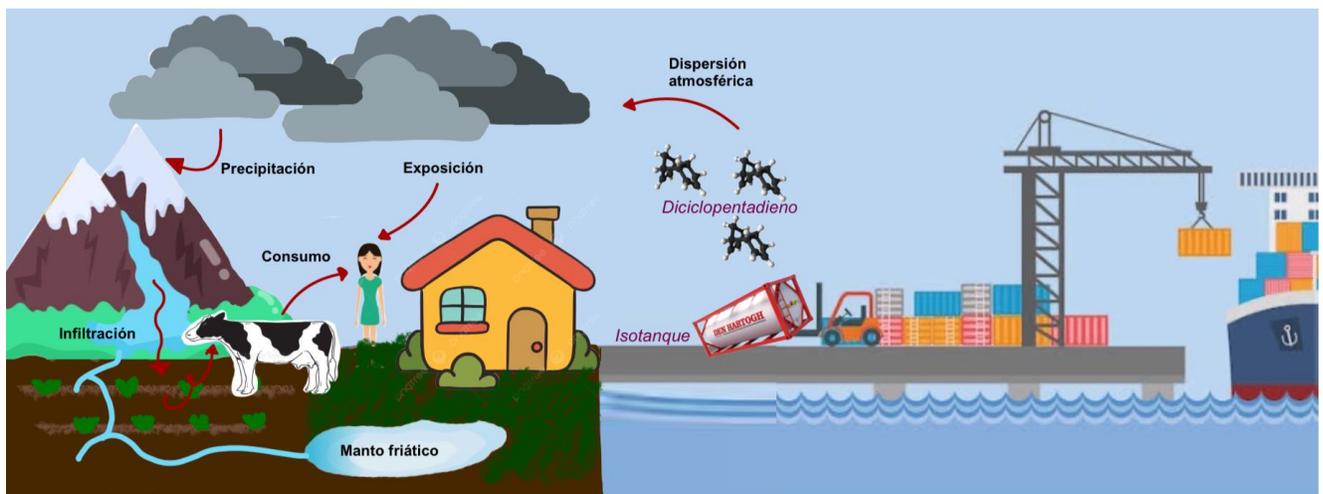
Para la evaluación de los posibles riesgos asociados al accidente ocurrido en el puerto de Manzanillo, se realizó una búsqueda de información sobre las partes que conforman un ISOtanque, así como la descripción del proceso de izaje. Con base en ello, se elaboró un Análisis Preliminar de Riesgos (APR), el cual permitió tener una visión más amplia de los riesgos asociados a la manipulación de ISOtanques y de grúas, así como los diferentes puntos críticos a considerar durante el proceso de izado. Gracias al estudio realizado, fue posible analizar con detalle las posibles fallas ocurridas el día del accidente atribuibles a una maniobra incorrecta del ISOtanque que contenía dicitopentadieno. A partir de este análisis, se puede inferir que existen distintos escenarios de riesgo asociados a una liberación de dicitopentadieno en el puerto, por lo que se deben implementar medidas preventivas como lo son las capacitaciones continuas del personal, la realización de inspecciones periódicas de los ISOtanques y de las grúas, y establecer simulacros de emergencia para la prevención ante posibles incidentes. Esto con el fin de garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones de descarga.

El uso del software de uso libre ALOHA permitió evaluar los posibles riesgos asociados al accidente ocurrido en el puerto de Manzanillo ocasionado por el dicitopentadieno liberado en un ISOtanque. Con lo que se evidenció que el accidente ocurrido el 29 de junio de 2023 tuvo un impacto notorio hacia la población que se encontraba en un ámbito de afectación de 3.6 [km] y síntomas más leves en la población dentro de un ámbito de más de 10 [km], tomando en cuenta que el accidente se tuvo que haber contenido en menos de una hora para que la población más cercana al lugar de los hechos no presentara riesgos graves e irreversibles hacia su salud y ambiente.

## Recomendaciones

Una de las áreas de oportunidades de la normativa es ser más explícita en cuanto a las especificaciones para la recepción, almacenamiento, transporte y disposición de mercancías peligrosas, así como un añadido en la disposición de residuos peligrosos provenientes de los accidentes con mercancías peligrosas y sobre el mantenimiento de la infraestructura o el chequeo de estas mercancías peligrosas. Además de la vigilancia correcta y continua de su cumplimiento.

Por otro lado, es necesario mencionar el transporte y destino del contaminante ya que las matrices ambientales de agua, suelo y aire están en constante interacción, esto quiere decir que hay una dispersión en la atmósfera donde el contaminante se condensa y después se deposita en el suelo por medio de la precipitación, llegando a infiltrarse a los mantos freáticos y/o ser absorbido por los cultivos, finalmente logra entrar en el cuerpo humano por medio del consumo. Sin embargo, esto puede variar dependiendo del contaminante, las condiciones ambientales y concentración del mismo. En la figura 5.5 se muestra un posible transporte del dicitopentadieno a partir del accidente mencionado, donde se observa que del puerto se pudiese llegar a tener una dispersión como la antes mencionada, que llegue hasta el consumo, puesto que tiene cercanía a un uso de suelo pecuario agrícola, además de manglar y humedales (Anexo C). No obstante, se necesita de otro tipo de estudios para entender a fondo el destino del contaminante.



**Figura 5.5.** Transporte y dispersión del dicitopentadieno

Por lo anterior, no se debe descartar el posible impacto en los ecosistemas acuáticos, ya que el dicitopentadieno no es soluble en agua y su densidad es menor, por lo que puede formar una capa superficial permaneciendo en el cuerpo de agua por un periodo

prolongado, aumentando la probabilidad de ser ingerido por las especies presentes y provocar efectos negativos dentro de la cadena trófica a largo plazo.

