



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS EN MÉXICO  
GENERADAS POR FENÓMENOS  
HIDROMETEOROLÓGICOS HISTÓRICOS**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA  
**EDGAR EDUARDO LÓPEZ LÓPEZ**

TUTOR  
**DR. EDUARDO REINOSO ANGULO**



CIUDAD UNIVERSITARIA

MAYO 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

---

*Denisse, Regina y Sergio, cuánto les quiero...*

---

---

## **Agradecimientos**

*Mi mayor gratitud, a Dios, por haberme dado la existencia y permitido llegar al final de etapas como la del día de hoy. Gracias a tí Señor por darme la dicha de gozar de buena salud y con ello obtener logros como el presente.*

*A mis padres, Regina y Sergio por su incansable esfuerzo en mi formación y educación. Por ser los principales pilares de mi persona, por inculcarme el hábito del estudio. Agradezco su ejemplo, recursos y enseñanzas, las buenas y las que llegué a considerar como no tan buenas pero, sobre todas las cosas, gracias por su incondicional amor.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México, por impulsar el desarrollo de la formación profesional, por haberme dado la oportunidad de ingresar a su Facultad de Ingeniería y cumplir con este gran sueño. A esta máxima casa de estudios que a través de sus profesores y académicos aportaron inestimables conocimientos y experiencias para contribuir con gran parte de la formación con la que hoy cuento.*

*Un agradecimiento muy especial al Instituto de Ingeniería, particularmente al Dr. Eduardo Reinoso por darme la asesoría y oportunidad de llevar a cabo el inicio y termino de esta tesis, así también agradezco el poder formar parte del gran equipo de trabajo de este Instituto.*

*A los sinodales miembros del jurado, por su participación y apoyo brindados, especialmente el invaluable apoyo del Dr. Mauro Niño, por su disposición para la elaboración de este trabajo.*

---

---

## **Dedicatoria**

*En primera instancia dedicar el esfuerzo plasmado en la realización de este trabajo, a mi hermana quien permanentemente me apoyó con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a alcanzar metas y objetivos como el presente trabajo.*

*Especial dedicatoria a mis padres, sé que esto es parte de lo que esperan de mi persona, deseo que al verlo culminado les genere un excelente e infinito sabor de boca.*

*A Fabián Gallegos y Hugo López Arce quienes me han acompañado en los gratos y no tan gratos momentos durante este largo camino brindándome en todo momento su incondicional apoyo. A Jonathan Cardiel y Mario Marín por compartir esta trayectoria, anhelo fortalecer día a día nuestra amistad.*

*A todas y todos quienes de una u otra forma contribuyeron para el logro de este trabajo, agradezco enormemente su valiosa colaboración.*

---

# Índice

<b>Resumen</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	2
<b>1 Eventos en estudio</b> .....	4
1.1 Características de los fenómenos históricos en estudio .....	5
1.2 Modelación de los fenómenos históricos en estudio .....	14
<b>2 Edificaciones del Sector Salud y Educación (SSA y SEP)</b> .....	16
2.1 Infraestructura.....	16
2.2 Afectación de los eventos.....	20
2.3 Cálculo del riesgo .....	27
2.4 Comparación de lo observado con lo modelado .....	34
<b>3 Infraestructura del Sector Comunicaciones y Transportes (SCT)</b> .....	45
3.1 Infraestructura.....	45
3.2 Afectación de los eventos.....	47
3.3 Cálculo del riesgo .....	51
3.4 Comparación de lo observado con lo modelado .....	55
<b>4 Discusiones y conclusiones</b> .....	61
<b>Referencias</b> .....	64
<b>Apéndice</b> .....	65

# Índice de tablas y figuras

## Índice de tablas

1.1 Características generales de los eventos en estudio. ....	4
1.2 Resumen de daños directos e indirectos de los eventos en estudio, (cifras en millones de pesos).....	5
1.3 Datos de afectación en el país ante Emily .....	7
1.4 Datos de afectación en el país ante Stan .....	10
1.5 Datos de afectación en el país ante Wilma.....	12
2.1 Distribución de las edificaciones en el Sector Salud .....	16
2.2 Campos de ingreso en el archivo de datos para la Secretaría de Salud.....	17
2.3 Distribución de las edificaciones en el Sector Educación.....	18
2.4 Campos de ingreso en el archivo de datos para la Secretaría de Educación Pública ..	18
2.5 Daños directos en millones de pesos en el Sector Salud ante Emily .....	21
2.6 Daños directos en millones de pesos en el Sector Educación ante Emily .....	22
2.7 Daños directos en millones de pesos en el Sector Salud ante Stan .....	23
2.8 Daños directos en millones de pesos en el Sector Educación ante Stan.....	24
2.9 Daños directos en millones de pesos en el Sector Salud ante Wilma.....	25
2.10 Daños directos en millones de pesos en el Sector Educación ante Wilma .....	26
2.11 Daños estimados para el Sector Salud a nivel estatal ante Emily.....	28
2.12 Daños estimados para el Sector Educación a nivel estatal ante Emily .....	29
2.13 Daños estimados para el Sector Salud a nivel estatal ante Stan .....	30
2.14 Daños estimados para el Sector Educación a nivel estatal ante Stan .....	31
2.15 Daños estimados para el Sector Salud a nivel estatal ante Wilma .....	32
2.16 Daños estimados para el Sector Educación a nivel estatal ante Wilma.....	33
2.17 Daños para el Sector Salud a nivel estatal ante Emily .....	35
2.18 Daños para el Sector Educación a nivel estatal ante Emily.....	37
2.19 Daños para el Sector Salud a nivel estatal ante Stan.....	39
2.20 Daños para el Sector Educación a nivel estatal ante Stan.....	41
2.21 Daños para el Sector Salud a nivel estatal ante Wilma .....	43
2.22 Daños para el Sector Educación a nivel estatal ante Wilma .....	44

<b>3.1</b>	Campos de ingreso en el archivo de datos para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes .....	45
<b>3.2</b>	Daños directos en millones de pesos en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Emily.....	48
<b>3.3</b>	Daños directos en millones de pesos en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Stan .....	49
<b>3.4</b>	Daños directos en millones de pesos en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Wilma.....	50
<b>3.5</b>	Daños estimados para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Emily.....	52
<b>3.6</b>	Daños estimados para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Stan .....	53
<b>3.7</b>	Daños estimados para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Wilma.....	54
<b>3.8</b>	Daños para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Emily.....	56
<b>3.9</b>	Daños para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Stan .....	58
<b>3.10</b>	Daños para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Wilma .....	60
<b>4.1</b>	Resumen global y comparativa de daños directos totales por Sector.....	61
<b>4.2</b>	Resumen global y comparativa de daños directos totales por huracán .....	62
<b>A.1</b>	Archivos de salida del sistema R-FONDEN .....	66

---

**Índice de figuras**

1.1 Trayectoria del huracán Emily.....	6
1.2 Trayectoria del huracán Stan .....	9
1.3 Trayectoria del huracán Wilma .....	11
1.4 Trayectorias de los huracanes modelados; a) Emily, b) Stan y c) Wilma.....	15
2.1 Ubicación de unidades médicas a cargo de la Secretaría de Salud .....	17
2.2 Ubicación de edificaciones del nivel básico a cargo de la Secretaría de Educación Pública.....	19
2.3 Ubicación de edificaciones del nivel medio y superior a cargo de la Secretaría de Educación Pública.....	19
2.4 Daños registrados en el Sector Salud ante Emily.....	21
2.5 Daños registrados en el Sector Educación ante Emily .....	22
2.6 Daños registrados en el Sector Salud ante Stan .....	23
2.7 Daños registrados en el Sector Educación ante Stan .....	24
2.8 Daños registrados en el Sector Salud ante Wilma .....	25
2.9 Daños registrados en el Sector Educación ante Wilma.....	26
2.10 Daños estimados para el Sector Salud ante Emily.....	28
2.11 Daños estimados para el Sector Educación ante Emily .....	29
2.12 Daños estimados para el Sector Salud ante Stan .....	30
2.13 Daños estimados para el Sector Educación ante Stan.....	31
2.14 Daños estimados para el Sector Salud ante Wilma.....	32
2.15 Daños estimados para el Sector Educación ante Wilma .....	33
2.16 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Salud ante Emily, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN .....	36
2.17 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Educación ante Emily, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN .....	38
2.18 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Salud ante Stan, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN .....	40
2.19 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Educación ante Stan, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN .....	42
2.20 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Salud ante Wilma, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN .....	43
2.21 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Educación ante Wilma, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN .....	44

<b>3.1</b> Ubicación de las carreteras a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes .....	46
<b>3.2</b> Daños registrados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Emily .....	48
<b>3.3</b> Daños registrados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Stan .....	49
<b>3.4</b> Daños registrados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Wilma.....	50
<b>3.5</b> Daños estimados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Emily .....	52
<b>3.6</b> Daños estimados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Stan.....	53
<b>3.7</b> Daños estimados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Wilma .....	54
<b>3.8</b> Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Comunicaciones y Transportes ante Emily, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN.....	57
<b>3.9</b> Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Comunicaciones y Transportes ante Stan, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN .....	59
<b>3.10</b> Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Comunicaciones y Transportes ante Wilma, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN.....	60
<b>A.1</b> Pantalla inicial del Sistema R-FONDEN.....	65
<b>A.2</b> Pantalla de ingreso de información del Sistema R-FONDEN .....	66

# Resumen

La estimación de la magnitud de los daños ocasionados a obras de infraestructura causados por fenómenos naturales ha sido siempre un tema de enorme trascendencia económica y social. México, por su ubicación geográfica y condiciones climáticas es vulnerable a los embates de fenómenos hidrometeorológicos generados tanto en el Océano Pacífico como en el Atlántico.

En el año 2005, de los fenómenos hidrometeorológicos generados en el Atlántico, treinta adquirieron la categoría de huracán. Dentro de esa activa temporada ciclónica, ocho huracanes impactaron costas mexicanas. Emily, Stan y Wilma por sus características fueron huracanes preponderantes con los daños ocasionados y evaluados en la infraestructura nacional, afectando principalmente el sureste de la República Mexicana.

En México, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) es la institución encargada de evaluar los daños y efectos ocasionados a la infraestructura nacional a causa de un huracán y otros fenómenos naturales perturbadores, además de ello, difunde los efectos e impactos generados en la población y sus bienes a causa de estos fenómenos ocurridos en el territorio nacional. Parte integral de esta difusión la conforman la información sobre los daños directos, registrados y reflejados como pérdidas económicas en infraestructura para las zonas afectadas por el paso de un huracán.

La magnitud en las pérdidas económicas producidas por fenómenos naturales detonan la necesidad para cualquier gobierno de desarrollar y contar con una herramienta que permita estimar las pérdidas ante futuros fenómenos y, de esta manera, optimizar recursos para la prevención y mitigación del impacto como parte integral de una estrategia económica-social.

En México, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) realizó el estudio y desarrollo del sistema R-FONDEN, sistema de cómputo especializado en la estimación del riesgo, tomando en cuenta por un lado, la ocurrencia de eventos posibles o históricos y por otro, las características de las construcciones expuestas. Esta estimación arroja valores que se traducen como daños directos a la infraestructura de una cartera en estudio.

Con base en lo anterior, la elaboración y desarrollo de esta tesis se concreta en la comparación y análisis tanto cualitativo como cuantitativo de las pérdidas económicas reportadas por el CENAPRED contra los valores estimados por el sistema R-FONDEN, ambos, reflejados como daños directos a las edificaciones que integran las carteras de las Secretarías de Salud (SSA) y Educación Pública (SEP), así como la infraestructura carretera a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) ante la ocurrencia y evaluación de los huracanes Emily, Stan y Wilma. Por consiguiente, la presente tesis tiene como finalidad el contribuir mediante recomendaciones que coadyuven al sistema R-FONDEN para que sea un sistema confiable en la estimación de pérdidas económicas esperadas por los efectos que podrían ocasionar a cualquier infraestructura la ocurrencia de futuros fenómenos naturales con determinadas características, lográndose así, optimizar la administración de recursos para la mitigación del riesgo frente a futuros fenómenos naturales.

# Introducción

La ocurrencia de los huracanes Emily, Stan y Wilma afectando principalmente el sureste de la República Mexicana fueron eventos históricos que contribuyeron para que el año 2005 se convirtiera en el año que más pérdidas económicas se hayan registrado en la historia del país por fenómenos hidrometeorológicos, acentuándose los efectos negativos sobre las condiciones de vida de la población y su significativo impacto económico. De ahí la importancia de documentar en esta tesis las características de estos fenómenos hidrometeorológicos.

Con objeto de evaluar los efectos y daños causados en territorio nacional ante la ocurrencia de los fenómenos mencionados, esencialmente a las edificaciones de la Secretaría de Salud (SSA) y de la Secretaría de Educación Pública (SEP), así como de la infraestructura carretera de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en la presente tesis se documentan las pérdidas económicas registradas por el CENAPRED y las estimadas por el sistema R-FONDEN ante la ocurrencia y evaluación de los huracanes Emily, Stan y Wilma, ambas reflejadas como daños directos a los activos de las carteras a cargo de estas tres Secretarías.

En los siguientes renglones se describe la manera en la que el CENAPRED inspeccionó y registró los daños y cómo es que el R-FONDEN estimó las pérdidas ante la ocurrencia y evaluación de los huracanes aquí presentados.

## **Metodología para el levantamiento de información y modelación de los eventos en estudio**

### **CENAPRED**

Con objeto de evaluar los efectos y calcular los daños ocasionados por el paso de estos tres huracanes, el CENAPRED como parte de su metodología, estableció brigadas y realizó visitas a las zonas afectadas con dos principales fines: por un lado analizar las características y naturaleza de los fenómenos y por otro, evaluar el impacto socioeconómico en la población. Para ello, en las misiones de trabajo participaron investigadores de su área de estudios económicos y sociales, así como consultores externos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Estas brigadas se reunieron y entrevistaron con autoridades de las distintas dependencias municipales, estatales y federales, integrando información de los daños ocurridos en cada uno de los sectores afectados. Uno de los propósitos de la visita en campo fue recabar la mayor información acerca de las afectaciones y, en la medida de lo posible, hacer recorridos a las zonas afectadas observando y registrando los daños ocasionados por el paso de los fenómenos.

Dichas actividades al ser realizadas por los investigadores del área de riesgos hidrometeorológicos contribuyeron para reforzar la información sobre las características físicas de Emily, Stan y Wilma como su origen, marea de tormenta, oleaje, vientos máximos, etc.

**Sistema R-FONDEN**

Huracanes como Emily, Stan y Wilma hicieron evidente la necesidad de contar con técnicas para evaluar el riesgo y que éstas sean lo más precisas posibles, de tal manera que una nación y su gobierno puedan estar preparados y hacer frente a los efectos ocasionados por eventos catastróficos optimizando los recursos disponibles.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM desarrolla el sistema de cómputo R-FONDEN para estimar el riesgo provocado por diferentes fenómenos naturales, entre ellos, los huracanes, tomando en cuenta para éstos, lo relacionado con su trayectoria e intensidad y las características de las construcciones, como número de pisos, uso, materiales, etc.

La manera en la que el R-FONDEN estima las pérdidas esperadas por un huracán, es a través de considerar la modelación de eventos, empleando para éstos las trayectorias de los huracanes históricos correctamente registrados, generando mapas de amenaza que se utilizan en conjunto con la evaluación de funciones de vulnerabilidad de cada uno de los sistemas estructurales de las carteras en estudio.

Se considera que durante la evaluación del riesgo por un huracán se producen tres tipos de pérdidas; las debidas al efecto del viento, las ocasionadas por la marea de tormenta y las correspondientes a la inundación. Los resultados del R-FONDEN son estimaciones probabilísticas del daño en la infraestructura. Por otro lado, la estimación del riesgo que se presenta en esta tesis, considera una parte determinista, en el sentido que se utilizan eventos científicamente registrados que ocurrieron en el pasado.

# Capítulo 1

## Eventos en estudio

2005 fue considerado un año con una temporada de actividad ciclónica muy alta. En la región IV de la Organización Meteorológica Mundial (región a la que pertenece el territorio mexicano) se generaron 46 fenómenos hidrometeorológicos, 16 de ellos generados en el Pacífico y el complemento se presentaron en el Océano Atlántico.

De los treinta fenómenos hidrometeorológicos ocurridos en el Atlántico, 14 de ellos alcanzaron la categoría de huracán, 13 se clasificaron como tormentas tropicales y 3 fueron depresiones tropicales. Ocho de estos ciclones impactaron directamente en territorio nacional. Dentro de éstos, destacaron tres; Emily y Wilma, ambos alcanzaron la máxima categoría 5 en la escala Saffir-Simpson, Stan a pesar de alcanzar solamente la categoría 1 en la misma escala, fue un caso particular. Emily se presentó en el mes de julio y Stan y Wilma en el mes de octubre, estos fueron por sus características y sus efectos los que dejaron un mayor grado de destrucción en la infraestructura nacional.

Informes tanto de la Comisión Nacional del Agua como reportes emitidos por el CENAPRED reflejan que en el año 2005 se presentó la temporada de huracanes más activa registrada en los últimos cinco años, situación que implicó un registro histórico de los daños por parte de las Secretarías ya mencionadas en cuanto a pérdidas económicas se refiere ante la ocurrencia de los eventos registrados en ese año.

Los elementos que por separado o en conjunto, conforman lo que hoy en día conocemos como un huracán son; el viento, la marea de tormenta y la precipitación y, que por sus características hicieron destacables a Emily, Stan y Wilma, por ello, en las siguientes páginas se describe cada uno de ellos y los efectos que representaron en la infraestructura nacional en los Sectores Salud, Educación y Comunicaciones y Transportes. La Tabla 1.1 muestra las características generales presentes durante la ocurrencia de estos tres huracanes.

*Tabla 1.1 Características generales de los eventos en estudio*

Formación (océano)	Nombre	Categoría en impacto	Lugares de entrada a tierra	Estados afectados	Periodo (inicio – fin)	Día del impacto	Viento máximo en impacto [km/h]
Atlántico	Emily (5° C.T.)	H4 (H3)	20 km. al norte de Tulum, Q. Roo. (San Fernando, Tamps.)	Q. Roo, Yucatán, Tamaulipas, Nuevo León.	10 – 21 julio	18 – jul. (20 – jul.)	215 (205)
Atlántico	Stan (20° C.T.)	TT (H1)	Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo (San Andrés Tuxtla, Ver.)	Q. Roo, Yucatán, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Chiapas, Guerrero.	1 – 5 octubre	2 – oct. (4 – oct.)	75 (130)
Atlántico	Wilma (24° C.T.)	H4	Cozumel, Playa Del Carmen, Q. Roo.	Q. Roo y Yucatán.	15 – 25 octubre	21 – oct.	230

Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), National Hurricane Center (NHC)

## 1.1 Características de los fenómenos históricos en estudio

Con objeto de medir los efectos económicos y sociales, a causa de los huracanes Emily, Stan y Wilma, el CENAPRED publicó la serie número 7: IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LOS DESASTRES EN MÉXICO. En esta serie están asentados los resultados de diversas evaluaciones de estos tres fenómenos hidrometeorológicos ocurridos en el año 2005, contiene además los efectos que estos tres huracanes causaron sobre la población y sus bienes, así como las características físicas que dieron origen a los huracanes.

Para esta serie, el CENAPRED adoptó el término *daño directo* para referirse a la destrucción parcial o total de acervos. De la misma forma, usó el concepto *daños indirectos* para designar el impacto de los flujos en la producción de bienes y servicios, como resultado de la paralización de actividades económicas ocurridas a raíz de estos tres desastres naturales.

La evaluación de los daños directos se refiere a las afectaciones sufridas por los bienes del sector público y las experimentadas por los sectores privado y social. Los daños directos, en la mayoría de los casos, están valorados y documentados a costo de reposición o valor de mercado.

En la Tabla 1.2 se muestra un resumen de las cifras reportadas como daños directos e indirectos en la serie emitida por el CENAPRED. Destaca en la tabla el valor de los daños directos ocasionados por la ocurrencia del fenómeno hidrometeorológico Stan, pues de pasar de tormenta tropical a tan solo convertirse en huracán categoría uno, haya generado pérdidas con una magnitud poco mayor a los 13 mil millones de pesos.

*Tabla 1.2 Resumen de daños directos e indirectos de los eventos en estudio, (cifras en millones de pesos)*

Huracán	Daños directos	Daños indirectos	Total
Emily	3,427.7	960.1	4,387.8
Stan	13,218.3	7,827.1	21,045.4
Wilma	4,801.3	13,971.5	18,772.8
<b>Total</b>	<b>21,447.3</b>	<b>22,758.7</b>	<b>44,206.0</b>

Fuente: CENAPRED

### 1.1.1 Huracán Emily

Según informes de la Comisión Nacional del Agua, Emily fue el quinto de los ciclones registrados en el 2005. Emily con una duración de doce días impactó directamente en territorio nacional en un par de ocasiones, la primera de ellas el 18 de julio como huracán categoría 4, afectando los estados de Quintana Roo y Yucatán con vientos máximos de 215 km/h. El siguiente impacto se registró a los dos siguientes días en los estados de Tamaulipas y Nuevo León como huracán categoría 3 con vientos máximos de 205 km/h.

En todo el recorrido del huracán Emily sus efectos fueron devastadores, el oleaje (olas de más de 3 metros de altura) junto con la marea de tormenta, alcanzaron elevaciones en el nivel medio del mar de aproximadamente 4 metros, lo que provocó inundaciones considerables en zonas bajas cercanas a la costa, principalmente en las costas de Quintana Roo. Además hubo zonas con presencia de vientos máximos cuyas velocidades superaron los 200 km/h y rachas de hasta 260 km/h. En lo que se refiere a la precipitación, Emily generó lluvias importantes ocasionando inundaciones en zonas bajas y corrientes de lodo en zonas montañosas, principalmente en Tamaulipas y Nuevo León, en este último estado llegaron a registrarse más de 350 mm de lámina de lluvia.

La Figura 1.1 ilustra la trayectoria registrada en el Océano Atlántico del fenómeno meteorológico Emily en el mes de julio de 2005.

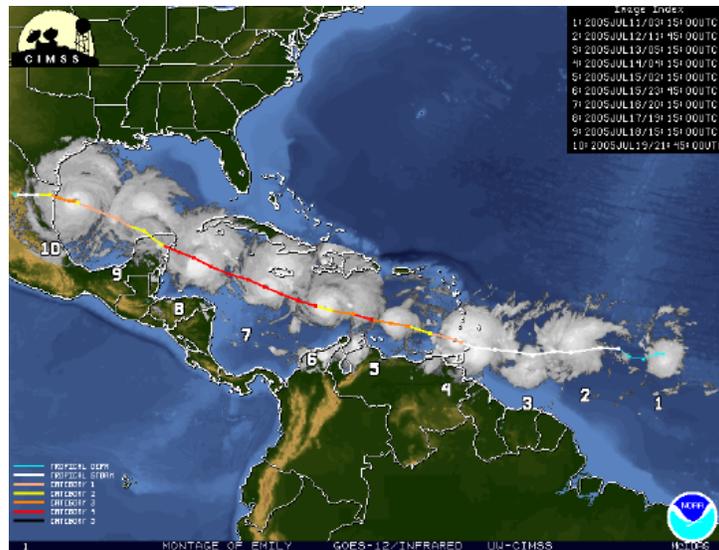


Figura 1.1 Trayectoria del huracán Emily

Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS)

El número y porcentaje de municipios de los estados afectados por los efectos generados ante la ocurrencia del huracán Emily se muestran en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3 Datos de afectación en el país ante Emily

Estado	Extensión superficial [ km <sup>2</sup> ]	% Representativo del territorio nacional	Número total de municipios	Número de municipios afectados	% Municipios afectados
Quintana Roo	42,842*	2.2%*	8	6	75.0%
Yucatán	39,612*	2.0%*	106	52	49.1%
Tamaulipas	79,829	4.1%	43	21	48.8%
Nuevo León	80,350	4.11%	51	40	78.4%

Fuente: CENAPRED

\*Fuente: INEGI <http://cuentame.inegi.org.mx>

A continuación se describen las características particulares más importantes que se presentaron durante los días de ocurrencia del ciclón Emily.

