



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE CONDICIONES
OCEANOGRÁFICAS EXTREMAS EN LOS 22
PUERTOS MÁS IMPORTANTES DE MÉXICO**

TESIS

Que para obtener el título de:

Ingeniero Civil

Presenta

ALEJANDRO LÓPEZ MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS

Dr. RODOLFO SILVA CASARÍN



MÉXICO, D.F.

JULIO 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Quiero dedicar éste trabajo especialmente a mis Padres quienes con cariño y amor me han dado una excelente formación humana y me han enseñado los buenos valores de la vida.

A mis hermanos y hermanas que son un verdadero ejemplo a seguir por su excelente desempeño en las actividades diarias de la vida.

Y a mis sobrinos, especialmente a Alejandra que ha demostrado grandes dotes de superación.

A toda mi familia, gracias por su apoyo, por sus consejos y por el tiempo que me dedicaron.

AGRADECIMIENTOS

En primer término, a la Universidad Nacional Autónoma de México, por la formación que me ha brindado y en especial a la Facultad de Ingeniería.

Al Instituto de Ingeniería por brindarme la oportunidad de llevar a cabo éste trabajo y así formar parte de él.

A Rodolfo Silva Casarín por su amistad y gran apoyo, sin el cual hubiera sido muy difícil concretar esta labor, por su calidad humana y por su profesionalidad.

A mis maestros de la de la Facultad de Ingeniería, quienes realizan una excelente labor académica.

Muchas gracias a mis amigos de la Facultad: Ana, Islas y Diego, que me mostraron la verdadera amistad y fueron un ejemplo de superación hacia mí persona.

Me gustaría agradecer, de forma muy especial, su incondicional apoyo y compañía a Rosa, mi novia, que estuvo conmigo en las buenas y en las malas, y siempre me impulso a salir adelante.

ÍNDICE

Índice	I
Lista de simbolos	III
Lista de figuras	V
Lista de tablas	IX
CAPÍTULO I	1
1 Introducción	2
1.1 Objetivos	3
1.2 Metodología	3
1.3 Organización del Trabajo	4
Capítulo II	5
2 ASPECTOS FUNDAMENTALES	6
2.1 Ciclones tropicales	6
2.1.1 Desarrollo del huracán	6
2.1.2 Depresión tropical	7
2.1.3 Tormenta tropical y huracán	7
2.1.4 Decaimiento o disipación del huracán	8
2.1.5 Temporada de Huracanes.	8
2.1.6 Daños que ocasionan los Ciclones Tropicales:	9
2.1.7 La presencia de huracanes en las costas de México.	9
CAPÍTULO III	13
3 Modelo Paramétrico de predicción de oleaje y viento asociado a ciclones tropicales – HURAC	14
3.1 Introducción	14
3.2 Modelo de predicción de oleaje con viento ciclostrófico	14
3.2.1 Modelo de presión atmosférica	14
3.2.2 Modelo de vientos	14
3.2.3 Evaluación de la altura de ola	15
3.2.4 Relaciones complementarias	16
3.3 Validación del modelo	17
CAPÍTULO IV	23
4 Análisis a Largo Plazo	24
4.1 Excedencias	25
4.2 Períodos de Retorno	26
4.3 Valores Característicos	26
4.3.1 Estadísticos de orden	27
4.4 Métodos utilizados en el diseño de obras marítimas	28
4.5 Distribuciones asintóticas del máximo y el mínimo	28
4.6 Dominios de atracción	29
4.7 PAPELES PROBABILÍSTICOS	31
4.7.1 Técnicas de punteo en papeles probabilísticos	33
4.7.2 Estimación de parámetros y dibujo en papel probabilístico de Gumbel	34

4.7.3	Papel probabilístico de Weibull.....	36
4.8	Análisis de régimen medio	37
CAPÍTULO V		39
5	Vertiente Atlántica.....	40
5.1	Eventos más importantes que han afectado a la vertiente Atlántica.....	40
5.2	Análisis de los sitios más representativos	50
5.2.1	Playa del Carmen, Quintana Roo	50
5.2.2	Isla de Cozumel, Quintana Roo.....	53
5.2.3	Cancún, Quintana Roo.....	56
5.2.4	Progreso, Yucatán.....	59
5.2.5	Campeche, Campeche.	61
5.2.6	Ciudad del Carmen, Campeche.	64
5.2.7	Paraíso, Tabasco.	66
5.2.8	Coatzacoalcos, Veracruz.	68
5.2.9	Veracruz, Veracruz.....	70
5.2.10	Altamira – Tampico, Tamaulipas.	72
CAPÍTULO VI.....		75
6	Vertiente Pacífica	76
6.1	Eventos más significativos que han afectado la vertiente atlántica.....	76
6.2	Eventos más importantes que han afectado a la vertiente Pacífica.	84
6.2.1	Puerto Madero, Chiapas.	84
6.2.2	Santa María Huatulco, Oaxaca.	85
6.2.3	Acapulco de Juárez, Guerrero.	88
6.2.4	Ixtapa Zihuatanejo, Guerrero.....	92
6.2.5	Lázaro Cárdenas, Michoacán.	97
6.2.6	Manzanillo, Colima.	102
6.2.7	Puerto Vallarta, Jalisco.	108
6.2.8	San Blas, Nayarit.....	113
6.2.9	Mazatlán, Sinaloa.	116
6.2.10	Guaymas, Sonora.....	119
6.2.11	Los Cabos, Baja California Sur.....	121
6.2.12	Ensenada, Baja California	126
CAPÍTULO VII.....		129
7	Análisis General de México.	130
7.1	Huracanes más significativos de las vertientes del Atlántico y Pacífico mexicanos 130	
7.1.1	1988, Huracán Gilbert.	130
7.1.2	1998, Huracán Mitch.	131
7.1.3	2005, Huracán Wilma.....	131
7.1.4	1997, Huracán Pauline.....	132
7.1.5	Resumen de la actividad ciclónica en México.....	132
CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO		139
Conclusiones.....		141
Referencias Bibliográficas.....		143

LISTA DE SIMBOLOS

B	parámetro de forma
λ	parámetro de posición
δ	parámetro de escala
V	velocidad de viento máximo sostenido por 8 minutos
H_s	altura de ola significativa
H	altura de ola de diseño
T_s	periodo de ola asociado a una altura de ola significativa
P	presión mínima
TD	depresión tropical
TS	tormenta tropical
H_1	huracán clase 1
H_2	huracán clase 2
H_3	huracán clase 3
H_4	huracán clase 4
H_5	huracán clase 5
P_0	presión al centro del huracán
P_r	presión a una distancia radial r
P_n	presión normal
R	radio de máximos vientos ciclostroficados
U_R	máximo gradiente de vientos
f	parámetro de fuerza de coriolis
ω	velocidad angular
ϕ	latitud
w	velocidad de viento evaluado a 10 metros sobre el nivel del mar
V_f	velocidad final
Fv	factor de amortiguamiento
a, b, c y d	coeficientes
N_c	número de coriolis ciclostrofico
g	gravedad
V_v	velocidad máxima de viento promedio en un minuto
$C_{anuales}$	condiciones actuales de operación
C_{real}	capacidad real del elemento
C_{op}	condiciones de operación
FS_o	factor de seguridad asociado a las condiciones de operación
C_{ap}	capacidades del elemento
FS_c	factor de seguridad asociado a las capacidades del elemento.
σ^2	varianza
r	número de excedencias
t	periodo de retorno
$F_{(x)}$	función de distribución del mínimo anual de una variable aleatoria
n	duración de un periodo

X	variable aleatoria
θ	vector paramétrico
η	variable reducida
D	duración

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Componentes de un ciclón tropical.....	6
Figura 2-2 Ciclones tropicales que han afectado la vertiente atlántica mexicana (1949-2005). DT = Depresión Tropical, TT = tormenta Tropical, H1 = Huracán clase 1, H2 = Huracán clase 2, H3 = Huracán clase 3, H4 = Huracán clase 4 y H5 = Huracán clase 5.....	10
Figura 2-3 Ciclones tropicales que han afectado la vertiente pacífica mexicana (1949-2005). DT = Depresión Tropical, TT = tormenta Tropical, H1 = Huracán clase 1, H2 = Huracán clase 2, H3 = Huracán clase 3, H4 = Huracán clase 4 y H5 = Huracán clase 5.....	11
Figura 3-1 Ubicación de las boyas utilizadas para la validación.....	18
Figura 3-2 Evolución temporal de la presión atmosférica, velocidad de viento y alturas de ola medidas y calculadas para el huracán Irene (1999).....	19
Figura 3-3 Comparación entre presión mínima local medida por boyas y la estimada por el modelo HURAC.....	20
Figura 3-4 Comparación entre velocidad de viento local sostenido por ocho minutos medido por boyas y el estimado por el modelo HURAC.....	20
Figura 3-5 Comparación entre altura de ola significativa local medida por boyas y la estimada por el modelo HURAC.....	21
Figura 4-1 Ejemplo de la determinación de las duraciones en función de una intensidad dada.....	38
Figura 5-1 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Charlie.....	41
Figura 5-2 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Hilda.....	42
Figura 5-3 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Janet.....	43
Figura 5-4 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Roxanne.....	44
Figura 5-5 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Isidore.....	45
Figura 5-6 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Gilbert.....	46
Figura 5-7 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Emily.....	47

Figura 5-8 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Stan.	48
Figura 5-9 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Wilma.....	49
Figura 5-10 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM	53
Figura 5-11 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	53
Figura 5-12 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM	56
Figura 5-13 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	56
Figura 5-14 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM	59
Figura 5-15 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	59
Figura 5-16 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM	61
Figura 5-17 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	61
Figura 5-18 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM	63
Figura 5-19 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	63
Figura 5-20 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM	65
Figura 5-21 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	65
Figura 5-22 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM	67
Figura 5-23 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	67
Figura 5-24 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM	70
Figura 5-25 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	70
Figura 5-26 Distribución extremal de.....	72
Figura 5-27 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	72
Figura 5-28 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM	74
Figura 5-29 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	74
Figura 6-1 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Liza	77
Figura 6-2 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Madeline	78
Figura 6-3 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Paul	79
Figura 6-4 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Pauline	80
Figura 6-5 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Virgil.....	81
Figura 6-6 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Calvin.....	82

Figura 6-7 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Pauline	83
Figura 6-8 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	85
Figura 6-9 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	85
Figura 6-10 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	88
Figura 6-11 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	88
Figura 6-12 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	92
Figura 6-13 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	92
Figura 6-14 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	96
Figura 6-15 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	96
Figura 6-16 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	102
Figura 6-17 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	102
Figura 6-18 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	108
Figura 6-19 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	108
Figura 6-20 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	113
Figura 6-21 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	113
Figura 6-22 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	116
Figura 6-23 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	116
Figura 6-24 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	119
Figura 6-25 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	119
Figura 6-26 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	121
Figura 6-27 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	121
Figura 6-28 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	125
Figura 6-29 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	125
Figura 6-30 Distribución extremal de Weibull para Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM.....	127
Figura 6-31 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa	127
Figura 7-1 Número de eventos en el Atlántico.....	132
Figura 7-2 Número de eventos en el Pacífico.....	133
Figura 7-3 Velocidad de viento sostenido durante 8 minutos para un periodo de retorno de 10 años.....	134

Figura 7-4 Velocidad de viento sostenido durante 8 minutos para un periodo de retorno de 25 años.....	134
Figura 7-5 Velocidad de viento sostenido durante 8 minutos para un periodo de retorno de 50 años.....	135
Figura 7-6 Velocidad de viento sostenido durante 8 minutos para un periodo de retorno de 100 años.....	135
Figura 7-7 Velocidad de viento sostenido durante 8 minutos para un periodo de retorno de 1000 años.....	136
Figura 7-8 Altura de ola significativa para un periodo de retorno de 10 años	136
Figura 7-9 Altura de ola significativa para un periodo de retorno de 25 años	137
Figura 7-10 Altura de ola significativa para un periodo de retorno de 50 años	137
Figura 7-11 Altura de ola significativa para un periodo de retorno de 100 años	138
Figura 7-12 Altura de ola significativa para un periodo de retorno de 1000 años	138

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1 Clasificación de los huracanes según la escala Saffir-Simpson.....	8
Tabla 3-1 Parámetros utilizados en la ecuación (0.4).....	15
Tabla 3-2 Parámetros utilizados en la ecuación (0.6).....	16
Tabla 4-1 Dominios de atracción de las distribuciones más comunes	31
Tabla 4-2 Diferentes formas de punteo	33
Tabla 5-1 Ciclones tropicales que han afectado a la ciudad de Playa del Carmen Quintana-Roo.	50
Tabla 5-2 Ciclones tropicales que han afectado a la Isla de Cozumel Quintana-Roo.....	54
Tabla 5-3 Ciclones tropicales que han afectado a Cancún Quintana-Roo	57
Tabla 5-4 Ciclones tropicales que han afectado a la ciudad de Progreso Yucatán	60
Tabla 5-5 Ciclones tropicales que han afectado a la ciudad de Campeche	62
Tabla 5-6 Ciclones tropicales que has afectado a Ciudad del Carmen, Campeche.....	64
Tabla 5-7 Ciclones tropicales que han afectado a Paraíso, Tabasco.	66
Tabla 5-8 Ciclones tropicales que han afectado a Coatzacoalcos, Veracruz.....	68
Tabla 5-9 Ciclones tropicales que han afectado las costas de la ciudad de Veracruz.	70
Tabla 5-10 Ciclones tropicales que han afectado al puerto de Altamira, Tampico.....	72
Tabla 6-1Ciclones tropicales que han afectado a Puerto Madero, Chiapas.....	84
Tabla 6-2 Ciclones tropicales que han afectado a Sta. Ma. Huatulco.	86
Tabla 6-3 Ciclones tropicales que han afectado al centro turístico de Acapulco de Juárez. 88	
Tabla 6-4 Ciclones tropicales que han afectado a Ixtapa Zihuatanejo.	92
Tabla 6-5 Ciclones tropicales que han afectado al puerto de Lázaro Cárdenas.	97
Tabla 6-6 Ciclones tropicales que han afectado al puerto de Manzanillo, Colima.	103
Tabla 6-7 Ciclones tropicales que han afectado a Puerto Vallarta Jalisco.	108
Tabla 6-8 Ciclones tropicales que han afectado las costas de San Blas, Nayarit.....	113
Tabla 6-9 Ciclones tropicales que han afectado a las costas de Mazatlán.	117
Tabla 6-10 Ciclones tropicales que han afectado al Puerto de Guaymas, Sonora.....	120
Tabla 6-11 Ciclones tropicales que han afectado las costas de Los Cabos, Baja California Sur.....	122
Tabla 6-12 Ciclones tropicales que han afectado las costas de Ensenada, Baja California	126

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN.

Por su ubicación geográfica, la República Mexicana es afectada por ciclones tropicales, debido a que se encuentra rodeada de regiones en las cuales se generan estos fenómenos atmosféricos (zonas ciclogénicas), que anualmente ocasionan daños sociales, económicos y ambientales de gran magnitud. Por esta razón es importante tener información bien caracterizada de eventos, los presentados y su probabilidad de afectación, principalmente para establecer programas de prevención de desastres y criterios para el diseño y construcción de infraestructura costera.

El calentamiento global es una de las variables que pudieran estar alterando los pronósticos de huracanes, dado que el incremento de temperatura del mar condiciona el surgimiento de depresiones tropicales, fenómenos que son el origen de todos los ciclones.

La Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés) reporta cuatro veces al año sus pronósticos de huracanes y según estos reportes en el océano Atlántico se tiene un promedio histórico de 11 huracanes cada año, en tanto en el Pacífico la media es de 15; sin embargo, en los dos últimos años el Atlántico ha superado en número e intensidad de estos fenómenos al Pacífico. Es por esto que en la mayor parte de los litorales del territorio nacional se está trabajando para mitigar las zonas de peligro asociadas a la posible presencia de ciclones tropicales.

México destaca entre los países del mundo por la extensión de sus litorales, que es de 11,122 km, exclusivamente en su parte continental, sin incluir litorales insulares. Sin embargo pese a esta gran extensión costera su desarrollo ha sido muy limitado. Aparentemente, desde mediados de los 70^s, los ciclones tropicales han aumentado su fuerza y frecuencia debido al calentamiento de las superficies oceánicas en las costas tropicales terrestres, y esta tendencia seguirá creciendo y eventualmente provocará grandes daños a las zonas costeras, con pérdidas humanas, económicas y en la biodiversidad sino se toman medidas a tiempo. El desarrollo nacional a mediano y largo plazo demanda la realización de estudios de riesgo con el objetivo de minimizar los costos en la construcción de una gran variedad de obras marítimas, como puertos, rompeolas, plataformas petroleras, diques, espigones y conductos subterráneos, así como crear métodos para mantener la estabilidad de las playas de los centros turísticos y recreativos.

1.1 Objetivos

Los objetivos planteados para este trabajo son los siguientes:

- Describir en forma general los aspectos más importantes de un ciclón tropical como es su formación, desarrollo, clasificación, decaimiento y la temporada en que son más frecuentes.
- Hacer una clasificación de los 22 puertos más importantes del país y obtener una base de datos de los ciclones tropicales que han afectado a estos puntos y hacer una descripción de cada uno de ellos.
- Describir el modelo de huracanes HURAC y aplicarlo a la base de datos para obtener los campos de presiones, velocidades máximas de viento sostenido para 8 minutos y altura de ola significativa.
- Elaborar un análisis a largo plazo y obtener los periodos de retorno de acuerdo a la distribución estadística que mas se ajuste.
- Realizar un análisis general de México haciendo una comparación de las dos vertientes.

1.2 Metodología

En este trabajo se presentara la teoría necesaria para entender el modelo HURAC y poder aplicarlo a la base de datos, así mismo se presentara la teoría para el análisis a largo plazo.

Una vez hecha la clasificación de los puertos o destinos turísticos se procede a hacer la base de datos utilizando los reportes meteorológicos publicados en la página Web de la NOAA (<http://www.nhc.noaa.gov>).

Ya que se cuenta con la base de datos se hace una descripción de cada uno de los puntos mencionando aquellos de mayor intensidad y sus características y posteriormente se procede a aplicar la teoría del capítulo 2 calculando la altura de ola significativa, la velocidad de viento sostenido y la presión de cada uno de los ciclones tropicales que se tienen registrados y se hace una comparación entre los datos registrados por las boyas de la NOAA y los resultados experimentales obtenidos con el modelo.

Haciendo uso del programa Grapher se hacen las gráficas correspondientes de altura de ola significativa y velocidad de viento contra probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno para valores extremos de Weibull descrita en el capítulo 3.

Se presentan mapas de la República Mexicana donde se muestran los casos especiales que son aquellos que se hicieron presentes con las mayores intensidades en ambos litorales del país, los mapas se realizaron con ayuda del programa Surfer.

Por último se presentará un análisis general de las dos vertientes, mencionando y describiendo los fenómenos de mayor intensidad.

1.3 Organización del Trabajo

En el primer capítulo se presenta una descripción general de la evolución de un ciclón tropical; sus aspectos fundamentales basada en su clasificación según la escala Zafir-Simpson y los daños que estos meteoros pueden causar. Complementariamente y usando los reportes meteorológicos publicados por el sitio Web de la NOAA, se presentan las rutas históricas de los ciclones tropicales que han afectado las vertientes Atlántica y Pacífica Mexicana.

En el segundo capítulo se desarrolla el modelo paramétrico de predicción de oleaje y viento HURAC, el modelo de vientos y de presión atmosférica, y en el capítulo tercero se presenta un análisis a largo plazo, describiendo las excedencias, los periodos de retorno. Los métodos utilizados son los mismos que se emplean para en el diseño de obras marítimas y se basan en las distribuciones para valores extremos de Weibull y de Gumbell.

En los capítulos cuarto y quinto se presenta un análisis de los ciclones tropicales que han afectado a los 22 puertos o destinos turísticos más importantes de México. La base de datos cubre los años de 1949 al 2005. Con los resultados generados con dicho análisis, se elaboraron gráficas en las cuales se comparan altura de ola significativa (H_s) y velocidad de viento sostenido contra probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno utilizando la distribución extremal de Weibull. También se presentan en otras figuras a manera de ilustrar el efecto individual de los eventos más potentes, que se han registrado en los últimos 57 años, los campos de presiones, velocidades máximas de vientos sostenidos por 8 minutos, la altura de ola significativa y de la persistencia como huracán clase 1 o superior.