Así mismo, se recomienda que, para la determinación de la afectación a la población cercana, así como a la fauna, se realicen estudios más específicos en donde se pueda llevar a cabo un monitoreo de las afectaciones a largo plazo del contaminante, es decir del transporte y destino del dieldrín, específicamente en las zonas que presentan un uso de suelo para la agricultura.

Del mismo modo se sugiere hacer un énfasis en los cuerpos de agua presentes en la zona como son el mar, los manglares y humedales presentes considerando sus ecosistemas ya que en esta investigación no se consideran sus afectaciones.

Se recomienda un análisis en el turismo de la zona ya que cerca del puerto hay zona hotelera que también puede llegar a verse afectada en caso de algún derrame en el puerto, lo que puede llevar a pérdidas económicas y daños en la salud de los turistas.

Por último, se necesita de más acceso a la información por parte de la Administración del Sistema Portuario Nacional Manzanillo (ASIPONA), específicamente de los registros de accidentes y su seguimiento con la población adyacente, ya que al no contar con datos meteorológicos específicos se puede entorpecer los resultados finales de la modelación y por ende no tener un control de los daños ambientales.

## REFERENCIAS

- Academia Lab logo AcademiaLab. (2024). <https://academia-lab.com/enciclopedia/diciclopentadieno/?form=MG0AV3>
- Administración del Sistema Portuario Nacional Ensenada (2021), Programa Institucional de Administración del Sistema Portuario Nacional Ensenada. Recuperado en junio de 2024 de <https://www.puertoensenada.com.mx/upl/sec/Avance%20y%20Resultados%202021%20ASIPONA%20ENS.pdf>
- Agencia Nacional de Aduanas de México (junio de 2021). Análisis estratégico, aduana de Altamira. Recuperado en junio de 2024 de [https://anam.gob.mx/wp-content/uploads/2022/02/analisis\\_altamira\\_jun21.pdf](https://anam.gob.mx/wp-content/uploads/2022/02/analisis_altamira_jun21.pdf)
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos,(Junio 4, 2024), *Términos L.* Consultado el el 9 de septiembre 2024 <https://espanol.epa.gov/espanol/terminos-l>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2024). ALOHA Software. US EPA. Consultado 24 de mayo de 2025, de <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software#:~:text=ALOHA%20permite%20introducir%20detalles%20sobre,para%20diversos%20tipos%20de%20peligros>
- ALDO GÓMEZ. (2023). INESTABILIDAD EN EL DESARROLLO Y CANALIZACIÓN DE UNA COMUNIDAD DE REPTILES EN UN HÁBITAT PERTURBADO.  
<file:///C:/Users/Jose%20Juan/Downloads/Repositorio%20Tesis%20por%20articulos%20especializados%20doctorado%20AGB%20MAYO.pdf>
- Almudena de Cabo. (2022, 13 de noviembre. *"Fue probablemente el mayor acto de amor colectivo en defensa de la naturaleza": el hundimiento del Prestige, la mayor catástrofe ambiental de la historia de España.* Consultado el 01 de agosto de 2022. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-63588107>
- Anfibios y Reptiles de Colima. *Exerodonta smaragdina.* Consultado el 15 de agosto de 2024. <https://colimareptiles.com/anfibios/ranas/familia-hylidae/exerodonta-smaragdina>
- Anfibios y reptiles de Colima. (2024). *Aspidoscelis lineattissimus.* <https://colimareptiles.com/reptiles/lagartijas/familia-teiidae/aspidoscelis-lineattissimus/>
- Anglés Hernández, M. (año). Sustancias peligrosas, riesgo y salud en México: Marco normativo. Recuperado el 28 de noviembre de 2024 de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/5/2252/7.pdf>
- Arias Rodolfo. CONCEPTO Y UTILIZACIÓN DE LOS VALORES UMBRALES LÍMITE (TLV's). Consultado el 1 de octubre de 2024. [https://www.stps.gob.mx/dgift\\_stps/pdf/valores%20umbrales.pdf](https://www.stps.gob.mx/dgift_stps/pdf/valores%20umbrales.pdf)
- ASIPONA Altamira (19 de septiembre de 2022). El puerto de Altamira aumenta en carga contenerizada. Recuperado en junio de 2024 de <https://www.puertoaltamira.com.mx/el-puerto-de-altamira-aumenta-en-carga-contenerizada/>
- ASIPONA Altamira (25 de abril de 2024). Rutas de Importación y Exportación. Recuperado en junio de 2024 de <https://www.puertoaltamira.com.mx/rutas-de->