#### Julio 10. Depresión Tropical.

A las 22 horas en el mar Caribe se generó la Depresión Tropical no. 5, a partir de una zona de fuerte actividad nubosa localizada a 4,645 km al este de Cancún, en el estado de Quintana Roo.

#### Julio 11. Tormenta Tropical.

Dicha depresión, al continuar desarrollándose logró convertirse aproximadamente a las 22 horas en la tormenta tropical Emily, con vientos mayores a 70 km/h y una presión de 1003 milibares.

#### Julio 13. Huracán categoría 1.

A las 22 horas del día la tormenta tropical Emily alcanzó la categoría uno dentro de la escala de huracanes Saffir-Simpson.

#### Julio 14. Huracán categoría 2.

A las 10 horas del día, Emily ya con categoría 2 presentó vientos máximos de 155 km/h con rachas de 195 km/h, se localizó a 2,595 km al este-noreste de Cancún, Q. Roo, desplazándose con una velocidad de 30 km/h. En las siguientes seis horas logró incrementarse a categoría 3.

#### Julio 16. Huracán categoría 5.

Durante el transcurso del día fueron más notorios los valores en el descenso de la presión, a las 13 horas se presentó un valor de 937 milibares y a las 22 horas comenzó el ascenso de la presión con 943 milibares. El valor más bajo fue de 929 milibares registrado a las 19 horas, lo que generó el valor mayor en cuanto a viento se refiere con velocidades de 250 km/h y rachas de 305 km/h. A las 13 horas Emily alcanzó la máxima categoría en la escala Saffir-Simpson.

#### Julio 17. Huracán categoría 4.

En las primeras cuatro horas del día, Emily descendió a categoría 4, se ubicó a 115 km al sureste de Puerto Morelos, Quintana Roo. En ese momento se desplazó a 30km/h, con una dirección hacia el oeste-noroeste, sus vientos máximos fueron de 215 km/h con rachas de 260 km/h, una presión central de 955 milibares, el diámetro de su ojo fue de 18.5 km con una extensión de 25 km en el semicírculo sur y de 55 km en el semicírculo norte. Lo que implicó establecer zona de alerta para todos los municipios del estado.

La precipitación que registró el radar de Cancún, Q. Roo, durante la tarde de este día y madrugada del 18 de julio, presentó ecos de lluvia moderada a fuerte intensidad sobre el norte de Quintana Roo. Sin embargo, Emily generó en la estación de Cancún una lámina de lluvia de 33.5 mm en 24 horas y a las 48 horas fueron registrados 66.5 mm. En Yucatán, la estación del municipio de Motul registró una precipitación máxima acumulada en 24 horas de 25 mm.

**Julio 18. Primer impacto a territorio nacional.**

En las dos primeras horas del día, Emily con categoría 4, se ubicó sobre la línea costera del centro del municipio de Solidaridad, Quintana Roo, con vientos máximos de 215 km/h y rachas de 260 km/h y una velocidad de desplazamiento de 30 km/h.

Una vez que entró a territorio mexicano, el ciclón perdió fuerza y se degradó a huracán categoría 2, con vientos de 160 km/h con rachas de 210 km/h, su dirección fue al oeste-noroeste y su velocidad de desplazamiento de 28 km/h. Permaneció en los estados de Quintana Roo y Yucatán por un lapso de cuatro horas en cada uno de ellos.

**Julio 19. Golfo de México.**

A las 14 horas del día, con categoría 2 y durante un transcurso de 40 horas, el huracán Emily entró y permaneció en el Golfo de México, lo que hizo que recobrara energía e incrementara su categoría a 3 en la escala Saffir-Simpson, desplazándose hacia el noreste de territorio mexicano.

**Julio 20. Segundo impacto a territorio nacional.**

A las 7 horas del día Emily impactó nuevamente en territorio nacional ahora en el estado de Tamaulipas en las costas del municipio de San Fernando, con categoría 3; sus vientos fueron de 205 km/h, presentándose rachas de 250 km/h y una velocidad de desplazamiento de 16 km/h. En el transcurso de las siguientes seis horas comenzó a perder fuerza, debilitándose a categoría 1.

Los registros de lluvia máxima puntual acumulada en 24 horas durante el 20 de julio fueron de 350 mm en las estaciones Cerralvo, Nuevo León, 254 mm en Valle Hermoso, Tamaulipas y 185 mm en Candela, Coahuila.

**Julio 21 y 22. Disipación.**

Finalmente, a las 10 horas del día 21 de julio el meteoro comenzó su etapa de disipación al encontrarse con el sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental entre los límites de los estados de Nuevo León y Coahuila, en éste último aún fueron importantes las consecuencias por sus remanentes en el sur del estado.

### 1.1.2 Huracán Stan

Según informes de la Comisión Nacional del Agua, Stan fue el vigésimo ciclón tropical registrado en el 2005. Con una duración de cinco días impactó directamente en territorio nacional en dos ocasiones, la primera de ellas el 2 de octubre como tormenta tropical, afectando a los estados de Quintana Roo y Yucatán con vientos máximos de 75 km/h. El siguiente impacto se registró el 4 de octubre en las costas del estado de Veracruz, ya con categoría 1 y vientos máximos de 130 km/h, afectando a los estados de Veracruz, Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Chiapas y Guerrero. Stan fue la décima octava tormenta tropical y el décimo primer huracán de la temporada de huracanes de 2005 en el Atlántico. Además, fue el sexto ciclón tropical que impactó a México en dicho año.

Los elementos viento, oleaje y marea de tormenta del huracán Stan fueron poco importantes; la acción del viento presentó velocidades de 130 km/h, el oleaje con valores de 3 m de altura y la marea de tormenta llegó hasta el 1.4 m por encima del nivel medio del mar.

Lo que hizo particular este fenómeno fue que en territorio nacional también se tuvo la presencia de la onda tropical número 40, la cual al interactuar con los remanentes del huracán Stan durante los días 4, 5 y 6 de octubre, ocasionaron precipitaciones extraordinarias de hasta 307 mm de lámina de lluvia en 24 horas, provocando severas inundaciones, deslaves y daños materiales importantes en varios estados del centro y sur del país. Los mayores registros de lluvia máxima puntual en 24 horas fueron de 143 mm en Peto, Yucatán y 138 mm en Cancún, Q. Roo el día 2 de octubre; el día 3 fueron 212 mm en Tlalchinol, Hidalgo y de 307 mm en Novillero, Chiapas; 305 mm en Cuetzalán, Puebla, 273 mm en Jacatepec, Oaxaca, 247 mm en Veracruz, Veracruz el día 4.

La Figura 1.2 ilustra la trayectoria registrada en el océano Atlántico del fenómeno meteorológico Stan en el mes de octubre de 2005.

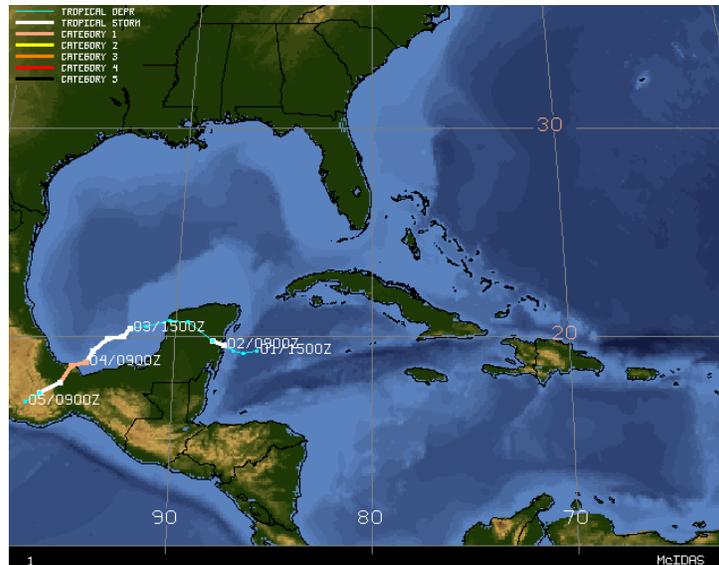


Figura 1.2 Trayectoria del huracán Stan

Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS)

El número y porcentaje de municipios de los estados afectados por los efectos generados ante la ocurrencia del huracán Stan se muestran en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4 Datos de afectación en el país ante Stan

Estado	Extensión superficial [ km <sup>2</sup> ]	% Representativo del territorio nacional	Número total de municipios	Número de municipios afectados	% Municipios afectados
Hidalgo	20,920	1.08%	84	42	50.0%
Puebla	33,902	1.7%	217	108	49.8%
Oaxaca	95,364	4.8%	570	264	46.3%
Veracruz	72,420	3.7%	210	184	87.7%
Chiapas	73,211	3.8%	119	41	34.5%

Fuente: CENAPRED

A continuación se describen las características particulares más importantes que se presentaron durante los días de ocurrencia del huracán Stan.

**Octubre 1. Depresión Tropical.**

A las 10 horas del día se originó la depresión tropical número 20 en el mar Caribe, del Océano Atlántico, dicha depresión se localizó a 250 km al este-sureste de Tulúm, Quintana Roo. Con vientos máximos sostenidos de 45 km/h con rachas de 65 km/h, presión mínima de 1007 milibares y con una velocidad de desplazamiento de 9 km/h moviéndose hacia el oeste-noroeste y entrar a tierra por la península de Yucatán.

**Octubre 2. Primer impacto a territorio nacional.**

Con esta fecha la depresión tropical tuvo su primer impacto en tierra a 50 km al este de Felipe Carillo Puerto, Q. Roo con vientos de 75 km/h, este mismo día, el meteoro se intensificó y fue ya la tormenta tropical Stan y se encontró cruzando la península de Yucatán con vientos de 65 km/h, dejando precipitaciones entre 150 mm y 250 mm de lámina de lluvia. Al final del día se encontró a 10 km al sureste de Celestún, Yucatán, ya como depresión tropical con vientos máximos sostenidos de 55 km/h.

**Octubre 3. Golfo de México.**

En las primeras horas del día se internó nuevamente al mar, en el Golfo de México, desplazándose hacia el oeste con una velocidad de 17 km/h, lugar donde ganó otra vez fuerza al emerger en la Bahía de Campeche. A las 4 horas fue nuevamente tormenta tropical con vientos de 75 km/h con rachas de 85 km/h y presión central de 997 milibares.

**Octubre 4. Segundo impacto a territorio nacional.**

A las cuatro de la mañana Stan ganó la categoría de huracán con escala 1, en ese momento estuvo a 195 km al este-sureste del puerto de Veracruz y con vientos de 120 km/h., horas más tarde Stan se localizó a 75 km al norte de Coatzacoalcos, Veracruz, con vientos máximos sostenidos de 130 km/h con rachas de 155 km/h. A las 10 horas de ese día entró a tierra a unos 20 km al noreste de San Andrés Tuxtla, Veracruz. Al tocar tierra, Stan comenzó a perder energía degradándose a tormenta tropical con vientos sostenidos de 105 km/h con rachas de 130 km/h. Por la noche, al cruzar la sierra de la parte norte de Oaxaca, Stan con vientos máximos sostenidos de 55 km/h con rachas de 75 km/h se debilitó a depresión tropical a unos 30 km al noreste de la ciudad de Oaxaca, Oaxaca.

**Octubre 5. Disipación.**

En la madrugada del día, después de haber avanzado sobre la región montañosa del estado de Oaxaca, la depresión tropical Stan entró en su proceso de disipación a una distancia de 60 km al oeste-suroeste de la ciudad de Oaxaca. Su permanencia sobre el territorio del estado fue de 36 horas, lo que trajo consigo lluvias intensas que provocaron que los niveles de los ríos en todo el estado se incrementaran con el consecuente desbordamiento de algunos de ellos, situación similar ocurrió en el estado de Chiapas. Finalmente Stan se disipó sobre aguas frías del Pacífico norte.

### 1.1.3 Huracán Wilma

En el mes de octubre ya se habían registrado 23 fenómenos; de éstos, 12 llegaron a la clase de huracán y Wilma fue el tercero en alcanzar la categoría 5 en la escala Saffir-Simpson, categoría que se caracteriza por presentar daños catastróficos. Según informes de la Comisión Nacional del Agua, Wilma fue el vigésimo cuarto ciclón tropical registrado en el 2005. Con una duración de once días, Wilma impactó en territorio nacional el 21 de octubre, afectando a los estados de Quintana Roo y Yucatán alcanzando vientos máximos de 230 km/h.

La precipitación, viento, marea de tormenta y oleaje que caracterizaron al huracán Wilma fueron muy importantes.

En lo que se refiere a la precipitación, la actividad convectiva más importante de Wilma se presentó cerca de las costas de los estados de Quintana Roo y Yucatán. El ojo de Wilma pasó por el extremo norte de la isla de Cozumel, Q. Roo. Las precipitaciones de Wilma fueron importantes, la estación perteneciente a la Secretaria de Marina en Isla Mujeres, Q. Roo, registró 1,576 mm de lámina de lluvia en 24 horas.

Los vientos intensos de Wilma sobre la República Mexicana alcanzaron los 220 km/h con rachas de hasta 260 km/h poco antes de impactar en Cozumel. Wilma alcanzó un valor en presión barométrica central de 882 milibares. Este valor tuvo un significado muy importante, ya que la presión es inversamente proporcional a la magnitud de los vientos, Wilma ha sido el huracán más intenso conocido en los últimos tiempos.

La magnitud de los vientos generados por este fenómeno sobre la superficie del océano y la disminución de la presión central originaron un considerable ascenso del nivel medio del mar (marea de tormenta) provocando, inundaciones en las zonas bajas continentales cercanas al mar y olas que alcanzaron una altura mayor a los 3.5 m, impactando directamente sobre estructuras y construcciones cercanas a la costa.

La Figura 1.3 ilustra la trayectoria registrada en el océano Atlántico del fenómeno meteorológico Wilma en el mes de octubre de 2005.

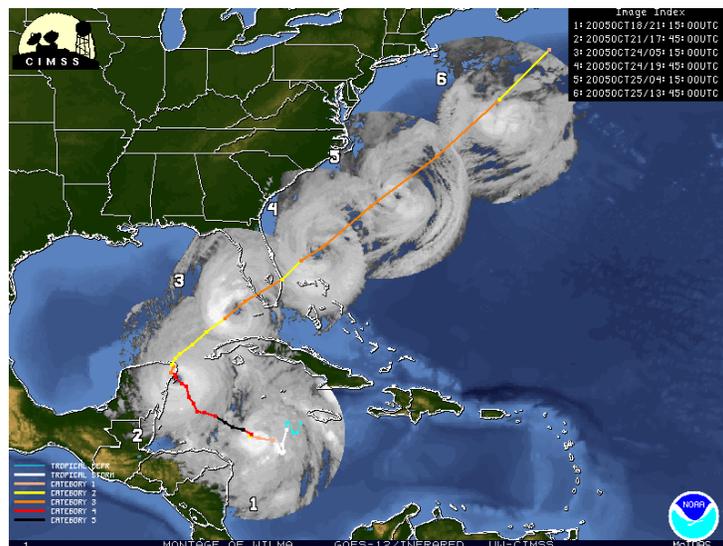


Figura 1.3 Trayectoria del huracán Wilma

Fuente: Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS)

El número y porcentaje de municipios de los estados afectados por los efectos generados ante la ocurrencia del huracán Wilma se muestran en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Datos de afectación en el país ante Wilma

Estado	Extensión superficial [ km <sup>2</sup> ]	% Representativo del territorio nacional	Número total de municipios	Número de municipios afectados	% Municipios afectados
Quintana Roo	42,842*	2.2%*	8	6	75.0%
Yucatán	39,612*	2.0%*	106	73	68.9%

Fuente: CENAPRED

\*Fuente: INEGI <http://cuentame.inegi.org.mx>

A continuación se describen las características particulares más importantes que se presentaron durante los días de ocurrencia del ciclón Wilma.

#### Octubre 15.

La depresión tropical que dio origen al huracán Wilma se formó con esta fecha en una zona de fuerte inestabilidad localizada a 930 km al este-sureste de Cancún, Quintana Roo. Intensificándose con un movimiento errático hacia el sur.

#### Octubre 17. Tormenta Tropical.

Para las primeras cinco horas del día el meteoro pasó a ser la tormenta tropical Wilma, registrando vientos máximos con velocidades de 65 km/h y una presión central de 1000 milibares.

#### Octubre 19. Huracán Categoría 5.

Como un hecho insólito, situación que no había ocurrido desde 1988 con el huracán Gilbert, el huracán Wilma en menos de 20 horas pasó de categoría 1 a la máxima categoría 5 en la escala Saffir-Simpson. Wilma con categoría 5, presentó vientos máximos de 270 km/h con rachas de 315 km/h. Además presentó una velocidad de desplazamiento de 11 km/h y una presión central de 882 milibares.

#### Octubre 20. Huracán Categoría 4.

A las 10 horas, Wilma descendió a categoría 4 localizado a 275 km al sur-sureste de Cozumel, Q. Roo. La velocidad de desplazamiento fue de 11 km/h dirigiéndose hacia el oeste-noroeste, los vientos máximos fueron de 230 km/h con rachas de 285 km/h, una presión central de 915 milibares y el diámetro de su ojo fue de 65 km.

#### Octubre 21. Impacto en territorio nacional.

Durante las primeras horas del día, el huracán Wilma con categoría 4, se encontró a 80 km al sureste de Cozumel, Q. Roo, con vientos máximos de 230 km/h y una velocidad de desplazamiento de 9 km/h; además generó fuerte nubosidad. Impactó en territorio nacional a las 13 horas, su ojo llegó al este de la isla de Cozumel, sobre tierra se desplazó lentamente hacia el oeste-noroeste y estuvo a 65 km al sur de Cancún, sus vientos fueron de 220 km/h con rachas de 270 km/h.

En menos de 24 horas, Wilma salió al mar Caribe e impactó nuevamente como huracán categoría 4 en la península de Yucatán cerca de la localidad El Rancho Grande, perteneciente al municipio de Benito Juárez en Quintana Roo. En este lugar, sus vientos alcanzaron los 220 km/h y una presión de 932 milibares. En tierra su desplazamiento tuvo una velocidad de 3 km/h hacia el norte, permaneciendo 22 horas en territorio mexicano con vientos de 160 km/h. Sus bandas nubosas generaron precipitaciones extraordinarias en tierra.

**Octubre 22. Huracán Categoría 3.**

A las 4 horas, el huracán Wilma con categoría 3, generó vientos máximos de 155 km/h, en un radio de 32 km. Wilma salió a las 22:00 horas al Golfo de México con categoría 2 y se movió hacia el norte con una velocidad de desplazamiento de 5 km/h.

**Octubre 23. Golfo de México.**

Una vez interno en el Golfo de México, presentó fuerte nubosidad y las bandas del meteoro afectaron el norte de Quintana Roo. En 24 horas el meteoro se intensificó a huracán categoría 3 y se desplazó a 30 km/h hacia Florida, EUA.

**Octubre 24. Disipación.**

Finalmente, con esta fecha el ojo del huracán Wilma impactó en Palm Beach, EUA y se desplazó siguiendo una dirección paralela a la costa este de Estados Unidos durante cinco días, hasta que se disipó cerca de los 50° de latitud norte, a 500 km al sur de la ciudad de Halifax, Canadá.

## 1.2 Modelación de los fenómenos históricos en estudio

Como se mencionó anteriormente, para poder estimar las pérdidas (daños directos) ante la ocurrencia de los huracanes analizados en esta tesis, el Instituto de Ingeniería de la UNAM desarrolló como parte de un estudio, el sistema de cómputo (R-FONDEN) que permite llevar a cabo la modelación de escenarios de pérdidas, esta modelación, a su vez, se emplea para estimar el riesgo en los activos de una cartera en estudio ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos históricos o simulados. En esta tesis se documentan las pérdidas esperadas para las carteras de los Sectores Salud, Educación Pública y Comunicaciones y Transportes.

Para llevar a cabo la estimación de pérdidas, el sistema R-FONDEN considera las modelaciones de los peligros por viento, marea de tormenta e inundación. Para obtener resultados confiables, las modelaciones emplean información que haya sido correctamente registrada de los parámetros indicativos de la severidad del fenómeno como intensidades en los valores de presión barométrica central, velocidad máxima de viento sostenida en el ojo del huracán, radio ciclotrónico, así como todos los puntos que definieron propiamente el recorrido del huracán.

Además, al estimar el riesgo por la ocurrencia de los tres huracanes en estudio, el sistema R-FONDEN toma en cuenta las características de las construcciones; número de pisos, uso y otros datos que proporcionen información sobre el comportamiento de la misma ante el fenómeno natural que se requiera estudiar, todo esto reflejado en funciones de vulnerabilidad específicas para los distintos sistemas estructurales.

Los resultados arrojados por este sistema son estimaciones probabilísticas de los posibles daños a las estructuras de las Secretarías de Salud (SSA), de Educación Pública (SEP) y a la infraestructura carretera de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), dado que se emplean funciones que definen el valor esperado de un daño el cual tiene asociada una incertidumbre.

Por otro lado, la estimación del riesgo que se refleja en esta tesis, considera una parte determinista, en el sentido que se emplean eventos científicamente registrados que ocurrieron en el pasado. Dicha estimación se puede presentar en mapas que permiten conocer las zonas de mayores intensidades de amenaza para la infraestructura de los sectores antes mencionados ante la presencia de huracanes en el país.

En la Figura 1.4 se presentan tres imágenes con las trayectorias de los huracanes Emily, Stan y Wilma. Con estas trayectorias se llevó a cabo la estimación de las pérdidas de los activos que integran cada una de las carteras de las Secretarías de Salud, Educación Pública y Comunicaciones y Transportes.

Para cada uno de los huracanes se presentan en mapas las trayectorias registradas tras los avisos emitidos y publicados por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). En cada uno de los mapas, las trayectorias se presentan en ternas de puntos azules donde el punto central de cada terna ejemplifica la posición que presentó el ojo del huracán al momento del registro y los puntos externos al ojo del huracán representan el radio ciclotrónico al momento del registro.

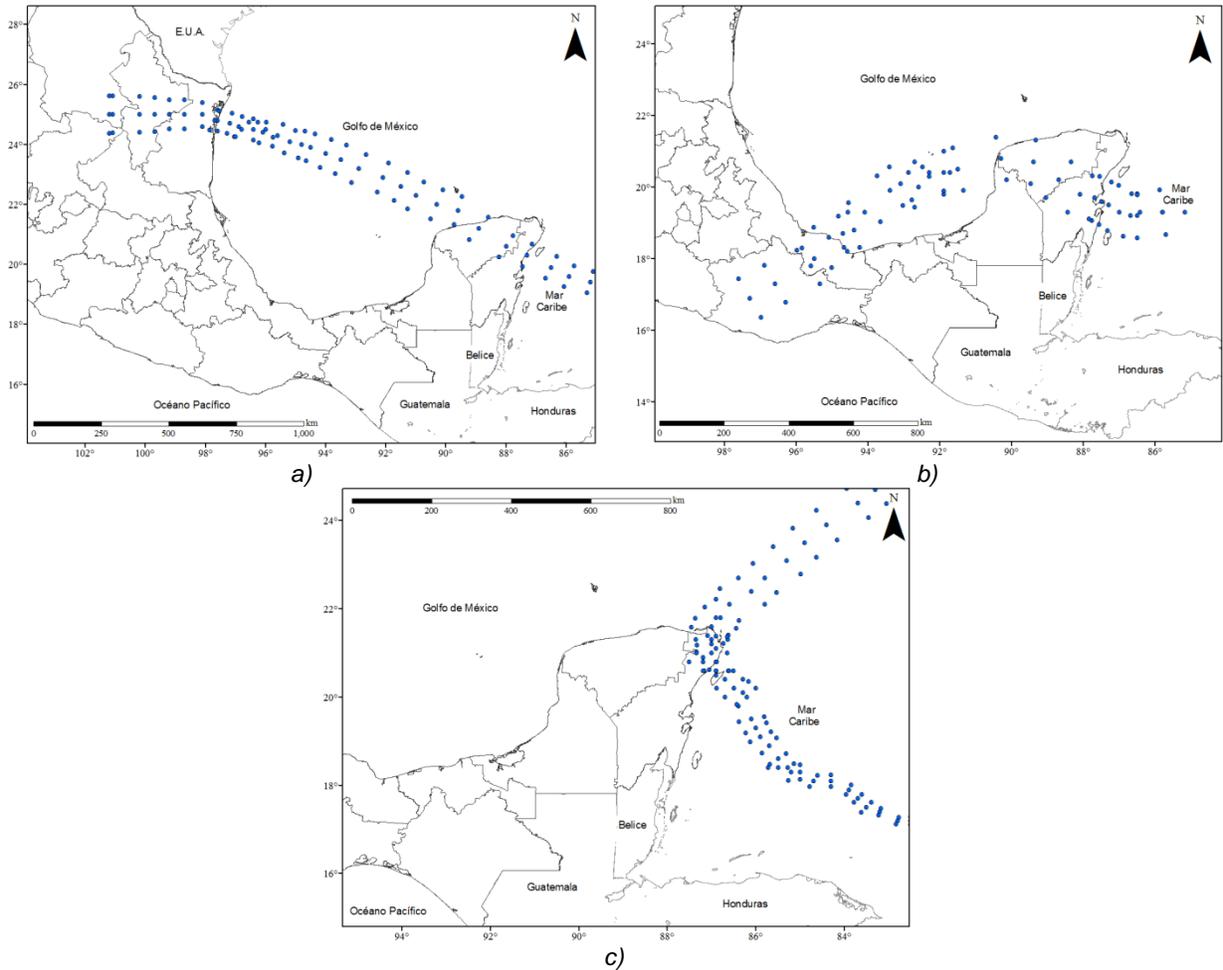


Figura 1.4 Trayectorias de los huracanes modelados; a) Emily, b) Stan y c) Wilma

En los próximos dos capítulos se presenta un análisis detallado con mapas y resúmenes de las pérdidas registradas y documentadas por el CENAPRED así como, las pérdidas estimadas por el sistema R-FONDEN en las edificaciones de los sectores Salud y Educación, de la misma manera, las reflejadas en la infraestructura carretera del Sector Comunicaciones y Transportes ante la ocurrencia de los tres fenómenos hidrometeorológicos aquí documentados, con lo que se puntualizan y conocen las zonas de mayores intensidades de amenaza para la infraestructura ante la ocurrencia de huracanes.