En el capítulo 6 se realiza una caracterización y comparación general de los parámetros que describen el efecto de los ciclones tropicales para ambas vertientes litorales del país. Por último se presentan las conclusiones describiendo los resultados y haciendo una comparación para los 22 puntos analizados.

CAPÍTULO II

2 ASPECTOS FUNDAMENTALES

2.1 Ciclones tropicales

Un ciclón tropical es el término científico que se utiliza para definir una circulación meteorológica cerrada que se propaga sobre aguas tropicales. Este sistema de gran escala de baja presión ocurre en todo el mundo y su nombre varía según la región geográfica en el cual se desarrolla: en el Atlántico y en el nordeste del Pacífico son llamados como huracanes, en el noroeste del Pacífico como tifones y en el Pacífico Sur, como en el océano Indico, son conocidos simplemente como ciclones. El 75 % de los ciclones tropicales se desarrollan en el hemisferio norte, donde normalmente los huracanes viajan de este a oeste, caso contrario sucede en el hemisferio sur, donde viajan de oeste a este. Un esquema general de los componentes más importantes de un ciclón tropical se presenta en la Figura 2-1.

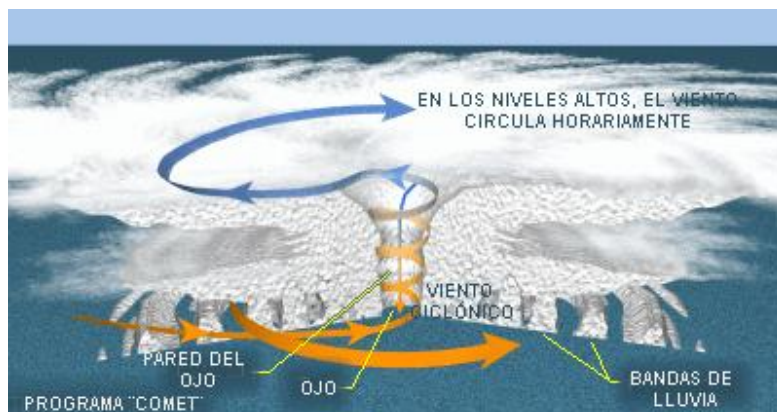


Figura 2-1 Componentes de un ciclón tropical

2.1.1 Desarrollo del huracán

Todas las depresiones tropicales que crecen y derivan en huracanes, se originan prácticamente bajo las mismas condiciones y conservan las mismas características meteorológicas a lo largo de su vida. Las diferencias físicas que se pueden presentar de un evento a otro radican en las velocidades que cada evento puede alcanzar y el tiempo que éstas se pueden mantener.

En los primeros momentos de la formación de los huracanes, la circulación de la isobara cerrada se denomina depresión tropical. Si la velocidad sustentada del viento excede lo 63 km/h el fenómeno se convierte en tormenta tropical, así mismo, cuando la velocidad del viento excede los 119 km/h el sistema toma el nombre de huracán que se puede considerar la forma más severa de una tormenta tropical. La pérdida de energía del fenómeno ocurre

normalmente cuando el huracán se mueve dentro de zonas costeras y se adentra al continente.

2.1.2 Depresión tropical

Los huracanes tienen su origen en latitudes que van desde los 8° hasta los 15° hacia el norte y el sur del ecuador, se originan como resultado de un proceso de liberación de calor y humedad de los mares en las zonas tropicales. Este proceso ayuda a equilibrar la temperatura atmosférica y el balance de humedad entre las zonas tropicales y no tropicales.

Para la generación o nacimiento de un huracán se requiere al menos 27° C de temperatura ambiente. En los meses de verano, la temperatura ambiente sobre el Mar Caribe y Golfo de México y parte del Océano Pacífico mexicano puede alcanzar hasta 29° C creando zonas ideales para la generación de huracanes. La superficie del mar calienta al aire que se eleva hasta que se ve bloqueado por aire más caliente proveniente de vientos del este, el encuentro de éstas dos masas de aire genera una inversión atmosférica lo cual genera tormentas eléctricas que eventualmente rompen esta inversión disminuyendo así la presión atmosférica.

2.1.3 Tormenta tropical y huracán

El crecimiento del sistema ocurre cuando la presión en el centro de la tormenta disminuye por debajo de 1000 milibares (mb), mientras que la presión circundante se mantiene relativamente normal (1013mb). Cuando ocurre ésta baja de presión, los vientos comienzan a definir un patrón de espiral debido a la rotación de la tierra. Las fuerzas de torque generadas por éste gradiente de presión producen cambios en la velocidad del viento relativo a éste gradiente. Mientras que el nivel de energía del fenómeno aumenta, el patrón de circulación del aire tiende a moverse hacia el centro y hacia fuera del huracán, en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio Norte y en sentido horario en el hemisferio Sur. El ciclo se mantiene y así el fenómeno comienza a tener un movimiento de traslación con velocidades de alrededor 32 km/h en su formación hasta mayores de 200 km/h una vez en pleno desarrollo.

La zona de mayor precipitación, con vientos más violentos y máximos niveles de sobrelevaciones del nivel del mar, es la que se encuentra en el límite de acción del centro del huracán, aproximadamente a una distancia radial de 50 kilómetros desde el centro del huracán, dependiendo del evento y su intensidad. La estructura nubosa de la circunferencia definida por dicha distancia radial puede presentar una longitud de aproximadamente 450 kilómetros. En el ojo del huracán, a diferencia del resto de la tormenta, se caracteriza por ser un área de calma relativa y poca nubosidad.

La clasificación de los huracanes se realiza con base en la intensidad de la tormenta, la cual representa un potencial de daño. La escala más utilizada es la desarrollada por H. Saffir y R.H. Simpson (1971), mostrada en la Tabla 2-1, en la cual la determinación de cada

categoría depende básicamente en la presión barométrica y en los vientos ciclónicos. Los niveles de marea de tormenta fluctúan de gran forma debido a condiciones barométricas y atmosféricas.

Tabla 2-1 Clasificación de los huracanes según la escala Saffir-Simpson

Color	Categoría	Velocidad del viento (km/h)	Marea de tormenta (m)
DT (1)	Depresión Tropical	hasta 64	menor a 0.86
TT (2)	Tormenta Tropical	64 a 118	0.86 a 1.0
H1 (3)	Huracán clase 1	118 a 154	1.0 a 1.8
H2 (4)	Huracán clase 2	154 a 178	1.8 a 2.7
H3 (5)	Huracán clase 3	178 a 210	2.7 a 3.9
H4 (6)	Huracán clase 4	210 a 250	3.9 a 5.6
H5 (7)	Huracán clase 5	mas de 250	mas de 5.6

2.1.4 Decaimiento o disipación del huracán

Normalmente, un huracán se disipa sobre aguas frías o cuando alcanza la plataforma continental, aproximadamente a diez días de haber iniciado el evento. En el primer caso el huracán tiende a seguir el patrón climatológico dominante y pierde energía, mientras que en el segundo caso, cuando toca tierra, el huracán pierde gran parte de su energía por la fricción generada entre el cuerpo nuboso y el terreno.

2.1.5 Temporada de Huracanes.

Existe un patrón general más o menos constante, pero que puede variar según las condiciones meteorológicas. En el Atlántico, Caribe y Golfo de México comienza el 1° de Junio de cada año, debido al calentamiento del agua durante el verano, y se extiende hasta el 30 de Noviembre, aunque puede haber huracanes todo el año (excepto Marzo). En el Golfo de México y el Caribe Occidental, por ser aguas tranquilas, el calentamiento precede al resto, originándose allí los primeros sistemas ciclónicos de la temporada.

A medida que avanza el verano el sol se va desplazando a latitudes más boreales (hacia el norte) de modo que los huracanes se producen al norte del Caribe y se desplazan de acuerdo al movimiento rotacional de la tierra, hacia el Oeste, arribando frecuentemente a la costa de Estados Unidos después de haber pasado por los países, especialmente Puerto Rico, Cuba, Las Bahamas, etc. Primero arriban en la costa de Florida y, a medida que avanza el verano (Agosto-Septiembre) y según la potencia del huracán, pueden llegar a los estados centrales de Estados Unidos e incluso a los más norteños de la costa atlántica y avanzar continente adentro. Al final de la temporada, cuando el agua se comienza a enfriar otra vez, los huracanes se forman nuevamente en el Caribe y el Golfo.

En el Océano Pacífico, debido a la corriente fría de Humboldt, la temperatura del agua rara vez excede los 26.6 grados centígrados, de manera que los huracanes no son frecuentes. La “Corriente del Niño”, que aumenta la temperatura oceánica puede constituir una excepción. El desplazamiento hacia el Oeste (por la rotación de la tierra, como ya mencionamos) de los huracanes disminuye aún más las probabilidades de que alguno arribe las costas de Chile, Perú o Ecuador. Mucho más probable, es que se originen más al Norte y se desplacen hacia Asia afectando a Japón, Hong Kong, Filipinas, etc.

2.1.6 Daños que ocasionan los Ciclones Tropicales:

El ciclón tropical constituye uno de los fenómenos más destructivos de los desastres naturales. Los factores meteorológicos más importantes que producen daño son:

La fuerza de los vientos del huracán proyecta o derriba objetos, imprime movimiento a las aguas de los océanos, así como ejerce fuertes presiones sobre superficies y es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad del viento.

La marea de tormenta es una elevación temporal del nivel del mar cerca de la costa, que se forma por el paso del área central del huracán, la cual es debida a los fuertes vientos que soplan hacia la tierra y a la diferencia de presión atmosférica entre el ojo del huracán y los alrededores. Esta marea puede alcanzar una altura mayor de 6 metros. Asimismo, una pendiente suave del fondo marino puede propiciar la acumulación de agua por el viento y por tanto una marea de tempestad más alta.

Las precipitaciones intensas que acompañan a un ciclón tropical pueden causar deslaves y provocar inundaciones.

La población de las costas del mundo y el valor de la infraestructura litoral han crecido a un ritmo mucho mayor que la población mundial; por lo tanto es inevitable que aumenten con el tiempo los efectos relativos de los ciclones tropicales sobre la humanidad.

2.1.7 La presencia de huracanes en las costas de México.

Para la estimación sintética de los campos de presión, viento y oleaje en aguas profundas e intermedias, se utilizó una base de datos (1949-2005) que cubre los ciclones tropicales que se han generado en el norte del océano Atlántico y en la vertiente del Pacífico. Usando los reportes meteorológicos publicados por la NOAA (<http://www.nhc.noaa.gov>), se elaboró una base de datos que contiene reportes cada 6 horas para cada uno de los ciclones tropicales que incluye; fecha (hora, día, mes, año), posición geográfica del centro del huracán (latitud, longitud), presión atmosférica superficial en mb, máximo viento sostenido (promedios realizados en un minuto) a diez metros sobre la superficie media del mar, velocidad de desplazamiento en km.h^{-1} , dirección de traslación y radio ciclostrofico.

En virtud que hasta 1979 algunos de los reportes provistos por el sitio web de la NOAA omiten el dato de la presión central y que la información sobre el radio ciclostrofico propiamente nunca es reportado, se utilizo la metodología presentada en el capítulo 2 para estandarizar los datos. El Atlántico Figura 2-2 y Pacifico, Figura 2-3.

Una vez establecida la base de datos y seleccionados los huracanes de interés, se utilizó el modelo HURAC, Anexo 3, y se calcularon para cada evento los campos de presión, velocidad de viento sostenidos en un intervalo de 8 minutos, altura de ola y persistencia en una celda de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, con centro de gravedad en 19.75° latitud norte y 269.25° longitud.

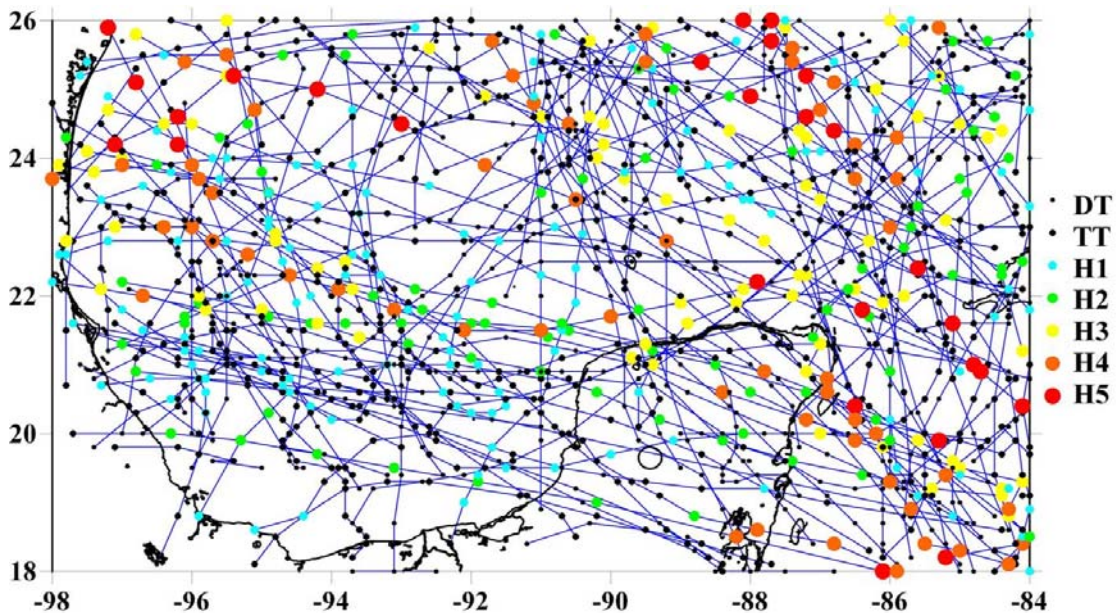


Figura 2-2 Ciclones tropicales que han afectado la vertiente atlántica mexicana (1949-2005). DT = Depresión Tropical, TT = tormenta Tropical, H1 = Huracán clase 1, H2 = Huracán clase 2, H3 = Huracán clase 3, H4 = Huracán clase 4 y H5 = Huracán clase 5.

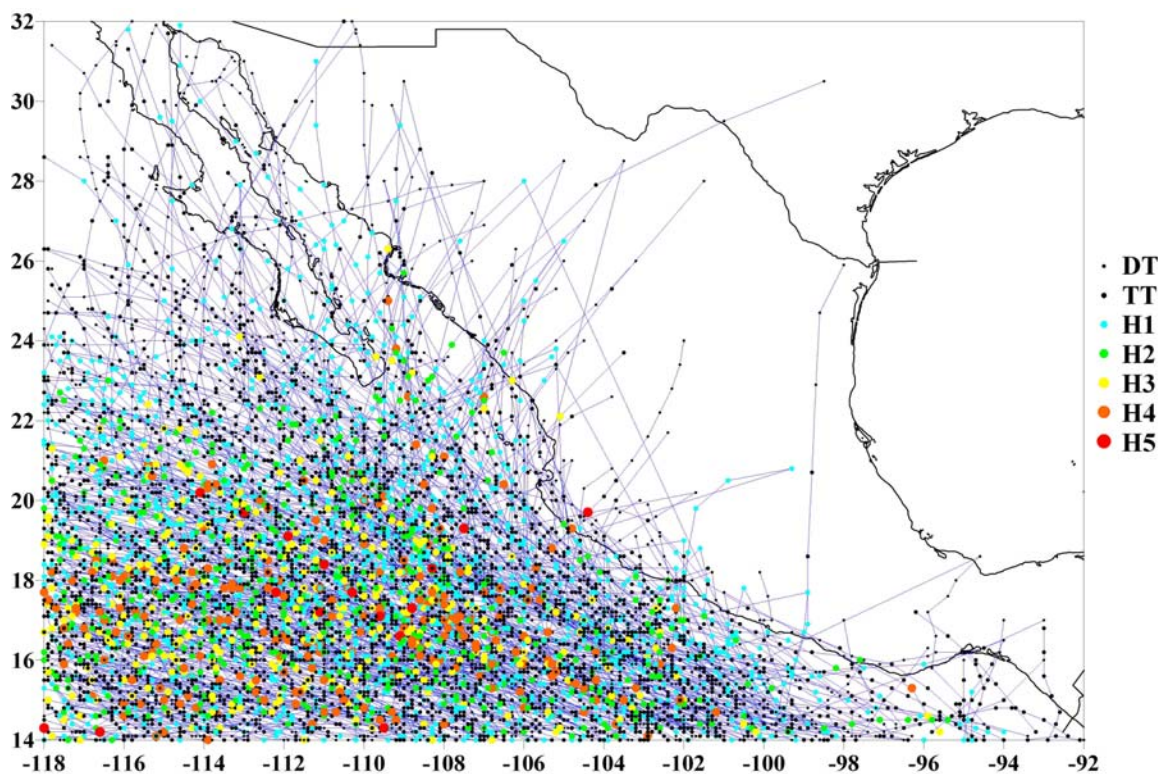


Figura 2-3 Ciclones tropicales que han afectado la vertiente pacifica mexicana (1949-2005). DT = Depresión Tropical, TT = tormenta Tropical, H1 = Huracán clase 1, H2 = Huracán clase 2, H3 = Huracán clase 3, H4 = Huracán clase 4 y H5 = Huracán clase 5.

CAPÍTULO III

3 MODELO PARAMÉTRICO DE PREDICCIÓN DE OLAJE Y VIENTO ASOCIADO A CICLONES TROPICALES – HURAC

3.1 Introducción

Los primeros modelos espectrales de oleaje de tipo numérico, desarrollados a principios de la década de los sesentas del siglo pasado, sólo tomaban en cuenta el crecimiento de la energía del oleaje y su disipación. Con el tiempo a estos modelos se les denominó como modelos de oleaje de primera generación. De los resultados obtenidos con este tipo de modelos llegó a ser claro que las interacciones entre el oleaje de diferente frecuencia era importante para determinar la distribución de la energía del oleaje en un espectro. Esas interacciones no lineales son muy difíciles y laboriosas de calcular explícitamente, entonces se realizó un gran esfuerzo por desarrollar modelos de tipo paramétrico que tomaran en cuenta dicho efecto. Los modelos de oleaje que utilizan una parametrización de la interacción de los efectos no lineales son conocidos como modelos de segunda generación.

3.2 Modelo de predicción de oleaje con viento ciclostrófico

El modelo paramétrico de ciclones que aquí se describe en este capítulo fue desarrollado por Silva et al. (2002). Este modelo a su vez está basado en los trabajos de Sánchez et al. (1998) y Silva et al. (2000) y son una adecuación de los modelos Hydromet-Rankin Vortex de Holland (1980) y Bretchsneider (1990). El modelo está compuesto por los submodelos de presión, viento y oleaje.

3.2.1 Modelo de presión atmosférica

El modelo de viento está representado por la siguiente relación:

$$P_r = P_0 + (P_N - P_0)e^{-R/r} \quad (0.1)$$

donde P_0 es la presión en el centro del huracán, P_r es la presión a una distancia radial r , P_N es la presión normal y R es el radio de máximos vientos ciclostróficos. La presión está dada en milibares y la distancia en km.

3.2.2 Modelo de vientos

El máximo gradiente de vientos U_R (en km h^{-1}), para un ciclón estacionario puede ser evaluado a través de la siguiente relación,

$$U_R = 21.8\sqrt{P_N - P_0} - 0.5fR \quad (0.2)$$

donde f es parámetro de la fuerza de Coriolis, $f = 2\omega \sin \phi$, ω es la velocidad angular de la Tierra, $\omega \approx 0.2618 \text{ rad/h}$, y ϕ es la latitud.

La velocidad del viento evaluada a 10 metros sobre el nivel del mar, en km.h^{-1} , para un ciclón en movimiento y para una distancia r medida desde el centro del ciclón, está dada por

$$W = 0.886(F_v U_R + 0.5V_F \cos(\theta + \beta)) \quad (0.3)$$

donde $(\theta + \beta)$ representa el ángulo total entre la velocidad de traslación, V_F (en km.h^{-1}), y la velocidad del viento U_r (en km.h^{-1}), a una distancia radial, r , desde el centro del huracán y es positiva en el lado derecho y negativa en el lado izquierdo. F_v es un factor de amortiguamiento que se evalúa como la relación de la velocidad del viento en r , U_r (en km.h^{-1}), y U_R .

El factor F_v es aproximado a través de un polinomio de cuarto orden,

$$y = aX + bX^2 + cX^3 + dX^4 \quad (0.4)$$

donde $y = \log_{10}(F_v) = \log_{10}(U_r / U_R)$, y $X = \log_{10}(r / R)$. Los coeficientes a , b , c y d están dados en la Tabla 3-1 para diferentes rangos de número de Coriolis ciclostrofico ($N_c = fR / U_R$).