importacion-y-exportacion/

- ASIPONA Ensenada (24 de marzo de 2023) Acerca del puerto. Recuperado en junio de 2024 de <https://www.puertoensenada.com.mx/esps/0000140/ubicacion#:~:text=El%20Puerto%20de%20Ensenada%20se,norte%20con%20los%20estados%20de>
- ASIPONA Ensenada (23 de marzo de 2023). Hinterland y Foreland. Recuperado en junio de 2024 de <https://www.puertoensenada.com.mx/esps/0000143/hinterland-y-foreland#:~:text=Las%20exportaciones%20se%20dirigen%20principalmente,Mar rucos%20y%20Argelia%20en%20%20C3%81frica>.
- ASIPONA Manzanillo. *Ubicación y Zona de Influencia*. Consultado el 17 de agosto de 2024. <https://puertomanzanillo.com.mx/esps/0020202/ubicacion-y-zona-de-influencia.html>
- ASIPONA Manzanillo. (2024, 26 enero) *MANZANILLO, LÍDER DE CARGA COMERCIAL EN MÉXICO*. Consultado el 25 de agosto de 2024. <https://www.puertomanzanillo.com.mx/espi/0000001/noticia.php?id=98#:~:text=En%20cuanto%20al%20movimiento%20de,el%20desarrollo%20econ%20C3%B3mico%20de%20M%20C3%A9xico>.
- ASIPONA Manzanillo. *Plano del Puerto*. Consultado el 15 de agosto de 2024. <https://www.puertomanzanillo.com.mx/esps/0020301/plano-del-puerto.html>
- Ayuntamiento De a Coruña. *12 de mayo de 1976. El Urquiola*. Consultado el 01 de agosto de 2022. <https://www.coruna.gal/web/es/actualidad/noticias/noticia/el-urquiola/suceso/1453616171316?argldioma=es>
- BBC News Mundo. (2010, 20 de octubre). *El impacto invisible del derrame en el Golfo de México*. Consultado el 01 de agosto de 2022. [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/10/101020\\_golfo\\_seismeses\\_am](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/10/101020_golfo_seismeses_am)
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC). (2022). *Sistema Portuario Mexicano*. Consultado el 17 de agosto de 2024. <https://www.cmic.org.mx/sectores/comunicaciones/Comunicaciones/Documento%20PDF/Presentaciones%20del%20Sector/Sistema%20Portuario%20Mexicano.pdf>
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (Junio de 2022). *Sistema Portuario Mexicano 2022*. Consultado en mayo de 2024 de <https://www.cmic.org.mx/sectores/comunicaciones/Comunicaciones/Documento%20PDF/Presentaciones%20del%20Sector/Sistema%20Portuario%20Mexicano.pdf>
- Campos Arnoldo. Secretaría de Marina. (2021). *SEGUIMIENTO AMBIENTAL PUERTO DE MANZANILLO PROGRAMA MAESTRO DE DESARROLLO PORTUARIO 2000- 2010*". Consultado el 15 de agosto de 2024. <https://www.puertomanzanillo.com.mx/upl/sec/2023/FAUNA-2021.pdf>
- CATAMP CIPET. (2018). *Boletín técnico No 59: Isotankers - El transporte intermodal de líquidos y gases a granel*. CATAMP. Consultado el 16 de mayo de 2025, de <https://www.catamp.org.ar/wp-content/uploads/2018/12/b.t.nao-59-isotankers.pdf>
- Centre for Maritime Law Faculty of Law National University of Singapore. *In the Matter of Oil Spill by Amoco Cadiz Off Coast of France on 16 March 1978 | CML*

*CMI Database*. Consultado el 01 de agosto de 2022. <https://cmlcmidatabase.org/matter-oil-spill-amoco-cadiz-coast-france-16-march-1978>

- Cfr. Gestión ambientalmente racional de las sustancias químicas desde la perspectiva de la industria, México, Instituto Nacional de Ecología-Semarnap, 1997, p. 15 y Lave, Lester B., "Risk Assessment and Regulatory Priorities", *Columbia Journal of Environmental Law*, Nueva York, 1989, vol. 14, núm. 2, p. 307.
- Cintia Abigail Amaya Ramírez. Cocodrilo de Río (*Crocodylus acutus*). Consultado el 15 de agosto de 2024. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/26085-Crocodylus-acutus>
- Collazo Martínez, Yusnely, Páez Paredes, Meivys, & Rodríguez Poo, Mabel. (2024). Modelo gestión de objetos de aprendizaje en la Universidad de Pinar del Río. *Varona. Revista Científico Metodológica*, (80), . Epub 30 de julio de 2024. Recuperado en 03 de julio de 2025, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1992-82382024000200006&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1992-82382024000200006&lng=es&tlng=es).
- CONAVI. ESTRATEGIAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO CON ENFOQUE BIOCLIMÁTICO. Consultado el 15 de agosto de 2024. <https://siesco.conavi.gob.mx/doc/tecnicos/disenio/Estrategias%20de%20Diseño%20Arquitectonico.pdf>
- CONGRESO NACIONAL ANIERM. Ciudad de México. (2024, abril 11). *El desarrollo portuario requerido para México* [Diapositiva 4]. Consultado el 19 de agosto de 2022. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/908224/SPN\\_ANIERM.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/908224/SPN_ANIERM.pdf)
- *Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar*. Consultado el 25 de agosto de 2023 [https://www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/unclos/convemar.es.pdf](https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/convemar.es.pdf)
- *Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, de 2 de noviembre de 1973*. Consultado el 25 de agosto de 2023 <https://cetmar.org/documentacion/MARPOL.pdf>
- Coordinación General de Puertos y Marina (2024). Mapa del sistema portuario nacional. Recuperado en mayo de 2024 de <https://www.gob.mx/puertosymarinamercante/documentos/mapa-del-sistema-portuario-nacional>
- Dávalos, M. S. (2010). *Manual de introducción al derecho mercantil* (Cap. 1). Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. Recuperado el 28 de noviembre de 2024, de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/7/3259/3.pdf>
- David Romero Faz. (2017, noviembre). Metodología para la Evaluación del riesgo en Instalaciones Portuarias. [https://oa.upm.es/48680/1/David\\_Romero\\_Faz.pdf](https://oa.upm.es/48680/1/David_Romero_Faz.pdf)
- Diario Oficial de la Federación. (2021, 16 de diciembre). *REGLAMENTO DE LA LEY DE PUERTOS*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5638489&fecha=16/12/2021#sc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5638489&fecha=16/12/2021#sc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación.(2023, 18 de diciembre). NORMA Oficial Mexicana

NOM-002-SCT-SEMAR-ARTF/2023, Listado de sustancias y materiales peligrosos (mercancías peligrosas). Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5711751&fecha=18/12/2023#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5711751&fecha=18/12/2023#gsc.tab=0)