## Capítulo 2

### Edificaciones del Sector Salud y Educación

#### 2.1 Infraestructura

##### Sector Salud, SSA

En lo que se refiere a la infraestructura a cargo de la Secretaría de Salud a nivel nacional, ésta cuenta con un registro de poco más de 13,700 unidades médicas. La Tabla 2.1 muestra el porcentaje de la distribución en números cerrados de los distintos tipos de unidades médicas que prestan sus servicios y operan para esta Secretaría. Los seis tipos reflejados en esta tabla pueden subdividirse y definirse con mayor detalle pero para efecto de esta ponderación este arreglo se considera válido.

Tabla 2.1 Distribución de las edificaciones en el Sector Salud

Tipo	%
Rural	61
Urbano	12
Unidades Móviles	12
Hospitales (distintas especialidades)	5
Casas de salud	3
Otras unidades médicas	3

Por otra parte, en la Tabla 2.2 se detalla la presenta su estructura de base de datos de exposición en formato *shape*<sup>1</sup>, que emplea el sistema R-FONDEN para el Sector Salud. En ella se indica la numeración y posición de las columnas en la estructura de la base de datos, así como, el nombre del campo, tipo de dato, valores y una descripción del campo de ingreso. Esta base establece los datos mínimos requeridos de la infraestructura de este sector para poder llevar a cabo una evaluación del riesgo.

Las columnas número 1 y 2, así como las columnas número 13, 15, 16 y 17 corresponden a información indispensable de ingreso. En cambio las columnas número 3 a 12, 14 y 18 son consideradas como información de asignación opcional, por lo tanto, si la Secretaría cuenta con esta información podrán asignarse a estos campos dicha información. Disponer o no de la información opcional no repercute en la estimación de pérdidas.

De esta forma R-FONDEN podrá realizar una estimación de pérdidas para los activos de la Secretaría ante la ocurrencia de un fenómeno natural sea este huracán, sismo, inundación, u otros.

<sup>1</sup> El formato ESRI Shapefile (SHP) es un formato de archivo informático de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica. Un Shapefile es un formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. El formato shape actualmente se ha convertido en un formato estándar para el intercambio de información geográfica entre Sistemas de Información Geográfica.

Tabla 2.2 Campos de ingreso en el archivo de datos para la Secretaría de Salud

Col. Núm.	Nombre del campo	Tipo de dato	Valores	Descripción
1	FID	Object ID	1 a 200,000	Objeto que identifica el número de activos
2	SHAPE	Shape	Point	Identifica si es punto, línea o polígono
3	NUM_REGI_1	numérico	1 a 200,000	Número de registro
4	FECHA_INIC	fecha	01/01/2008	Fecha de inicio
5	FECHA_FIN	fecha	01/01/2009	Fecha de término
6	CLAVE_ESTA	numérico	1 a 32	Clave del estado
7	NUM_PISOS	numérico	1 a 65	Número de pisos
8	CLAVE_MUNI	numérico		Clave del municipio
9	CODIGO_POS	numérico	00000 a 99999	Código postal
10	LONGITUD_1	numérico	-118.50 a -86.00	Latitud
11	LATITUD_1	numérico	13.500 a 35.000	Longitud
12	EDI_FECHA_	numérico	De 1521 a actual	Año de construcción
13	VALFIS	numérico	0 a 922 billones	Valor de reconstrucción del inmueble
14	VALHUM	numérico	0 a 922 billones	Valor de recursos humanos
15	SE_SISMO	texto		Función de vulnerabilidad por sismo asignada
16	SE_VIENTO	texto		Función de vulnerabilidad por viento asignada
17	SE_LLUVIAH	texto		Función de vulnerabilidad por inundación asignada
18	CLAVE_DEPE	texto		CLUES, Clave Única de Establecimiento de Salud

En la Figura 2.1 se muestra sobre un mapa de la República Mexicana la distribución que tienen las unidades médicas a cargo de la Secretaría de Salud ubicadas por puntos azules de acuerdo a sus coordenadas geográficas. Es visible que en las zonas centro y sureste del país se encuentran concentradas la mayoría de éstas.

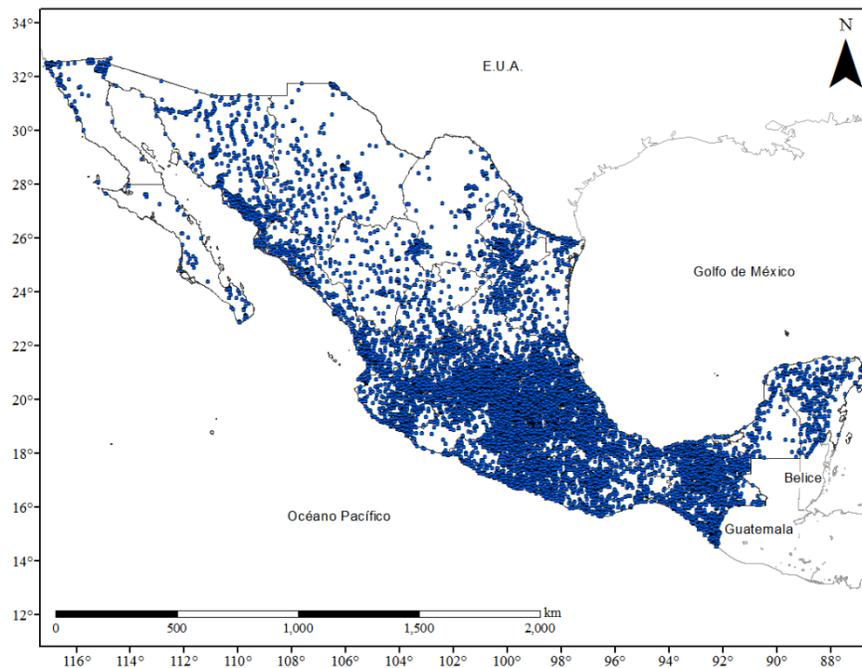


Figura 2.1 Ubicación de unidades médicas a cargo de la Secretaría de Salud

### Sector Educación, SEP

Con base en la información proporcionada por la Secretaría de Educación Pública, está cuenta con una infraestructura cercana a las 200 mil escuelas bajo su administración. La Tabla 2.3 muestra una ponderación con valores cerrados en porcentaje de los dos tipos en los que se clasifican las unidades académicas de este Sector.

Tabla 2.3 Distribución de las edificaciones en el Sector Educación

Escuelas Nivel	%
Básico	95
Medio y Superior	5

De manera análoga al Sector Salud, para poder estimar pérdidas con el sistema R-FONDEN, se requiere que la estructura de base de datos de exposición de la Secretaría de Educación Pública esté en formato *shape*, con los campos adecuados como se detallan en la Tabla 2.4. En ella se indica la numeración y posición de las columnas en la estructura de la base de datos, así como el nombre del campo, tipo de dato, valores y una descripción del campo de ingreso. Esta base establece los datos mínimos requeridos de la infraestructura de este sector para poder llevar a cabo una evaluación del riesgo.

Esta estructura de base de datos está organizada de la misma forma que la base utilizada por el Sector Salud. Las columnas número 1 y 2, así como las columnas número 13, 15, 16 y 17 corresponden a información indispensable de ingreso. En cambio las columnas número 3 a 12, 14 y 18 son consideradas como información de asignación opcional, por lo tanto, si la Secretaría cuenta con esta información podrán asignarse a estos campos dicha información. Disponer o no de la información opcional no repercute en la estimación de pérdidas.

De esta forma R-FONDEN podrá realizar una estimación de pérdidas para los activos de la Secretaría ante la ocurrencia de un fenómeno natural sea este huracán, sismo, inundación, u otros.

Tabla 2.4 Campos de ingreso en el archivo de datos para la Secretaría de Educación Pública

Col. Núm.	Nombre del campo	Tipo de dato	Valores	Descripción
1	FID	Object ID	1 a 200,000	Objeto que identifica el número de activos
2	SHAPE	Shape	Point	Identifica si es punto, línea o polígono
3	NUM_REGI_1	numérico	1 a 200,000	Número de registro
4	FECHA_INIC	fecha	01/01/2008	Fecha de inicio
5	FECHA_FIN	fecha	01/01/2009	Fecha de término
6	CLAVE_ESTA	numérico	1 a 32	Clave del estado
7	NUM_PISOS	numérico	1 a 65	Número de pisos
8	CLAVE_MUNI	numérico		Clave del municipio
9	CODIGO_POS	numérico	00000 a 99999	Código postal
10	LONGITUD_1	numérico	-118.50 a -86.00	Latitud
11	LATITUD_1	numérico	13.500 a 35.000	Longitud
12	EDI_FECHA_	numérico	De 1521 a actual	Año de construcción
13	VALFIS	numérico	0 a 922 billones	Valor de reconstrucción del inmueble
14	VALHUM	numérico	0 a 922 billones	Valor de recursos humanos
15	SE_SISMO	texto		Función de vulnerabilidad por sismo asignada
16	SE_VIENTO	texto		Función de vulnerabilidad por viento asignada
17	SE_LLUVIAH	texto		Función de vulnerabilidad por inundación asignada
18	CLAVE_DEPE	texto		CCT, Clave del Centro de Trabajo

Las Figuras 2.2 y 2.3 muestran en mapas de la República Mexicana con puntos azules, la distribución geográfica que tienen las edificaciones de nivel básico y medio y superior respectivamente a cargo de la Secretaría de Educación Pública. Se puede observar que gran parte de las escuelas de nivel básico como las del nivel medio y superior se concentran de acuerdo a la distribución de la población, en el centro y sureste del país.

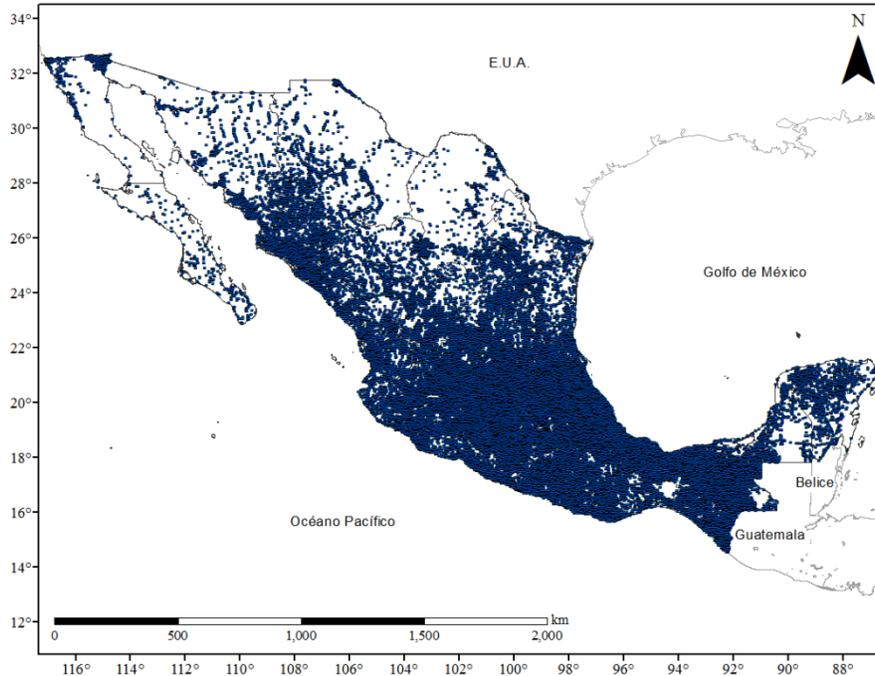


Figura 2.2 Ubicación de edificaciones del nivel básico a cargo de la Secretaría de Educación Pública

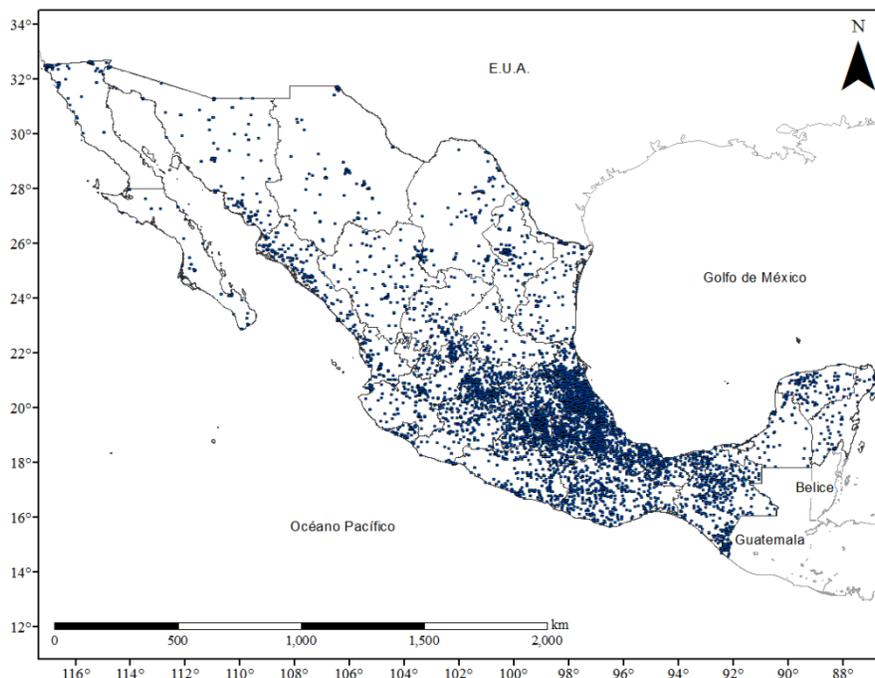


Figura 2.3 Ubicación de edificaciones del nivel medio y superior a cargo de la Secretaría de Educación Pública

## 2.2 Afectación de los eventos

Con el objeto de evaluar los daños causados a la infraestructura por los huracanes que se describen en esta tesis, principalmente en edificaciones de la SSA y SEP además de la infraestructura carretera de la SCT, se realizó un análisis detallado de los daños directos registrados por el CENAPRED. Esta información se presenta en mapas, para mostrar la distribución del monto de los daños para estos sectores y visualizar los efectos que generaron Emily, Stan y Wilma principalmente en los estados del sureste de la República Mexicana.

Al llevar a cabo la evaluación y análisis detallado de los daños directos registrados por el CENAPRED, se integran en una base de datos las cifras de este organismo. Una vez integrada la información de los sectores documentados en esta tesis, se generan mapas con la distribución del monto de daños ocasionados por estos tres huracanes. Esto permite identificar las zonas de mayor afectación en la infraestructura del país a causa de estos huracanes.

En este subcapítulo y con un orden cronológico, se presentan análisis detallados con mapas y resúmenes representativos en tablas de las pérdidas registradas y documentadas por el CENAPRED, posteriormente las pérdidas estimadas con el sistema R-FONDEN, ambas fuentes representan pérdidas en las edificaciones de los sectores Salud y Educación ante la ocurrencia y evaluación de los tres fenómenos hidrometeorológicos aquí documentados.

## Emily

### Sector Salud, SSA

El Sector Salud a diferencia de los demás sectores gubernamentales que reportó CENAPRED, fue el que menos daños monetarios presentó, pues reportó una cifra poco superior a los 19 millones de pesos en daños directos, lo que representa el 0.56% en pérdidas respecto al total de los daños directos reportados para la infraestructura del país.

La Figura 2.4 muestra la distribución y magnitud de los daños reportados para los estados de Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León, graficándose en este sector un rango de cero a cuatro millones de pesos y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destacan los municipios de Benito Juárez para Quintana Roo y el de Monterrey para el estado de Nuevo León, ambos municipios con 3.6 millones de pesos en daños.

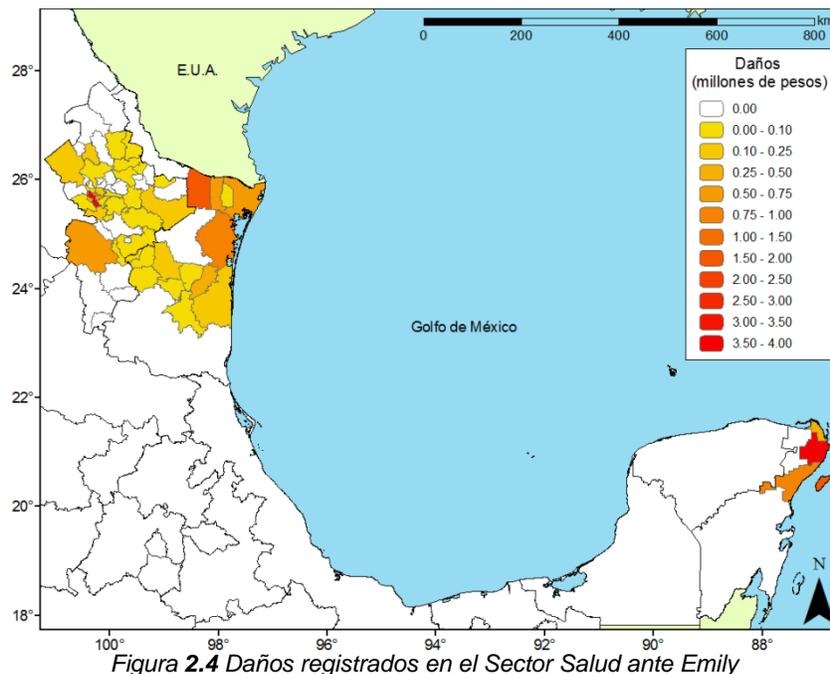


Figura 2.4 Daños registrados en el Sector Salud ante Emily

En la Tabla 2.5 se muestra el total de los daños directos reflejados a nivel estatal ante la ocurrencia de Emily para cada uno de los estados reportados por el CENAPRED, así como el porcentaje representativo de pérdidas para este sector.

Tabla 2.5 Daños directos en millones de pesos en el Sector Salud ante Emily

Quintana Roo	Yucatán	Tamaulipas	Nuevo León	Total SSA	%
6.721	0.100	4.467	7.776	19.064	0.56%

**Sector Educación, SEP**

Para la Secretaría de Educación Pública y ante este evento, el CENAPRED reportó casi 37 millones de pesos en daños directos, lo que representa el 1.08% en pérdidas respecto al total de los daños directos reportados para la infraestructura del país.

La Figura 2.5 muestra la distribución y magnitud de los daños reportados por el CENAPRED para los estados de Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León, graficándose en este sector un rango de cero a ocho millones de pesos y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destacan la ciudad capital de Nuevo León con una cifra poco superior a los siete millones de pesos en daños, para el estado de Tamaulipas el CENAPRED no reportó un desglose a nivel municipal, sin embargo 11 de los 43 municipios del estado sufrieron daños. San Fernando fue el municipio que sufrió los mayores efectos en este estado.

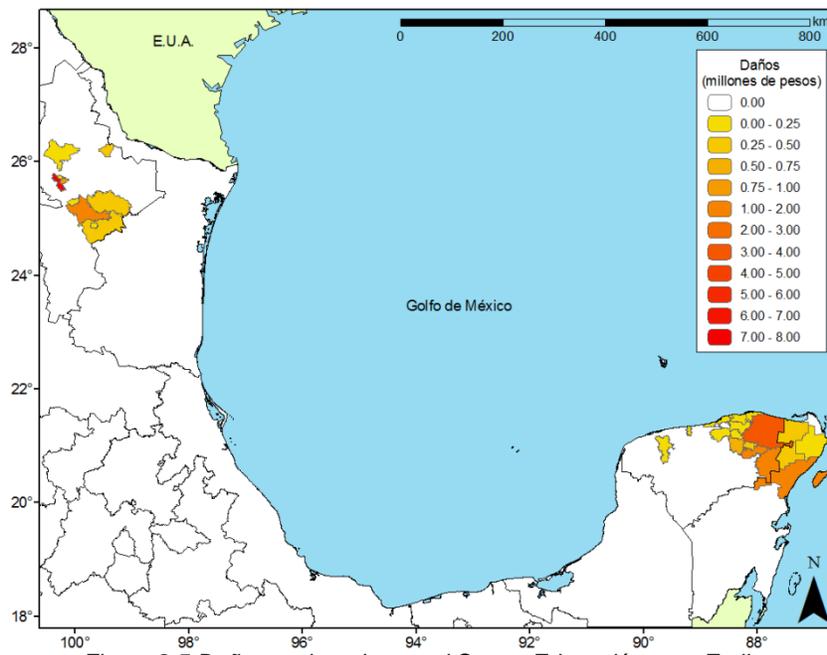


Figura 2.5 Daños registrados en el Sector Educación ante Emily

En la Tabla 2.6 se muestra el total de los daños directos reflejados a nivel estatal ante la ocurrencia de Emily para cada uno de los estados reportados por el CENAPRED, así como el porcentaje representativo de pérdidas para este sector.

Tabla 2.6 Daños directos en millones de pesos en el Sector Educación ante Emily

Quintana Roo	Yucatán	Tamaulipas	Nuevo León	Total SEP	%
3.580	7.132	15.277	10.892	<b>36.881</b>	1.08%

## Stan

### Sector Salud, SSA

Para la Secretaría de Salud y ante este evento, el CENAPRED reportó un cifra poco superior a 162 millones de pesos en daños directos, lo que representa el 1.23% en pérdidas respecto al total de los daños directos reportados para la infraestructura del país.

La Figura 2.6 muestra la distribución y magnitud de los daños reportados por el CENAPRED en los estados de Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Chiapas, graficándose en este sector un rango de cero a treinta millones de pesos y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destacan para este sector los daños en los estados de Veracruz y Chiapas. El municipio de Cosamaloapan en Veracruz reportó daños por 27.8 millones de pesos mientras que el municipio de Mazatán en Chiapas registró los 11.8 millones de pesos en daños.