Tabla 3-1 Parámetros utilizados en la ecuación (0.4)

	$X \leq 0$	$X > 0$	
		$N_c \leq 0.005$	$N_c > 0.005$
$a =$	-0.233	$0.033 - 16.1N_c + 161.9N_c^2$	$-0.175 - 0.76N_c + 11.7N_c^2 - 28.1N_c^3 + 17N_c^4$
$b =$	-12.91	$-0.43 + 38.9N_c - 316N_c^2$	$0.235 + 2.71N_c - 67.6N_c^2 + 189N_c^3 - 155N_c^4$
$c =$	-19.38	$0.113 - 28.6N_c + 71.1N_c^2$	$-0.468 - 9N_c + 87.8N_c^2 - 224N_c^3 + 183N_c^4$
$d =$	-8.311	$1.818N_c + 80.6N_c^2$	$0.082 + 3.33N_c - 26N_c^2 + 63.8N_c^3 - 51.4N_c^4$

3.2.3 Evaluación de la altura de ola

Para evaluar la altura de ola significativa H_s , para un ciclón no estacionario se aplica la siguiente ecuación

$$H_s = 0.2887F_H \left(1 - \frac{6.69N_c}{1 + 10.3N_c - 3.25N_c^2} \right) \sqrt{R(P_N - P_0)} \left(1 + \frac{V_F \cos(\theta + \beta)}{2U_R F_V} \right)^2 \quad (0.5)$$

donde F_H puede ser aproximado de manera similar a F_v , a través de la siguiente relación

$$y_1 = aX + bX^2 + cX^3 \quad (0.6)$$

donde $y_1 = \log_{10}(F_H) = \log_{10}(H_r / H_R)$ y $X = \log_{10}(r / R) \geq 0$. Los parámetros a , b y c están dados en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2 Parámetros utilizados en la ecuación (0.6)

	$N_c \leq 0.06$	$N_c > 0.06$
$a =$	$-0.0322 - 6.703N_c - 43.472N_c^2$	$-0.0031 - 11.49N_c + 29.71N_c^2 - 17.22N_c^3$
$b =$	$-0.29 + 3.806N_c + 15.58N_c^2$	$-0.312 + 6.974N_c - 32.79N_c^2 + 28.01N_c^3$
$c =$	$0.147 - 1.41N_c - 7.778N_c^2$	$0.1542 - 2.494N_c + 8.75N_c^2 - 8.95N_c^3$

El periodo de ola asociado a la altura de ola significativa puede ser estimado a través de la siguiente ecuación,

$$T_s = 12.1 \sqrt{H_s / g} \quad (0.7)$$

3.2.4 Relaciones complementarias

Los modelos paramétricos de presión, viento y oleaje que se reportan en la literatura dependen de la información siguiente: posición del centro del huracán, presión central, valor de presión de la última isobara cerrada y del radio ciclotrónico, conocido también como radio de máximo gradiente.

Hasta 1979 en algunos reportes meteorológicos se omite la presión central. Para resolver esta deficiencia, Silva et al. (Silva) propone dos curvas para estimar este valor en función de la velocidad superficial máxima del viento, una para el Océano Atlántico y la otra para el Océano Pacífico, que son respectivamente,

$$P_0 = 1019.08 - 0.182V_v - 0.0007175V_v^2 \quad (0.8)$$

$$P_0 = 1017.45 - 0.1437V_v - 0.00088V_v^2 \quad (0.9)$$

donde P_0 es la presión central del huracán en milibares (mb) y V_v es la velocidad máxima del viento promedio en un minuto en (km.h^{-1}). Esta es la velocidad que normalmente se reporta en los boletines meteorológicos.

Actualmente todos los parámetros pueden ser encontrados en muchos boletines climatológicos, a excepción del radio ciclostrófico que propiamente nunca se reporta. Después de analizar el comportamiento de 26 huracanes, Silva et al. (Silva) proponen la siguiente relación

$$R = 0.4785P_0 - 413.01 \quad (0.10)$$

donde el radio ciclostrófico R , está dado en km.

Es importante hacer notar que las relaciones anteriores sólo son válidas para presiones centrales superiores a 888 milibares.

3.3 Validación del modelo

Para validar los modelos paramétricos desarrollados anteriormente y determinar el grado de precisión para condiciones prevalecientes en el Caribe y el Golfo de México se utilizaron los datos medidos por boyas oceanográficas de la NOAA. En la Figura 3-1 se muestra la ubicación de las boyas, así como su número de identificación. De todos los huracanes que han pasado por la zona de interés, solo 29 se pudieron utilizar para el proceso de comprobación y calibración de los modelos, ya que el resto pasó muy lejos de la boya o la boya no estaba registrando en ese momento.

En la Figura 3-3, Figura 3-4 y Figura 3-5 se presentan una serie de comparaciones entre la presión mínima local, velocidad de viento sostenido por ocho minutos y la altura de ola significativa registradas por las boyas y la estimada por el modelo HURAC, respectivamente, en el Golfo de México.

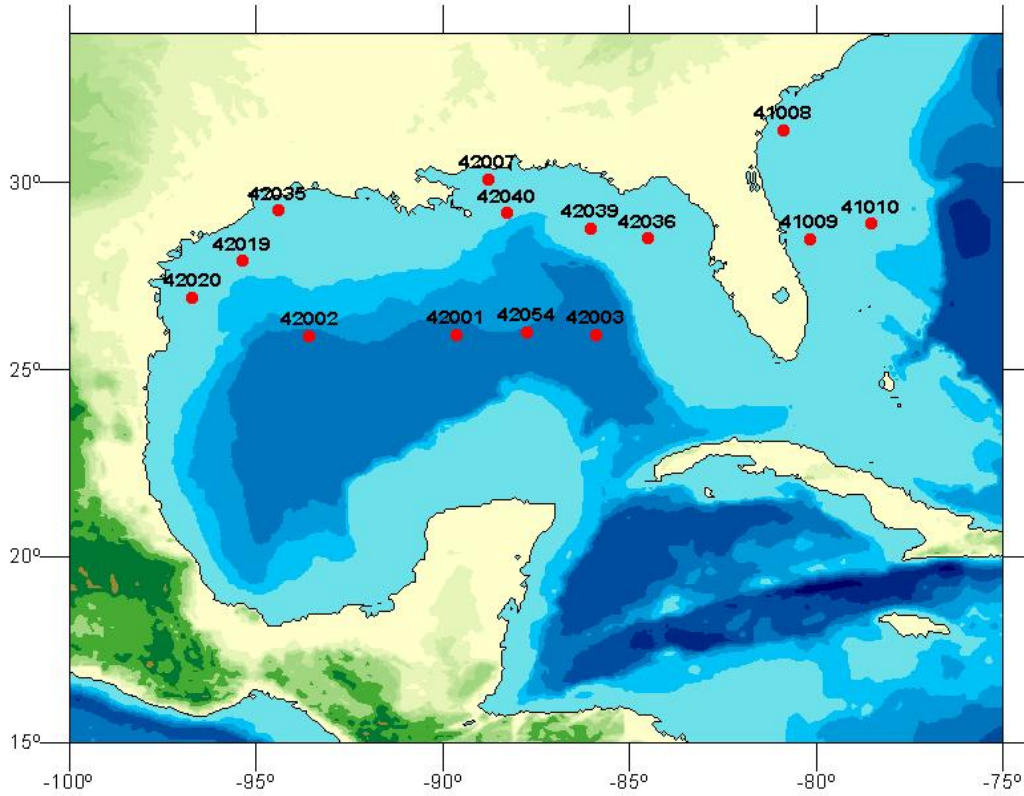


Figura 3-1 Ubicación de las boyas utilizadas para la validación

En la Figura 3-2 se presentan como ejemplo la comparación de resultados entre los datos medidos y los calculados para el huracán Irene (boya 41009), donde la línea oscura representa los datos medidos, mientras que la línea roja discontinua representa los datos calculados con el modelo Hurac.

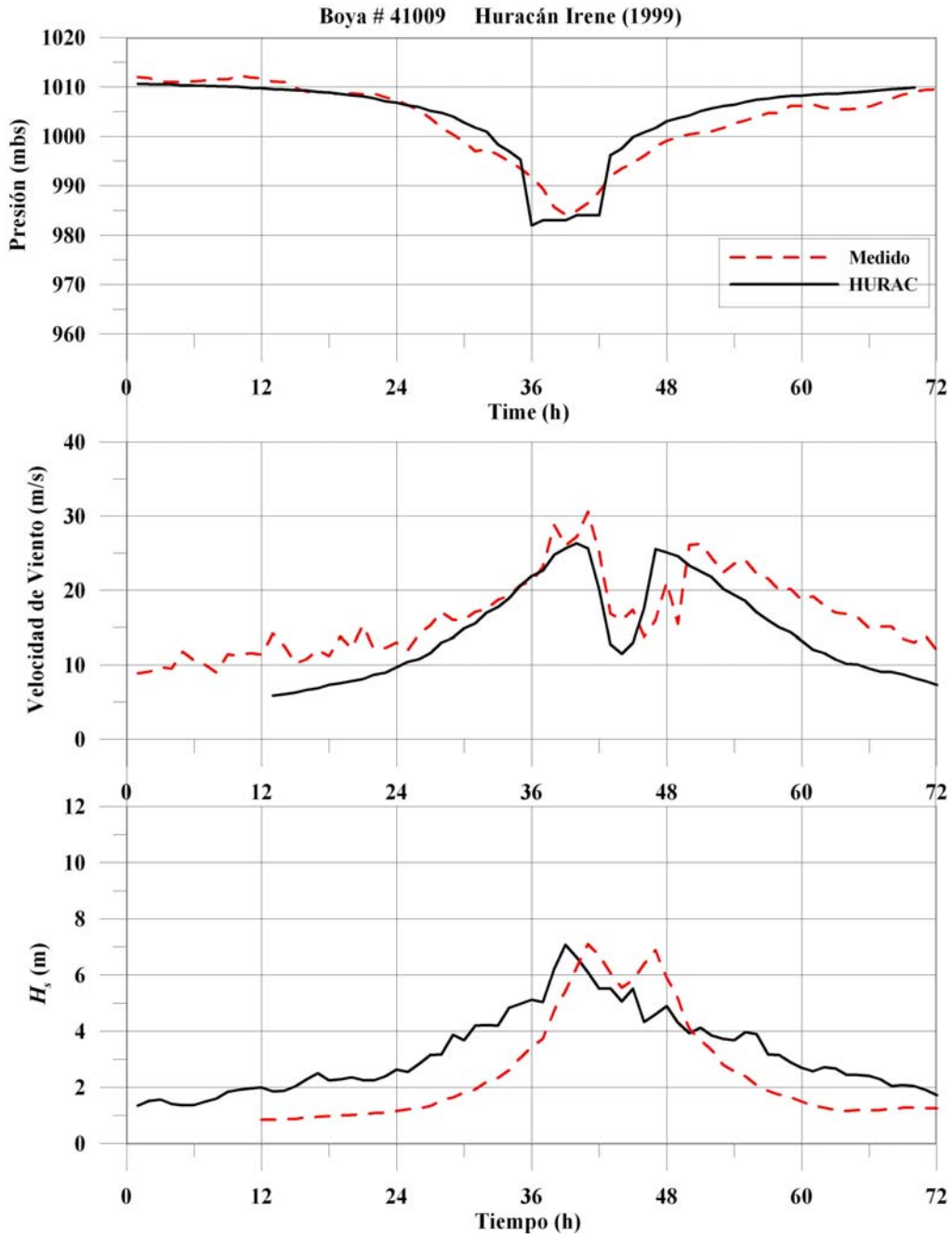


Figura 3-2 Evolución temporal de la presión atmosférica, velocidad de viento y alturas de ola medidas y calculadas para el huracán Irene (1999).

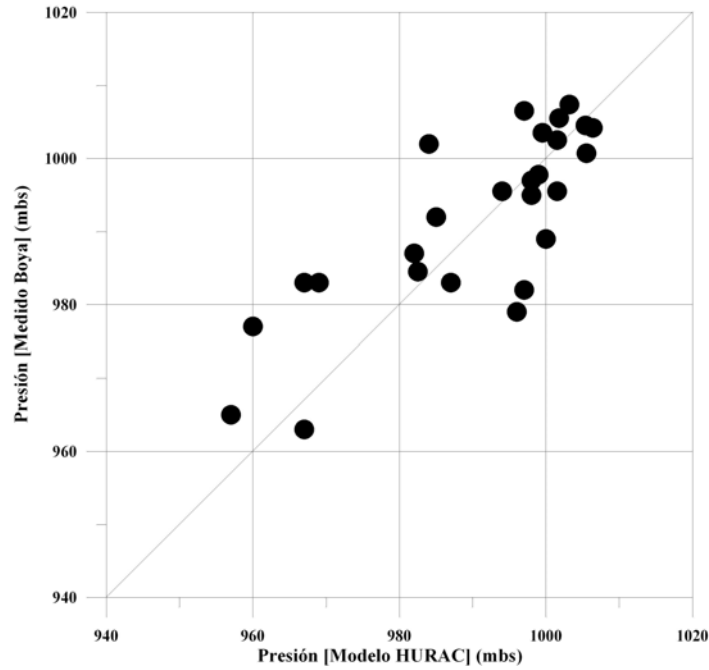


Figura 3-3 Comparación entre presión mínima local medida por boyas y la estimada por el modelo HURAC

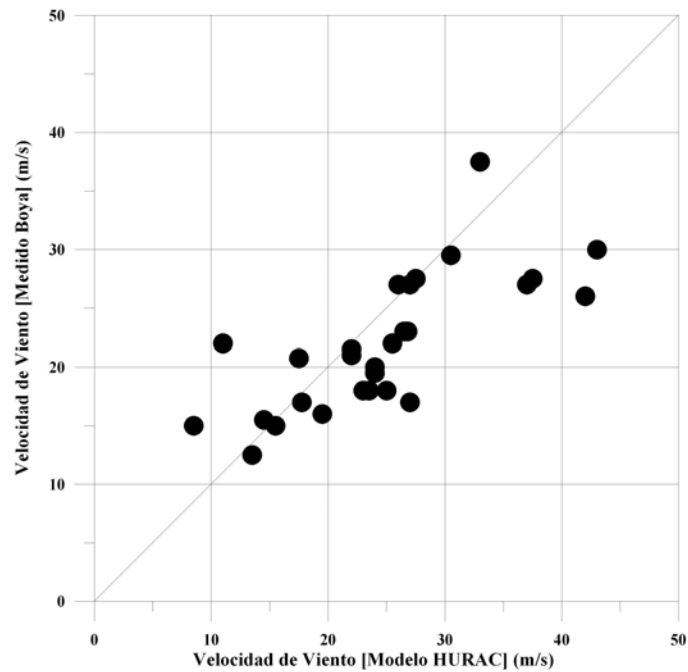


Figura 3-4 Comparación entre velocidad de viento local sostenido por ocho minutos medido por boyas y el estimado por el modelo HURAC

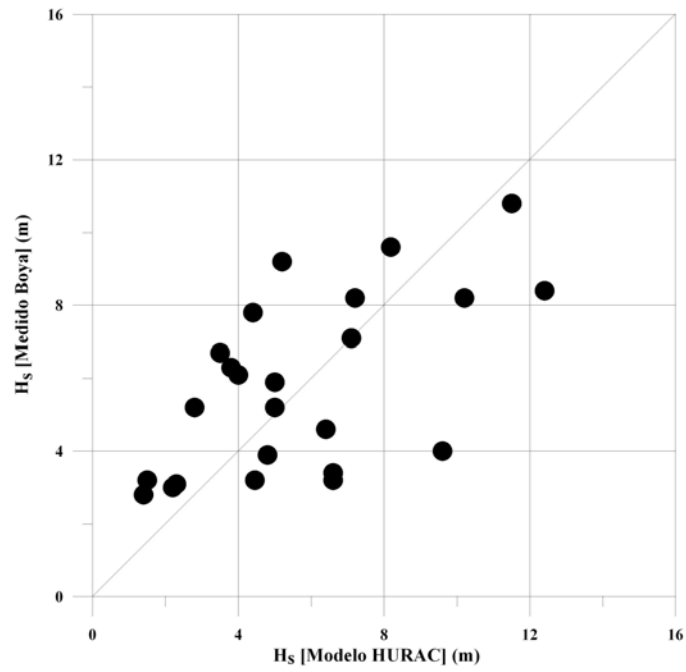


Figura 3-5 Comparación entre altura de ola significativa local medida por boyas y la estimada por el modelo HURAC

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS A LARGO PLAZO

En ingeniería marítima, la diferencia más clara e importante del diseño probabilístico comparada con el diseño convencional (determinista) es que en el diseño probabilista se toma en cuenta de manera explícita la incertidumbre involucrada en las características de la estructura o medio en consideración. Durante las últimas décadas el progreso realizado en el diseño probabilista es considerable. Por otro lado, el éxito que se puede tener cuando se diseñan estructuras depende esencialmente de la adecuada selección de las condiciones ambientales a las que puede verse sometida dicha estructura. El modelado o idealización del problema debe ser lo suficientemente simple, con una lógica irrefutable, que admita una solución matemática y al mismo tiempo, que reproduzca suficientemente bien el problema actual. El objetivo en el diseño de algún elemento es garantizar que dicho elemento no llegue a los estados límites de falla a lo largo de su vida útil. Para ser más específicos, el elemento debe satisfacer en todo momento la siguiente desigualdad:

$$C_{actuales} \leq C_{real} \quad (0.11)$$

donde $C_{actuales}$ representa a las condiciones actuales de operación (cargas, demandas, etc.) y C_{real} representa la capacidad real del elemento para ese mismo tiempo.

Ambas componentes son variables aleatorias, cuyas funciones de distribución pueden ser establecidas únicamente por un análisis sistemático de la historia disponible y de las condiciones a las cuales han estado sometidos elementos similares. Afortunadamente no existe dependencia estadística de dichas variables aleatorias y sus funciones de distribución pueden ser examinadas por separado. La naturaleza aleatoria de los parámetros fundamentales de diseño se toma en cuenta a través del llamado factor o coeficiente de seguridad, el cual resume, de una forma simple, el carácter aleatorio de dichos parámetros. Consecuentemente las capacidades se ven disminuidas y las condiciones de operación se ven aumentadas, esto significa que bajo las técnicas clásicas de diseño la ecuación (0.11) se ve reemplazada por:

$$C_{op} FS_o \leq \frac{C_{ap}}{FS_c} \quad (0.12)$$

donde C_{op} representa las condiciones de operación, FS_o representa el factor de seguridad asociado a las condiciones de operación, C_{ap} las capacidades del elemento y FS_c es el factor de seguridad asociado a las capacidades del elemento.

Dado que la seguridad proporcionada con los factores de seguridad es tan simple que normalmente no es insuficiente, particularmente para aquellos problemas cuya solución es sólo posible mediante el empleo de teorías probabilísticas y de métodos estadísticos. Para lograr un diseño adecuado, a lo largo de la vida útil del elemento se debe satisfacer que la

condición descrita por la ecuación (0.11) se cumpla, ya que es posible que ciertas condiciones de operación y capacidad ocurran en un determinado tiempo, por lo tanto la condición a estudiar será:

$$\text{Max}(C_{op} - C_{ap}) \leq 0 \quad (0.13)$$

o

$$\text{Max}(C_{op}) < \text{Min}(C_{ap}) \quad (0.14)$$

Las variables $\text{Max}(C_{op}-C_{ap})$, $\text{Max}(C_{op})$ y $\text{Min}(C_{ap})$ también son de tipo aleatorio.

Es conveniente resaltar que cuando se seleccionan las variables ambientales de diseño normalmente no se está interesado en la función de distribución de las variables aleatorias, sino en la distribución de los valores extremos de dichas variables. Además de que estos valores son los únicos que afectan directamente la falla de cualquier sistema dado.

4.1 Excedencias

En muchas situaciones, se está interesado en los eventos asociados con las excedencias de ciertos valores de la variable en estudio. Por ejemplo, si una ola destruye un rompeolas, no importa si mide 10 o 20m, ya que los daños causados no están en función de su magnitud sino del hecho en se excede el estado límite de falla. Generalmente se conocen cuáles son los valores críticos de una altura de ola y su único interés es conocer la frecuencia con la que ocurren las excedencias de dichos límites. Al concepto de excedencia va siempre asociado el de umbral, ya que la primera nunca se presentará si el valor de la variable en estudio no rebasa el umbral definido, es decir un límite de falla.