- Diario Oficial de la Federación. (2014, 04 de marzo). *NORMA Oficial Mexicana NOM-002-SCT4-2013, Terminología Marítima-Portuaria*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5334608&fecha=04/03/2014#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5334608&fecha=04/03/2014#gsc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación. (2008, 15 de agosto). *NORMA Oficial Mexicana NOM-003-SCT/2008, Características de las etiquetas de envases y embalajes, destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5056785&fecha=15/08/2008#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5056785&fecha=15/08/2008#gsc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación. (2008, 18 de agosto). *NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SCT/2008, Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5056880&fecha=18/08/2008#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5056880&fecha=18/08/2008#gsc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación. (1998, 26 de octubre). Consultado el 19 de agosto de 2024. [www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69870.pdf](http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69870.pdf) ya no vigente la norma NOM-009-SCT4-1994
- *Diario Oficial de la Federación*. (2009). *NORMA Oficial Mexicana NOM-010-SCT2/2009, Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5107654](https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5107654)
- Diario Oficial de la Federación. (2007). *NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT4-2007, Lineamientos para la elaboración del Plan de Contingencias para Embarcaciones que Transportan Mercancías Peligrosas*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5001491&fecha=25/09/2007#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5001491&fecha=25/09/2007#gsc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación. (2021, 16 de diciembre). *REGLAMENTO DE LA LEY DE PUERTOS*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5638489&fecha=16/12/2021#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5638489&fecha=16/12/2021#gsc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación. (2023, 18 de diciembre). *NORMA Oficial Mexicana NOM-002-SCT-SEMAR-ARTF/2023, Listado de sustancias y materiales peligrosos (mercancías peligrosas)*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5711751&fecha=18/12/2023#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5711751&fecha=18/12/2023#gsc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación. (2014, 04 de marzo). *NORMA Oficial Mexicana NOM-002-SCT4-2013, Terminología Marítima-Portuaria*. Consultado el 19 de

agosto de 2024.  
[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5334608&fecha=04/03/2014#gsc.tab=b=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5334608&fecha=04/03/2014#gsc.tab=b=0)

- Diario Oficial de la Federación. (2008, 15 de agosto). *NORMA Oficial Mexicana NOM-003-SCT/2008, Características de las etiquetas de envases y embalajes, destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5056785&fecha=15/08/2008#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5056785&fecha=15/08/2008#gsc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación. (2008, 18 de agosto). *NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SCT/2008, Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5056880&fecha=18/08/2008#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5056880&fecha=18/08/2008#gsc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación. (1998, 26 de octubre). Consultado el 19 de agosto de 2024. [www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69870.pdf](http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69870.pdf) ya no vigente la norma NOM-009-SCT4-1994
- *Diario Oficial de la Federación*. (2009). *NORMA Oficial Mexicana NOM-010-SCT2/2009, Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5107654](https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5107654)
- Diario Oficial de la Federación. (2007). *NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT4-2007, Lineamientos para la elaboración del Plan de Contingencias para Embarcaciones que Transportan Mercancías Peligrosas*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5001491&fecha=25/09/2007#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5001491&fecha=25/09/2007#gsc.tab=0)
- DIGAOHM. *MANZANILLO, COLIMA*. Consultado el 15 de agosto de 2024. <https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioManzanillo.pdf>
- Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología (s.f.). Datos generales del puerto de Veracruz, Veracruz. Recuperado en Junio de 2024 de <https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioVeracruz.pdf>
- Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología (s.f.). Datos generales del puerto de Altamira, Tamaulipas. Recuperado en Junio de 2024 de <https://digaohm.semar.gob.mx/derrotero/cuestionarios/cnarioAltamira.pdf>
- Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología (s.f.). Datos generales del puerto de Lázaro Cárdenas, Michoacan. Recuperado en Junio de 2024 de <https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioLazaro.pdf>
- Dimensión Real de Colima. 20 junio 2023. Por derrame de químico evacuan Timsa. Recuperado en Junio de 2024 de <https://dimensionrealdecolima.com.mx/2023/06/20/por-derrame-de-quimico-evacuan-timsa/>
- Elizabeth Torres Bahena. (2023, mayo 22) Iguana Mexicana de Cola Espinosa

(*Ctenosaura pectinata*). <https://mexico.inaturalist.org/taxa/35306-Ctenosaura-pectinata>

- FAJARDO, Victor; BURGUETE, Marycarmen; GONZÁLEZ-MORALES, Juan Carlos. *Calentamiento global y la fisiología de ectotermos: El caso de tres lacertilios mexicanos*. CIENCIA ergo-sum, [S.l.], v. 27, n. 3, oct. 2020. ISSN 2395-8782. Consultado el 19 nov. 2024 de <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/10789>
- FAJARDO, Victor; BURGUETE, Marycarmen; GONZÁLEZ-MORALES, Juan Carlos. *Calentamiento global y la fisiología de ectotermos: El caso de tres lacertilios mexicanos*. CIENCIA ergo-sum, [S.l.], v. 27, n. 3, oct. 2020. ISSN 2395-8782. Disponible en: <<https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/10789>>. Fecha de acceso: 19 nov. 2024 doi: <https://doi.org/10.30878/ces.v27n3a9>.
- Gobierno de México. (2023, 19 de junio). *Se emite comunicación importante*. Consultado el 01 de diciembre de 2022. <https://www.puertomanzanillo.com.mx/espi/0000001/noticia.php?id=61>
- Gobierno de México. (2016, 23 de julio). *CÓDIGO DE PROTECCIÓN A BUQUES E INSTALACIONES PORTUARIAS La OMI y el PBIP*. Consultado el 25 de agosto de 2023. <https://www.sct.gob.mx/index.php?id=1871>
- Gobierno de México. (2024, 3 de abril). *ISO 28000:2007*. Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.puertolazarocardenas.com.mx/plc25/iso28000>
- Gobierno de México. *Mercancías*. Consultado el 15 de agosto de 2024. <https://puertomanzanillo.com.mx/esps/2110535/mercancias.html#:~:text=Cemento%20fertilizante%20mineral%20urea%20,eso%20nitrat%20de%20potasio.&text=Leche%20en%20polvo%20perecederos%2020ropa,para%20automóviles%20refacciones%20tequila>
- Hernández Barragán. (2010, febrero). *Plantear la historia local en un contexto regional, nacional y global*. Consultado el 01 de agosto de 2024. [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB\\_UMICH/2491/1/II\\_H-M-2010-0011.pdf](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/2491/1/II_H-M-2010-0011.pdf)
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2018). *DICICLOPENTADIENO*. Consultado el 15 de agosto de 2024. [https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_card\\_id=873&p\\_version=2&p\\_lang=es](https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=873&p_version=2&p_lang=es)
- ISO. (2024) *ISO: Normas mundiales para bienes y servicios de confianza*. Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.iso.org/es/home/>
- ISO. *ISO 14001:2015(es) Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso*. Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>
- ISO. *ISO 9001:2015(es) Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos Quality management systems — Requirements*. Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- ISO. *ISO 45001:2018(es) Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso*. Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:es>
- ITOPF. *ERIKA, West of France, 1999*. Consultado el 01 de agosto de 2022. <https://www.itopf.org/in-action/case-studies/erika-west-of-france-1999/>