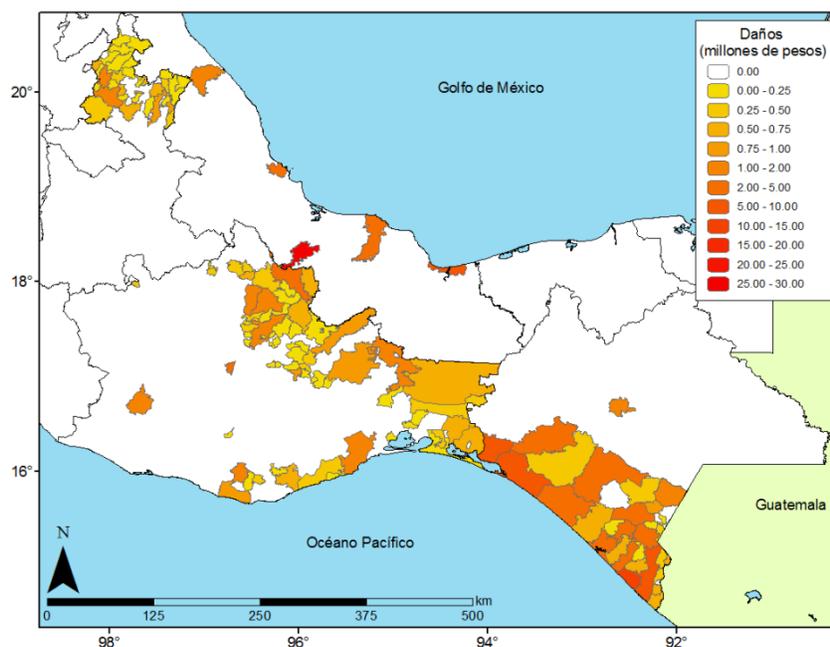


Figura 2.6 Daños registrados en el Sector Salud ante Stan

En la Tabla 2.7 se muestra el total de los daños directos reflejados a nivel estatal ante la ocurrencia de Stan para cada uno de los estados reportados por el CENAPRED, así como el porcentaje representativo de pérdidas para este sector.

Tabla 2.7 Daños directos en millones de pesos en el Sector Salud ante Stan

Hidalgo	Puebla	Oaxaca	Veracruz	Chiapas	Total SSA	%
0.677	11.651	36.814	42.668	70.532	<b>162.342</b>	1.23%

**Sector Educación, SEP**

Los daños directos reportados al CENAPRED por la Secretaría de Educación Pública y ante este evento, superaron los 275 millones de pesos, lo que representa el 2.09% en pérdidas respecto al total de los daños directos reportados para la infraestructura del país.

La Figura 2.7 muestra la distribución y magnitud de los daños reportados por el CENAPRED para los estados de Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Chiapas, graficándose en este sector un rango de cero a cuarenta y cinco millones de pesos y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destacan los daños registrados en el estado de Chiapas, Tapachula y Motozintla fueron los municipios más afectados por el huracán, donde se registraron cifras alrededor de los 42 y 32 millones de pesos de daños en su infraestructura respectivamente.

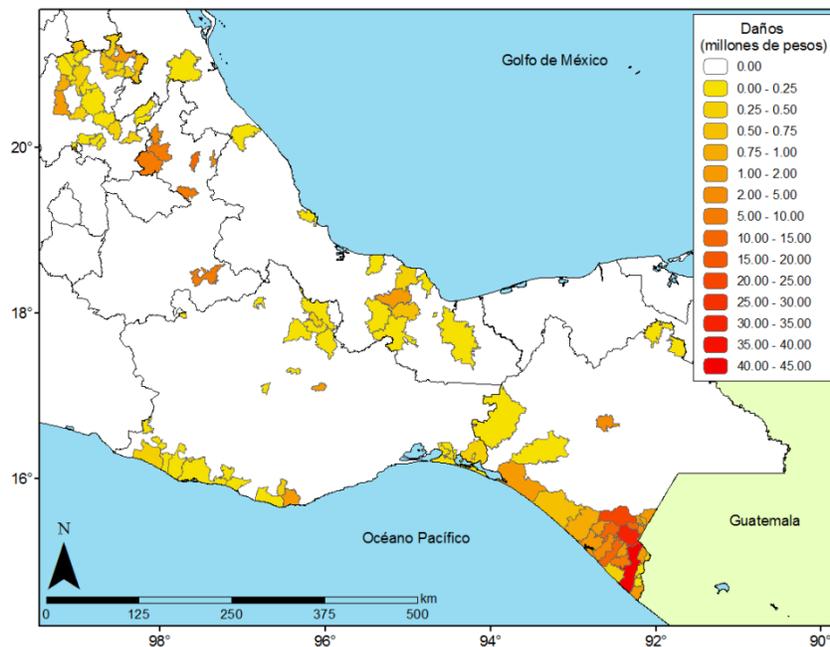


Figura 2.7 Daños registrados en el Sector Educación ante Stan

En la Tabla 2.8 se muestra el total de los daños directos reflejados a nivel estatal ante la ocurrencia de Stan para cada uno de los estados reportados por el CENAPRED, así como el porcentaje representativo de pérdidas para este sector.

Tabla 2.8 Daños directos en millones de pesos en el Sector Educación ante Stan

Hidalgo	Puebla	Oaxaca	Veracruz	Chiapas	Total SEP	%
14.342	64.658	34.708	3.628	158.338	<b>275.674</b>	2.09%

## Wilma

### Sector Salud, SSA

Para la Secretaría de Educación Pública y ante este evento, el CENAPRED reportó 10.1 millones de pesos en daños directos, lo que representa el 0.21% en pérdidas respecto al total de los daños directos reportados para la infraestructura del país.

La Figura 2.8 muestra la distribución y magnitud de los daños reportados por el CENAPRED en los estados de Quintana Roo y Yucatán, graficándose en este sector un rango de cero a siete millones de pesos y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destaca el municipio de Benito Juárez en el estado de Quintana Roo con seis millones de pesos en daños. En el estado de Yucatán, los daños registrados en su infraestructura fueron atendidos mediante una reorientación de recursos propios de la Secretaría, es decir, no hubo necesidad de solicitar recursos extraordinarios para este fin.

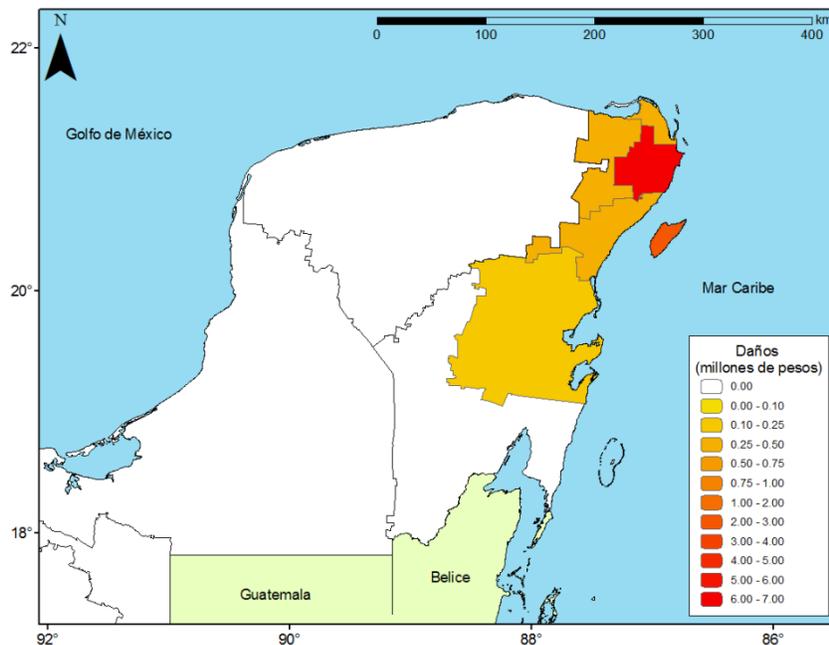


Figura 2.8 Daños registrados en el Sector Salud ante Wilma

En la Tabla 2.9 se muestra el total de los daños directos reflejados a nivel estatal ante la ocurrencia de Wilma para los estados reportados por el CENAPRED, así como el porcentaje representativo de pérdidas para este sector.

Tabla 2.9 Daños directos en millones de pesos en el Sector Salud ante Wilma

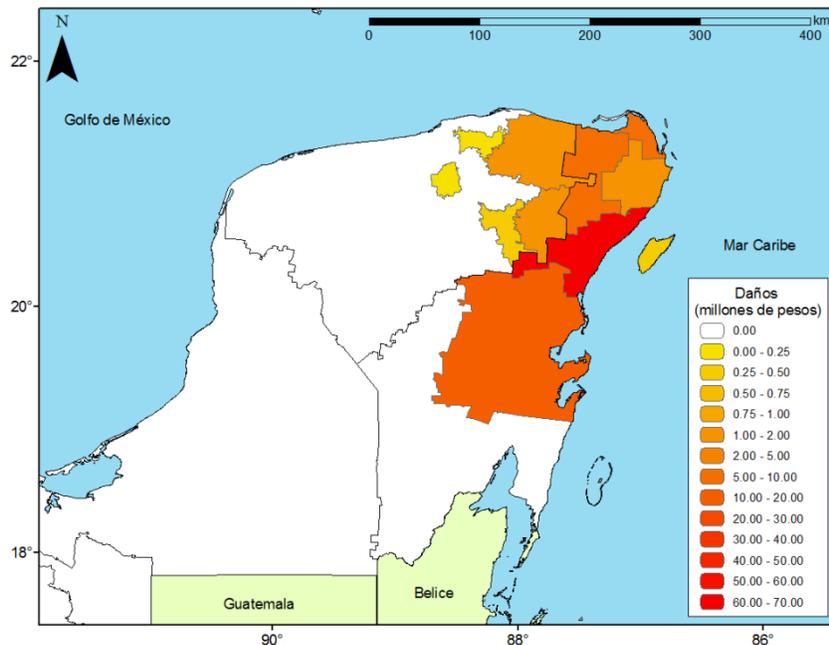
Quintana Roo	Yucatán	Total SSA	%
10.100	0.000*	10.100	0.21%

\*Para el estado de Yucatán no hubo reporte de daño alguno

**Sector Educación, SEP**

Para la Secretaría de Educación Pública y ante este evento, el CENAPRED reportó casi 107 millones de pesos en daños directos, lo que representa el 2.23% en pérdidas respecto al total de los daños directos reportados para la infraestructura del país.

La Figura 2.9 muestra la distribución y magnitud de los daños reportados por el CENAPRED para los estados de Quintana Roo y Yucatán, graficándose en este sector un rango de cero a setenta millones de pesos y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destacan los daños ocurridos en el municipio de Solidaridad, en el estado de Quintana Roo con daños evaluados en poco menos de setenta millones de pesos.



*Figura 2.9 Daños registrados en el Sector Educación ante Wilma*

En la Tabla 2.10 se muestra el total de los daños directos reflejados a nivel estatal ante la ocurrencia de Wilma para los estados reportados por el CENAPRED, así como el porcentaje representativo de pérdidas para este sector.

*Tabla 2.10 Daños directos en millones de pesos en el Sector Educación ante Wilma*

Quintana Roo	Yucatán	Total SSA	%
103.600	3.241	<b>106.841</b>	2.23%

## 2.3 Cálculo del riesgo

Para poder calcular o estimar las pérdidas esperadas ante la ocurrencia de un huracán, es preciso llevar a cabo la modelación de los eventos en estudio. Para ello es imprescindible contar por una parte, con el valor registrado de la categoría en la escala Saffir-Simpson, y por otra, con la ruta del huracán que haya ocurrido, de esta manera se logra representar la trayectoria del huracán a modelar. Las trayectorias utilizadas en la modelación de los eventos en estudio son las presentadas en la Figura 1.4 del capítulo anterior.

Como se mencionó con anterioridad, la manera en la que R-FONDEN evalúa el riesgo es empleando las modelaciones de los peligros, considerando para éstos, las trayectorias de los huracanes históricos correctamente registrados, de esta manera se pueden generar mapas de amenaza que, junto con la evaluación de la vulnerabilidad de cada una de las construcciones de la cartera en estudio, se estiman valores de pérdidas.

Se considera que durante la ocurrencia de un huracán se producen tres tipos de pérdidas: las debidas al efecto del viento, las de marea de tormenta y las ocasionadas por el efecto de la inundación.

Con base en los valores estimados por el sistema R-FONDEN, se procedió a generar una base de datos con el fin de llevar a cabo una comparación tanto cuantitativa como espacial de cada uno de los sectores y eventos en estudio. En el resto del subcapítulo se presentan tanto resúmenes en tablas a nivel estatal como mapas con una división política municipal reflejando en ambos la estimación de pérdidas para los sectores Salud y Educación ante la modelación de los tres fenómenos hidrometeorológicos aquí documentados. Tanto en las tablas como en los mapas presentados en este subcapítulo, las cifras están documentadas en millones de pesos.

Los mapas que se ilustran en las figuras de este subcapítulo fueron generados y graficados en un rango de cero al valor máximo que se haya estimado por el sistema R-FONDEN, así como una correspondiente degradación visual de colores haciéndose notar la magnitud de los daños, donde un valor nulo se presenta en color blanco, en contraste el color rojo representa el valor máximo del rango.

## Emily

### Sector Salud, SSA

La Tabla 2.11 muestra el resumen de los daños estimados por el sistema R-FONDEN a nivel estatal. Destacando en la tabla los 8.3 millones de pérdidas estimadas para el estado de Tamaulipas.

Tabla 2.11 Daños estimados para el Sector Salud a nivel estatal ante Emily

Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)
Aguascalientes	0.435	Guanajuato	1.682	Quintana Roo	3.736
Baja California	0.000	Guerrero	2.228	San Luis Potosí	1.538
Baja California Sur	0.000	Hidalgo	1.550	Sinaloa	0.000
Campeche	2.102	Jalisco	1.696	Sonora	0.000
Chiapas	2.620	Michoacán	1.253	Tabasco	2.771
Chihuahua	0.000	Morelos	0.868	Tamaulipas	8.308
Coahuila	0.517	Nayarit	0.008	Tlaxcala	0.889
Colima	0.124	Nuevo León	3.846	Veracruz	7.707
Distrito Federal	6.143	Oaxaca	1.538	Yucatán	4.393
Durango	0.242	Puebla	2.864	Zacatecas	0.622
Estado de México	3.816	Querétaro	0.507		
				<b>Total</b>	<b>64.004</b>

La Figura 2.10 muestra la distribución y magnitud de los daños estimados por el R-FONDEN a nivel municipal para el Sector Salud, para esta modelación se grafica un rango de cero a dos millones de pesos en daños estimados y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destacan tres valores de esta modelación, por un lado las pérdidas estimadas en la delegación Tlalpan, en el Distrito Federal por 1.85 millones de pesos. Los municipios de San Fernando y Mérida en los estados de Tamaulipas y Yucatán respectivamente, la modelación estimó para ambos un valor de 1.76 millones de pesos en daños.

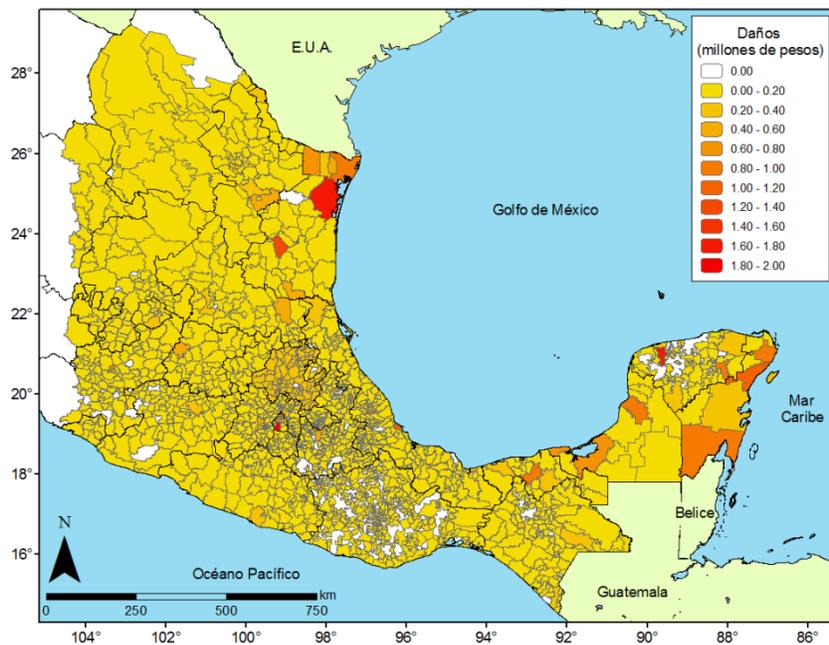


Figura 2.10 Daños estimados para el Sector Salud ante Emily

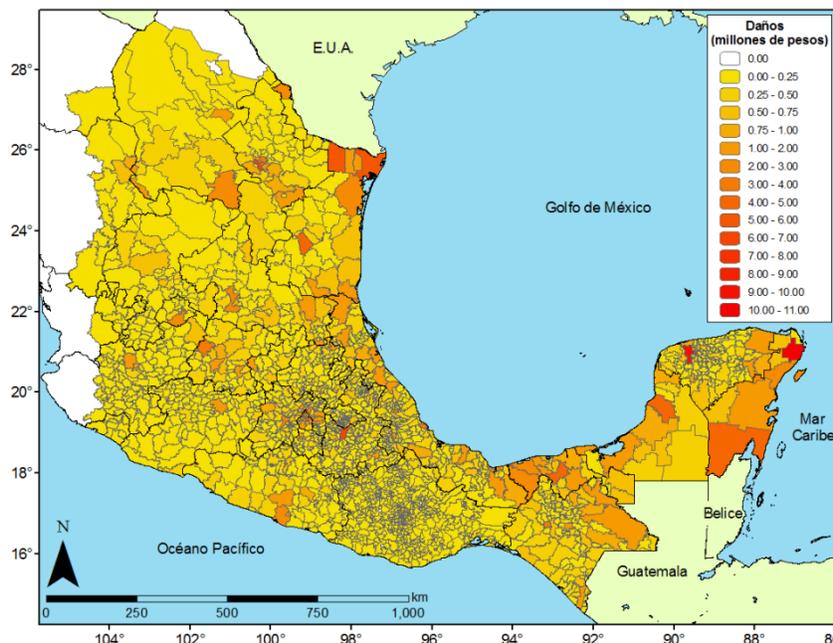
**Sector Educación, SEP**

La Tabla 2.12 muestra el resumen de los daños estimados por el sistema R-FONDEN a nivel estatal. Los mayores daños con un valor superior a los sesenta millones de pesos en pérdidas se estimaron para el estado de Veracruz.

*Tabla 2.12 Daños estimados para el Sector Educación a nivel estatal ante Emily*

Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)
Aguascalientes	3.746	Guanajuato	15.315	Quintana Roo	22.595
Baja California	0.000	Guerrero	15.126	San Luis Potosí	17.136
Baja California Sur	0.000	Hidalgo	13.868	Sinaloa	0.000
Campeche	10.038	Jalisco	9.513	Sonora	0.000
Chiapas	35.596	Michoacán	7.288	Tabasco	17.813
Chihuahua	0.002	Morelos	6.066	Tamaulipas	36.639
Coahuila	10.144	Nayarit	0.020	Tlaxcala	6.056
Colima	0.604	Nuevo León	29.521	Veracruz	62.825
Distrito Federal	21.980	Oaxaca	17.257	Yucatán	29.348
Durango	2.353	Puebla	33.087	Zacatecas	5.460
Estado de México	41.612	Querétaro	4.403		
				<b>Total</b>	<b>475.408</b>

La Figura 2.11 muestra la distribución y magnitud de los daños estimados por el R-FONDEN a nivel municipal para el Sector Educación, para esta modelación se grafica un rango de cero a once millones de pesos en daños estimados y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destacan los municipios de Benito Juárez en Quintana Roo y la ciudad capital de Mérida en Yucatán con 10.48 y 9.81 millones de pesos en pérdidas estimadas respectivamente.



*Figura 2.11. Daños estimados para el Sector Educación ante Emily*

# Stan

## Sector Salud, SSA

La Tabla 2.13 muestra el resumen de valores estimados por el sistema R-FONDEN a nivel estatal. Destacaron los 7.435 millones de pesos estimados para el estado de Veracruz.

Tabla 2.13 Daños estimados para el Sector Salud a nivel estatal ante Stan

Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)
Aguascalientes	0.000	Guanajuato	0.004	Quintana Roo	0.500
Baja California	0.000	Guerrero	0.934	San Luis Potosí	0.060
Baja California Sur	0.000	Hidalgo	0.272	Sinaloa	0.000
Campeche	1.109	Jalisco	0.000	Sonora	0.000
Chiapas	0.996	Michoacán	0.002	Tabasco	2.339
Chihuahua	0.000	Morelos	0.300	Tamaulipas	0.085
Coahuila	0.000	Nayarit	0.000	Tlaxcala	0.294
Colima	0.000	Nuevo León	0.000	Veracruz	7.435
Distrito Federal	1.797	Oaxaca	1.883	Yucatán	0.687
Durango	0.000	Puebla	1.125	Zacatecas	0.000
Estado de México	1.047	Querétaro	0.036		
				<b>Total</b>	<b>20.906</b>

La Figura 2.12 muestra la distribución y magnitud de los daños estimados por el R-FONDEN a nivel municipal para el Sector Salud, para esta modelación se grafica un rango de cero a un millón de pesos en pérdidas y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destacan los valores estimados en el municipio de Carmen en Campeche con 748 mil pesos en daños y 730 mil pesos para el municipio de Centro en el estado de Tabasco.

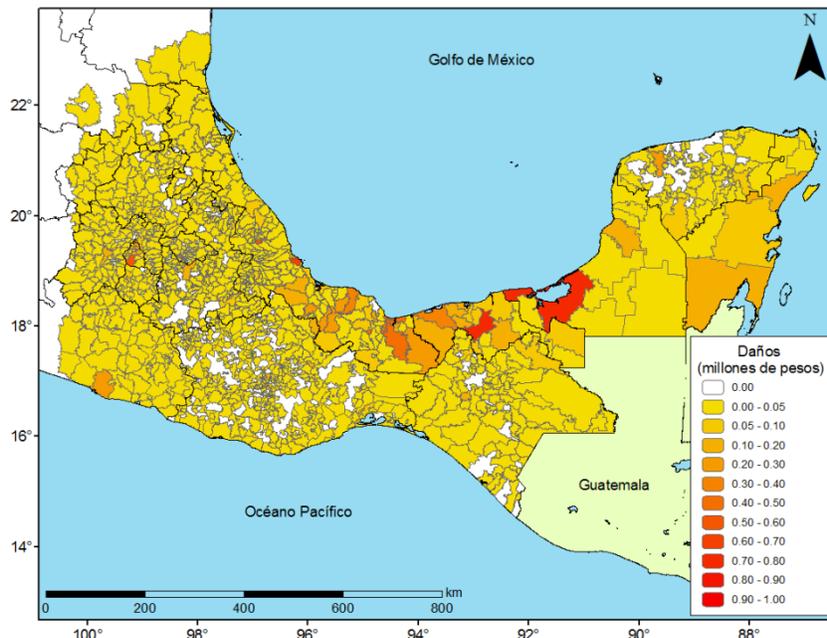


Figura 2.12 Daños estimados para el Sector Salud ante Stan

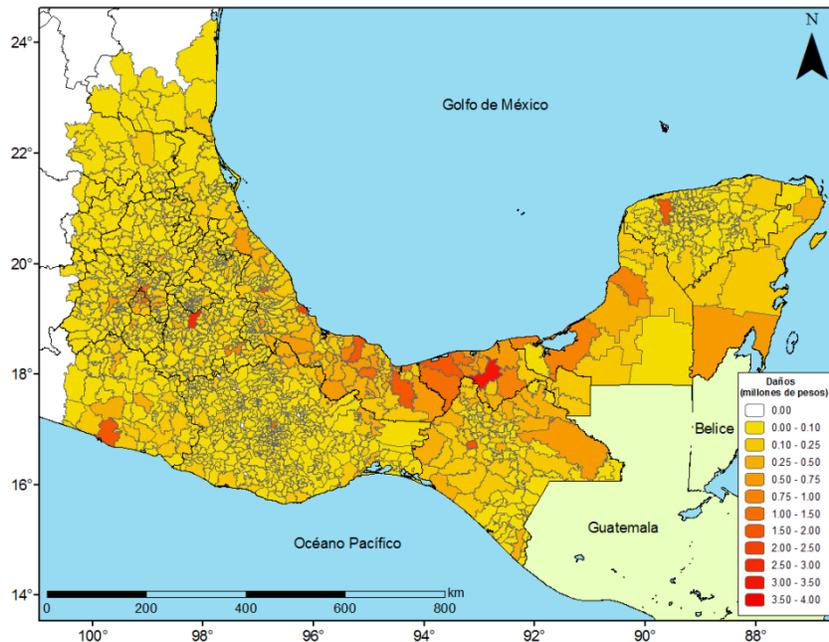
**Sector Educación, SEP**

La Tabla 2.14 muestra el resumen a nivel estatal de los valores estimados de acuerdo a la modelación por el sistema R-FONDEN. Se destaca el estado de Veracruz donde se estimaron poco más de 36 millones de pesos en daños.