Un problema práctico importante es el siguiente: Supóngase que se han realizado n observaciones independientes y que se está interesado en determinar la probabilidad de que, en las próximas N observaciones, se produzcan r excedencias de la observación que ocupa el lugar m -ésimo más grande de las n observaciones pasadas. Se puede demostrar que el número de estas excedencias, r , es una variable aleatoria con media:

$$\bar{r}(n, m, N) = \int_0^1 N p_m f(p_m) dp_m = N \mu U_{m:n} = \frac{Nm}{n+1} \quad (0.15)$$

y varianza

$$\sigma^2(n, m, N) = \frac{Nm(n-m+1)(N+n+1)}{(n+1)^2(n+2)} \quad (0.16)$$

La varianza toma el valor mínimo cuando $m = (n+1)/2$. Sin embargo, el coeficiente de variación decrece con m , tal como cabe de esperar. Las expresiones (0.15) y (0.16)

permiten elegir el valor de diseño cuando hay suficientes años de observación, pero es inútil cuando la información es escasa.

4.2 Períodos de Retorno

Supóngase ahora que un determinado suceso (fallo de una estructura, excedencia de una altura de ola, etc.) es tal que su probabilidad de ocurrencia en un período de tiempo (normalmente un año) es p y que las ocurrencias de dicho suceso en períodos diferentes no superpuestos son independientes. Entonces, al paso del tiempo se tiene una sucesión de experimentos Bernoulli idénticos (solo dos resultados: ocurrencia o no ocurrencia del suceso). Por ello, el tiempo que transcurre hasta la primera ocurrencia es una variable geométrica $Ge(p)$, con media $1/p$. Esto motiva la siguiente definición, Castillo (1987): Sea A un suceso y T el tiempo aleatorio que transcurre entre ocurrencias sucesivas de ese evento. Al valor medio, τ , de la variable T se llama período de retorno A , es decir que es el tiempo medio que tarda en retornar ese suceso. Nótese que una obra falla si y sólo si sucede el suceso A , entonces su vida media coincide con el período de retorno A .

La importancia del período de retorno en ingeniería estriba en que muchos criterios de diseño están basados en este concepto, es decir, se debe diseñar una obra para resistir una media de N años (normalmente 50, 100 ó 500 años)

Si $F(x)$ es una función de distribución del máximo anual de una variable aleatoria X , el período de retorno del suceso ($X > x$) es $1/(1-F(x))$ años. Similarmente, si $F(x)$ es la función de distribución del mínimo anual de una variable aleatoria, X , el periodo de retorno del suceso ($X < x$) es $1/F(x)$ años. Además, la probabilidad de ocurrencia del suceso antes del periodo de retorno es

$$F(\tau) = 1 - (1 - p)^\tau = 1 - (1 - p)^{1/p} \quad (0.17)$$

que para $\tau \rightarrow \infty$ ($p \rightarrow 0$) tiende al valor 0.63212.

4.3 Valores Característicos

Si el suceso A consiste en las excedencias del nivel x de la variable X , se puede escribir $A(x)$ en vez de A , y entonces p se transforma en $p(x) = 1 - F(x)$ y

$$\tau(x) = \frac{1}{1 - F(x)} \quad (0.18)$$

En este caso, el valor esperado del número de sucesos $A(x)$ en n periodos es (media de la variable bimodal)

$$n[1 - F(x)] \quad (0.19)$$

Un interés especial tiene el nivel x que conduce a una media de valor unitario. Este valor es el llamado valor característico de ese periodo, que se define de la siguiente forma: Se dice que un valor u_n es el valor característico para máximos de un periodo de duración n si el valor medio del número de excedencias de ese valor en dicho periodo es unitario. Nótese que este valor verifica la ecuación

$$n[1 - F(u_n)] = 1 \Rightarrow F(u_n) = 1 - \frac{1}{n} \quad (0.20)$$

De forma similar se define el valor característico para mínimos, v_n :

$$n[1 - F(v_n)] = 1 \Rightarrow F(v_n) = \frac{1}{n} \quad (0.21)$$

La probabilidad de que sea excedido el valor característico en su periodo asociado es

$$1 - F^n(u_n) = 1 - \left(1 - \frac{1}{n}\right)^n \quad (0.22)$$

que para valores grandes de n converge a $1 - \exp(-1) = 0.6321$.

4.3.1 Estadísticos de orden

Las distribuciones de valores extremos no pueden ser totalmente entendidas si no se establece una completa comprensión del concepto “estadístico de orden”, ya que este concepto es la base sobre la cual se sustenta la teoría de dichas funciones.

Para entender el concepto de estadístico de orden, considérese una muestra procedente de una población (X_1, X_2, \dots, X_n) . Si los valores de la secuencia X_1, X_2, \dots, X_n se ordenan de forma creciente de magnitud, $X_{1:n} \leq X_{2:n} \leq \dots \leq X_{n:n}$, entonces el miembro r -ésimo de esta nueva secuencia se denomina estadístico de orden r de la muestra dada. Nótese que el tamaño de la muestra, n , se incluye en la notación $X_{r:n}$, y que cualquier estadístico de orden debe tener asociado un tamaño de muestra.

El estadístico de orden proporciona, como su nombre lo indica, un orden a la muestra, el cual para casos de valores extremos debe ser ascendente; donde el último valor es el máximo y el primero el mínimo. Estos valores quedan expresados respectivamente como: el máximo $X_{n:n} = \text{Max}(X_1, X_2, \dots, X_n)$ y el mínimo $X_{1:n} = \text{Min}(X_1, X_2, \dots, X_n)$ que son los que pertenecen a los extremos y juegan un papel preponderante en las aplicaciones.

4.4 Métodos utilizados en el diseño de obras marítimas

Como se mencionó, el diseño de estructuras marítimas está gobernado por los valores extremos. En el pasado se han utilizado muchos métodos para determinar las condiciones de diseño, sin embargo, no existe un método universal que sea aceptado por todos. Algunos de estos métodos son los siguientes:

- El método basado en los máximos de las series anuales, que utiliza los valores máximos de cada año.
- *El método basado en los picos*, que utiliza los picos de los temporales.
- *El método basado en las series completas*, que emplea todos los valores registrados durante el período de observación,
- *El método basado en las excedencias*, que emplea todos los valores que excedan un cierto umbral.

4.5 Distribuciones asintóticas del máximo y el mínimo

Desde un punto de vista práctico, los puntos límite de una función de distribución acumulativa son los valores mínimos y máximos que están asociados a la variable aleatoria en estudio. Si la variable aleatoria no está delimitada en alguna o ambas de sus colas éstas se transforman en $-\infty$ y $+\infty$, respectivamente.

La función de distribución del máximo, Z_n , y del mínimo, W_n , de una muestra de tamaño n procedente de una población con función de distribución $F(x)$ son:

$$H_n(x) = P[Z_n \leq x] = F^n(x) \quad (0.23)$$

y

$$L_n(x) = P[W_n \leq x] = 1 - [1 - F(x)]^n \quad (0.24)$$

La estructura de estas dos funciones muestra que los percentiles de máximos y mínimos se mueven hacia la derecha y hacia la izquierda, respectivamente, si se incrementa n . Aproximando los límites superior e inferior a infinito se tiene:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} H_n(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} F^n(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } F(x) = 1 \\ 0 & \text{si } F(x) < 1 \end{cases} \quad (0.25)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} L_n(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} 1 - [1 - F(x)]^n = \begin{cases} 0 & \text{si } F(x) = 0 \\ 1 & \text{si } F(x) \leq 1 \end{cases} \quad (0.26)$$

Esto significa que las distribuciones límite toman exclusivamente valores de 0 y 1; son degeneradas. Con objeto de evitar la degeneración se buscan transformaciones lineales $Y = a_n + b_n x$ donde a_n y b_n son constantes que dependen de n , y tales que las distribuciones límite no degeneren

$$\lim_{n \rightarrow \infty} H_n(a_n + b_n x) = \lim_{n \rightarrow \infty} F_n(a_n + b_n x) = H(x) \quad ; \quad \forall x \quad (0.27)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} L_n(c_n + d_n x) = \lim_{n \rightarrow \infty} 1 - [1 - F_n(c_n + d_n x)]^n = L(x) \quad ; \quad \forall x \quad (0.28)$$

4.6 Dominios de atracción

Se dice que una distribución $F(x)$, pertenece al dominio de atracción para máximos de una distribución dada $H(x)$, cuando satisface la ecuación (0.27) para algunas sucesiones a_n y $b_n > 0$. De la misma forma cuando $F(x)$ satisface la ecuación (0.28) se dice que pertenece al dominio de atracción para mínimos de $L(x)$. El problema de las distribuciones asintóticas de extremos puede plantearse así:

- Encontrar condiciones bajo las cuales se verifican (0.27) y (0.28)
- Dar reglas para construir las sucesiones a_n , b_n , c_n y d_n
- Encontrar que distribuciones pueden ocurrir como $H(x)$ y $L(x)$.

Los únicos tres tipos de distribuciones para máximos y mínimos no degeneradas, $H(x)$ y $L(x)$, que satisfacen (0.27) y (0.28), respectivamente, son Frechet, Weibull y Gumbel.

Frechet

$$H(x; \lambda, \delta, \beta) = \exp \left[- \left(\frac{\delta}{x - \lambda} \right)^\beta \right] \quad ; \quad x \geq \lambda \quad (0.29)$$

$$L(x; \lambda, \delta, \beta) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{\delta}{\lambda - x} \right)^\beta \right] \quad ; \quad x \leq \lambda \quad (0.30)$$

Weibull

$$H(x; \lambda, \delta, \beta) = \exp \left[- \left(\frac{\lambda - x}{\delta} \right)^\beta \right] \quad ; \quad x \leq \lambda \quad (0.31)$$

$$L(x; \lambda, \delta, \beta) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right)^\beta \right] \quad ; \quad x \geq \lambda \quad (0.32)$$

Gumbel

$$H(x; \lambda, \delta) = \exp\left[-\exp\left(\frac{\lambda - x}{\delta}\right)\right] \quad ; \quad -\infty < x < \infty; \delta > 0 \quad (0.33)$$

$$L(x; \lambda, \delta) = 1 - \exp\left[-\exp\left(\frac{\lambda - x}{\delta}\right)\right] \quad ; \quad -\infty < x < \infty; \delta > 0 \quad (0.34)$$

Las tres distribuciones límites (0.29), (0.31) y (0.33) (5.28) a (5.30) pueden incluirse simultáneamente en la siguiente expresión analítica:

$$H_c(x; \lambda, \delta) = \exp\left\{-\left[1 + c\left(\frac{x - \lambda}{\delta}\right)\right]^{-1/c}\right\} \quad ; \quad 1 + c\left(\frac{x - \lambda}{\delta}\right) \geq 0 \quad (0.35)$$

que se denomina forma de Von Mises.

Para $c > 0$, $c < 0$ o $c = 0$ se obtienen las familias de Frechet, Weibull y Gumbel, respectivamente. Nótese que para $c = 0$, la ecuación (0.35) debe interpretarse en un sentido límite, es decir para $c = 0$ resulta

$$H_0(x; \lambda, \delta) = \exp\left[-\exp\left(\frac{-(x - \lambda)}{\delta}\right)\right] \quad ; \quad -\infty < x < \infty \quad (0.36)$$

Similarmente, las tres distribuciones límites (0.30), (0.32) y (0.34) pueden ser incluidas en la forma de Von-Mises

$$L_c(x; \lambda, \delta) = 1 - \exp\left\{-\left[1 + c\left(\frac{\lambda - x}{\delta}\right)\right]^{-1/c}\right\} \quad ; \quad 1 + c\left(\frac{x - \lambda}{\delta}\right) \geq 0 \quad (0.37)$$

donde para $c > 0$, $c < 0$ y $c = 0$ se obtienen las familias de Frechet, Weibull y Gumbel, respectivamente. Para $c = 0$ se tiene:

$$L_0(x; \lambda, \delta) = 1 - \exp\left[-\exp\left(\frac{(x - \lambda)}{\delta}\right)\right] \quad ; \quad -\infty < x < \infty \quad (0.38)$$

Castillo (Castillo, 1987), presenta de manera resumida los dominios de atracción para máximos y mínimos de las distribuciones más comunes, Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Dominios de atracción de las distribuciones más comunes

DISTRIBUCIÓN	DOMINIO DE ATRACCIÓN	
	MÁXIMOS	MÍNIMOS
Normal	Gumbel	Gumbel
Exponencial	Gumbel	Weibull
Log-normal	Gumbel	Gumbel
Gamma	Gumbel	Weibull
Gumbel _M	Gumbel	Gumbel
Gumbel _m	Gumbel	Gumbel
Rayleigh	Gumbel	Weibull
Uniforme	Weibull	Weibull
Weibull _M	Weibull	Gumbel
Weibull _m	Gumbel	Weibull
Cauchy	Frechet	Frechet
Pareto	Frechet	Weibull

4.7 PAPELES PROBABILÍSTICOS

La idea básica del papel probabilístico, asociado a una familia paramétrica de funciones de distribución, es modificar las escalas de la variable aleatoria X , y la probabilidad P , de tal manera que al representar gráficamente X contra cualquier función de distribución acumulativa $F(x)$, perteneciente a esa familia, tenga la apariencia de una línea recta. Esto implica que el dibujo de cualquier función de distribución acumulativa en este papel permite decidir si pertenece o no a esa familia y si la respuesta es afirmativa, estimar sus parámetros.

De tal forma que si $F(x; \theta)$ es una familia paramétrica de funciones de distribución acumulativa, donde θ es el vector parámetro, de la siguiente transformación se observa que,

$$\left. \begin{array}{l} \xi = g(x) \\ \eta = h(y) \end{array} \right\} \quad (0.39)$$

con la familia de curvas dada por la ecuación

$$F(x; \theta) \quad (0.40)$$

la cual al ser transformada por (0.39) se convierte en una familia de líneas rectas. En particular, si $F(x; \theta)$ se puede escribir como:

$$y = F(x; \theta) = h^{-1}(ag(x) + b) \leftrightarrow h(y) = ag(x) + b \quad (0.41)$$

donde $g(x)$ y $h(y)$ son funciones y $h(y)$ es invertible, entonces la transformación dada por (0.39) convierte $y = F(x; \theta)$ en una familia de líneas rectas.

$$\eta = a\xi + b \quad (0.42)$$

donde la variable η es la llamada variable reducida.

En la práctica no se dispone de la función de distribución empírica como una aproximación de ella. Ahora bien, debido al carácter aleatorio de las muestras, incluso en el caso de que la muestra proceda de una distribución de la familia asociada al papel probabilístico, su gráfica no será una línea recta sino una aproximación. Por tanto, en el papel probabilístico se representa la función de distribución empírica, que es una función que toma valores entre $0, 1/n, \dots, 1$. Cuando se les aplica la transformación de escala a los dos extremos, 0 y 1, se transforman en el caso de muchas familias en $-\infty$ y ∞ , respectivamente, por lo que se hace imposible dibujarlos.

Si se representa en papel de Gumbel para máximos la familia de Von-Mises, ecuación (0.35), se obtiene

$$\eta = -\ln \left\{ -\ln \left[\exp \left[-\left(1 + \frac{c(\xi - \lambda)}{\delta} \right)^{-\frac{1}{c}} \right] \right] \right\} = \frac{\ln \left(1 + \frac{c(\xi - \lambda)}{\delta} \right)}{c}; \quad \left(1 + \frac{c(\xi - \lambda)}{\delta} \right) \geq 0 \quad (0.43)$$

donde η y ξ son la ordenada y la abscisa.

Derivando con respecto a ξ dos veces se obtiene

$$\eta' = \frac{1}{\delta \left(1 + \frac{c(\xi - \lambda)}{\delta} \right)} \quad (0.44)$$

$$\eta'' = \frac{-c}{\delta^2 \left(1 + \frac{c(\xi - \lambda)}{\delta} \right)^2} \quad (0.45)$$

Nótese que cuando $c < 0$, η' tiende a infinito y a cero si $c > 0$. Este hecho es muy útil en la identificación de los dominios de atracción de Weibull y Frechet, pues muestran pendientes verticales y horizontales en la cola de interés, respectivamente. Nótese, también, que η'

puede tender a cero o infinito para distribuciones tipo Gumbel si $\delta \rightarrow 0$ ó $\delta \rightarrow \infty$, respectivamente. También se tiene

- $\eta'' > 0$ si y sólo si $c < 0$
- $\eta'' = 0$ si y sólo si $c = 0$
- $\eta'' < 0$ si y sólo si $c > 0$

Si se tratara de la cola izquierda, los símbolos “>” y “<” deben ser intercambiados. En consecuencia, el papel de Gumbel para máximos (mínimos) y en la cola de interés, las distribuciones de tipo Weibull aparecen como curvas cóncavas (convexas), las de tipo Frechet como convexas (cóncavas) y las de tipo Gumbel como rectas.

4.7.1 Técnicas de punteo en papeles probabilísticos

La importancia del problema de punteo fue señalada por Kimball (Kimball, 1960), al indicar que radicaba en el hecho de tener en mente el objetivo del papel probabilístico, el cual se encuentra generalmente incluido en alguno de los que se presentan a continuación:

- Probar si la muestra proviene o no de una familia de distribuciones dada.
- Para estimar los parámetros de la familia.
- Para extrapolar de manera gráfica hacia uno de los extremos.

Este último es el objetivo más utilizado en el caso de problemas de punteo de valores extremos. Se puede decir que la selección de la ecuación óptima para el punteo de datos depende del objetivo de la técnica con que se van a dibujar los mismos y del tipo de papel probabilístico que será utilizado. Por otro lado, es interesante hacer notar que los papeles probabilísticos fueron pensados para un ajuste visual de los valores dados por la función de distribución acumulada, a una línea recta; por lo que se puede asumir que un “ajuste a ojo” de la ecuación de punteo a estos datos es un método adecuado para la selección de la fórmula de punteo a emplear. En Tabla 4-2 se presentan las ecuaciones más comunes para el punteo de valores en papeles probabilísticas.

Tabla 4-2 Diferentes formas de punteo

FORMULA DE PUNTEO	AUTOR
$x_{(i)}, \frac{i}{n+1}$	-
$x_{(i)}, \frac{i-3/8}{n+1/4}$	Blom (Blom, 1962)

$x_{(i)}, \frac{i-1/2}{n}$	Hazen (Hazen, 1930)
$x_{(i)}, \frac{i-0.44}{n+0.12}$	Gringorten (Gringorten, 1963)

4.7.2 Estimación de parámetros y dibujo en papel probabilístico de Gumbel

La curva de la función de distribución acumulativa de la familia de Gumbel para máximos está dada por

$$y = H(x; \lambda, \delta) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\lambda}{\delta}\right)\right] \quad (0.46)$$

Al tomar logaritmos dos veces de $1/y$ y en comparación con (0.39) y (0.41) se tiene

$$\begin{aligned} \xi &= g(x) = x \\ \eta &= h(y) = -\ln\left[\ln\left(\frac{1}{y}\right)\right] = -\ln[-\ln(y)] \end{aligned} \quad (0.47)$$

tal que,

$$\eta = a\xi + b = \frac{\xi - \lambda}{\delta} \quad (0.48)$$

donde,

$$a = \frac{1}{\delta} \quad \text{y} \quad b = -\frac{\lambda}{\delta} \quad (0.49)$$

La estimación de los parámetros λ y δ puede ser realizada notando que para $\eta = 0$ y $\eta = 1$, se tiene

$$0 = \xi - \lambda \rightarrow \xi = \lambda \quad (0.50)$$

$$1 = \frac{\xi - \lambda}{\delta} \rightarrow \xi = \lambda + \delta \quad (0.51)$$

Cuando se trabaja con toda la muestra completa, una posibilidad para la estimación de los parámetros de la distribución de Gumbel se puede realizar a partir de la media y la desviación estándar de la muestra, respectivamente:

$$\lambda = \bar{x} + 0.5772\delta \quad (0.52)$$

$$\delta = \frac{s_x \sqrt{6}}{\pi} \quad (0.53)$$

Sin embargo, en ocasiones cuando interesa sólo trabajar con parte de los datos, otra alternativa es encontrar los parámetros a y b a través de un ajuste por mínimos cuadrados, tal que:

$$a = \frac{N_{\text{Datos}} \sum_{k=1}^N x_k \eta_k - \sum_{k=1}^N x_k \sum_{k=1}^N \eta_k}{N_{\text{Datos}} \sum_{k=1}^N x_k^2 - \left(\sum_{k=1}^N x_k \right)^2} \quad (0.54)$$

$$b = \frac{-a \sum_{k=1}^N x_k + \sum_{k=1}^N \eta_k}{N_{\text{Datos}}} \quad (0.55)$$

donde N_{Datos} son el número de datos con el cual se ajustan los valores de a y b .