- Jaimurzina A, Salas G, Sánchez R. (2015). *Políticas de logística y movilidad para el desarrollo sostenible y la integración regional*. Consultado el 21 enero de 2025. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e2872671-7efc-482b-9026-313e1e6763b8/content>
- Jon Martín Cullell. (2019, 11 de julio). *El derrame de 3.000 litros de ácido al Mar de Cortés desata las críticas a la mayor minera de México*. Consultado el 01 de agosto de 2022. [https://elpais.com/sociedad/2019/07/11/actualidad/1562852835\\_399726.html](https://elpais.com/sociedad/2019/07/11/actualidad/1562852835_399726.html)
- KONECRANES GOTTWALD. 2018. THE MOST EFFICIENT EQUIPMENT FOR ALL CARGO-HANDLING APPLICATIONS MOBILE HARBOR CRANES. Consultado el 6 de mayo de 2025. <https://www.konecranes.com/sites/default/files/download/kc-mhc-brochure-en.pdf>
- MANZANILLO, COLIMA. Consultado el 17 de agosto de 2024. <https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioManzanillo.pdf>
- **Marítima Sureste**. (n.d.). *Mercancías peligrosas - OMI*. Recuperado el 28 de noviembre de 2024 de <https://maritimasureste.com/maritimo/mercancias-imo/?form=MG0AV3>
- Markleen. *Grandes desastres de derrames en el mar*. Consultado el 01 de agosto de 2022. [https://markleen.com/es/especialistas-derrames/grandes-desastres-de-derrames-en-el-mar/#:~:text=%C2%B7%20Sinclair%20Patrolore%20\(Brasil%2C%201960\)&text=EI%20Sinclair%20Petrolore%20era%20una,de%20miles%20de%20especies%20marinas](https://markleen.com/es/especialistas-derrames/grandes-desastres-de-derrames-en-el-mar/#:~:text=%C2%B7%20Sinclair%20Patrolore%20(Brasil%2C%201960)&text=EI%20Sinclair%20Petrolore%20era%20una,de%20miles%20de%20especies%20marinas).
- Markleen. *Grandes desastres de derrames en el mar*. Consultado el 01 de agosto de 2022. <https://markleen.com/es/especialistas-derrames/grandes-desastres-de-derrames-en-el-mar/>
- Mark Kinver. (2010, 19 de enero). *Derrame del Exxon Valdez sigue en Alaska*. Consultado el 01 de agosto de 2022. [https://www.bbc.com/mundo/ciencia\\_tecnologia/2010/01/100114\\_0457\\_exxon\\_si\\_que\\_desastre\\_jrq](https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/01/100114_0457_exxon_si_que_desastre_jrq)
- Mordor Intelligence. (s. f.). *Tamaño del mercado de dicitlopentadieno y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029)*. Consultado el 21 enero de 2025. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/dicyclopentadiene-market>
- Mundo Marítimo. (2021, 3 de Junio). *Popa del X-Press Pearl se hunde y Sri Lanka se prepara para posible desastre medioambiental*. Consultado el 01 de agosto de 2022. <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/popa-del-x-press-pearl-se-hunde-y-sri-lanka-se-prepara-para-posible-desastre-medioambiental#:~:text=EI%20incendio%20se%20produjo%20cuando,incendiar se%20el%2020%20de%20mayo>
- INaturalistMX. (2024). Cascabel del Pacífico *Crotalus basiliscus*. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/73724-Crotalus-basiliscus>
- INaturalistMX. (2024). Huico Moteado Gigante de la Costa de Jalisco *Aspidoscelis communis*. <https://mexico.inaturalist.org/taxa/73660-Aspidoscelis-communis>
- iNaturalist. *Ranita de pastizal*. Consultado el 15 de agosto de 2024. [https://www.inaturalist.org/guide\\_taxa/464118#ref6](https://www.inaturalist.org/guide_taxa/464118#ref6)