*Tabla 2.14 Daños estimados para el Sector Educación a nivel estatal ante Stan*

Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)
Aguascalientes	0.000	Guanajuato	0.025	Quintana Roo	1.791
Baja California	0.000	Guerrero	6.822	San Luis Potosí	0.712
Baja California Sur	0.000	Hidalgo	2.355	Sinaloa	0.000
Campeche	3.116	Jalisco	0.000	Sonora	0.000
Chiapas	13.942	Michoacán	0.033	Tabasco	13.391
Chihuahua	0.000	Morelos	2.132	Tamaulipas	0.519
Coahuila	0.000	Nayarit	0.000	Tlaxcala	2.033
Colima	0.000	Nuevo León	0.000	Veracruz	36.342
Distrito Federal	6.623	Oaxaca	15.908	Yucatán	4.087
Durango	0.000	Puebla	13.063	Zacatecas	0.000
Estado de México	11.991	Querétaro	0.280		
				<b>Total</b>	<b>135.169</b>

La Figura 2.13 muestra la distribución y magnitud de los daños estimados por el R-FONDEN a nivel municipal para el Sector Educación, para esta modelación se grafica un rango de cero a cuatro millones de pesos en daños y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destacan dos valores con esta modelación, uno es el municipio de Centro en Tabasco donde se estimaron 3.028 millones y el otro valor, correspondiente a 2.529 millones para la ciudad capital del estado Puebla.



*Figura 2.13 Daños estimados para el Sector Educación ante Stan*

## Wilma

Debido a las características y condiciones del huracán Wilma, la evaluación del sistema R-FONDEN para este evento sólo estimó pérdidas para los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

### Sector Salud, SSA

La Tabla 2.15 muestra el resumen de los valores estimados por el sistema R-FONDEN a nivel estatal, donde se observa que los estados de Yucatán y Quintana Roo sobresalen con cifras cercanas a los nueve millones de pesos en pérdidas estimadas.

Tabla 2.15 Daños estimados para el Sector Salud a nivel estatal ante Wilma

Estado	R-FONDEN (millones de pesos)
Campeche	0.768
Quintana Roo	8.915
Yucatán	9.160
<b>Total</b>	<b>18.843</b>

La Figura 2.14 muestra la distribución y magnitud de los daños estimados por el R-FONDEN a nivel municipal para el Sector Salud, para esta modelación se grafica un rango de cero a cinco millones de pesos en daños y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destacan de acuerdo a la modelación, los valores en la ciudad de Mérida donde se estimaron 3.58 millones de pesos y en Quintana Roo, los municipios de Solidaridad y Othon P. Blanco, la modelación estimó 2.43 y 2.35 millones de pesos respectivamente.

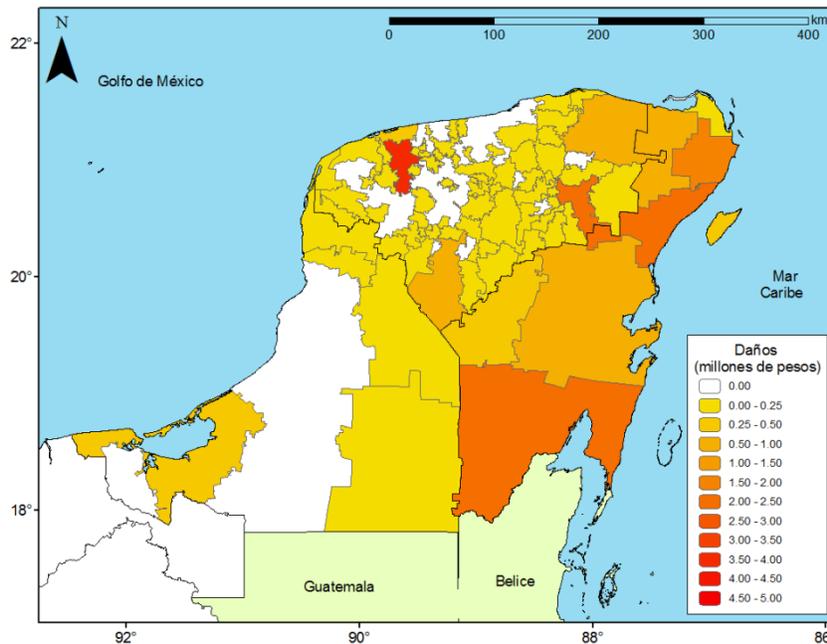


Figura 2.14 Daños estimados para el Sector Salud ante Wilma

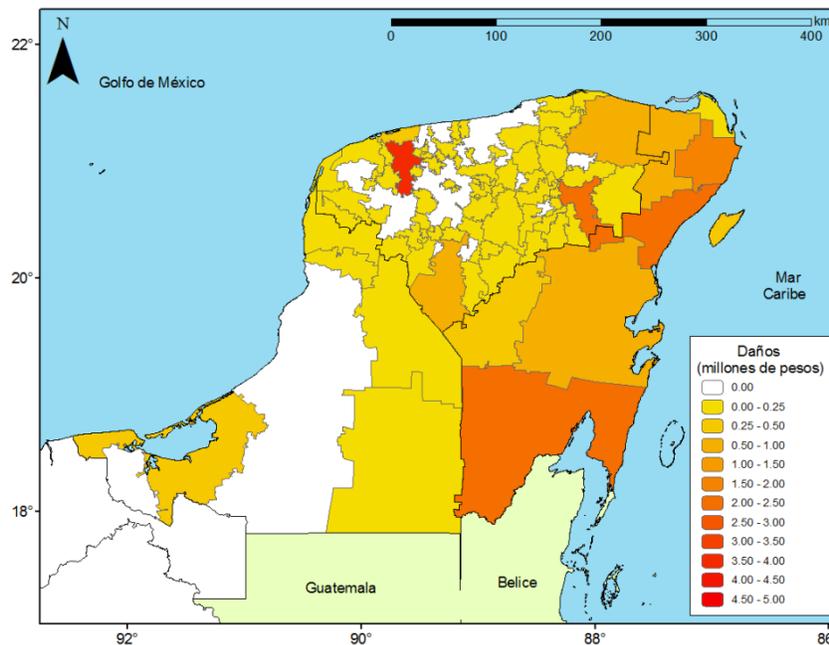
**Sector Educación, SEP**

La Tabla 2.16 muestra el resumen de los valores estimados por el sistema R-FONDEN a nivel estatal. Nuevamente, los estados de Yucatán y Quintana Roo destacan por sus pérdidas estimadas.

*Tabla 2.16 Daños estimados para el Sector Educación a nivel estatal ante Wilma*

Estado	R-FONDEN (millones de pesos)
Campeche	3.384
Quintana Roo	54.678
Yucatán	63.558
<b>Total</b>	<b>121.620</b>

La Figura 2.15 muestra la distribución y magnitud de los daños estimados por el R-FONDEN a nivel municipal para el Sector Educación, para esta modelación se grafican valores en un rango de cero a veinticinco millones de pesos en daños y su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destacan de acuerdo a la modelación dos montos, el mayor de ellos correspondiente al municipio de Benito Juárez en Quintana Roo con 23.588 millones de pesos y el de Mérida, Yucatán con 19.931 millones de pesos en daños.



*Figura 2.15 Daños estimados para el Sector Educación ante Wilma*

## 2.4 Comparación de lo observado con lo modelado

Una vez llevada a cabo la compilación de los valores (daños directos) registrados y estimados por el CENAPRED y del sistema R-FONDEN respectivamente, se integraron en una base de datos para elaborar resúmenes a nivel municipal y estatal con los valores respectivos. Esto con la intención de generar una comparativa del análisis tanto cuantitativa como espacial de los activos de las carteras de las Secretarías de Salud y Educación Pública afectados por la ocurrencia de los huracanes (eventos) que en esta tesis se describen.

En el resto del capítulo para cada uno de los eventos y sectores estudiados en éste, se presentan en tablas, resúmenes a nivel estatal de los valores registrados por el CENAPRED y de los estimados por el R-FONDEN. Además se presenta un valor considerado como Factor de discrepancia de los valores registrados por el CENAPRED y aquellos estimados por el R-FONDEN, por último se presenta la diferencia (absoluta) monetaria entre los valores de los datos recopilados.

Es preciso mencionar que los valores del Factor de discrepancia que se presentan, son el resultado de realizar el cociente del valor estimado entre el valor registrado. Se considera que para los valores obtenidos inferiores a la unidad, el sistema R-FONDEN subestima pérdidas en la modelación, caso contrario, R-FONDEN sobreestima dichas pérdidas.

Por otra parte, los mapas que se presentan en las figuras en el resto del capítulo, muestran la comparativa visual de la distribución y magnitud de los daños registrados contra los estimados. Dichos mapas se generan a nivel municipal y se grafican en un rango de cero al valor máximo que se haya presentado ya sea en el registro por el CENAPRED o del valor estimado por el sistema R-FONDEN, además de una correspondiente degradación visual de colores haciéndose notar la magnitud de los daños, donde un valor nulo es presentado en color blanco, en contraste al color rojo que representa el valor máximo del rango.

## Emily

### Sector Salud, SSA

La Tabla 2.17 muestra la comparativa de los valores registrados por el CENAPRED y los valores estimados por el R-FONDEN a nivel estatal. El estado de Yucatán destaca por una sobreestimación de pérdidas para las edificaciones de este sector.

*Tabla 2.17 Daños para el Sector Salud a nivel estatal ante Emily*

Estado	CENAPRED (millones de pesos)	R-FONDEN (millones de pesos)	Factor de discrepancia	Diferencia monetaria (millones de pesos)
Aguascalientes	-	0.435		0.435
Baja California	-	0.000		0.000
Baja California Sur	-	0.000		0.000
Campeche	-	2.102		2.102
Chiapas	-	2.620		2.620
Chihuahua	-	0.000		0.000
Coahuila	-	0.517		0.517
Colima	-	0.124		0.124
Distrito Federal	-	6.143		6.143
Durango	-	0.242		0.242
Estado de México	-	3.816		3.816
Guanajuato	-	1.682		1.682
Guerrero	-	2.228		2.228
Hidalgo	-	1.550		1.550
Jalisco	-	1.696		1.696
Michoacán	-	1.253		1.253
Morelos	-	0.868		0.868
Nayarit	-	0.008		0.008
Nuevo León	7.776	3.846	0.495	3.930
Oaxaca	-	1.538		1.538
Puebla	-	2.864		2.864
Querétaro	-	0.507		0.507
Quintana Roo	6.721	3.736	0.556	2.985
San Luis Potosí	-	1.538		1.538
Sinaloa	-	0.000		0.000
Sonora	-	0.000		0.000
Tabasco	-	2.771		2.771
Tamaulipas	4.467	8.308	1.860	3.841
Tlaxcala	-	0.889		0.889
Veracruz	-	7.707		7.707
Yucatán	0.100	4.393	43.930	4.293
Zacatecas	-	0.622		0.622
<b>Total</b>	<b>19.064</b>	<b>64.004</b>		<b>44.939</b>

La Figura 2.16 muestra la comparativa en la distribución y magnitud de los daños registrados por el CENAPRED (Figura 2.16 a) y de los valores estimados por el R-FONDEN (Figura 2.16 b). En esta figura se grafica un rango de cero a cuatro millones de pesos en pérdidas y su correspondiente degradación visual de colores.

En esta comparativa se destaca la gran diferencia que existe entre las pérdidas reportadas por el CENAPRED y aquellos resultados de pérdidas obtenidas con el sistema R-FONDEN ante la ocurrencia y evaluación de Emily respectivamente, esto para varios estados de la República. En el mismo sentido, es importante mencionar que existe una gran diferencia en el municipio de Benito Juárez en Quintana Roo donde el CENAPRED reportó daños considerables, situación que no se presentó en la estimación arrojada por el R-FONDEN.

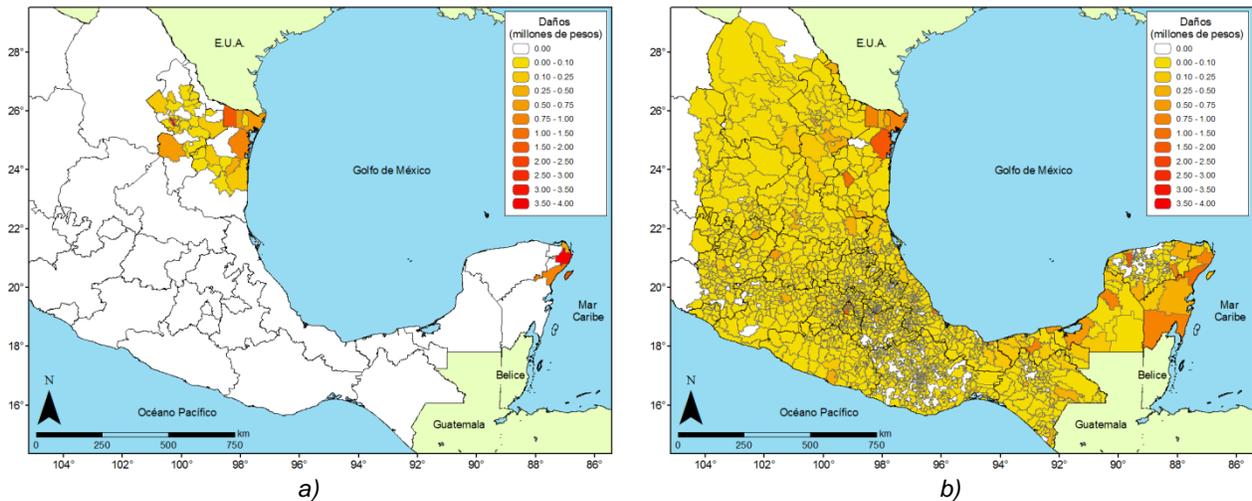


Figura 2.16 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Salud ante Emily, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN

**Sector Educación, SEP**

La Tabla 2.18 muestra la comparativa de valores registrados por el CENAPRED y los valores estimados por el sistema R-FONDEN a nivel estatal. En esta comparativa, solamente en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León se reportaron daños por el CENAPRED, sin embargo, el sistema R-FONDEN sobreestimó pérdidas para las edificaciones de este sector al reportar pérdidas significativas para la gran mayoría de los estados del país.

*Tabla 2.18 Daños para el Sector Educación a nivel estatal ante Emily*

<b>Estado</b>	<b>CENAPRED (millones de pesos)</b>	<b>R-FONDEN (millones de pesos)</b>	<b>Factor de discrepancia</b>	<b>Diferencia monetaria (millones de pesos)</b>
Aguascalientes	-	3.746		3.746
Baja California	-	0.000		0.000
Baja California Sur	-	0.000		0.000
Campeche	-	10.038		10.038
Chiapas	-	35.596		35.596
Chihuahua	-	0.002		0.002
Coahuila	-	10.144		10.144
Colima	-	0.604		0.604
Distrito Federal	-	21.980		21.980
Durango	-	2.353		2.353
Estado de México	-	41.612		41.612
Guanajuato	-	15.315		15.315
Guerrero	-	15.126		15.126
Hidalgo	-	13.868		13.868
Jalisco	-	9.513		9.513
Michoacán	-	7.288		7.288
Morelos	-	6.066		6.066
Nayarit	-	0.020		0.020
Nuevo León	10.892	29.521	2.710	18.629
Oaxaca	-	17.257		17.257
Puebla	-	33.087		33.087
Querétaro	-	4.403		4.403
Quintana Roo	3.580	22.595	6.311	19.015
San Luis Potosí	-	17.136		17.136
Sinaloa	-	0.000		0.000
Sonora	-	0.000		0.000
Tabasco	-	17.813		17.813
Tamaulipas	15.277	36.639	2.398	21.362
Tlaxcala	-	6.056		6.056
Veracruz	-	62.825		62.825
Yucatán	7.132	29.348	4.115	22.216
Zacatecas	-	5.460		5.460
<b>Total</b>	<b>36.881</b>	<b>475.408</b>		<b>438.530</b>

La Figura 2.17 muestra la distribución y magnitud de los daños registrados por el CENAPRED (Figura 2.17 a) y de los estimados por el R-FONDEN (Figura 2.17 b), Para una mejor comparación, se establece un rango de cero a once millones de pesos en pérdidas y su correspondiente degradación visual de colores.

Al igual que en el Sector Salud y para gran parte de los estados de la República, en esta comparativa se destaca la gran diferencia que existe entre las pérdidas reportadas por el CENAPRED y aquellos resultados de pérdidas obtenidas con el sistema R-FONDEN ante la ocurrencia y evaluación de Emily respectivamente. Particularmente, es importante mencionar que existe una gran diferencia en el municipio de Benito Juárez en Quintana Roo y para el municipio de Mérida en Yucatán, en donde para ambos municipios el sistema R-FONDEN estimó daños considerables, situación que no se reflejó en el registro por el CENAPRED.

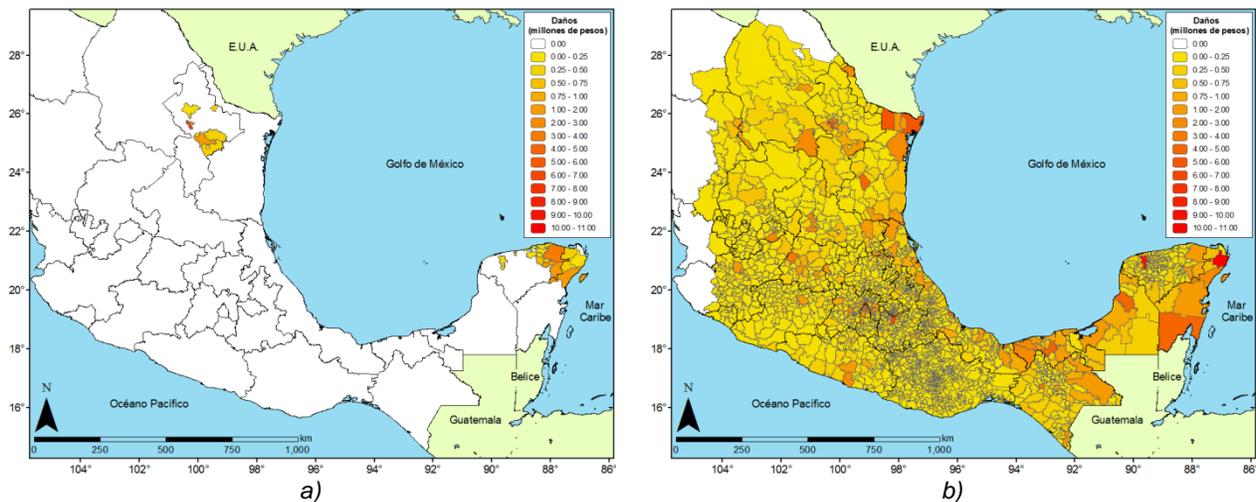


Figura 2.17 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Educación ante Emily, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN

Ante la evaluación de Emily para los activos de las carteras de los sectores Salud y Educación, el sistema R-FONDEN estimó pérdidas pequeñas para gran parte de las unidades y edificaciones de estos dos sectores. Situación que no se vio reflejada en el registro por el CENAPRED, pues tanto unidades médicas como educativas posiblemente al presentar daños menores ni siquiera los hayan reportado y simplemente fueron reparados con recursos propios o, en el peor de los casos, el daño aún esté presente.

## Stan

### Sector Salud, SSA

La Tabla 2.19 muestra el resumen comparativo de valores registrados por el CENAPRED con los valores estimados por el sistema R-FONDEN a nivel estatal. Destaca en esta tabla el hecho que, el sistema R-FONDEN subestimó las pérdidas para los cinco estados en los que CENAPRED reportó daños.

Tabla 2.19 Daños para el Sector Salud a nivel estatal ante Stan

Estado	CENAPRED (millones de pesos)	R-FONDEN (millones de pesos)	Factor de discrepancia	Diferencia monetaria (millones de pesos)
Aguascalientes	-	0.000		0.000
Baja California	-	0.000		0.000
Baja California Sur	-	0.000		0.000
Campeche	-	1.109		1.109
Chiapas	70.532	0.996	0.014	69.536
Chihuahua	-	0.000		0.000
Coahuila	-	0.000		0.000
Colima	-	0.000		0.000
Distrito Federal	-	1.797		1.797
Durango	-	0.000		0.000
Estado de México	-	1.047		1.047
Guanajuato	-	0.004		0.004
Guerrero	-	0.934		0.934
Hidalgo	0.677	0.272	0.402	0.405
Jalisco	-	0.000		0.000
Michoacán	-	0.002		0.002
Morelos	-	0.300		0.300
Nayarit	-	0.000		0.000
Nuevo León	-	0.000		0.000
Oaxaca	36.814	1.883	0.051	34.931
Puebla	11.651	1.125	0.097	10.526
Querétaro	-	0.036		0.036
Quintana Roo	-	0.500		0.500
San Luis Potosí	-	0.060		0.060
Sinaloa	-	0.000		0.000
Sonora	-	0.000		0.000
Tabasco	-	2.339		2.339
Tamaulipas	-	0.085		0.085
Tlaxcala	-	0.294		0.294
Veracruz	42.668	7.435	0.174	35.233
Yucatán	-	0.687		0.687
Zacatecas	-	0.000		0.000
<b>Total</b>	<b>162.342</b>	<b>20.906</b>		<b>141.437</b>

La Figura 2.18 muestra la distribución y magnitud de los daños registrados por el CENAPRED (Figura 2.18 a) y de los estimados por el R-FONDEN (Figura 2.18 b). En esta figura se grafica un rango de cero a treinta millones de pesos y su correspondiente degradación visual de colores.

En esta comparativa se destaca la gran diferencia que existe entre las pérdidas reportadas por el CENAPRED y aquellos resultados de pérdidas obtenidas con el sistema R-FONDEN ante la ocurrencia y evaluación de Stan respectivamente, esto para varios estados del territorio nacional. Es importante resaltar que existe una gran diferencia para los estados de Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Chiapas donde el CENAPRED reportó daños considerables, por el contrario, el sistema R-FONDEN estimó valores muy inferiores a los reportados.

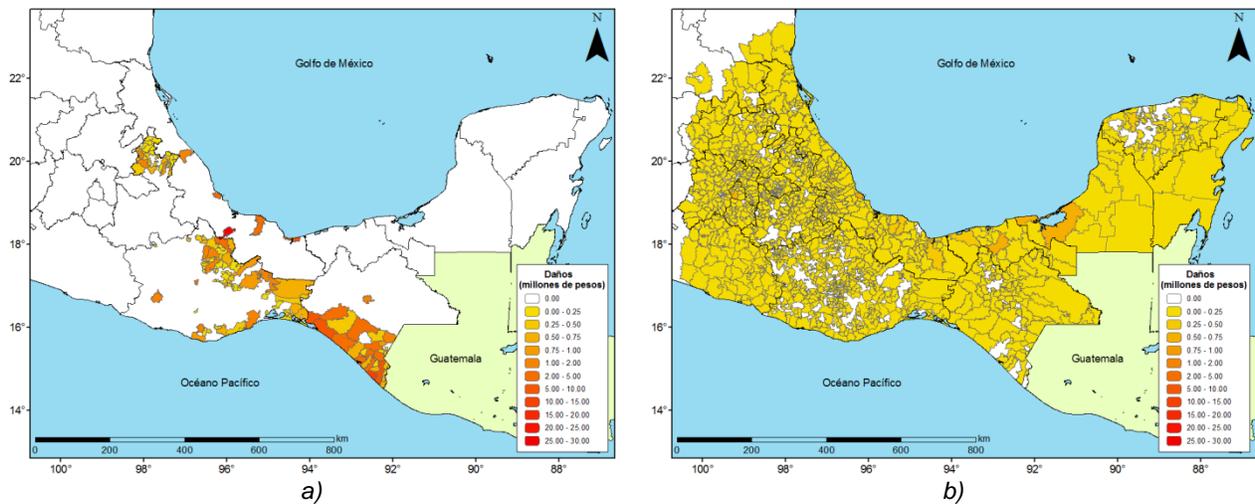


Figura 2.18 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Salud ante Stan, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN

**Sector Educación, SEP**

La Tabla 2.20 muestra la comparativa de valores registrados por el CENAPRED con los valores estimados por el sistema R-FONDEN a nivel estatal. A pesar de que en el estado de Veracruz R-FONDEN sobrestimó pérdidas en las unidades educativas, sobresalen aquellos estados en los que el CENAPRED registró daños, pues los daños reportados en las unidades educativas tan solo para cuatro estados de la República, representan más del doble de las pérdidas totales estimadas por el R-FONDEN.