En las ecuaciones (0.54) y (0.55), los valores de x_k corresponden a la función discreta que se quiere ajustar y η_k es su probabilidad asociada calculada con cualquiera de las ecuaciones que aparecen en la Tabla 4-2. Para el caso de la distribución de Gumbel para mínimos se puede hacer la siguiente transformación:

$$L(x; \lambda, \delta) = 1 - \exp \left[-\exp \left(\frac{\lambda - x}{\delta} \right) \right] \quad (0.56)$$

$$\begin{aligned} \xi &= g(x) = x \\ \eta &= h(y) = \ln \left[-\ln(1 - y) \right] \end{aligned} \quad (0.57)$$

tal que,

$$\eta = a\xi + b = -\frac{\xi - \lambda}{\delta} \quad (0.58)$$

$$a = -\frac{1}{\delta} \quad \text{y} \quad b = \frac{\lambda}{\delta} \quad (0.59)$$

La estimación de los parámetros λ y δ puede ser realizada notando que para $\eta = 0$ y $\eta = 1$,

$$0 = \xi - \lambda \rightarrow \xi = \lambda \quad (0.60)$$

$$1 = \frac{\xi - \lambda}{\delta} \rightarrow \xi = \lambda + \delta \quad (0.61)$$

Por lo tanto, las ecuaciones (0.54) y (0.55) pueden también ser usadas para el caso de mínimos siempre y cuando se respete la transformación realizada.

4.7.3 Papel probabilístico de Weibull

Las curvas de distribución acumulativa de la familia de Weibull para máximos esta dada por:

$$y = F(x; \lambda, \beta, \delta) = \exp \left[- \left(\frac{\lambda - x}{\delta} \right)^\beta \right]; \quad -\infty < x \leq \lambda \quad (0.62)$$

Al aplicar logaritmos dos veces se obtiene:

$$-\log[-\log(y)] = -\beta \log \left(\frac{\lambda - x}{\delta} \right) = -\beta \log(\lambda - x) + \beta \log \delta \quad (0.63)$$

y al comparar con (0.39) y (0.41) se tiene:

$$\left. \begin{aligned} \xi = g(x) &= -\log(\lambda - x) \\ \eta = h(y) &= -\log[-\log(y)] \end{aligned} \right\} \quad (0.64)$$

y

$$\left. \begin{aligned} a &= \beta \\ b &= \beta \log \delta \end{aligned} \right\} \quad (0.65)$$

y la familia de líneas rectas se convierte en

$$\eta = a\xi + b = \beta(\xi + \log \delta) \quad (0.66)$$

Para determinar a y b , se pueden utilizar las siguientes ecuaciones, las cuales han sido deducidas por medio del uso de la técnica de mínimos cuadrados:

$$a = \frac{N_{\text{Datos}} \sum_{k=1}^N \xi_k \eta_k - \sum_{k=1}^N \xi_k \sum_{k=1}^N \eta_k}{N_{\text{Datos}} \sum_{k=1}^N \xi_k^2 - \left(\sum_{k=1}^N \xi_k \right)^2} \quad (0.67)$$

$$b = \frac{-a \sum_{k=1}^N \xi_k + \sum_{k=1}^N \eta_k}{N_{\text{Datos}}} \quad (0.68)$$

Se debe notar que la escala (η) coincide con la del papel probabilístico de Gumbel, sin embargo la gradación (ξ) se encuentra en este caso en escala logarítmica en lugar de

aritmética. Se puede observar que la distribución de Weibull depende de tres parámetros, uno más que la distribución de Gumbel, éste es el parámetro umbral λ , que es desconocido y el cual normalmente no se puede inferir a través de fenómenos físicos. Para la estimación de λ se recomienda representar gráficamente los datos con un parámetro umbral propuesto que satisfaga la condición dada por la (0.62) y observar el ajuste de la recta a los valores de probabilidad dados. Este procedimiento se repite iterativamente hasta que se esté conforme con el ajuste realizado por la recta descrita por la (0.66). Dicho punteo de datos debe ser realizado para distintos valores del parámetro umbral, hasta que la tendencia lineal que se busca sea obtenida para el rango de interés.

Con el valor del parámetro umbral propuesto se procede a la estimación de los parámetros restantes β y δ , se puede realizar notando que para $\eta=0$ y $\eta=1$, se tiene

$$0 = \beta(\xi + \log \delta) \rightarrow \xi = -\log \delta \quad (0.69)$$

$$1 = \beta(\xi + \log \delta) \rightarrow \xi = \frac{1}{\beta} - \log \delta \quad (0.70)$$

En el caso de la distribución de mínimos, simplemente se debe de realizar un cambio de signos, dado que la distribución está dada por,

$$y = L(x; \lambda, \delta, \beta) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{\lambda - x}{\delta} \right)^\beta \right] \quad ; \quad x \geq \lambda \quad (0.71)$$

tal que ahora,

$$\left. \begin{aligned} \xi &= g(x) = -\log(x - \lambda) \\ \eta &= h(y) = -\log[-\log(1 - y)] \end{aligned} \right\} \quad (0.72)$$

Para evaluar las distribuciones Frechet para máximos y mínimos se sigue un proceso análogo al presentado aquí para la distribución de Weibull.

4.8 Análisis de régimen medio

La funcionalidad de una obra o la caracterización de muchos procesos en la ingeniería oceanográfica suele definirse a partir del régimen medio de oleaje expresando, para un determinado umbral de altura de ola significativa (H_s), el número de horas medio al año en los que se supera dicha condición. La disponibilidad de series temporales de estados de mar hace posible el conocimiento de la distribución de las duraciones de una excedencia de un parámetro del estado de mar, lo que en ocasiones no es factible.

En este caso particular, se define a la duración (D) como el intervalo de tiempo que dura una excedencia de un valor determinado de un parámetro de estado de mar (por ejemplo H_s) en un sector direccional determinado (θ), Figura 4-1. El objetivo es obtener el espacio

muestral de la variable aleatoria bidimensional (H_s, D) para cada sector direccional θ , para poder ajustar un modelo matemático y obtener la distribución de la variable aleatoria, $f(H_s, D)$.

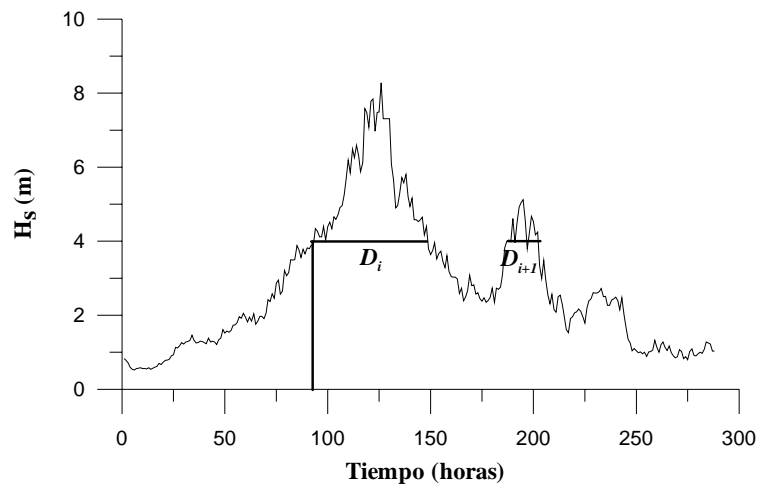


Figura 4-1 Ejemplo de la determinación de las duraciones en función de una intensidad dada.

Mayores detalles sobre la evaluación de parámetros pueden ser consultados en Silva (2005)

CAPÍTULO V

5 VERTIENTE ATLÁNTICA

La vertiente Atlántica mexicana se divide en los litorales del Golfo de México y del Mar Caribe. En general, dada la amplitud de la plataforma continental, se presentan playas arenosas y poco profundas, islotes, lagunas y bancos de arena, salvo en las serranías cercanas a la costa, como en la zona de los Tuxtlas al sur de Veracruz. En el golfo de México es raro encontrar afloraciones rocosas en cambio se forman barras en las desembocaduras de los ríos debido a la baja profundidad del fondo marino. Por esta razón no existen suficientes bahías profundas que permitan la presencia de puertos naturales.

El litoral del caribe comparte similitudes con el del Golfo, pero el caribeño esta constituido por el material calcáreo o calizo; existen también acantilados y formaciones de coral, y al norte de la península de Yucatán prolifera la vegetación de manglar. Las aguas del caribe son transparentes y cálidas, y a pesar de que son relativamente pobres en nutrientes, existen aquí ecosistemas marinos de gran riqueza biológica como los arrecifes de coral.

5.1 Eventos más importantes que han afectado a la vertiente Atlántica.

Los eventos más importantes para este caso son aquellos que alcanzan a generar vientos asociados a huracán clase 1 o superior pero debido a que son demasiados se presentan en este subcapitulo los ciclones tropicales de clase 2 o superior que son los que se han hecho presentes en una mayor superficie de costa, como es el caso de Charlie 1951 y Jannet en 1955 que afectaron a casi toda la vertiente Atlántica, o aquellos ciclones tropicales que han alcanzado las velocidades máximas como Gilbert en 1988, huracán clase 5 que supero los 220 km/h siendo así el único huracán presentado en México desde 1949 con esa intensidad, también tenemos a Stan (clase 1) y Wilma (clase 3) que siendo de menor intensidad han formado parte de los que más han afectado a las poblaciones ocasionado daños a obras civiles como carreteras, puentes y viviendas.

En las Figura 5-1, Figura 5-2, Figura 5-3, Figura 5-4, Figura 5-5, Figura 5-6, Figura 5-7, Figura 5-8 y Figura 5-9 se presentan los (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por los huracanes Charlie (1951), Hilda (1955), Janet (1955), Roxanne (1995), Isidore (2002), Gilbert (1988), Emily (2005), Stan (2005), y Wilma (2005) respectivamente.

Como podemos ver, que en las figuras arriba mencionadas se puede distinguir la parte afectada y se presentan los sistemas de referencia como latitud y longitud además de una escala para cada uno de los campos con sus unidades correspondientes.

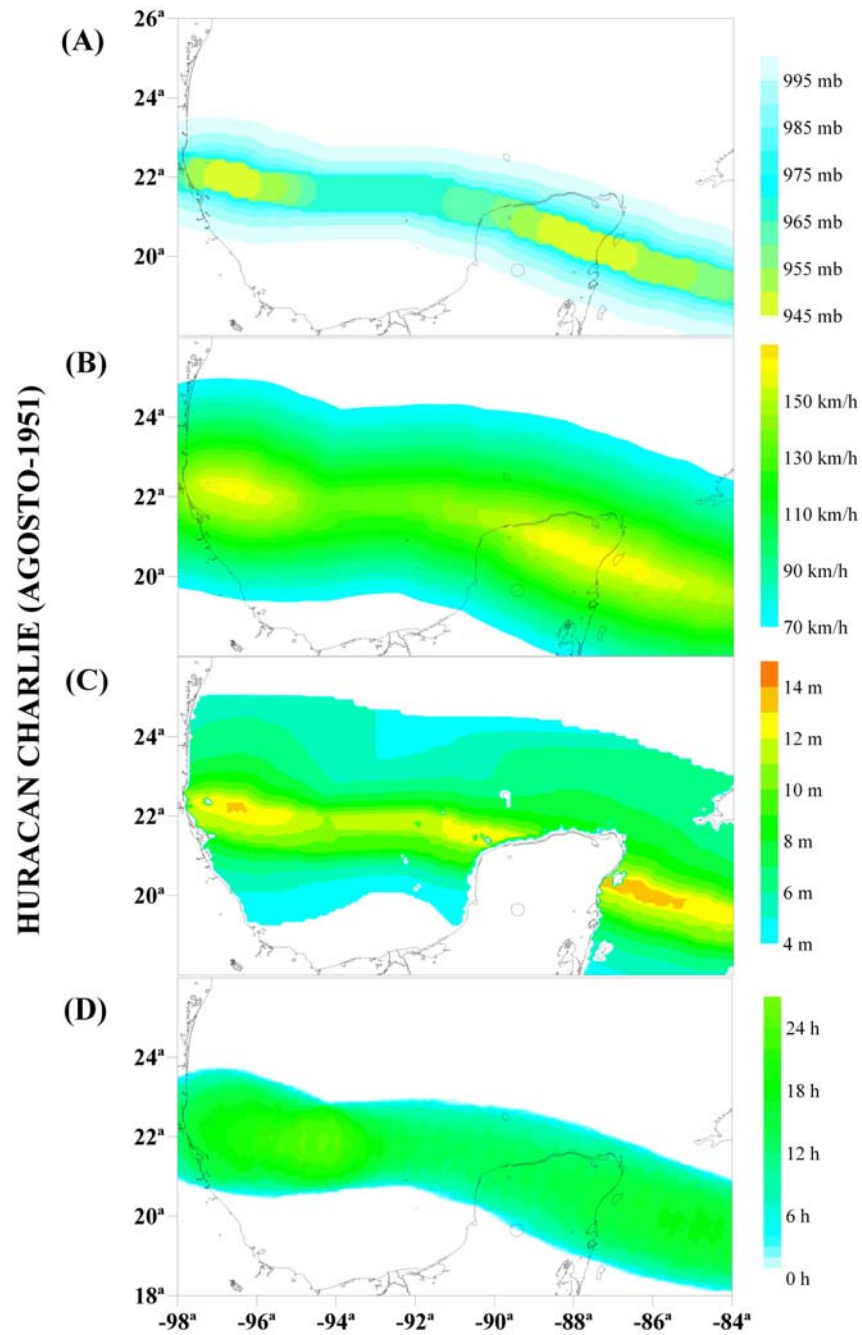


Figura 5-1 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Charlie.

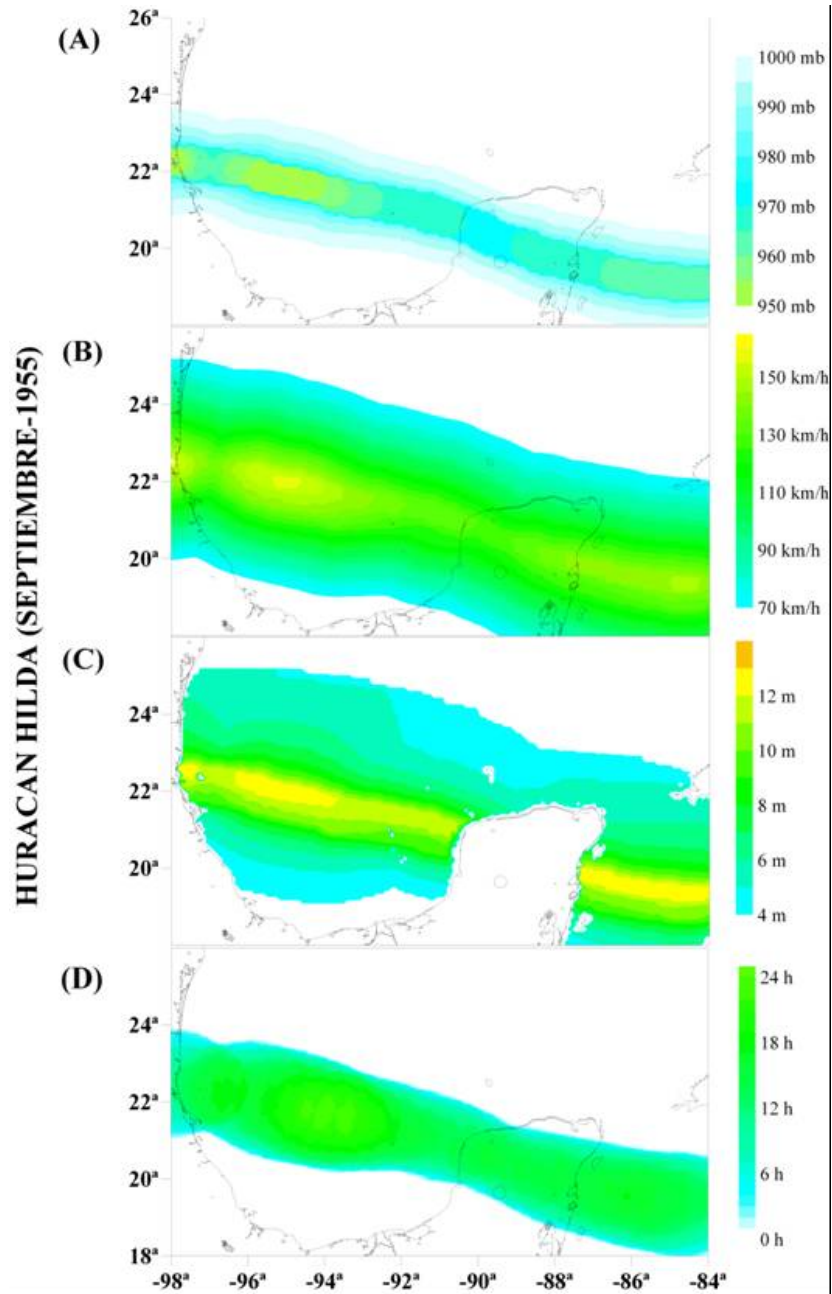


Figura 5-2 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Hilda.

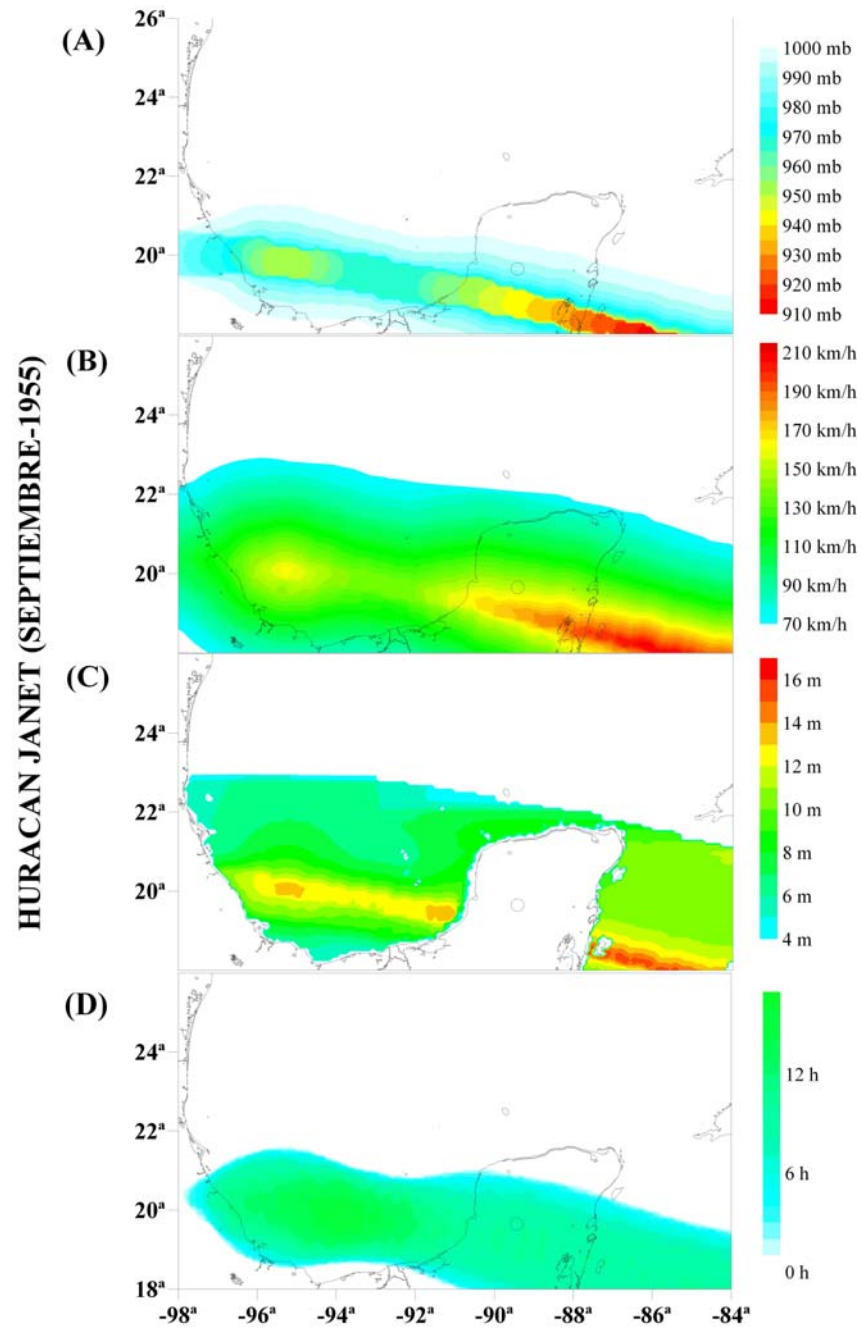


Figura 5-3 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Janet.