- Noé Domínguez. (2021). Huico de líneas de Jalisco. <https://enciclovida.mx/especies/27408-aspidoscelis-lineattissimus>
- Normas ISO. org. *Norma ISO 39001 La norma ISO 39001 ayuda a las organizaciones a mejorar la seguridad vial y reducir accidentes en las carreteras.* Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://normasiso.org/norma-iso-39001/>
- NORMAS OFICIALES MEXICANAS. Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.sct.gob.mx/informacion-general/normatividad/puertos-y-marina-mercante/normas-oficiales-mexicanas/>
- Oficina Internacional del Trabajo Ginebra. 2016. Seguridad y salud en los puertos. Consultado el 05 de mayo de 2025. [https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed\\_dialogue/%40sector/documents/normativeinstrument/wcms\\_546259.pdf](https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed_dialogue/%40sector/documents/normativeinstrument/wcms_546259.pdf)
- Oil Spill Response Limited. (2024, 18 de marzo). *Torrey Canyon Oil Spill Remembered | 1967*. Consultado el 01 de agosto de 2022. <https://www.oilspillresponse.com/es/medios-de-comunicacion/60n/news/remembering-torrey-canyon/>
- ONU (2022, agosto). Expertos de la ONU piden investigar la explosión de 2020 en el puerto de Beirut. Consultado el 23 de enero de 2025. <https://news.un.org/es/story/2022/08/1512492#:~:text=El%20de%20agosto%20de,amonio%20en%20un%20almacén%20portuario.>
- OMI. (2020). *Código, IMDG*. Consultado el 25 de agosto de 2023. <https://www.imo.org/es/Publications/Paginas/IMDG%20Code.aspx>
- OMI (2020). *Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974 (Convenio SOLAS)*. Consultado el 25 de agosto de 2023 [https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\)%2C-1974.aspx](https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS)%2C-1974.aspx)
- ONU (2022, agosto). Expertos de la ONU piden investigar la explosión de 2020 en el puerto de Beirut. Consultado el 23 de enero de 2025. <https://news.un.org/es/story/2022/08/1512492#:~:text=El%20de%20agosto%20de,amonio%20en%20un%20almacén%20portuario.>
- Organización Marítima Internacional (2021). *Introducción a la OMI*. Consultado el 01 de agosto de 2023. <https://www.imo.org/es/About/Paginas/Default.aspx>
- Organización Marítima Internacional (2021). *Introducción a la OMI*. Consultado el 25 de agosto de 2023. <https://www.imo.org/es/About/Paginas/Default.aspx>
- Proyectos México. Oportunidades de investigación. (Mayo 2024). *Potencia Comercial*. Consultado el 25 de enero de 2024. <https://www.proyectosmexico.gob.mx/por-que-invertir-en-mexico/economia-solida/potencia-comercial/>
- Redacción (28 de marzo de 2017). Veracruz, líder portuario en el Golfo de México. Recuperado en junio de 2024 de <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Veracruz-lider-portuario-en-el-Golfo-de-Mexico-20170329-0068.html>
- Residuo, C. (2024, 18 noviembre). Contaminación y riesgos del transporte marítimo. Cero Residuo. Recuperado en mayo de 2024 de <https://www.ceroresiduo.com/contaminacion-y-riesgos-del-transporte-maritimo/?srsltid=AfmBOorNiq3l0RN->

gKWwRpiJzzniObJOMT1Q1vZdwU0pMIGdoZeqlwYa

- SAME Chemicals B.V (2024) .Diciclopentadieno (DCDP). Consultado el 15 de agosto de 2024. <https://es.samechemicals.com/products/dcdp>
- Sánchez Méndez CG, López Pozos R, Santiago Romero H, Martínez García JA, Mendoza Martínez GD, Arcos-García JL. Alteraciones morfológicas en hembras juveniles de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) cuando varía el consumo de proteína y energía. *Veterinaria Mexico OA*. 2024;11. doi: 10.22201/fmvz.24486760e.2024.1250
- <https://veterinariamexico.fmvz.unam.mx/index.php/vet/article/download/1250/1021/11123>
- Sarmiento M. Ortiz E y Alvarez J.(2003). *Emergencias ambientales asociadas a sustancias químicas en México*. Consultado el 21 enero de 2025. [https://www.te.gob.mx/ccje/Archivos/emergencias\\_ambientales.pdf](https://www.te.gob.mx/ccje/Archivos/emergencias_ambientales.pdf)
- Schoch CL, et al. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. Database (Oxford). 2020: baaa062. PubMed: 32761142 PMC: PMC7408187. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Info&id=873081&lvl=3&lin=f&keep=1&srchmode=1&unlock>
- Science Education through Earth Observation for High Schools (SEOS). 2. *Derrames de Petróleo*. Consultado el 01 de agosto de 2022. <https://seos-project.eu/marinepollution/marinepollution-c02-p08.es.html>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2012). *NORMA Oficial Mexicana NOM-002-SCT/2011, Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados*. Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4623/SCT2a/SCT2a.htm>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2012). *NORMA Oficial Mexicana NOM-002-SCT/2011, Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados*. Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4623/SCT2a/SCT2a.htm>
- Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. (1998, diciembre). *NORMA Oficial Mexicana NOM-023-SCT4-1995, Condiciones para el manejo y almacenamiento de mercancías peligrosas en puertos, terminales y unidades mar adentro*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content\\_uploads/117\\_NOM-023-SCT4-1995.pdf](https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content_uploads/117_NOM-023-SCT4-1995.pdf)
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. (1999, 14 de mayo). *NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SCT4-1995, Frecuencia de inspecciones en seco para embarcaciones y artefactos navales*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content\\_uploads/114\\_NOM-020-SCT4-1995.pdf](https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content_uploads/114_NOM-020-SCT4-1995.pdf)
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. (1999, 3 de febrero) *NORMA Oficial Mexicana NOM-033-SCT4-1996, Lineamientos para el ingreso de mercancías peligrosas a instalaciones portuarias*. Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content\\_uploads/125\\_NOM-033-SCT4-1996.pdf](https://www.sct.gob.mx/fileadmin/migrated/content_uploads/125_NOM-033-SCT4-1996.pdf)
- Secretaría de Economía. *NORMA MEXICANA NMX-R-019-SCFI-2011 SISTEMA*