*Tabla 2.20 Daños para el Sector Educación a nivel estatal ante Stan*

Estado	CENAPRED (millones de pesos)	R-FONDEN (millones de pesos)	Factor de discrepancia	Diferencia monetaria (millones de pesos)
Aguascalientes	-	0.000		0.000
Baja California	-	0.000		0.000
Baja California Sur	-	0.000		0.000
Campeche	-	3.116		3.116
Chiapas	158.338	13.942	0.088	144.396
Chihuahua	-	0.000		0.000
Coahuila	-	0.000		0.000
Colima	-	0.000		0.000
Distrito Federal	-	6.623		6.623
Durango	-	0.000		0.000
Estado de México	-	11.991		11.991
Guanajuato	-	0.025		0.025
Guerrero	-	6.822		6.822
Hidalgo	14.342	2.355	0.164	11.987
Jalisco	-	0.000		0.000
Michoacán	-	0.033		0.033
Morelos	-	2.132		2.132
Nayarit	-	0.000		0.000
Nuevo León	-	0.000		0.000
Oaxaca	34.708	15.908	0.458	18.800
Puebla	64.658	13.063	0.202	51.595
Querétaro	-	0.280		0.280
Quintana Roo	-	1.791		1.791
San Luis Potosí	-	0.712		0.712
Sinaloa	-	0.000		0.000
Sonora	-	0.000		0.000
Tabasco	-	13.391		13.391
Tamaulipas	-	0.519		0.519
Tlaxcala	-	2.033		2.033
Veracruz	3.628	36.342	10.017	32.714
Yucatán	-	4.087		4.087
Zacatecas	-	0.000		0.000
<b>Total</b>	<b>275.674</b>	<b>135.169</b>		<b>140.509</b>

La Figura 2.19 muestra la distribución y magnitud de los daños registrados por el CENAPRED (Figura 2.19 a) y de los estimados por el R-FONDEN (Figura 2.19 b), En esta figura se establece un rango de cero a cuarenta y cinco millones de pesos y su correspondiente degradación visual de colores.

De manera análoga a lo ocurrido y modelado para el Sector Salud en gran parte del territorio nacional, en esta comparativa se destaca la gran diferencia que existe entre las pérdidas reportadas por el CENAPRED y aquellos resultados de pérdidas obtenidas con el sistema R-FONDEN ante la ocurrencia y evaluación de Stan respectivamente. Es importante resaltar que existe una gran diferencia para los estados de Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Chiapas, particularmente éste último, donde el CENAPRED reportó daños importantes, por el contrario, el sistema R-FONDEN estimó valores muy inferiores a los reportados.

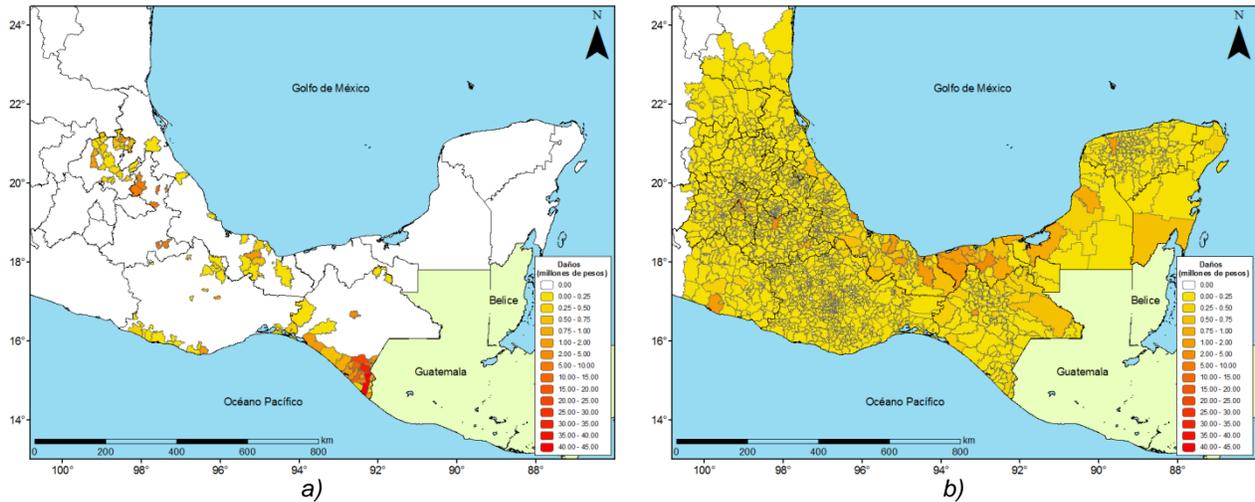


Figura 2.19 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Educación ante Stan, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN

Como ya se mencionó, Stan fue un caso muy particular, pues tan solo alcanzó la mínima categoría de la escala Saffir-Simpson ocasionando gran magnitud en el reporte de sus daños. Lo que hizo particular a este fenómeno hidrometeorológico fue la interacción que tuvieron sus remanentes con una onda tropical y un frente frío lo que generó precipitaciones extraordinarias, situación que el R-FONDEN no reflejó en la estimación de pérdidas, ya que la modelación para Stan no consideró la interacción de la onda tropical y el frente frío, pues el R-FONDEN estimó pérdidas muy pequeñas en la mayoría de las edificaciones de este sector, cuando los valores reportados como daños directos por el CENAPRED son considerablemente superiores.

## Wilma

### Sector Salud, SSA

La Tabla 2.21 muestra el resumen comparativo de los valores registrados por el CENAPRED y los estimados por el sistema R-FONDEN a nivel estatal. En la tabla destaca la diferencia para los estados de Campeche y Yucatán, donde ambos no registraron daños ante el CENAPRED, situación contraria a la evaluación llevada a cabo por el R-FONDEN.

Tabla 2.21 Daños para el Sector Salud a nivel estatal ante Wilma

Estado	CENAPRED (millones de pesos)	R-FONDEN (millones de pesos)	Factor de discrepancia	Diferencia monetaria (millones de pesos)
Campeche	-	0.768		0.768
Quintana Roo	10.100	8.915	0.883	1.185
Yucatán	0.000	9.160		9.160
<b>Total</b>	<b>10.100</b>	<b>18.843</b>	<b>1.866</b>	<b>8.743</b>

La Figura 2.20 muestra la comparativa de la distribución y magnitud de los daños registrados por el CENAPRED (Figura 2.20 a) contra los valores estimados por el R-FONDEN (Figura 2.20 b), se establece para esta figura un rango de cero a siete millones de pesos y su correspondiente degradación visual de colores.

En esta comparativa se destaca la gran diferencia que existe entre las pérdidas reportadas por el CENAPRED y aquellos resultados de pérdidas obtenidas con el sistema R-FONDEN ante la ocurrencia y evaluación de Wilma respectivamente. Es importante resaltar la diferencia para los estados de Campeche y Yucatán, en donde el sistema R-FONDEN estimó daños, por el contrario, el CENAPRED no presentó registro de daño alguno para ambos estados.

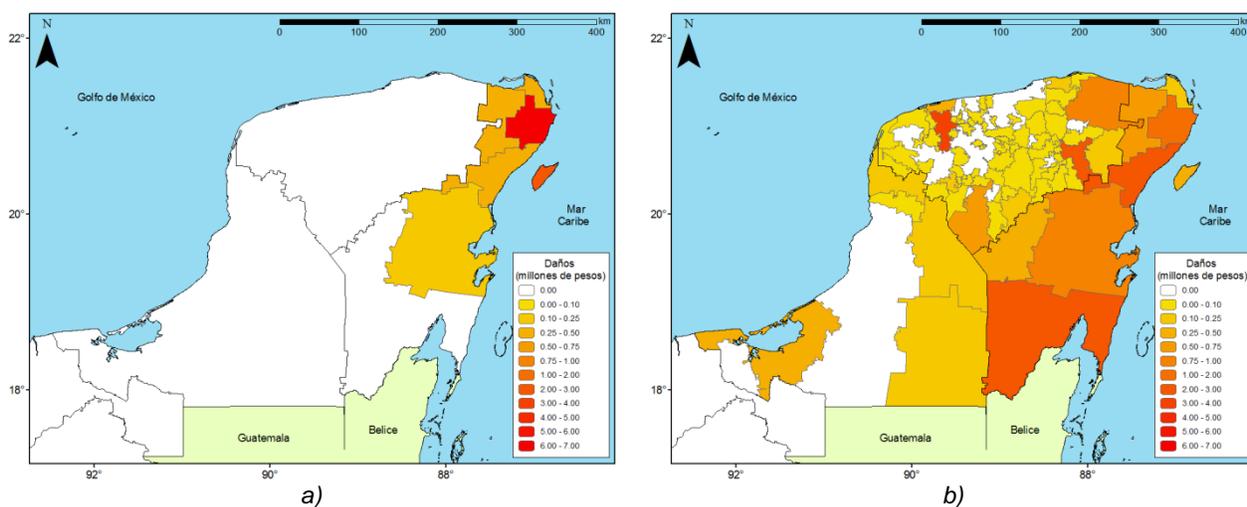


Figura 2.20 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Salud ante Wilma, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN

**Sector Educación, SEP**

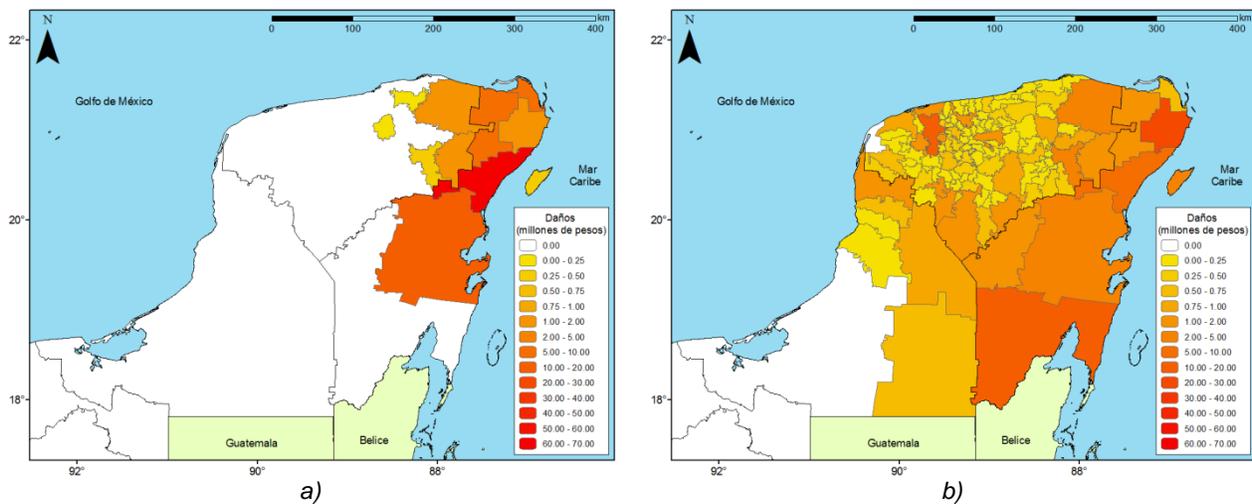
La Tabla 2.22 muestra la comparativa de valores registrados por el CENAPRED y los valores estimados por el R-FONDEN a nivel estatal.

*Tabla 2.22 Daños para el Sector Educación a nivel estatal ante Wilma*

Estado	CENAPRED (millones de pesos)	R-FONDEN (millones de pesos)	Factor de discrepancia	Diferencia monetaria (millones de pesos)
Campeche	-	3.384	-	3.384
Quintana Roo	103.600	54.678	0.528	48.922
Yucatán	3.241	63.558	19.611	60.317
<b>Total</b>	<b>106.841</b>	<b>121.620</b>	<b>1.138</b>	<b>14.779</b>

La Figura 2.21 muestra la comparativa en la distribución y magnitud de los daños registrados por el CENAPRED (Figura 2.21 a) así como la de los valores estimados por el R-FONDEN (Figura 2.21 b), se establece un rango de cero a setenta millones de pesos y su correspondiente degradación visual de colores.

En esta comparativa se destaca la diferencia que existe entre las pérdidas reportadas por el CENAPRED y aquellos resultados de pérdidas obtenidas con el sistema R-FONDEN ante la ocurrencia y evaluación de Wilma respectivamente. Por un lado, es importante resaltar la gran diferencia que existe en el municipio de Solidaridad en Quintana Roo donde el CENAPRED reportó daños considerables, situación que no se presentó en la estimación arrojada por el R-FONDEN, y por otro, para la ciudad de Mérida, Yucatán donde, el sistema R-FONDEN estimó daños considerables, por el contrario el CENAPRED no presentó registro de daño alguno para este municipio.



*Figura 2.21 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Educación ante Wilma, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN*

La modelación y estimación de pérdidas de Wilma para la infraestructura de las Secretarías de Salud y Educación Pública fue similar a lo ocurrido con Emily, pues el sistema R-FONDEN estimó pérdidas pequeñas para la mayoría de las edificaciones de estos dos sectores en los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, donde independientemente de haber o no presentado daños, éstos posiblemente no fueron reportados, situación que justifica la estimación de pérdidas por el R-FONDEN ante la evaluación de los efectos ocasionados por Wilma.

## Capítulo 3

# Infraestructura del Sector Comunicaciones y Transportes

### 3.1 Infraestructura

#### Sector Comunicaciones y Transportes, SCT

En lo que se refiere a la infraestructura nacional carretera a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, ésta cuenta con un registro de información georreferenciada de aproximadamente 130 mil kilómetros de carretera pavimentada.

Por otra parte, el sistema R-FONDEN presenta su estructura de base de datos de exposición en formato *shape*, para el Sector Comunicaciones y Transportes esta estructura se integra como se detalla en la Tabla 3.1. En ella se indica la numeración y posición de las columnas en la estructura de la base de datos, así como el nombre del campo, tipo de dato, valores y una descripción del campo de ingreso. Esta base establece los datos e información requerida de la infraestructura para que el sistema R-FONDEN lleve a cabo la evaluación y estimación de pérdidas en la infraestructura carretera debidas a la ocurrencia de fenómenos naturales como sismos, ciclones e inundaciones.

Tabla 3.1 Campos de ingreso en el archivo de datos para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Col. Núm.	Nombre del campo	Tipo de dato	Valores	Descripción
1	FID	Object ID	1 a 200,000	Objeto que identifica el número de activos
2	SHAPE	Shape	Polyline ZM	Identifica si es punto, línea o polígono
3	NOMBRE	texto		Nombre del puente
4	ADMIN	texto		Administración
5	CARRILES	numérico	0 a 12	Número de carriles
6	PAV	Texto		Descripción del material
7	DERTRAINS	texto		Libre o cuota
8	LONG_KMS	texto	0 a 300	Longitud de tramo de carretera o camino
9	VALFIS	numérico	0 a 922 billones	Valor de reconstrucción de la carretera o camino
10	VALHUM	numérico	0 a 922 billones	Valor de recursos humanos
11	SE_SISMO	texto		Función de vulnerabilidad por sismo asignada
12	SE_LLUVIAH	texto		Función de vulnerabilidad por inundación asignada

En la Figura 3.1 se muestra un mapa de la República Mexicana con la ubicación geográfica de las carreteras a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Dichas carreteras georreferenciadas se presentan con líneas azules.

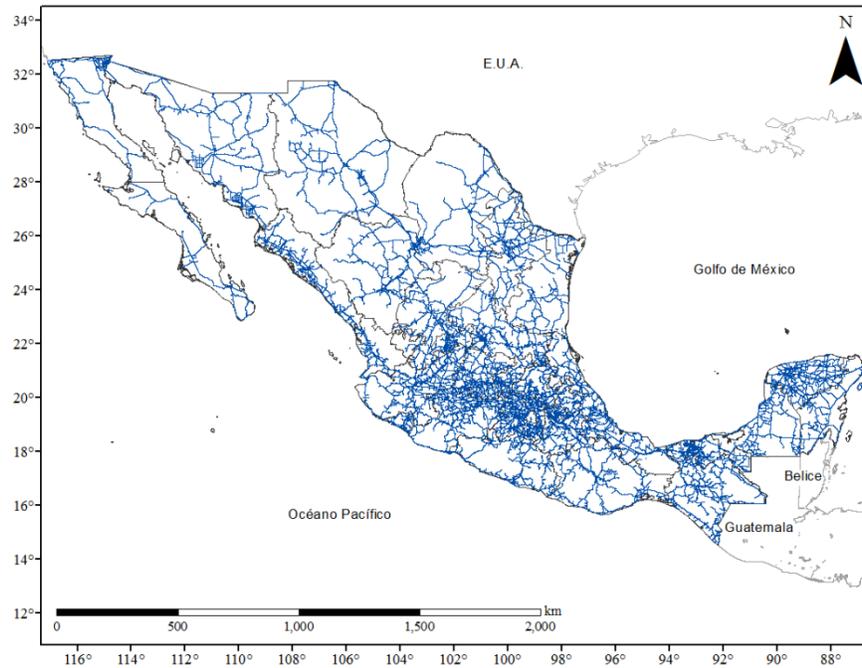


Figura 3.1 Ubicación de las carreteras a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

## 3.2 Afectación de los eventos

De acuerdo a lo definido en el subcapítulo 2.2, de manera análoga se llevó a cabo el registro de pérdidas de Emily, Stan y Wilma para el Sector Comunicaciones y Transportes, donde se documentan las pérdidas registradas ante la ocurrencia de estos huracanes, con lo que se logra la generación de mapas de amenaza.

Con base en los valores registrados y para cada uno de los eventos en estudio se procedió a generar una base de datos con el fin de llevar a cabo una comparación tanto cuantitativa como espacial del Sector Comunicaciones y Transportes.

En el resto del subcapítulo y con el mismo orden del capítulo anterior, se presentan tanto resúmenes en tablas a nivel estatal como mapas con una división política municipal donde se refleja el registro de pérdidas para el Sector Comunicaciones y Transportes ante la ocurrencia de los huracanes aquí presentados.

Para una mejor comparación, los mapas que se ilustran en este subcapítulo se grafican en un rango de cero al valor máximo que se haya presentado, ya sea en el registro por el CENAPRED o en el valor estimado por el sistema R-FONDEN, además de una correspondiente degradación visual de colores con lo que se hace notar la distribución de la magnitud de los daños, donde un valor nulo se presenta en color blanco, en contraste al color rojo que representa el valor mayor del rango.

## Emily

Para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y ante este evento, el CENAPRED reportó una cifra poco superior a 290 millones de pesos en daños directos, lo que representa el 8.47% en pérdidas respecto al total de los daños directos reportados para la infraestructura del país.

Situación contraria a los sectores Salud y Educación, en el estado de Quintana Roo no se registraron daños en la infraestructura del Sector Comunicaciones y Transportes. La Figura 3.2 muestra la distribución y magnitud de los daños reportados a nivel municipal por el CENAPRED para los estados de Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León afectados por Emily, se grafica para este sector un rango de cero a treinta y cinco millones de pesos con una degradación visual de colores. En esta figura destacan los daños en el municipio de San Carlos en Tamaulipas, con daños por treinta millones de pesos y el municipio de General Terán en el estado de Nuevo León que reportó daños por 16.4 millones de pesos.

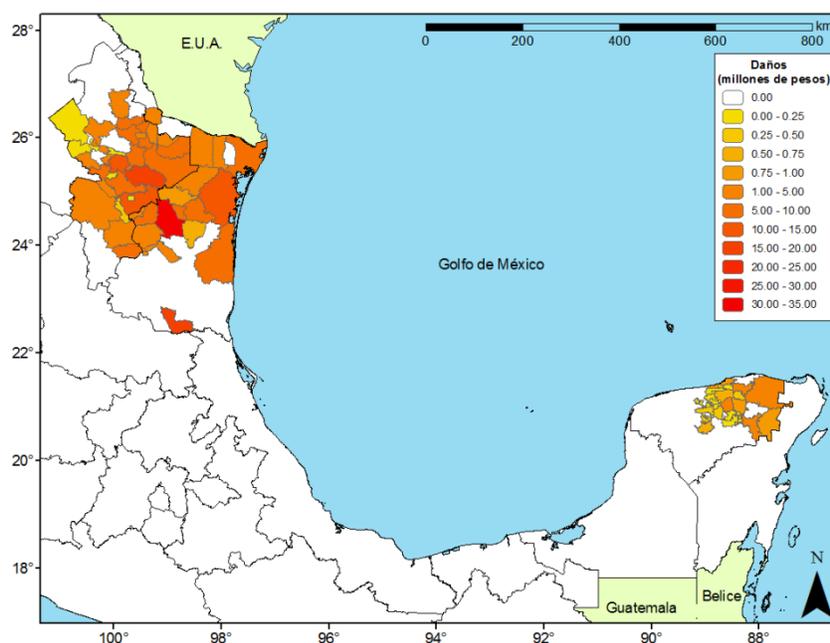


Figura 3.2 Daños registrados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Emily

La Tabla 3.2 muestra el total de los daños directos reportados a nivel estatal ante la ocurrencia de Emily para los cuatro estados reportados por el CENAPRED, así como el porcentaje representativo de pérdidas para este sector.

Tabla 3.2 Daños directos en millones de pesos en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Emily

Quintana Roo	Yucatán	Tamaulipas	Nuevo León	Total SCT	%
0.000	26.970	118.345	144.860	<b>290.175</b>	8.47%

## Stan

Según los reportes elaborados por el CENAPRED, la infraestructura de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes fue la más afectada por los embates de Stan, reportando casi 7 mil millones de pesos en daños directos, lo que representa el 50.94% en pérdidas respecto al total de los daños directos reportados para la infraestructura del país.

Para los estados de Chiapas y Oaxaca este sector destacó por ser el más afectado en comparación con el resto de las dependencias, las condiciones de los caminos rurales de Oaxaca se vieron sumamente afectadas por las severas inundaciones. De hecho, el CENAPRED no registró un desglose municipal de los daños que se presentaron en Oaxaca, sin embargo, calculó para 258 de sus 570 municipios 1,108 millones de pesos en daños directos.

La Figura 3.3 muestra la distribución y magnitud de los daños reportados a nivel municipal por el CENAPRED para los estados de Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Chiapas afectados por Stan, en esta gráfica se establece un rango de cero a novecientos millones de pesos con una degradación visual de colores. En esta figura, el estado de Chiapas destaca con los mayores daños en su infraestructura, los municipios de Huixtla, Motozintla y Tapachula registraron daños por 810, 308 y 248 millones de pesos respectivamente.