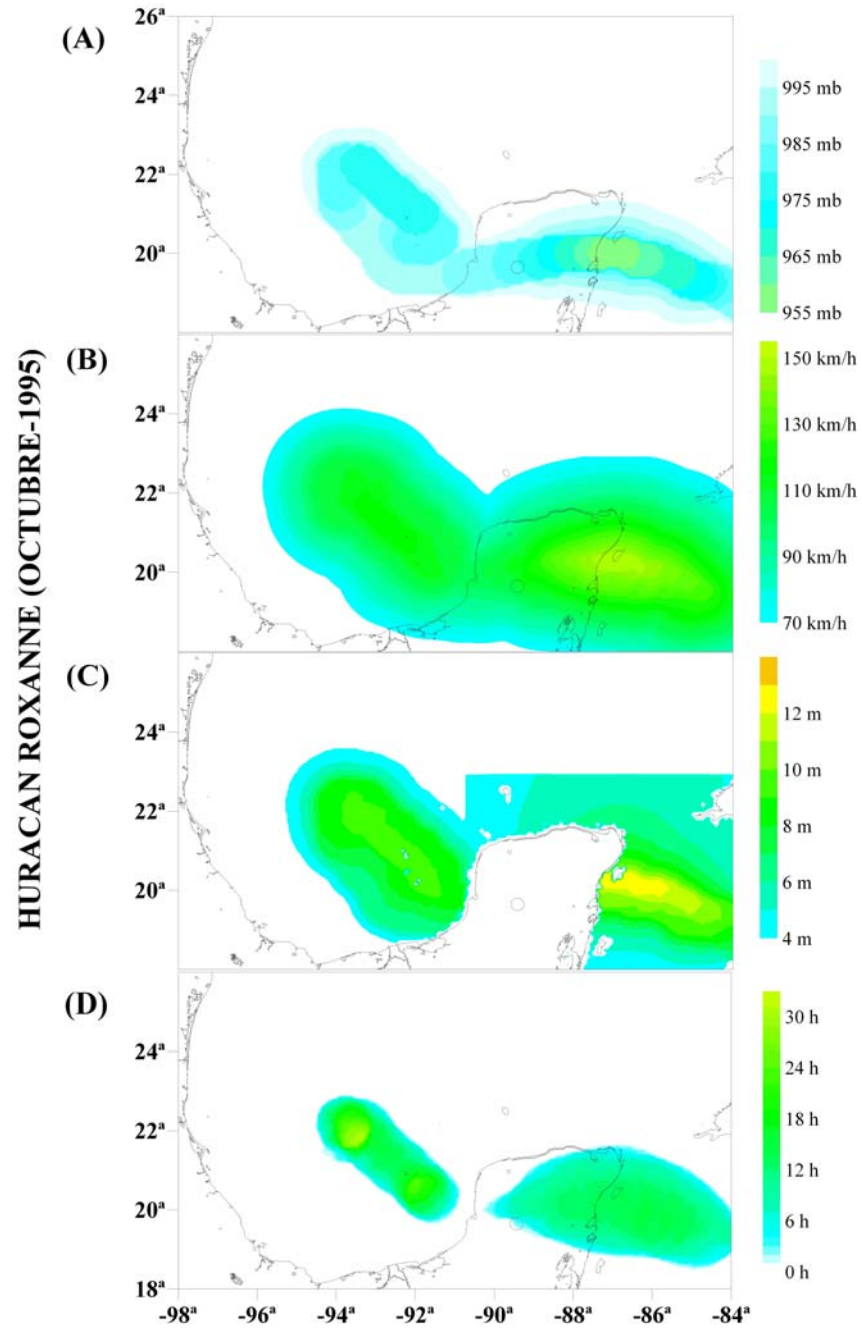


Figura 5-4 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Roxanne.

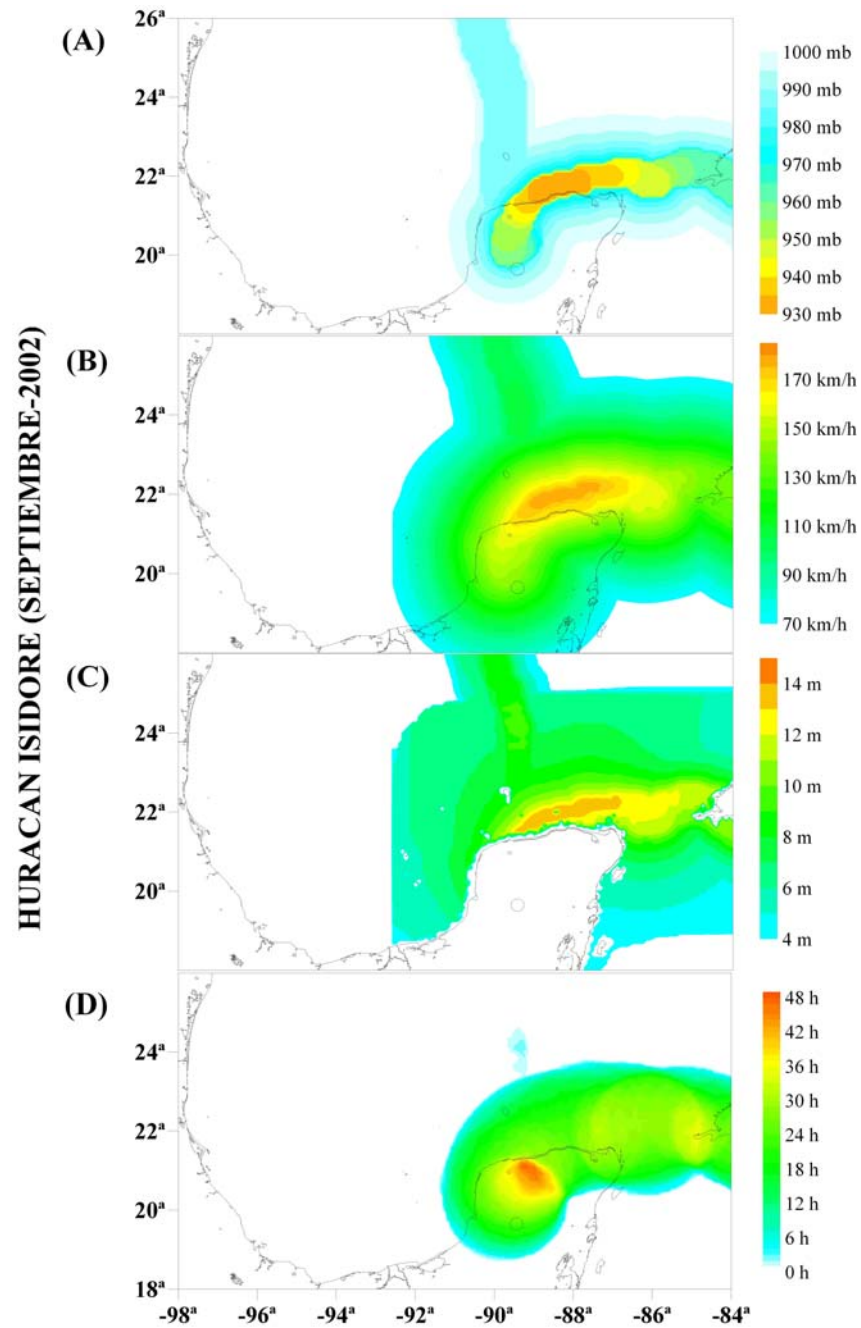


Figura 5-5 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Isidore.

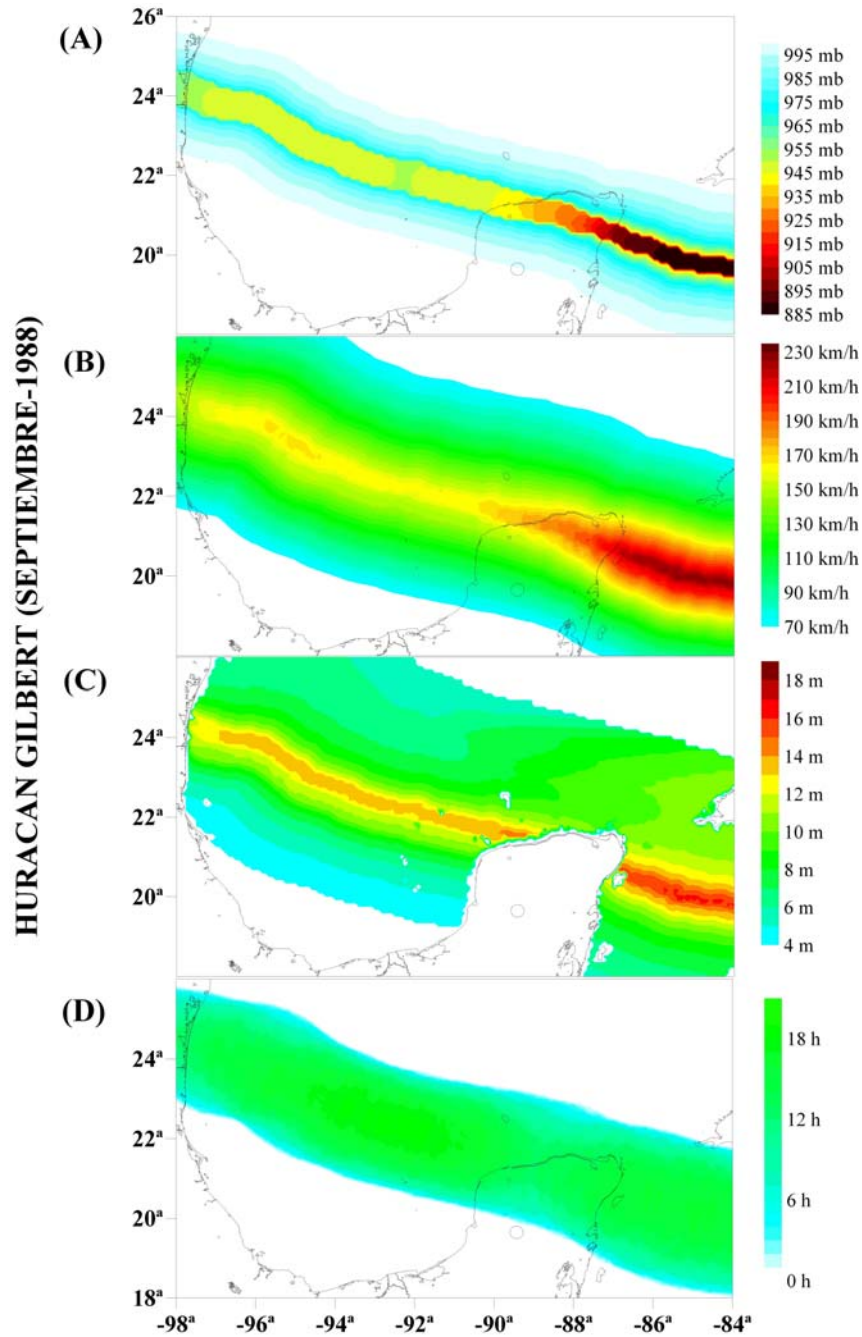


Figura 5-6 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Gilbert.

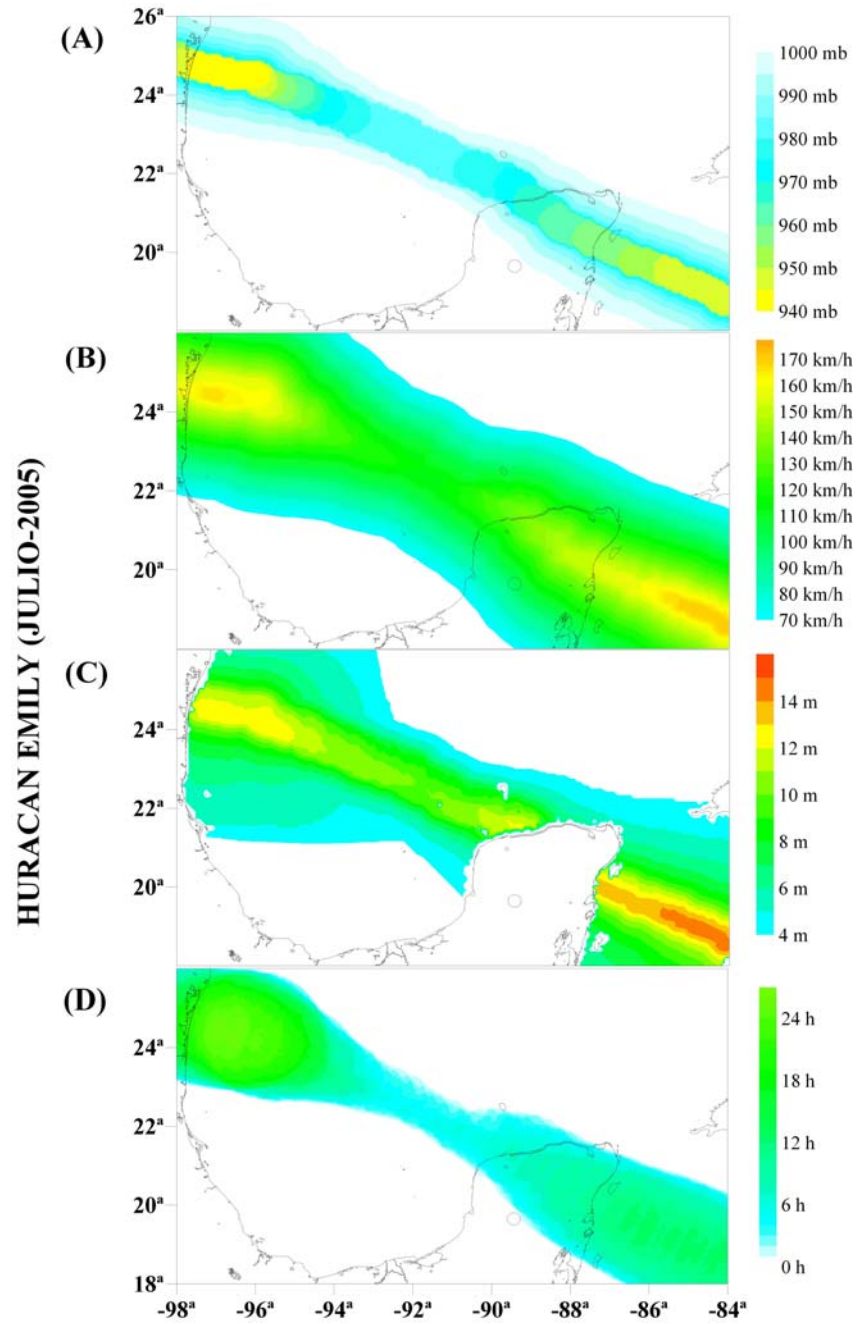


Figura 5-7 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Emily.

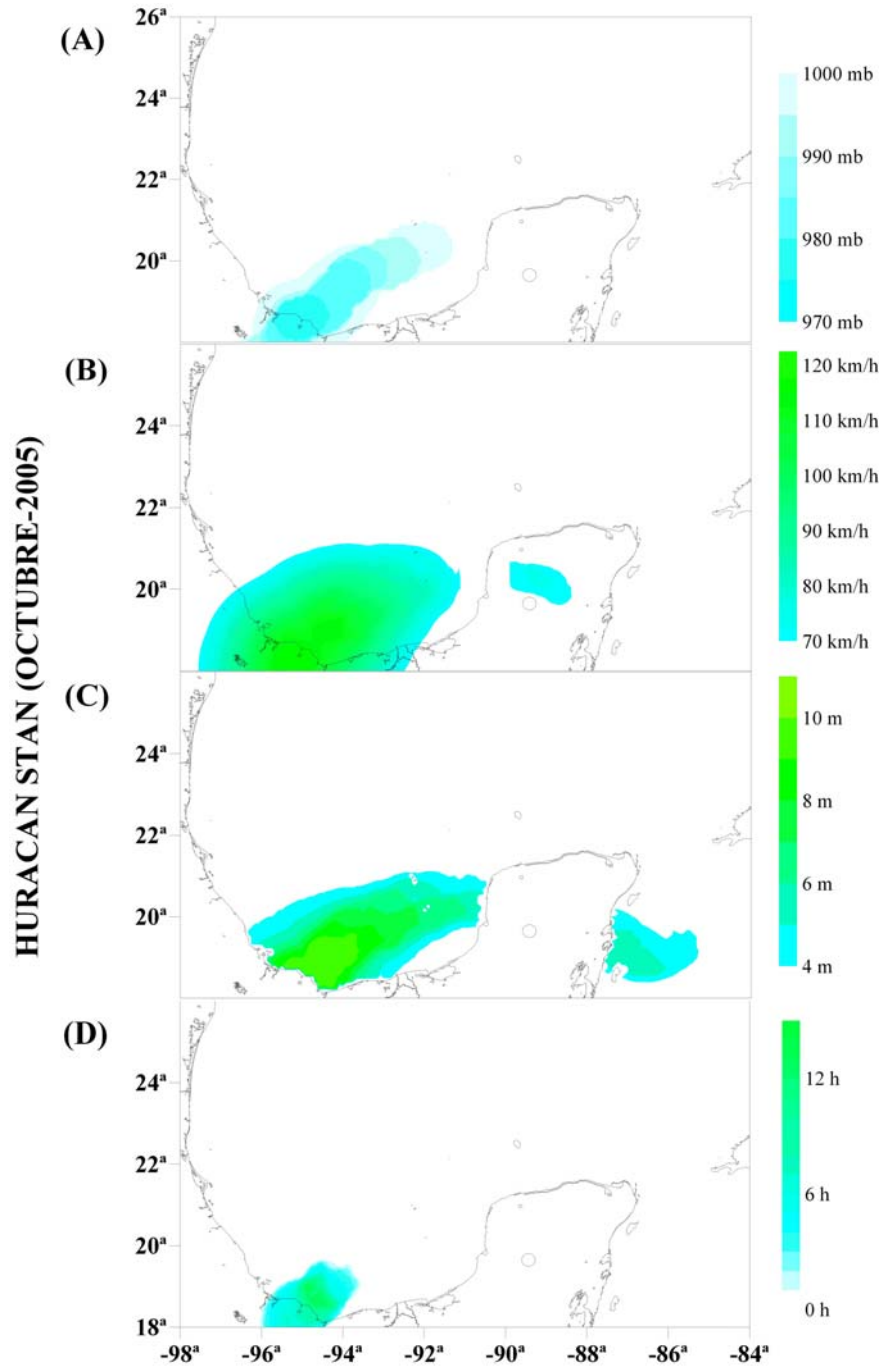


Figura 5-8 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Stan.