*ARMONIZADO DE CLASIFICACIÓN Y COMUNICACIÓN DE PELIGROS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS.* Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Varios/Leyes y Normas SEMARNAT/NMX/residuos/1.2011.pdf>

- Secretaria General. (2024, 01 de abril). *LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE.* Consultado el 25 de enero de 2024. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Secretaria General. (2023, 08 de mayo). *LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS.* Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf>
- Secretaria General. (2020, 13 de abril). *LEY DE VERTIMIENTOS EN LAS ZONAS MARINAS MEXICANAS.* Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LVZMM\\_130420.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LVZMM_130420.pdf)
- Secretaria General. (2020, 17 diciembre). Consultado el 19 de agosto de 2024. *LEY DE NAVEGACIÓN Y COMERCIO MARÍTIMOS.* [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LNCM\\_071220.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LNCM_071220.pdf)
- Secretaria General. (2020, 17 de diciembre). *LEY DE PUERTOS.* Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/65\\_071220.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/65_071220.pdf)
- Secretaria General. (2021, 12 de noviembre). *LEY ADUANERA.* Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAdua.pdf>
- Secretaria General. (2015, 04 de marzo). *REGLAMENTO DE LA LEY DE NAVEGACIÓN Y COMERCIO MARÍTIMOS.* Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LNCM\\_040315.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LNCM_040315.pdf)
- Secretaria General. (2024, 01 de abril). *LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE.* Consultado el 25 de enero de 2024. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Secretaria General. (2023, 08 de mayo). *LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS.* Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf>
- Secretaria General. (2020, 13 de abril). *LEY DE VERTIMIENTOS EN LAS ZONAS MARINAS MEXICANAS.* Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LVZMM\\_130420.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LVZMM_130420.pdf)
- Secretaria General. (2020, 17 diciembre). Consultado el 19 de agosto de 2024. *LEY DE NAVEGACIÓN Y COMERCIO MARÍTIMOS.* [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LNCM\\_071220.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LNCM_071220.pdf)
- Secretaria General. (2020, 17 de diciembre). *LEY DE PUERTOS.* Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/65\\_071220.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/65_071220.pdf)
- Secretaria General. (2021, 12 de noviembre). *LEY ADUANERA.* Consultado el 19 de agosto de 2024. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAdua.pdf>
- Secretaria General. (2015, 04 de marzo). *REGLAMENTO DE LA LEY DE NAVEGACIÓN Y COMERCIO MARÍTIMOS.* Consultado el 19 de agosto de 2024. [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LNCM\\_040315.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LNCM_040315.pdf)
- Sgobba, T., Musgrave, G. E., Johnson, G., & Kezirian, M. T. (2023). *Safety Design for Space Systems: Preliminary hazard analysis* (2.a ed.). Elsevier.

- SLM Containers. (2023, 15 septiembre). ¿Qué es un ISOtanque. Consultado el 16 de mayo de 2025, de <https://slmecuador.com/blog/30-que-es-un-isotank#:~:text=Un%20Contenedor%20ISO%20Tanque%20es,una%20presi%C3%B3n%20de%20trabajo%20espec%C3%ADfica>
- Tankspan. (s. f.). *Tank Guide Components*. Tankspan Leasing Ltd. Consultado el 16 de mayo de 2025, de <https://tankspan.com/tankcomponents.pdf>
- Venezuela News. (2023, 29 de marzo). *Barco con toneladas de alcohol tóxico se hunde en EEUU*. Consultado el 01 de agosto de 2022. <https://venezuela-news.com/barco-toneladas-alcohol-toxico-hunde-eeuu/>
- Tlw, R. (2024, 26 abril). *Competitividad portuaria en México: desafíos y oportunidades de mejora*. THE LOGISTICS WORLD. Consultado el 16 de mayo de 2025, de <https://thelogisticsworld.com/logistica-y-distribucion/competitividad-portuaria-en-mexico-desafios-y-oportunidades-de-mejora/#:~:text=Infraestructura%20deficiente%3A%20Los%20puertos%20mexicanos,de%20espera%20para%20los%20buques>.
- Zoológico de Vallarta. *Cocodrilo de río (Crocodylus acutus)*. Consultado el 15 de agosto de 2024. [www.zoologicodevallarta.com/FichaTaxonomica/CocodriloRio/CocodriloRio.php?Idioma=Espanol](http://www.zoologicodevallarta.com/FichaTaxonomica/CocodriloRio/CocodriloRio.php?Idioma=Espanol)

## ANEXOS

### Anexo A

### Hoja de seguridad del Dicclopentadieno

<b>DICICLOPENTADIENO</b> 3a,4,7,7a-Tetrahydro-4,7-metanoindeno 3a,4,7,7a-Tetrahydro-4,7-metano-1H-indeno 1,3-Dicclopentadieno	<b>ICSC: 0873 (Octubre 2005)</b>
<b>CAS: 77-73-6</b> <b>N° ONU: 2048</b> <b>CE: 201-052-9</b>	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO Y EXPLOSIÓN</b>	Inflamable. Por encima de 32°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Por encima de 32°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión.	Usar agua en grandes cantidades, espuma, dióxido de carbono, polvo. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<b>Inhalación</b>	Tos. Dolor de garganta. Dolor de cabeza.	Usar ventilación (no si es polvo), extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
<b>Piel</b>	Enrojecimiento. Dolor.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
<b>Ojos</b>	Enrojecimiento. Dolor.	Utilizar gafas de protección de montura integral.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>	Dolor abdominal. Náuseas.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Eliminar toda fuente de ignición. Protección personal: respirador con filtro para gases orgánicos y partículas adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente precintable tapado. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	<b>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</b>  <b>Transporte</b> <b>Clasificación ONU</b> Clase de Peligro ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: III
<b>ALMACENAMIENTO</b>	
Almacenar solamente si está estabilizado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas. A prueba de incendio. Fresco. Mantener en la oscuridad. Separado de oxidantes fuertes.	
<b>ENVASADO</b>	



Organización  
Internacional  
del Trabajo



Organización  
Mundial de la Salud

La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.  
© OIT y OMS 2018



European  
Commission

## INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

**Estado físico; aspecto**

CRISTALES INCOLOROS DE OLOR CARACTERÍSTICO.