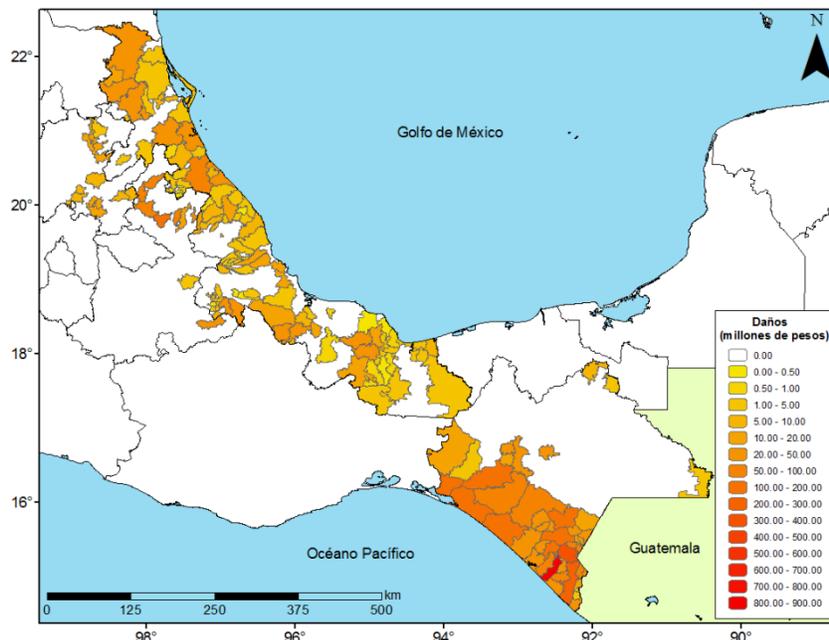


Figura 3.3 Daños registrados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Stan

En la Tabla 3.3 se muestra el total de los daños directos reportados a nivel estatal ante la ocurrencia de Stan para los cinco estados reportados por el CENAPRED, así como el porcentaje representativo de pérdidas para este sector.

Tabla 3.3 Daños directos en millones de pesos en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Stan

Hidalgo	Puebla	Oaxaca	Veracruz	Chiapas	Total SCT	%
649.805	540.514	1,108.000	843.324	3,591.428	<b>6,733.071</b>	50.94

## Wilma

Para el Sector Comunicaciones y Transportes y ante este evento, el CENAPRED reportó casi 105 millones de pesos en daños directos, lo que representa el 2.18% en pérdidas respecto al total de los daños directos reportados para la infraestructura del país.

La Figura 3.4 muestra la distribución y magnitud de los daños reportados a nivel municipal por el CENAPRED para los estados de Quintana Roo y Yucatán afectados por Wilma, para este sector se grafica un rango de cero a cincuenta millones de pesos con una degradación visual de colores. Destacan en esta figura las siguientes cifras; en el estado de Yucatán únicamente fueron reportados daños en el municipio de Tizimin por poco menos de 46 millones de pesos, de manera análoga, el estado de Quintana Roo reportó daños en los municipios de Benito Juárez y Lázaro Cárdenas con 40 y 20 millones de pesos respectivamente.

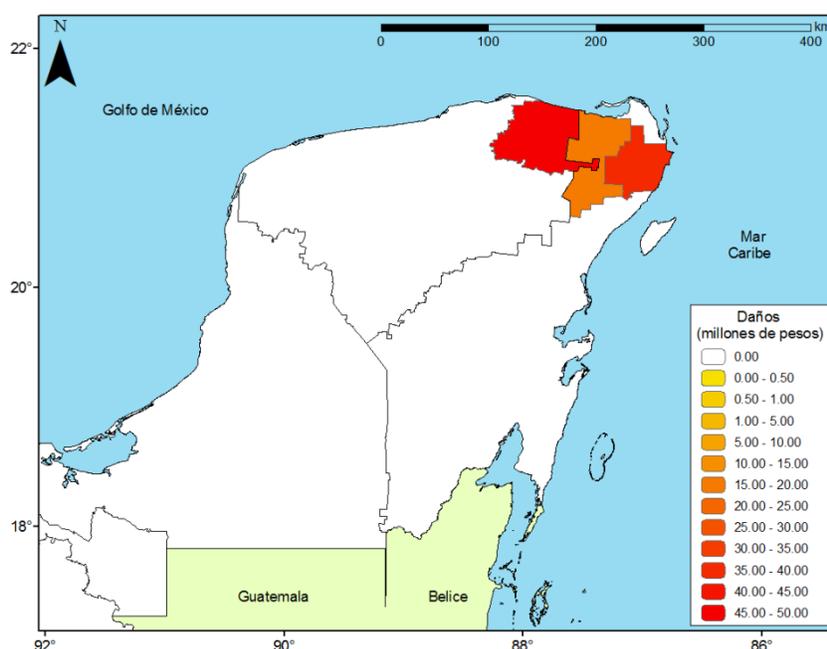


Figura 3.4 Daños registrados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Wilma

En la Tabla 3.4 se muestra el total de los daños directos reflejados a nivel estatal ante la ocurrencia de Wilma para cada uno de los estados reportados por el CENAPRED, así como el porcentaje representativo de pérdidas para este sector.

Tabla 3.4 Daños directos en millones de pesos en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Wilma

Quintana Roo	Yucatán	Total SCT	%
60.000	44.626	104.626	2.18%

### 3.3 Cálculo del riesgo

De manera análoga a lo que ya se comentó en la introducción del subcapítulo 2.3, en cuanto a la modelación de eventos se refiere, se aplicó el mismo procedimiento para el Sector Comunicaciones y Transportes y así obtener pérdidas esperadas en la infraestructura carretera de esta Secretaría ante la ocurrencia de los huracanes Emily, Stan y Wilma, y de esta manera también generar mapas de riesgo por la amenaza de un huracán.

En el caso de la modelación de un huracán y para la evaluación del riesgo en la red carreta, se considera que el huracán sólo produce dos tipos de pérdidas; la debida a la marea de tormenta y la relacionada con inundación.

Con base en los valores estimados por el sistema R-FONDEN se procedió a generar una base de datos con el fin de llevar a cabo una comparación tanto cuantitativa como espacial del Sector Comunicaciones y Transportes y para cada uno de los eventos en estudio.

En el resto del subcapítulo se presentan resúmenes en tablas a nivel estatal y mapas con una división política municipal donde se refleja la estimación de pérdidas para el Sector Comunicaciones y Transportes ante la modelación de los huracanes históricos aquí presentados. Tanto en las tablas como en los mapas presentados en este subcapítulo las cifras están documentadas en millones de pesos.

Para una mejor comparación, los mapas que se ilustran en este subcapítulo fueron generados y graficados en un rango de cero al valor máximo que se haya presentado, ya sea en el registro por el CENAPRED o en el valor estimado por el sistema R-FONDEN, así como su correspondiente degradación visual de colores para hacer notar la distribución de la magnitud de los daños, donde un valor nulo se presenta en color blanco, en contraste al color rojo que representa el valor máximo del rango.

## Emily

La Tabla 3.5 muestra el resumen de los daños estimados por el sistema R-FONDEN para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal. En esta tabla destacan 807.107 millones de pesos en pérdidas estimadas para el estado de Tamaulipas y 424.133 millones en el estado de Nuevo León.

Tabla 3.5 Daños estimados para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Emily

Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)
Aguascalientes	0.273	Guanajuato	2.138	Quintana Roo	12.709
Baja California	0.000	Guerrero	0.093	San Luis Potosí	46.511
Baja California Sur	0.000	Hidalgo	4.968	Sinaloa	0.000
Campeche	11.122	Jalisco	4.194	Sonora	0.000
Chiapas	0.166	Michoacán	6.757	Tabasco	0.791
Chihuahua	0.004	Morelos	0.073	Tamaulipas	807.107
Coahuila	3.292	Nayarit	0.063	Tlaxcala	1.810
Colima	0.000	Nuevo León	424.133	Veracruz	39.510
Distrito Federal	0.281	Oaxaca	0.013	Yucatán	166.598
Durango	1.848	Puebla	5.503	Zacatecas	1.730
Estado de México	6.684	Querétaro	1.200		
				<b>Total</b>	<b>1,549.571</b>

La Figura 3.5 muestra la distribución y magnitud de los daños estimados por el R-FONDEN a nivel municipal para el Sector Comunicaciones y Transportes, para esta modelación se grafica un rango de cero a ciento sesenta millones de pesos en daños estimados y su correspondiente degradación visual de colores. En la figura destacan dos valores ante esta modelación, las pérdidas estimadas en el municipio de San Fernando, en el estado de Tamaulipas de 151.335 millones de pesos y para el municipio de China, en el estado de Nuevo León con 76.189 millones de pesos en daños.

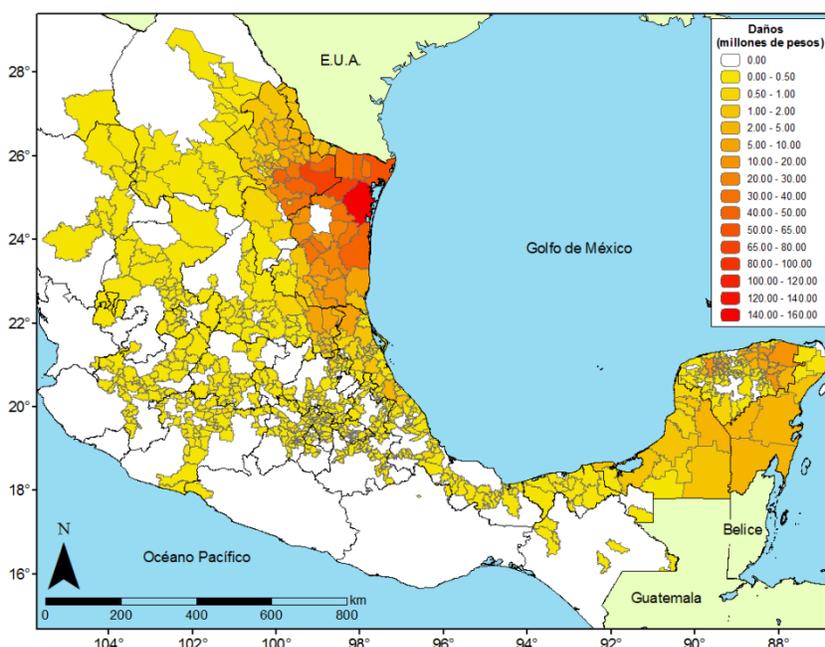


Figura 3.5 Daños estimados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Emily

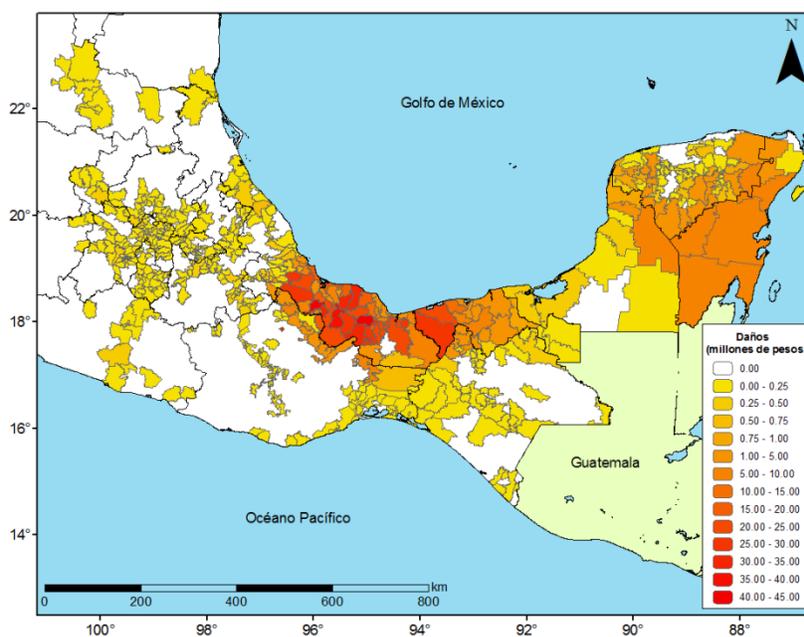
## Stan

La Tabla 3.6 muestra el resumen de los daños estimados por el sistema R-FONDEN para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal. Visiblemente destacan 902.851 millones de pesos en pérdidas estimadas para el estado de Veracruz, para los estados de Oaxaca y Tabasco se estimaron pérdidas alrededor de los 90 millones de pesos.

*Tabla 3.6 Daños estimados para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Stan*

Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)	Estado	R-FONDEN (millones de pesos)
Aguascalientes	0.000	Guanajuato	0.000	Quintana Roo	30.201
Baja California	0.000	Guerrero	1.358	San Luis Potosí	0.315
Baja California Sur	0.000	Hidalgo	2.005	Sinaloa	0.000
Campeche	9.288	Jalisco	0.000	Sonora	0.000
Chiapas	7.709	Michoacán	0.155	Tabasco	91.363
Chihuahua	0.000	Morelos	1.200	Tamaulipas	0.082
Coahuila	0.000	Nayarit	0.000	Tlaxcala	1.810
Colima	0.000	Nuevo León	0.000	Veracruz	902.851
Distrito Federal	0.291	Oaxaca	97.158	Yucatán	50.324
Durango	0.000	Puebla	6.582	Zacatecas	0.000
Estado de México	6.756	Querétaro	0.680		
				<b>Total</b>	<b>1,210.129</b>

La Figura 3.6 muestra la distribución y magnitud de los daños estimados por el R-FONDEN a nivel municipal para el Sector Comunicaciones y Transportes, para esta modelación se grafica un rango de cero a cuarenta y cinco millones de pesos en daños con su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura y de manera general, ante esta modelación los mayores daños estimados fueron los reflejados para la infraestructura del estado de Veracruz, en sus municipios de Acayucan y Cosamaloapan, ya que en ambos se reflejaron pérdidas alrededor de 42 millones de pesos.



*Figura 3.6 Daños estimados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Stan*

## Wilma

Como ya se comentó en el capítulo anterior, las características y condiciones del huracán Wilma hicieron que la evaluación y estimación de pérdidas para este evento llevadas a cabo por el sistema R-FONDEN estimara pérdidas en la infraestructura carretera sólo para los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

La Tabla 3.7 muestra el resumen de los valores estimados por el sistema R-FONDEN a nivel estatal para la infraestructura del Sector Comunicaciones y Transportes. En la tabla destacan 358.096 millones de pesos de pérdidas estimadas para la infraestructura carretera del estado de Yucatán.

Tabla 3.7 Daños estimados para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Wilma

Estado	R-FONDEN (millones de pesos)
Campeche	12.394
Quintana Roo	126.046
Yucatán	358.096
<b>Total</b>	<b>496.537</b>

La Figura 3.7 muestra la distribución y magnitud de los daños estimados por el R-FONDEN a nivel municipal para el Sector Comunicaciones y Transportes, se grafica para esta modelación un rango de cero a ciento diez millones de pesos con su correspondiente degradación visual de colores. En esta figura destaca el municipio de Tizimin en el estado de Yucatán con 109.012 millones de pesos en pérdidas.

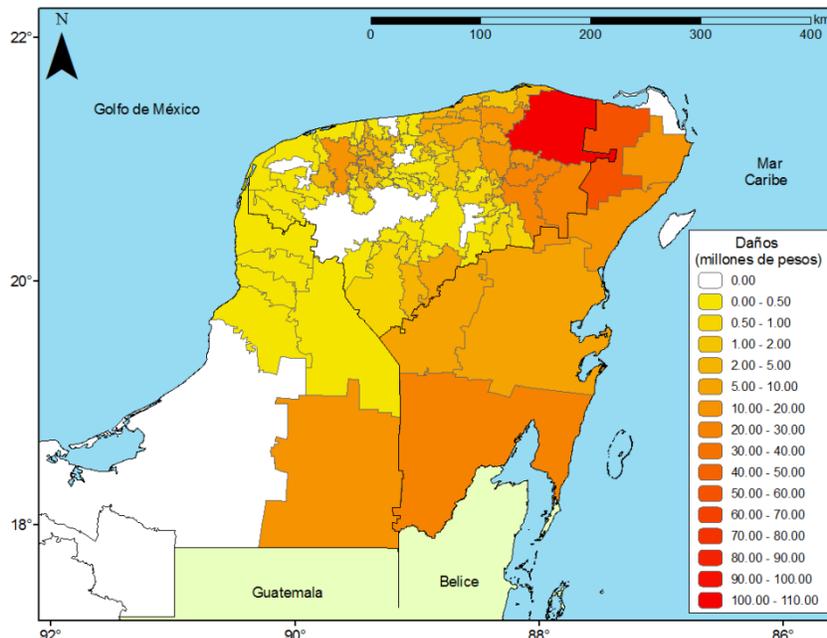


Figura 3.7 Daños estimados en el Sector Comunicaciones y Transportes ante Wilma

### 3.4 Comparación de lo observado con lo modelado

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, de manera análoga se llevó a cabo la compilación de los valores registrados y estimados por el CENAPRED y el sistema R-FONDEN respectivamente. Igualmente, se integraron en una base de datos, y de esta manera se elaboraron resúmenes a nivel municipal y estatal con los valores respectivos. Esto, con la intención de generar una comparativa visual del análisis tanto cuantitativo como espacial de la infraestructura carretera de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes afectada por la ocurrencia de Emily, Stan y Wilma.

En las siguientes cinco páginas se presentan para cada uno de los eventos y para el sector analizado en este capítulo, por una parte en tablas, el resumen a nivel estatal de los valores registrados por el CENAPRED y el de los estimados por el R-FONDEN, así también se presenta un valor definido como Factor de discrepancia de los valores registrados por el CENAPRED y de los estimados por el R-FONDEN, así mismo, se refleja la diferencia absoluta monetaria de los valores de los datos recopilados y estimados.

Es preciso mencionar que los valores del Factor de discrepancia que se presentan, son el resultado de realizar el cociente del valor estimado entre el valor registrado. Se considera que para los valores obtenidos inferiores a la unidad, R-FONDEN subestima pérdidas en la modelación, caso contrario, R-FONDEN sobreestima dichas pérdidas.

Por otra parte, los mapas presentados en figuras en el resto del capítulo, muestran la comparativa visual de la distribución y magnitud de los daños registrados con los estimados. Dichos mapas fueron generados a nivel municipal y se grafican para una mejor comparación en un rango de cero al valor máximo que se haya presentado tanto en el registro por el CENAPRED o del valor estimado por el sistema R-FONDEN, así como su correspondiente degradación visual de colores para hacer notar la magnitud de los daños, donde un valor nulo se presenta en color blanco, en contraste al color rojo que representa el valor máximo del rango.

## Emily

La Tabla 3.8 muestra la comparativa de los valores registrados por el CENAPRED y los valores estimados por el R-FONDEN a nivel estatal para la infraestructura carretera de este sector. En esta tabla destaca la sobreestimación de pérdidas por el R-FONDEN para los estados de Nuevo León, Tamaulipas y Yucatán.

*Tabla 3.8 Daños para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Emily*

Estado	CENAPRED (millones de pesos)	R-FONDEN (millones de pesos)	Factor de discrepancia	Diferencia monetaria (millones de pesos)
Aguascalientes	-	0.273		0.273
Baja California	-	0.000		0.000
Baja California Sur	-	0.000		0.000
Campeche	-	11.122		11.122
Chiapas	-	0.166		0.166
Chihuahua	-	0.004		0.004
Coahuila	-	3.292		3.292
Colima	-	0.000		0.000
Distrito Federal	-	0.281		0.281
Durango	-	1.848		1.848
Estado de México	-	6.684		6.684
Guanajuato	-	2.138		2.138
Guerrero	-	0.093		0.093
Hidalgo	-	4.968		4.968
Jalisco	-	4.194		4.194
Michoacán	-	6.757		6.757
Morelos	-	0.073		0.073
Nayarit	-	0.063		0.063
Nuevo León	144.860	424.133	2.928	279.273
Oaxaca	-	0.013		0.013
Puebla	-	5.503		5.503
Querétaro	-	1.200		1.200
Quintana Roo	0.000	12.709		12.709
San Luis Potosí	-	46.511		46.511
Sinaloa	-	0.000		0.000
Sonora	-	0.000		0.000
Tabasco	-	0.791		0.791
Tamaulipas	118.345	807.107	6.820	688.762
Tlaxcala	-	1.810		1.810
Veracruz	-	39.510		39.510
Yucatán	26.970	166.598	6.177	139.628
Zacatecas	-	1.730		1.730
<b>Total</b>	<b>290.175</b>	<b>1,549.571</b>		<b>1,259.396</b>

La Figura 3.8 muestra la comparativa en la distribución y magnitud de los daños registrados por el CENAPRED (Figura 3.8 a) así como la de los valores estimados por el R-FONDEN (Figura 3.8 b) a nivel municipal ante Emily. Para esta comparativa se establece un rango de cero a ciento sesenta millones de pesos en pérdidas con su correspondiente degradación visual de colores.

En esta comparativa se destaca la gran diferencia que existe entre las pérdidas reportadas por el CENAPRED y aquellos resultados de pérdidas obtenidas con el sistema R-FONDEN ante la ocurrencia y evaluación de Emily respectivamente, esto para varios estados del territorio nacional.

Con base en lo anterior, se observa que para el estado de Quintana Roo el sistema R-FONDEN estimó daños considerables, sin embargo, el CENAPRED no presentó registro de daño alguno para los municipios de este estado. Esta misma situación se presenta en el municipio de San Fernando, Tamaulipas, donde la estimación arrojada por el R-FONDEN presentó daños considerables, situación que no se vió reflejada en el registro que llevó a cabo el CENAPRED.

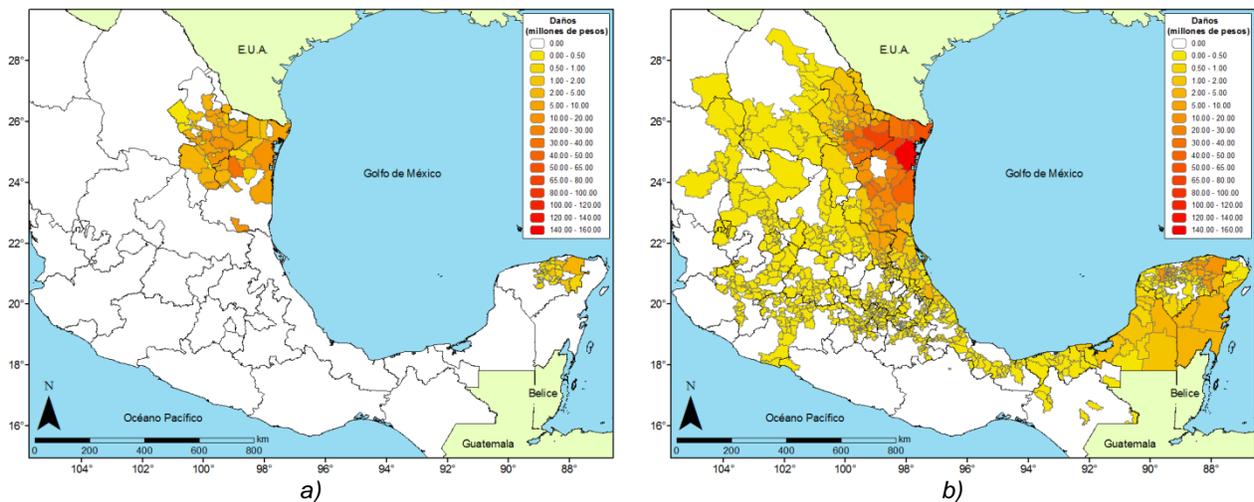


Figura 3.8 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Comunicaciones y Transportes ante Emily, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN

Es claro que el sistema R-FONDEN estima pérdidas pequeñas en casi todo el país. Esto puede deberse a que son la suma de pérdidas muy pequeñas pero que corresponden a muchos tramos carreteros en gran parte del territorio nacional. Se considera para este caso que el sistema R-FONDEN sobreestimó pérdidas en la infraestructura del Sector Comunicaciones y Transportes ante la evaluación de Emily.

## Stan

La Tabla 3.9 muestra un resumen comparativo a nivel estatal de los valores registrados por el CENAPRED y los valores estimados por el sistema R-FONDEN para la infraestructura carretera de este sector. Destacan en esta tabla aquellos estados en los que se tuvo un valor tanto registrado como estimado, donde el R-FONDEN subestimó las pérdidas para cuatro de los cinco estados en los que el CENAPRED reportó daños.