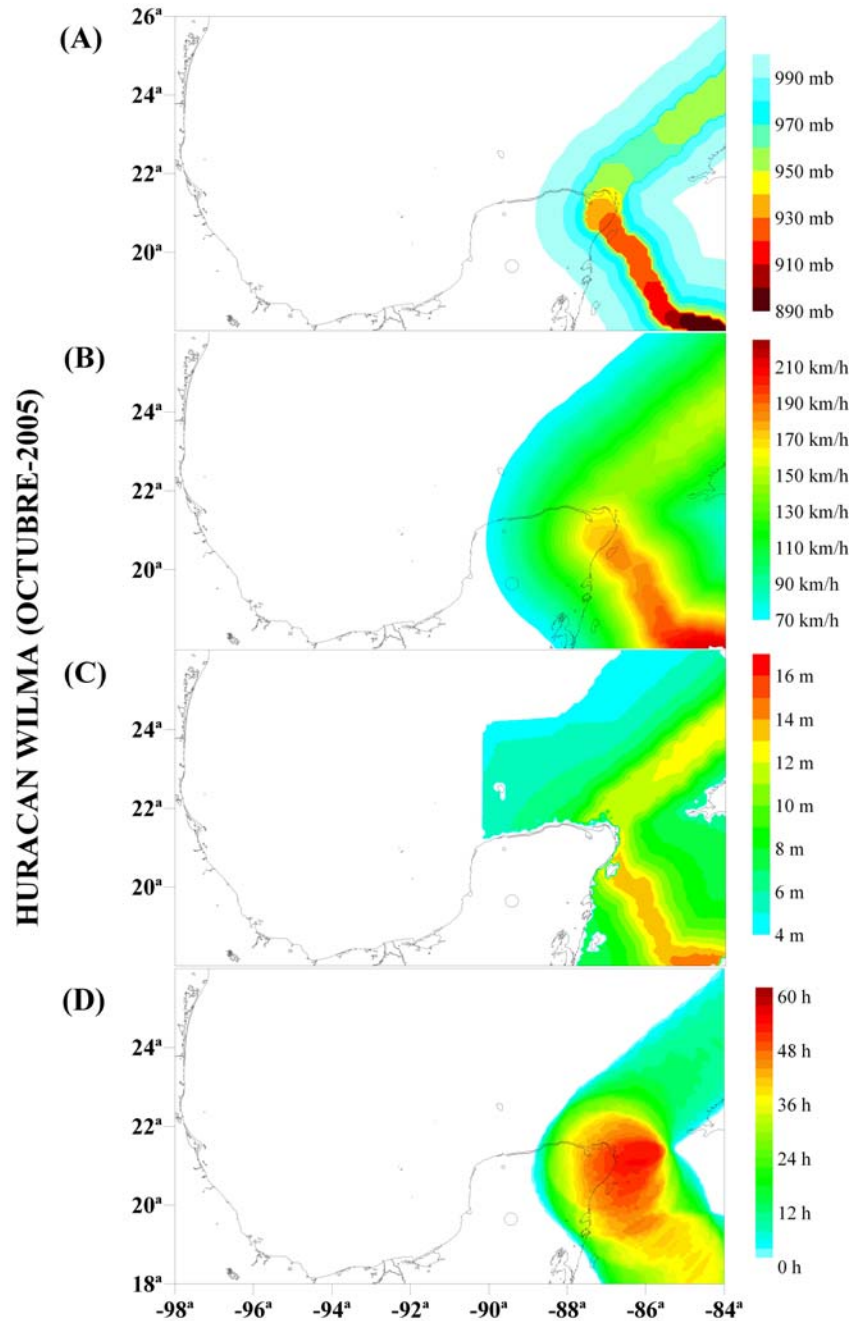


Figura 5-9 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Wilma.

5.2 Análisis de los sitios más representativos

Estos lugares se seleccionaron por su importancia tanto industrial como comercial y turística, como se ve, se trata de 22 puertos o destinos turísticos de los más importantes de todo el litoral mexicano, con la finalidad de tener información suficiente para que las actividades que se realizan en estos puntos se puedan llevar a cabo de la mejor manera.

5.2.1 Playa del Carmen, Quintana Roo

Playa del Carmen es la cabecera del municipio de Solidaridad, Quintana Roo, al sureste de México, está dentro de lo que se ha denominado la Riviera Maya. La ciudad (ubicada en las coordenadas 20.62° norte y 87.07° oeste) es bañada por las aguas del Mar Caribe y su principal actividad económica es el turismo.

En las costas de Playa del Carmen sólo 67 ciclones tropicales han afectado las costas con intensidad de tormenta tropical o superior.

En la Tabla 5-1 se presentan los ciclones tropicales que han afectado a Playa del Carmen Quintana Roo ordenados de mayor a menor según su persistencia. En esta tabla **V** corresponde a la velocidad de viento máxima sostenida por 8 minutos km.h^{-1} , **H** a la altura de ola significativa máxima en m, **T** al periodo de ola asociado, **P** a la presión mínima en mb, **TD**, **TS**, **H1**, **H2**, y **H3** a la persistencia en horas que afectó como depresión tropical, tormenta tropical, huracán clase 1, huracán clase 2 y huracán clase 3, respectivamente, o superior. Se puede observar en la tabla sólo un ciclón tropical, Gilbert en 1988 clasificado como clase 4, que ha afectado las costas de Playa del Carmen, dos generaron vientos de huracán clase 3 (Wilma en el 2005, y Charlie en 1951), tres de huracán clase 2 (Emily en el 2005, Roxanne en 1955 e Hilda en 1955), cinco de clase 1 (Beulah 1967, Janet 1955, Carmen 1974, Allen 1980 e Isidore en el 2002), 27 afectaron como tormentas tropicales y 27 como depresiones tropicales.

La persistencia de Gilbert, 1988, duro 25.8 horas como depresión tropical o superior, 26 horas como tormenta tropical o superior, 16 horas como huracán clase 1 o superior, 11 horas como huracán clase 2 o superior, 7.2 horas como huracán clase 3 o superior, 4 horas como huracán clase 4 o superior. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: depresión tropical o superior (13.68 y 48), como tormenta tropical o superior (17.57 y 50.4 horas), como huracán clase 1 o superior (7.32 y 14.4 horas), como clase 2 o superior (5.2 y 6 horas), y como huracán clase 3 o superior (12.4 y 20 horas).

Tabla 5-1 Ciclones tropicales que han afectado a la ciudad de Playa del Carmen Quintana-Roo.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1988	9	203	13	14	898	25.8	26	16	11	7.2	4	0	GILBERT
2	2005	10	182	13	14	926	92.4	83	49	32	20	0	0	WILMA

3	1951	8	164	14	14	948	31.8	32	16	9	4.8	0	0	CHARLIE
4	2005	7	155	13	14	955	24.6	25	11	5.4	0	0	0	EMILY
5	1995	10	150	13	14	958	39	34	13	6	0	0	0	ROXANNE
6	1955	9	141	12	13	965	37.2	37	15	4.2	0	0	0	HILDA
7	1967	9	132	11	13	966	42.6	41	14	0	0	0	0	BEULAH
8	1955	9	121	10	12	1001	18	17	6.6	0	0	0	0	JANET
9	1974	9	119	8.6	11	1000	55.8	38	9.6	0	0	0	0	CARMEN
10	1980	8	112	6.6	9.9	996.7	25.8	23	3.6	0	0	0	0	ALLEN
11	2002	9	108	6.2	9.6	998.8	103	85	2.4	0	0	0	0	ISIDORE
12	1961	9	101	5.5	9.1	998.4	63	50	0	0	0	0	0	CARLA
13	1966	10	91.3	4.7	8.4	1002	34.8	26	0	0	0	0	0	INEZ
14	2000	10	89.9	6.9	10	1004	100	77	0	0	0	0	0	KEITH
15	1988	11	89.7	6.3	9.7	991	36	24	0	0	0	0	0	KEITH
16	1990	8	88.7	5.8	9.3	1005	24.6	13	0	0	0	0	0	DIANA
17	1961	11	88.2	8.4	11	1005	27.6	28	0	0	0	0	0	HATTIE
18	1952	2	80.7	8.3	11	1004	10.8	4.8	0	0	0	0	0	Sin nombre
19	2004	9	78.8	6	9.4	1004	28.2	28	0	0	0	0	0	IVAN
20	1973	8	77.6	4.4	8.1	1003	36	22	0	0	0	0	0	BRENDA
21	1996	8	75.4	4.7	8.3	1007	31.8	14	0	0	0	0	0	DOLLY
22	1972	6	72.3	5.2	8.8	1001	69	29	0	0	0	0	0	AGNES
23	1998	11	71.8	7.6	11	1008	24	9.6	0	0	0	0	0	MITCH
24	2001	11	69.8	5.8	9.3	1006	18	18	0	0	0	0	0	MICHELLE
25	1953	9	69.3	3.6	7.3	1004	17.4	12	0	0	0	0	0	FLORENCE
26	1975	9	68.6	5.2	8.8	1001	31.2	16	0	0	0	0	0	ELOISE
27	1995	10	67.6	4.2	7.9	1008	82.2	50	0	0	0	0	0	OPAL
28	1971	9	65.7	3.3	7	1009	25.8	12	0	0	0	0	0	EDITH
29	1969	10	63.2	5	8.7	1005	28.2	7.8	0	0	0	0	0	LAURIE
30	1980	9	62.9	3.1	6.8	1010	19.8	12	0	0	0	0	0	HERMINE
31	2005	10	61.4	4.6	8.3	1003	34.8	14	0	0	0	0	0	STAN
32	2001	10	61.3	7.3	11	1009	0.6	0.6	0	0	0	0	0	IRIS
33	1969	8	59.9	3.2	6.9	1008	16.2	3.6	0	0	0	0	0	CAMILLE
34	1979	9	59.3	4.1	7.8	1003	12	4.8	0	0	0	0	0	HENRI
35	2000	9	58.5	4.3	8	1006	48	4.2	0	0	0	0	0	GORDON
36	1970	9	56.6	4.7	8.4	1006	22.8	1.2	0	0	0	0	0	ELLA
37	1971	11	56.6	2.3	5.9	1010	82.8	2.4	0	0	0	0	0	LAURA
38	2003	10	56.2	4.6	8.3	1007	27	4.2	0	0	0	0	0	LARRY
39	1953	10	55.2	3.7	7.4	1004	37.8	2.4	0	0	0	0	0	HAZEL
40	1969	9	55	4.1	7.8	1011	3.6	0	0	0	0	0	0	FRANCELIA
41	2001	8	53.6	2.3	5.9	1011	27	0	0	0	0	0	0	CHANTAL
42	1964	10	52.9	2.7	6.3	1009	48	0	0	0	0	0	0	ISELL
43	2005	7	52.7	3.2	6.9	1010	15	0	0	0	0	0	0	CINDY

44	1982	6	52	2.1	5.6	1011	15	0	0	0	0	0	0	ALBERTO
45	2002	10	52	2.2	5.8	1008	12	0	0	0	0	0	0	LILI
46	1965	9	51.5	3.1	6.8	1007	12	0	0	0	0	0	0	DEBBIE
47	1995	6	51	1.8	5.1	1009	19.8	0	0	0	0	0	0	ALLISON
48	1993	9	46.9	1.9	5.3	1012	19.2	0	0	0	0	0	0	GERT
49	1999	11	46.1	1.9	5.3	1012	9	0	0	0	0	0	0	KATRINA
50	1950	8	45.1	1.6	4.9	1010	33	0	0	0	0	0	0	BAKER
51	1973	9	44.8	2.8	6.4	1007	13.8	0	0	0	0	0	0	DELIA
52	1956	9	44.2	1.7	5	1012	10.2	0	0	0	0	0	0	FLOSSY
53	1980	11	43.4	1.3	4.4	1010	28.2	0	0	0	0	0	0	JEANNE
54	1996	10	42.9	2	5.4	1011	10.2	0	0	0	0	0	0	LILI
55	1988	9	42.5	1.6	4.9	1011	24	0	0	0	0	0	0	FLORENCE
56	1964	10	40.9	1.5	4.7	1010	7.2	0	0	0	0	0	0	HILDA
57	1966	6	39.4	1.6	4.9	1011	6.6	0	0	0	0	0	0	ALMA
58	1968	6	38.9	1.2	4.3	1011	9.6	0	0	0	0	0	0	ABBY
59	1953	6	38.8	1.5	4.7	1012	7.8	0	0	0	0	0	0	ALICE
60	2003	6	38	1.2	4.3	1013	7.8	0	0	0	0	0	0	BILL
61	1958	9	36.7	1.1	4	1010	10.2	0	0	0	0	0	0	ELLA
62	1953	9	35.5	0	0	1012	0.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
63	1987	10	35.5	1.1	4	1011	9	0	0	0	0	0	0	FLOYD
64	1970	10	34.7	0.8	3.5	1012	6	0	0	0	0	0	0	GRETA
65	1977	10	34	1.2	4.3	1013	2.4	0	0	0	0	0	0	FRIEDA
66	2005	6	33.5	0.9	3.6	1012	1.2	0	0	0	0	0	0	ARLENE
67	1989	12	33.4	1	3.9	1012	1.2	0	0	0	0	0	0	KAREN

Haciendo uso de los datos de la Tabla 5-1 y de los conceptos desarrollados en el CAPÍTULO IV, se calcularon los parámetros de forma, de posición y de escala (β , λ y δ) de la distribución para datos extremos de Weibull. Estos parámetros y su respectiva distribución de probabilidad para velocidades de viento máximas y altura de ola significativa, respectivamente, aparecen en la Figura 5-10 y la Figura 5-11. Los parámetros λ y δ están dados en km h^{-1} y m para las distribuciones de velocidad de viento y altura de ola significativa, respectivamente.

Cabe mencionar que el periodo de retorno es inversamente proporcional a la distribución de probabilidades ($1/F$). La distribución de probabilidades para viento y oleaje se pueden obtener a través del uso de la ecuación y los parámetros que aparecen en la Figura 5-10 y la Figura 5-11, respectivamente.

$$F(x; \lambda, \beta, \delta) = \exp \left[- \left(\frac{\lambda - x}{\delta} \right)^\beta \right]; \quad 0 < x \leq \lambda \quad (0.73)$$

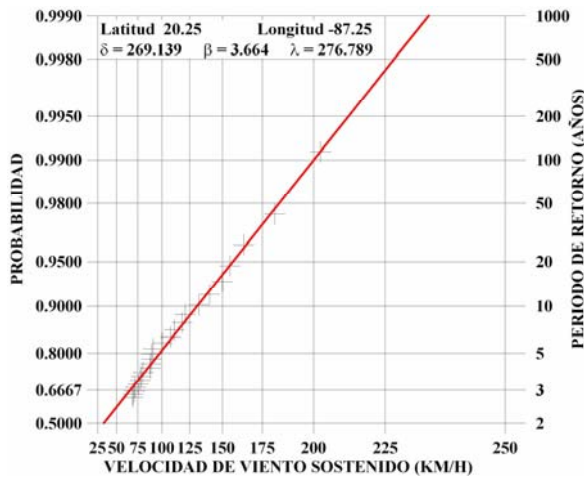


Figura 5-10 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

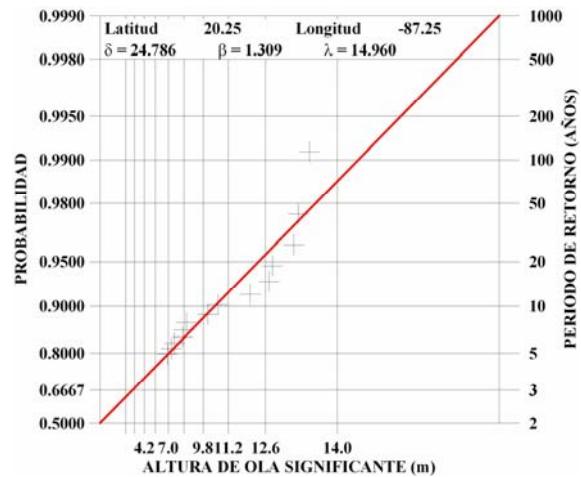


Figura 5-11 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

5.2.2 Isla de Cozumel, Quintana Roo.

Ubicada en el Caribe mexicano, Cozumel es una isla llana formada de roca volcánica porosa. La elevación natural más importante en la isla está a menos de 100 msnm. La isla mide alrededor de 48 km de norte a sur y 16 km de este a oeste, lo que la convierte en la isla más grande México. Ubicada a 20 km al este de la península de Yucatán, y a 60 km al sur de Cancún, tiene una superficie de 647.33 km². No posee industrias, por lo que depende del turismo para desarrollarse. Los alimentos y bienes manufacturados, son embarcados desde tierra firme hacia la isla.

En la Tabla 5-2 se presentan los 71 ciclones tropicales que han afectado a la Isla de Cozumel. Como se puede observar sólo un ciclón tropical, Gilbert en 1988 ha alcanzado la categoría clase 5, dos de categoría clase 3 (Wilma en el 2005 y Carly en 1951), cuatro huracanes clase 2 (Emily 2005, Roxanne 1955, Hilda 1955 y Beulah en 1967), 5 huracanes clase 1 (Allen 1980, Carmen 1954, Janet 1955, Carla 1961 e Isidore en el 2002), 32 registrados como tormentas tropicales y 25 como depresiones tropicales.

La persistencia de Gilbert, 1988, duro 25.2 horas como depresión tropical o superior, 25 horas como tormenta tropical o superior, 16 horas como huracán clase 1 o superior, 11 horas como huracán clase 2 o superior, 8.4 horas como huracán clase 3 o superior, 5 horas como huracán clase 4 o superior y una hora como huracán clase 1. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: depresión tropical o superior (15.048, 36.6 horas), como tormenta tropical o superior (17.043, 75 horas), como huracán clase 1 (7 64, 8.4 horas),

como huracán clase 2 o superior (4.8, 6 horas), y como huracán clase 3 o superior (12.9, 21 horas).

Tabla 5-2 Ciclones tropicales que han afectado a la Isla de Cozumel Quintana-Roo

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1988	9	221	16	15	891	25.2	25	16	11	8.4	5	1	GILBERT
2	2005	10	184	13	14	926	97.2	88	51	34	21	0	0	WILMA
3	1951	8	164	14	14	948	32.4	32	16	9	4.8	0	0	CHARLIE
4	2005	7	155	13	14	953	24	24	12	5.4	0	0	0	EMILY
5	1995	10	150	13	14	958	40.2	33	14	6	0	0	0	ROXANNE
6	1955	9	138	12	13	985	36.6	37	16	3.6	0	0	0	HILDA
7	1967	9	138	12	13	965	45	43	18	4.2	0	0	0	BEULAH
8	1980	8	122	7.1	10	994.3	25.8	23	7.2	0	0	0	0	ALLEN
9	1974	9	119	8.6	11	1000	41.4	34	8.4	0	0	0	0	CARMEN
10	1955	9	116	10	12	1002	17.4	17	5.4	0	0	0	0	JANET
11	1961	9	115	8.9	12	974	66.6	50	13	0	0	0	0	CARLA
12	2002	9	110	6.4	9.8	999	105	86	4.2	0	0	0	0	ISIDORE
13	1988	11	102	8.4	11	985	37.2	25	0	0	0	0	0	KEITH
14	2004	9	95.4	6.6	9.9	1002	33.6	34	0	0	0	0	0	IVAN
15	1961	11	94.8	8.5	11	1004	33.6	34	0	0	0	0	0	HATTIE
16	2000	10	89.5	6.9	10	1004	97.8	75	0	0	0	0	0	KEITH
17	1966	10	85.7	4.4	8.1	1003	31.8	25	0	0	0	0	0	INEZ
18	1990	8	84.3	4.9	8.6	1007	22.2	12	0	0	0	0	0	DIANA
19	2001	11	81.5	6.2	9.6	1005	52.8	34	0	0	0	0	0	MICHELLE
20	1952	2	80.7	8.3	11	1004	12.6	6.6	0	0	0	0	0	Sin nombre
21	1953	9	77.4	3.8	7.5	1003	19.8	16	0	0	0	0	0	FLORENCE
22	1973	8	76.6	4.2	7.9	1003	34.8	19	0	0	0	0	0	BRENDA
23	1972	6	74.8	5.9	9.4	998	69	42	0	0	0	0	0	AGNES
24	1975	9	74.1	6.3	9.7	1001	38.4	16	0	0	0	0	0	ELOISE
25	1996	8	71.7	4.1	7.9	1008	28.8	14	0	0	0	0	0	DOLLY
26	1979	9	71.3	6.2	9.6	1003	12	6.6	0	0	0	0	0	HENRI
27	1969	8	70.2	3.6	7.4	1006	24	21	0	0	0	0	0	CAMILLE
28	1998	11	67.8	7.6	11	1008	25.8	8.4	0	0	0	0	0	MITCH
29	2001	10	66.6	7.5	11	1009	2.4	2.4	0	0	0	0	0	IRIS
30	1971	11	65.5	3.2	6.9	1008	112	36	0	0	0	0	0	LAURA
31	1964	10	62.4	3	6.7	1008	54	18	0	0	0	0	0	ISBELL
32	1971	9	61.4	3.2	6.9	1010	19.8	9	0	0	0	0	0	EDITH
33	2005	10	60.7	4.4	8.1	1003	33	11	0	0	0	0	0	STAN
34	1995	6	60.6	3.5	7.2	1006	24	8.4	0	0	0	0	0	ALLISON
35	1966	6	60.2	3.1	6.8	1008	35.4	9.6	0	0	0	0	0	ALMA
36	1980	9	59.4	3	6.7	1010	17.4	9.6	0	0	0	0	0	HERMINE