**Peligros físicos****Peligros químicos**

La sustancia puede formar peróxidos explosivos. Se descompone por encima de 170°C. Reacciona con oxidantes.

Fórmula: C<sub>10</sub>H<sub>12</sub>

Masa molecular: 132.2

Se descompone a 170-172°C

Punto de fusión: 32-34°C

Densidad: 0.98 g/cm<sup>3</sup>

Solubilidad en agua, g/100ml a 25°C: 0.002

Presión de vapor, Pa a 20°C: 180

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 4.6-4.7

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.01

Punto de inflamación: 32°C c.a.

Temperatura de autoignición: 503°C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 0.8-6.3

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.78

## EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

**Vías de exposición**

La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.

**Efectos de exposición de corta duración**

La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio.

**Riesgo de inhalación**

La evaporación de esta sustancia a 20°C producirá bastante lentamente una concentración nociva de la misma en aire; sin embargo, más rápidamente por pulverización o cuando se dispersa.

**Efectos de exposición prolongada o repetida**

## LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

TLV: 0,5 ppm como TWA; 1 ppm como STEL.

MAK: 2.7 mg/m<sup>3</sup>, 0.5 ppm; categoría de limitación de pico: I(1); riesgo para el embarazo: grupo D

## MEDIO AMBIENTE

La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.

## NOTAS

La adición de estabilizantes o inhibidores puede influir sobre las propiedades toxicológicas de esta sustancia; consultar a un experto. Antes de la destilación comprobar si existen peróxidos; en caso positivo, eliminarlos.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSST 2021):

VLA-ED: 5 ppm

- Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-044-00-9

- **Clasificación UE**

Pictograma: F, Xn, N; R: 11-20/22-36/37/38-51/53; S: (2)-36/37-61



La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.

© Versión en español, INSST, 2018

## Anexo B

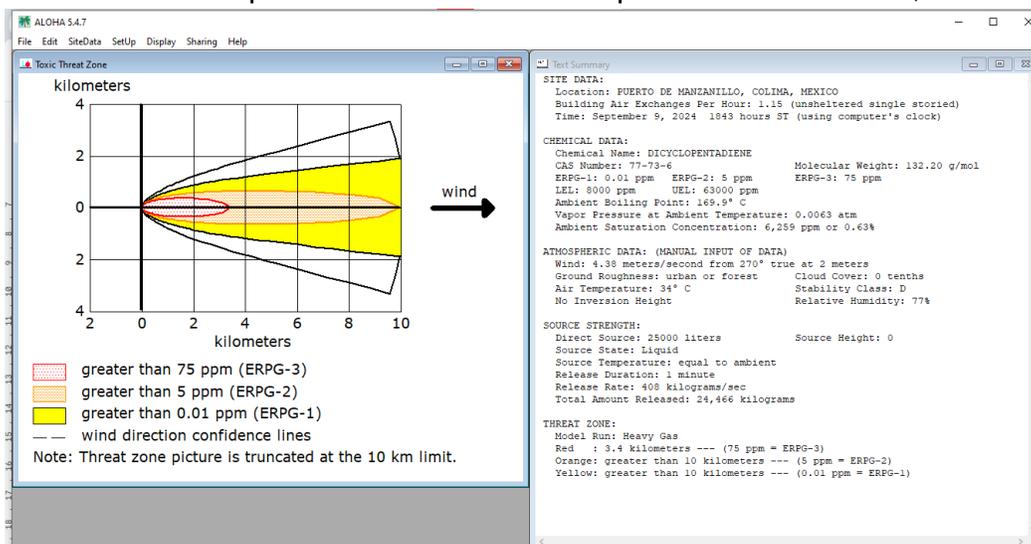
### Descripción del software ALOHA

La siguiente información se rescata de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (2024). ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) es un programa de modelado de riesgos que es utilizado para planificar y responder a emergencias químicas. ALOHA permite introducir datos sobre una liberación química real o potencial y genera estimaciones de zonas de amenaza para diversos tipos de peligros, el software puede modelar nubes de gases tóxicos, nubes de gases inflamables, Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE), incendios de chorro, incendios de charcos y explosiones de nubes de vapor. Las zonas de amenaza se muestran en una cuadrícula en ALOHA y también se pueden representar en mapas.

Algunas de las características claves de ALOHA son las siguientes:

- Genera diversos resultados específicos para cada escenario, incluyendo imágenes de zonas de amenaza, amenazas en ubicaciones específicas y gráficos de intensidad de la fuente.
- Calcula la velocidad de escape de sustancias químicas de tanques, charcos y gasoductos, y predice cómo cambian esas tasas de liberación con el tiempo.
- Evalúa diferentes tipos de peligro (según el escenario de liberación): toxicidad, inflamabilidad, radiación térmica y sobrepresión.

Las zonas de mayor peligro son representadas de color rojo y las zonas de amenaza naranja y amarilla representan áreas de peligro decreciente. A continuación, se presenta un ejemplo de la cuadrícula que se genera en ALOHA a partir de los datos introducidos del accidente con diciclopentadieno ocurrido en el puerto de Manzanillo, Colima.



**Anexo C**  
**Mapa de superposición de tipo de suelo**

# Modelación y uso de suelo