*Tabla 3.9 Daños para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Stan*

Estado	CENAPRED (millones de pesos)	R-FONDEN (millones de pesos)	Factor de discrepancia	Diferencia monetaria (millones de pesos)
Aguascalientes	-	0.000		0.000
Baja California	-	0.000		0.000
Baja California Sur	-	0.000		0.000
Campeche	-	9.288		9.288
Chiapas	3,591.428	7.709	0.002	7.709
Chihuahua	-	0.000		0.000
Coahuila	-	0.000		0.000
Colima	-	0.000		0.000
Distrito Federal	-	0.291		0.291
Durango	-	0.000		0.000
Estado de México	-	6.756		6.756
Guanajuato	-	0.000		0.000
Guerrero	-	1.358		1.358
Hidalgo	649.805	2.005	0.003	2.005
Jalisco	-	0.000		0.000
Michoacán	-	0.155		0.155
Morelos	-	1.200		1.200
Nayarit	-	0.000		0.000
Nuevo León	-	0.000		0.000
Oaxaca	1,108.000	97.158	0.088	97.158
Puebla	540.514	6.582	0.012	6.582
Querétaro	-	0.680		0.680
Quintana Roo	-	30.201		30.201
San Luis Potosí	-	0.315		0.315
Sinaloa	-	0.000		0.000
Sonora	-	0.000		0.000
Tabasco	-	91.363		91.363
Tamaulipas	-	0.082		0.082
Tlaxcala	-	1.810		1.810
Veracruz	843.324	902.851	1.071	902.851
Yucatán	-	50.324		50.324
Zacatecas	-	0.000		0.000
<b>Total</b>	<b>6,733.071</b>	<b>1,210.129</b>		<b>1,210.129</b>

La Figura 3.9 muestra una comparativa en la distribución y magnitud de los daños registrados por el CENAPRED (Figura 3.9 a) contra los estimados por el R-FONDEN (Figura 3.9 b) a nivel municipal ante Stan. Para esta comparativa se establece un rango de cero a novecientos millones de pesos en pérdidas con su correspondiente degradación visual de colores.

En esta comparativa se destaca la diferencia importante que existe entre las pérdidas reportadas por el CENAPRED y aquellos resultados de pérdidas obtenidas con el sistema R-FONDEN ante la ocurrencia y evaluación de Stan respectivamente, esto para varios estados del territorio nacional. Es importante resaltar que existe una gran diferencia para los estados de Hidalgo, Puebla, Veracruz y Chiapas, particularmente para este último estado donde el CENAPRED reportó daños considerables para el municipio de Huixtla, por el contrario, el sistema R-FONDEN estimó valores muy inferiores a los reportados por el CENAPRED.

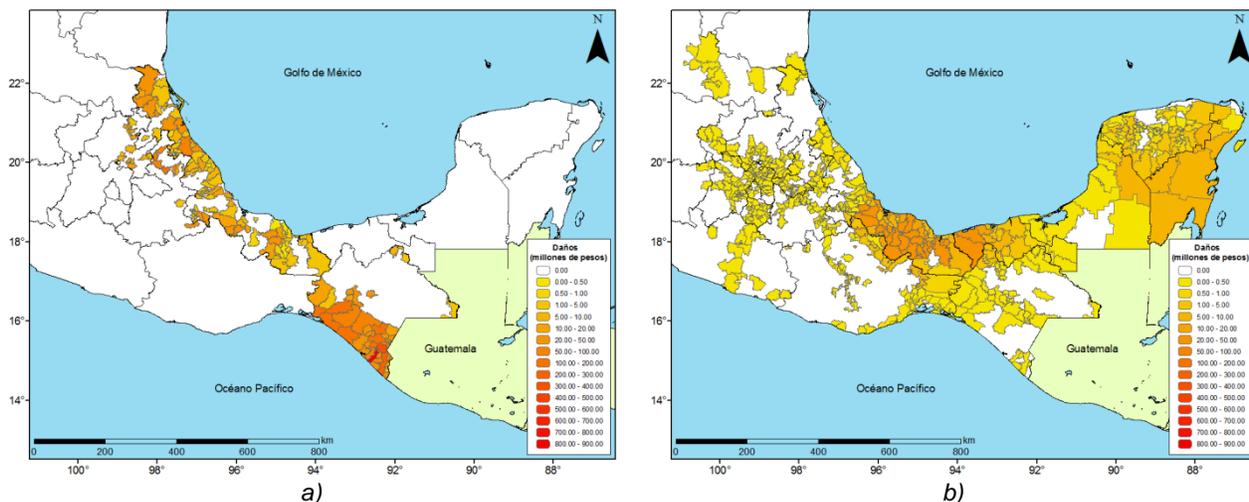


Figura 3.9 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Comunicaciones y Transportes ante Stan, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN

Caso similar a lo presentado con Emily, R-FONDEN sobreestimó pérdidas en la infraestructura carretera del Sector Comunicaciones y Transportes ante la modelación de Stan.

## Wilma

La Tabla 3.10 muestra el resumen comparativo de valores registrados por el CENAPRED con los valores estimados por el sistema R-FONDEN a nivel estatal. Destaca en esta tabla que tanto para el estado de Quintana Roo como el de Yucatán el sistema sobreestimó de forma considerable pérdidas en la infraestructura carretera de este sector.

Tabla 3.10 Daños para el Sector Comunicaciones y Transportes a nivel estatal ante Wilma

Estado	CENAPRED (millones de pesos)	R-FONDEN (millones de pesos)	Factor de discrepancia	Diferencia monetaria (millones de pesos)
Campeche	-	12.394		12.394
Quintana Roo	60.000	126.046	2.101	66.046
Yucatán	44.626	358.096	8.024	313.470
<b>Total</b>	<b>104.626</b>	<b>496.537</b>		<b>391.910</b>

La Figura 3.10 muestra la comparativa en la distribución y magnitud de los daños registrados por el CENAPRED (Figura 3.10 a) contra la de los valores estimados por el R-FONDEN (Figura 3.10 b) a nivel municipal y para la infraestructura carretera de este sector. Se grafica esta comparativa en un rango de cero a ciento diez millones de pesos en pérdidas con su correspondiente degradación visual de colores.

En esta comparativa se destaca la gran diferencia que existe entre las pérdidas reportadas por el CENAPRED y aquellos resultados de pérdidas obtenidas con el sistema R-FONDEN ante la ocurrencia y evaluación de Wilma respectivamente. Por un lado, es importante distinguir la gran diferencia que existe en el municipio de Tizimin en Yucatán donde el R-FONDEN estimó daños considerables, situación que no se presentó en el registro del CENAPRED. Y por otro, destacar la diferencia para los estados de Campeche y Quintana Roo, donde el R-FONDEN estimó daños para la mayor parte de estos estados, por el contrario, el CENAPRED no presentó registro de daño alguno excepto para el municipio de Tizimin en Yucatán.

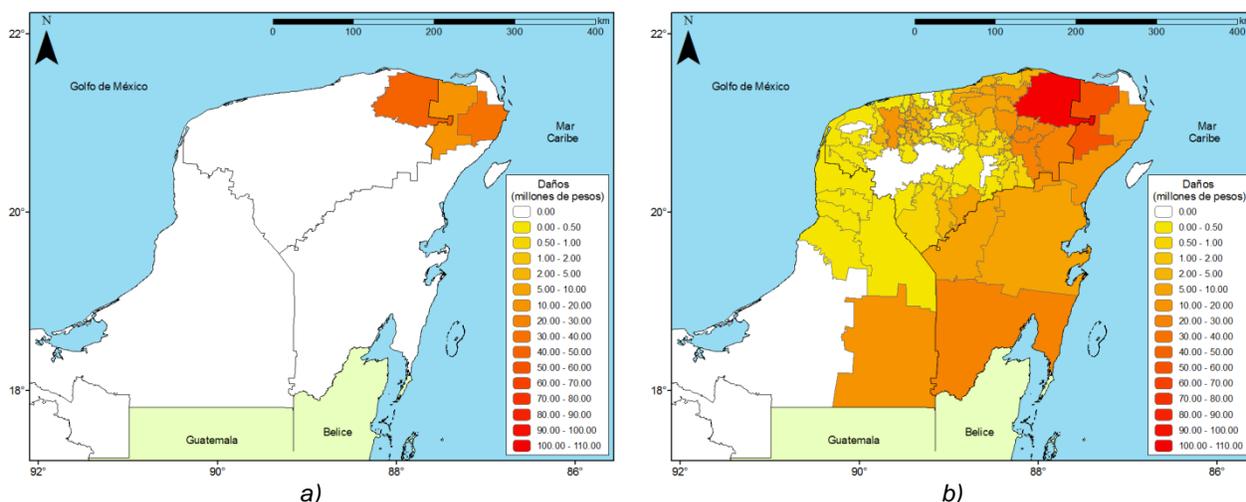


Figura 3.10 Comparativa de lo observado contra lo modelado para el Sector Comunicaciones y Transportes ante Wilma, a) registro del CENAPRED y b) estimación del R-FONDEN

La modelación y estimación de pérdidas de Wilma fue similar a lo ocurrido con Emily, el R-FONDEN estimó pérdidas pequeñas para la infraestructura del Sector Comunicaciones y Transportes, lo que se considera que las pérdidas fueron sobreestimadas por el sistema ante esta modelación.

# Capítulo 4

## Discusiones y conclusiones

### Discusiones

En las siguientes tablas se presentan resúmenes comparativos de las pérdidas totales reportadas por el CENAPRED y las pérdidas totales estimadas por el sistema R-FONDEN tras el paso y evaluación de los huracanes Emily, Stan y Wilma.

En la Tabla 4.1 se refleja la comparativa de las pérdidas reportadas y estimadas para cada dependencia y para cada evento.

*Tabla 4.1 Resumen global y comparativa de daños directos totales por Sector*

Fenómeno Hidrometeorológico	CENAPRED	R-FONDEN
	Daños en millones de pesos	
<b>SSA</b>		
Emily	19.064	64.004
Stan	162.342	20.906
Wilma	10.100	18.843
<b>SEP</b>		
Emily	36.881	475.408
Stan	275.674	135.169
Wilma	106.841	121.620
<b>SCT</b>		
Emily	290.175	1,549.571
Stan	6,733.071	1,210.129
Wilma	104.626	496.537

De manera similar, la Tabla 4.2 muestra con un arreglo por evento, el resumen y comparativa de los daños documentados en esta tesis.

*Tabla 4.2 Resumen global y comparativa de daños directos totales por huracán*

Fenómeno Hidrometeorológico	CENAPRED	R-FONDEN
	Daños en millones de pesos	
<b>Emily</b>		
SSA	19.064	64.004
SEP	36.881	475.408
SCT	290.175	1,549.571
<b>Stan</b>		
SSA	162.342	20.906
SEP	275.674	135.169
SCT	6,733.071	1,210.129
<b>Wilma</b>		
SSA	10.100	18.843
SEP	106.841	121.620
SCT	104.626	496.537

Es claro que ante la evaluación llevada a cabo para los huracanes Emily y Wilma para los tres sectores analizados y documentados en esta tesis, el sistema R-FONDEN estimó pérdidas pequeñas para la mayoría de las unidades médicas, edificaciones e infraestructura carretera. Situación que no se vió reflejada y documentada en el registro de los daños directos por el CENAPRED. El reflejo de la sobrestimación de pérdidas por el R-FONDEN obedece a la sumatoria de pérdidas muy pequeñas pero que corresponden en gran parte, a los activos de estos tres sectores, que posiblemente ni siquiera hayan reportado daños, quizá simplemente fueron reparados con recursos propios o en el mejor de los casos su infraestructura se encontraba asegurada.

Situación contraria se reflejó ante la ocurrencia y evaluación del huracán Stan. Como se mencionó anteriormente, este fenómeno hidrometeorológico fue un caso muy particular, pues con tan solo alcanzar la categoría de huracán, haya ocasionado gran magnitud de daños, situación que se reflejó en el reporte de sus daños. Lo que hizo particular a este huracán fue la interacción que tuvieron sus remanentes con una onda tropical y un frente frío, ocasionando precipitaciones extraordinarias que el modelo empleado por el sistema R-FONDEN no considera. Esto implicó que los resultados de pérdidas obtenidas por el R-FONDEN tras la evaluación de Stan representen una subestimación de pérdidas por este fenómeno.

Con base en lo mostrado en este y en el capítulo anterior, fenómenos como los huracanes Emily, Stan y Wilma ponen en evidencia que no necesariamente al aumentar la frecuencia y las características físicas de un fenómeno natural aumentarán los perjuicios en la infraestructura nacional, mucho tiene que ver el incremento de los asentamientos humanos en lugares propensos a este tipo de fenómenos naturales.

## Conclusiones

Como resultado del análisis llevado a cabo en la presente tesis se observa que existe poca información publicada en cuanto a daños directos se refiere, y además la que existe, no en todos los casos hace un desglose detallado las pérdidas reflejadas en la infraestructura. Esto no solamente al generado por los huracanes aquí estudiados, sino también a las pérdidas ocurridas debidas a la acción de diversos fenómenos naturales, por lo que se recomienda enfatizar la elaboración y desarrollo de una metodología integral y estandarizada para la recopilación y presentación de información tanto de los activos expuestos como de los daños reflejados en la infraestructura nacional ante la ocurrencia de cualquier fenómeno natural.

Estos análisis de pérdidas tanto cualitativos como cuantitativos para la infraestructura nacional, llegan a beneficiar a la sociedad actualizando reglamentos de construcción y disminuyendo el número de variables y/o alternativas en la toma de decisiones, desarrollando así, sistemas estructurales más eficientes y seguros para las zonas más vulnerables que con frecuencia son afectadas por desastres naturales. Esta situación se presenta debido a que en muchos casos, las edificaciones e infraestructura dañadas por los efectos que a su paso deja un fenómeno natural son reconstruidas con las mismas características y condiciones que prevalecían antes de la ocurrencia del daño, logrando únicamente reconstruir la vulnerabilidad, sin lograr la reducción de ésta.

Referente a la información publicada sobre daños, el CENAPRED es la única institución que hasta el día de hoy reporta y publica los daños ocurridos después de la acción de un fenómeno natural. Es por ello que con esta tesis se pretende que empresas aseguradoras generen conciencia para que establezcan dentro de sus actividades la obligación de reportar la cuantificación de los daños presentados en los inmuebles de sus carteras a causa de los efectos de fenómenos naturales.

Al hacer pública esta información, permitirá mejorar en mayor medida que modelaciones de las amenazas y vulnerabilidad, así como sistemas de cómputo semejantes al R-FONDEN, sean mucho más confiables en la estimación del riesgo para futuros eventos que puedan ocasionar daños en la infraestructura de los distintos sectores, no solo en México, sino en el mundo, disminuyendo notablemente la incertidumbre en lo que a pérdidas se refiere y ponderándose así la administración del riesgo.

Sistemas como el R-FONDEN podrán verse beneficiados con una retroalimentación empleando y mejorando la metodología documentada en esta tesis, a través de recabar continuamente información como la publicada por organismos como el CENAPRED, haciendo una interpretación de los daños no solamente de huracanes sino de otros eventos. Este tipo de actividades deberán involucrar al resto de las dependencias federales generando con esto resultados y datos útiles que repercutirán de manera directa en el bienestar de la población.

El conjunto de herramientas, modelos físico-matemáticos, información publicada y análisis como el presentado en esta tesis pretenden contribuir con el avance del estudio de las amenazas y la estimación de daños por la ocurrencia de cualquier fenómeno que afecte a la infraestructura de cualquier nación. Además, evaluar tan ampliamente como sea posible la magnitud de los efectos negativos que ocasiona en la economía un fenómeno natural de determinadas características, contribuye a que las entidades competentes establezcan acciones adecuadas para que instituciones, dependencias, organismos, etc., respeten y acaten las decisiones tomadas que contribuyan a disminuir el riesgo de cualquier población.

---

# Referencias

CENAPRED (2005) "**Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2005**", Serie: Impacto socioeconómico de los desastres en México, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México.

Sistema de cómputo "**R-FONDEN, Sistema para la estimación de pérdidas por riesgos naturales en la infraestructura de México**", Instituto de Ingeniería UNAM, México.

Eduardo Reinoso Angulo, Miguel A. Jaimes Téllez, Mario Ordaz Schroeder, Mauro P. Niño Lázaro, Benjamín Huerta Garnica, Carlos Avelar Frausto "**Integración, análisis y medición de riesgo de sismo, inundación y ciclón tropical en México para establecer los mecanismos financieros eficientes de protección al patrimonio del fideicomiso FONDEN del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)**", Volumen II, Modelación Física, Enero 2009.

Carlos Eduardo Avelar Frausto (2007), "**Validación de un modelo para estimar pérdidas esperadas por escenarios de huracán en México**", Memorias del XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero.

Eduardo Reinoso Angulo, Miguel A. Jaimes Téllez, Mario Ordaz Schroeder, Mauro P. Niño Lázaro "**Pérdidas en infraestructura en México ante sismos y huracanes**" Revista digital universitaria, Enero 2010.

Comisión Nacional del Agua "**Resumen de la temporada de ciclones tropicales 2005**", Análisis de la temporada de Huracanes 2005 en México, Servicio Meteorológico Nacional, México.

Servicio Meteorológico Nacional  
<http://smn.cna.gob.mx/>

Secretaría de Salud  
<http://portal.salud.gob.mx/>

Secretaría de Educación Pública  
<http://www.sep.gob.mx/>

Secretaría de Comunicaciones y Transportes  
<http://www.sct.gob.mx/>

Chiapas, Gobierno del Estado  
<http://www.chiapas.gob.mx>

Quintana Roo, Gobierno del Estado  
<http://www.qroo.gob.mx>

INEGI, Cuéntame de México  
<http://cuentame.inegi.org.mx>

Organización Meteorológica Mundial  
[http://www.wmo.int/pages/index\\_es.html](http://www.wmo.int/pages/index_es.html)

## Apéndice

Se presenta como parte del apéndice de esta tesis una breve descripción del uso y bibliografía del sistema de cómputo R-FONDEN.

El sistema de cómputo R-FONDEN (Figura A.1) nace de la demanda de un convenio celebrado entre el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, es a través de la aseguradora AGROASEMEX S.A., que se impulsa un proyecto con el que se permita estimar de manera probabilística el riesgo ante cualquier amenaza sean éstas sismos, huracanes, inundaciones, etc. Tomando en cuenta por un lado la ocurrencia de eventos posibles y por otro, las características de las construcciones.

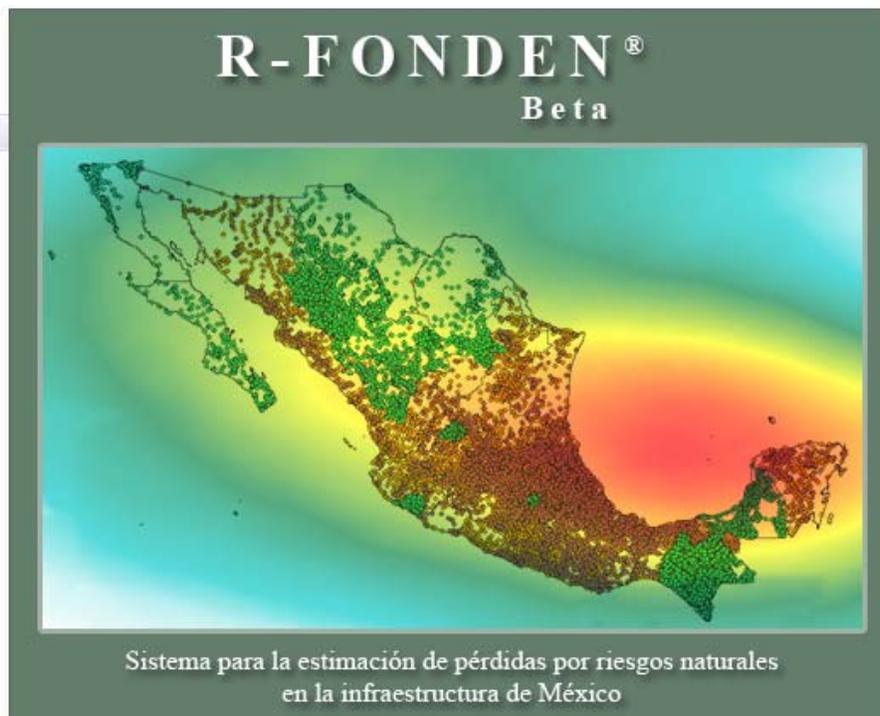


Figura A.1 Pantalla inicial del Sistema R-FONDEN

R-FONDEN, a través de una interfaz gráfica (Figura A.2) facilita al usuario la entrada de datos, entre ellos se consideran tres los elementos principales para poder llevar a cabo una evaluación del riesgo, estos son el tipo de amenaza, el escenario de intensidades y la vulnerabilidad de la exposición en formato *shape*. El primero de estos tres elementos es el que considera si se trata de un sismo, de un huracán o de otro fenómeno natural. El segundo de ellos considera las características específicas con que la amenaza actuará (aceleración máxima, velocidades de viento, tirante de agua, etc.) y el tercer de ellos (mapa en formato *shape*) contiene la información georreferenciada y relacionada con las unidades de riesgo y otros atributos asociados a las unidades.

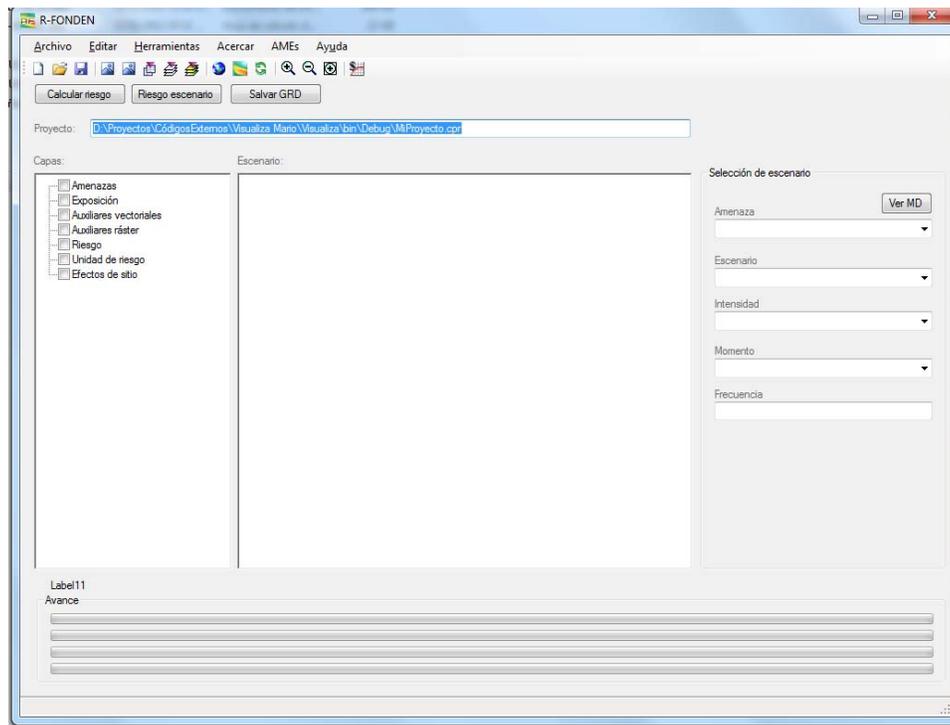


Figura A.2 Pantalla de ingreso de información del Sistema R-FONDEN

Una vez llevada a cabo la evaluación del riesgo para una cartera y Sector de interés, el sistema R-FONDEN genera como resultados cuatro archivos de salida con información particular en cada uno de ellos. De manera general la información contenida en cada uno de ellos se describe en la Tabla A.1.

Tabla A.1 Archivos de salida del sistema R-FONDEN

Extensión	Descripción
*.err	En caso de existir, en este archivo se registra la ubicación y el error o errores ocurridos en la evaluación
*.res	Este archivo almacena las pérdidas totales estimadas, mismas que se emplean para generar la curva de la tasa de excedencia.
*.shp	En este archivo se encuentran georreferenciadas las pérdidas estimadas y asociadas a los activos expuestos
*.cpr	En este archivo se detalla la información del proyecto empleada en la evaluación como, nombre de la corrida, cartera en estudio, evento analizado, etc.

De los cuatro archivos de salida, el obtenido en formato *shape* (\*.shp) se manipuló y empleó durante el desarrollo y elaboración de esta tesis. Este archivo fue la base para llevar a cabo los cálculos para cada unidad de riesgo, donde se indican un número de identificación para cada activo, el valor de las pérdidas físicas y el valor de las pérdidas humanas tras la modelación del evento en estudio. Finalmente los valores arrojados como pérdidas físicas fueron traducidos como daños directos a los activos de la infraestructura de una cartera en estudio.