37	1953	10	59	4.4	8.1	1004	37.8	14	0	0	0	0	0	HAZEL
38	1969	9	59	4.3	8	1010	5.4	1.8	0	0	0	0	0	FRANCELIA
39	1995	10	59	3.4	7.2	1009	78.6	19	0	0	0	0	0	OPAL
40	1969	10	58	4.6	8.3	1007	25.2	6.6	0	0	0	0	0	LAURIE
41	1965	9	57	4.3	8	1005	12	2.4	0	0	0	0	0	DEBBIE
42	2000	9	56.9	4.3	8	1007	48	1.2	0	0	0	0	0	GORDON
43	2003	10	56.7	4.7	8.4	1007	25.8	4.2	0	0	0	0	0	LARRY
44	1970	9	56.6	4.6	8.3	1007	23.4	4.2	0	0	0	0	0	ELLA
45	2002	10	56.1	2.4	6	1007	15	0.6	0	0	0	0	0	LILI
46	1980	11	52.2	1.9	5.3	1009	36.6	0	0	0	0	0	0	JEANNE
47	1982	6	52.2	2.1	5.6	1011	23.4	0	0	0	0	0	0	ALBERTO
48	2001	8	52.1	2.2	5.8	1011	26.4	0	0	0	0	0	0	CHANTAL
49	1973	9	51.8	3.9	7.7	1007	13.8	0	0	0	0	0	0	DELIA
50	2005	7	49.2	2.2	5.7	1011	15	0	0	0	0	0	0	CINDY
51	1950	8	48.7	1.6	4.9	1009	37.2	0	0	0	0	0	0	BAKER
52	1996	10	48	2.2	5.7	1010	20.4	0	0	0	0	0	0	LILI
53	1968	6	46.3	2	5.5	1010	25.8	0	0	0	0	0	0	ABBY
54	1993	9	44.1	1.8	5.2	1012	16.2	0	0	0	0	0	0	GERT
55	1987	10	43.8	1.4	4.6	1010	19.2	0	0	0	0	0	0	FLOYD
56	1989	12	41	1.3	4.5	1011	22.2	0	0	0	0	0	0	KAREN
57	1999	11	40.9	1.6	4.8	1013	9.6	0	0	0	0	0	0	KATRINA
58	2005	6	40.9	1.2	4.3	1011	15	0	0	0	0	0	0	ARLENE
59	1953	6	40.7	1.5	4.8	1012	9.6	0	0	0	0	0	0	ALICE
60	1970	7	39.6	1.9	5.4	1011	12	0	0	0	0	0	0	BECKY
61	1958	9	39.3	1.2	4.2	1010	13.2	0	0	0	0	0	0	ELLA
62	1964	10	39.3	1.4	4.6	1010	9.6	0	0	0	0	0	0	HILDA
63	1988	9	38.1	1.5	4.7	1011	18.6	0	0	0	0	0	0	FLORENCE
64	1959	10	37.1	1	3.8	1010	4.8	0	0	0	0	0	0	JUDITH
65	1956	9	36.9	1.3	4.4	1013	7.2	0	0	0	0	0	0	FLOSSY
66	1968	10	36.9	1.2	4.3	1011	5.4	0	0	0	0	0	0	GLADYS
67	1949	11	34.8	1.8	5.2	1012	3	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
68	1977	10	34.7	1.3	4.3	1013	2.4	0	0	0	0	0	0	FRIEDA
69	1994	7	34.5	1.1	4	1012	1.8	0	0	0	0	0	0	ALBERTO
70	2003	7	34.3	1.2	4.1	1012	0.6	0	0	0	0	0	0	CLAUDETTE
71	1979	9	34.1	1.4	4.5	1011	7.2	0	0	0	0	0	0	FREDERIC

En las Figura 5-12 y Figura 5-13 se presenta el ajuste de Weibull para los datos correspondientes a velocidades de viento sostenidos por ocho minutos y alturas de ola significante, respectivamente. En la eje vertical izquierdo está representada la probabilidad, mientras que en la parte derecha el periodo de retorno.

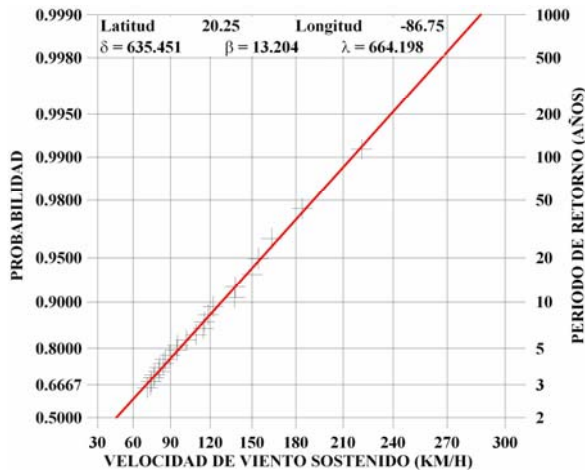


Figura 5-12 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

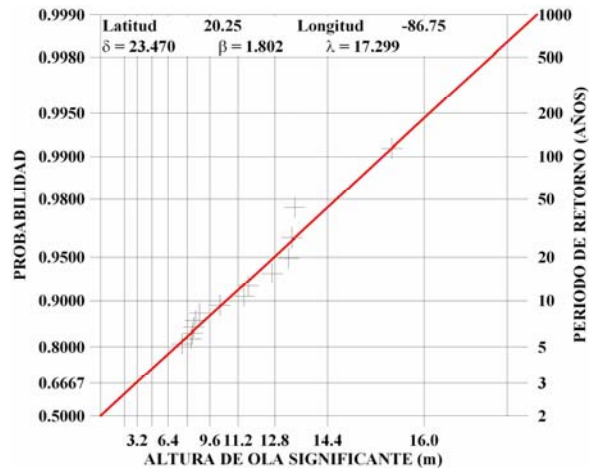


Figura 5-13 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

5.2.3 Cancún, Quintana Roo.

Cancún es una ciudad balnearia mexicana en la costa del estado de Quintana Roo al sureste de México donde su principal fuente de sustento es el turismo.

En la Tabla 5-3 Ciclones tropicales que han afectado a Cancún Quintana-Roo se presentan los 74 ciclones tropicales que ha afectado al centro turístico de Cancún y como se puede observar dos han alcanzado vientos de huracán clase 4 (Gilbert 1988, y Allen en 1980), sólo uno, Wilma 2005 de clase 3, tres de clase 2 (Isidore 2002, Charlie 1951 y Beulah en 1967), seis de clase 1 (Roxanne 1995, Carla 1961, Ivan 2004, Emily 2005, Ines 1966 e Hilda en 1955), 31 tormentas tropicales y 28 depresiones tropicales.

La persistencia de Gilbert, 1988, duro 25.2 horas como depresión tropical o superior, 25 horas como tormenta tropical o superior, 16 horas como huracán clase 1 o superior, 10 horas como huracán clase 2 o superior, 7.2 horas como huracán clase 2 y 2 horas como huracán clase 4 o superior. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: depresión tropical o superior (16.75 y 93 horas), como tormenta tropical o superior (15.81 y 43.8 horas), como huracán clase 1 (9.7 y 14 horas), como huracán clase 2 (6.6 y 14 horas), como huracán clase 3 (11.53 y 22 horas), y como huracán clase 4 (1.5 y 2 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 5-14 y la Figura 5-15, respectivamente.

Tabla 5-3 Ciclones tropicales que han afectado a Cancún Quintana-Roo

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1988	9	191.8	12.7	13.8	969	25.2	25.2	15.6	10.2	7.2	2.4	0	GILBERT
2	1980	8	189.1	11.9	13.3	947.2	25.8	25.8	12	7.8	5.4	1.2	0	ALLEN
3	2005	10	175.7	12.8	13.8	930	94.2	82.8	54.6	34.8	21.6	0	0	WILMA
4	2002	9	151.6	11.1	12.9	974.6	110.4	90	28.8	14.4	0	0	0	ISIDORE
5	1951	8	141.8	9.4	11.8	991.5	32.4	32.4	15	4.8	0	0	0	CHARLIE
6	1967	9	136.4	10.7	12.6	968	45	40.2	13.8	0.6	0	0	0	BEULAH
7	1995	10	126.8	8.3	11.1	995.8	40.2	30.6	10.8	0	0	0	0	ROXANNE
8	1961	9	126.7	10.1	12.3	969	68.4	52.8	14.4	0	0	0	0	CARLA
9	2004	9	120	7.2	10.3	996.2	40.2	40.2	13.8	0	0	0	0	IVAN
10	2005	7	119.7	6.8	10.1	992.4	24	21.6	7.8	0	0	0	0	EMILY
11	1966	10	117.4	6.1	9.5	992.4	45.6	33	9	0	0	0	0	INEZ
12	1955	9	106.8	6.4	9.8	1001.8	36.6	36.6	2.4	0	0	0	0	HILDA
13	1953	9	101.5	6.3	9.7	991.3	25.8	21	0	0	0	0	0	FLORENCE
14	1973	8	94.3	7.8	10.8	992	36.6	22.8	0	0	0	0	0	BRENDA
15	1988	11	94.3	8.2	11.1	991	44.4	30.6	0	0	0	0	0	KEITH
16	1955	9	86.7	10.4	12.5	1006.5	10.8	10.8	0	0	0	0	0	JANET
17	1998	11	85.8	4.4	8.1	1006.4	18.6	10.2	0	0	0	0	0	MITCH
18	1974	9	85.2	8	10.9	1005.7	31.8	21.6	0	0	0	0	0	CARMEN
19	2002	10	80.8	3.6	7.3	1002.9	22.8	20.4	0	0	0	0	0	LILI
20	1969	8	79.7	5.4	9	1003.8	34.2	33	0	0	0	0	0	CAMILLE
21	2000	9	75.9	5.1	8.8	1002	54.6	19.2	0	0	0	0	0	GORDON
22	2005	9	75.2	7.3	10.5	1006.5	18	16.2	0	0	0	0	0	RITA
23	1975	9	74.1	6.3	9.7	1001	40.8	20.4	0	0	0	0	0	ELOISE
24	1952	2	73.2	6.6	9.9	1004	11.4	6	0	0	0	0	0	not named
25	1979	9	71.1	6.2	9.6	1003	19.2	10.8	0	0	0	0	0	HENRI
26	1972	6	70	3.2	6.9	1006.1	73.2	43.8	0	0	0	0	0	AGNES
27	1950	8	69.5	3.2	6.9	1005.5	58.2	28.8	0	0	0	0	0	BAKER
28	1961	11	68.9	8.3	11.1	1007.5	15.6	15.6	0	0	0	0	0	HATTIE
29	1964	10	68.8	3.3	7	1006.2	39	19.2	0	0	0	0	0	ISBELL
30	1995	6	68.1	4.4	8.1	997	24.6	10.8	0	0	0	0	0	ALLISON
31	2001	11	66.5	5.7	9.3	1006.7	31.8	25.2	0	0	0	0	0	MICHELLE
32	1990	8	65.5	3.1	6.8	1009.8	19.2	7.8	0	0	0	0	0	DIANA
33	1982	6	64.6	5.2	8.8	1004	30.6	10.8	0	0	0	0	0	ALBERTO
34	1953	10	63.1	4.7	8.3	1002	45	32.4	0	0	0	0	0	HAZEL
35	1970	9	62.4	3.8	7.5	1007	22.2	7.2	0	0	0	0	0	ELLA
36	2005	8	60.7	5.2	8.8	1007.7	4.8	4.8	0	0	0	0	0	KATRINA
37	1980	11	60	2.6	6.2	1008.1	69.6	17.4	0	0	0	0	0	JEANNE
38	1958	9	59.1	2.1	5.6	1007.4	23.4	7.2	0	0	0	0	0	ELLA

39	1995	10	57.9	2.1	5.5	1009.8	78.6	6.6	0	0	0	0	0	OPAL
40	1964	10	56.1	2.1	5.6	1008.1	36	2.4	0	0	0	0	0	HILDA
41	1953	6	55.8	2.1	5.6	1010	36	2.4	0	0	0	0	0	ALICE
42	1973	9	55.8	4.6	8.2	1007	24	3.6	0	0	0	0	0	DELIA
43	1970	8	55.4	2.7	6.3	1007.6	18	0.6	0	0	0	0	0	CELIA
44	1966	6	55.1	2.9	6.6	1008.6	30.6	0.6	0	0	0	0	0	ALMA
45	1971	11	54.3	2.3	5.8	1009.6	93	0	0	0	0	0	0	LAURA
46	1996	8	53.9	2.2	5.7	1010.8	25.2	0	0	0	0	0	0	DOLLY
47	1969	10	51.9	1.9	5.3	1010.6	31.2	0	0	0	0	0	0	LAURIE
48	2003	10	48.7	2	5.4	1011.5	22.8	0	0	0	0	0	0	LARRY
49	1971	9	48.2	2.6	6.2	1011	9.6	0	0	0	0	0	0	EDITH
50	1965	9	47.9	2.3	5.8	1011.1	16.2	0	0	0	0	0	0	DEBBIE
51	1980	9	46.8	2.5	6.1	1011.6	8.4	0	0	0	0	0	0	HERMINE
52	1994	7	45.1	3	6.7	1008	26.4	0	0	0	0	0	0	ALBERTO
53	1970	7	44.9	2.6	6.3	1007	18	0	0	0	0	0	0	BECKY
54	1988	9	44.9	1.7	5	1010.6	29.4	0	0	0	0	0	0	FLORENCE
55	1959	10	44	1.3	4.4	1009	9	0	0	0	0	0	0	JUDITH
56	2005	6	43.8	1.3	4.5	1010.3	11.4	0	0	0	0	0	0	ARLENE
57	1979	9	43.7	1.7	5	1009.7	25.2	0	0	0	0	0	0	FREDERIC
58	1987	10	43.2	1.3	4.5	1009.8	17.4	0	0	0	0	0	0	FLOYD
59	2005	10	43.1	1.4	4.5	1011	24	0	0	0	0	0	0	STAN
60	1970	10	43	1.3	4.3	1010.8	21.6	0	0	0	0	0	0	GRETA
61	2000	10	42.6	2.1	5.5	1011.2	13.8	0	0	0	0	0	0	KEITH
62	1953	9	42.4	1.9	5.3	1011.3	6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
63	2004	8	40.3	2.4	6	1008	13.8	0	0	0	0	0	0	BONNIE
64	1968	6	39.9	1.2	4.2	1010.6	14.4	0	0	0	0	0	0	ABBY
65	2003	7	39.5	1.2	4.2	1012.3	1.8	0	0	0	0	0	0	CLAUDETTE
66	2001	8	39.3	1.7	5	1012.3	10.2	0	0	0	0	0	0	CHANTAL
67	1996	10	38.7	1.9	5.3	1010.6	13.2	0	0	0	0	0	0	LILI
68	1956	9	37.4	1.2	4.3	1012.6	9.6	0	0	0	0	0	0	FLOSSY
69	1968	10	37.3	1.2	4.3	1010.8	5.4	0	0	0	0	0	0	GLADYS
70	1974	6	36.8	1.4	4.6	1013	2.4	0	0	0	0	0	0	SUBTROP 1
71	1985	11	35.1	1.5	4.7	1009.3	1.2	0	0	0	0	0	0	KATE
72	1993	9	33.8	1.4	4.6	1012.7	3	0	0	0	0	0	0	GERT
73	2005	7	33.5	0.9	3.7	1012.4	1.2	0	0	0	0	0	0	CINDY
74	1989	12	33.2	1	3.9	1011.9	1.2	0	0	0	0	0	0	KAREN

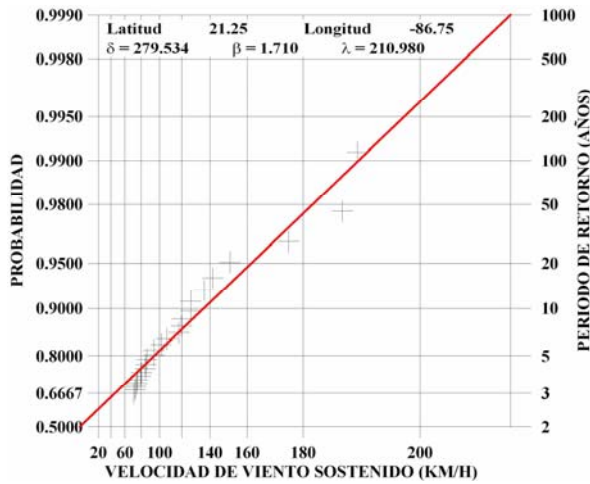


Figura 5-14 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

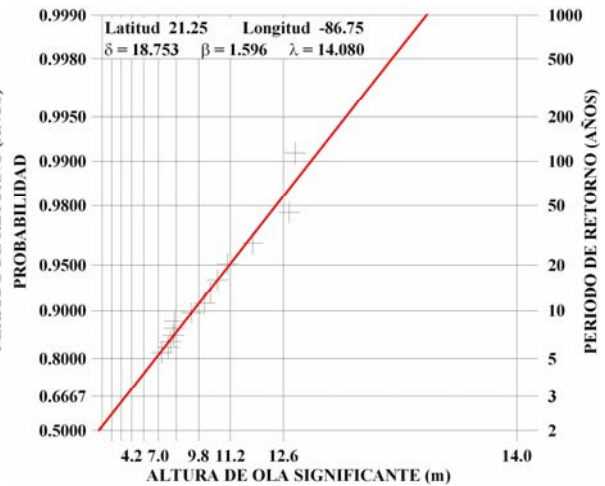


Figura 5-15 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

5.2.4 Progreso, Yucatán

El Municipio de Progreso, con una superficie de 270.10 kilómetros cuadrados, está ubicado en la parte Norte de la Península de Yucatán, en el litoral del Golfo de México, situada geográficamente a 21 grados 18 minutos Latitud Norte y 89 grados 39 minutos, 30 segundos Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Es el principal puerto de altura y cabotaje de la Península, por su importancia, en otros tiempos fue el 3er. puerto del Golfo. Tiene al Norte, el Golfo de México, al Este el municipio de Chicxulub, al sur Mérida y Ucu y al Oeste, Hunucmá. Está a 2 Mts. sobre el nivel del mar.

En la ciudad de Progreso se han registrado 54 ciclones tropicales de los cuales sólo dos han alcanzado a vientos asociados a huracán clase 3 (Gilbert en 1988 e Isidore en el 2002), dos con vientos de clase 2 (Charlie 1951 e Inéz 1966), seis de clase 1 (Emily 2005, Hilda 1955, Beulah 1967, Carmen 1974, Allen 1890 y Janet en 1955), 21 como tormenta tropical y 18 como depresiones tropicales. La persistencia de Gilbert, 1980, duro 28.2 horas como depresión tropical o superior, 28 horas como tormenta tropical o superior, 16 horas como huracán clase 1 o superior, 8.4 horas como huracán clase 2 o superior, y 4.8 horas como huracán clase 3. Mientras que las presiones medias y máximas registradas han sido: depresión tropical o superior (16.14 y 41.4 horas), como tormenta tropical o superior (21.28 y 85.2 horas), como huracán clase 1 o superior (7.76 y 14 horas), como huracán clase 2 o superior (4.2 y 6 horas) y como huracán clase 3 o superior (5.7 y 6.6 horas), ver Tabla 5-4. Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 5-16y la Figura 5-17, respectivamente.

38	1949	10	51.4	2	5.5	1011	28.2	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
39	1993	9	51.4	1.9	5.4	1011	24.6	0	0	0	0	0	0	GERT
40	2002	10	49.8	2.7	6.3	1007	9	0	0	0	0	0	0	LILI
41	1979	9	47.9	1.8	5.2	1009	18.6	0	0	0	0	0	0	HENRI
42	1965	6	46.7	2.1	5.6	1012	7.2	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
43	1988	11	46.3	1.6	4.8	1010	19.8	0	0	0	0	0	0	KEITH
44	1988	9	46.2	1.5	4.8	1012	10.2	0	0	0	0	0	0	DEBBY
45	2005	9	46.1	6.8	10	1009	3	0	0	0	0	0	0	RITA
46	1960	9	43.5	1.8	5.1	1011	2.4	0	0	0	0	0	0	ETHEL
47	2004	9	42.6	3.7	7.4	1008	3.6	0	0	0	0	0	0	IVAN
48	1970	8	41.8	2.1	5.6	1009	4.8	0	0	0	0	0	0	CELIA
49	1965	9	40.2	1.4	4.6	1011	14.4	0	0	0	0	0	0	DEBBIE
50	1980	11	40.2	1.4	4.6	1010	31.2	0	0	0	0	0	0	JEANNE
51	1956	6	39.1	1.3	4.4	1012	8.4	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
52	1993	6	37.7	1.1	4.1	1012	5.4	0	0	0	0	0	0	ARLENE
53	2001	8	36	1.2	4.2	1012	15.6	0	0	0	0	0	0	CHANTAL
54	1969	8	35.3	4.1	7.9	1009	1.2	0	0	0	0	0	0	CAMILLE

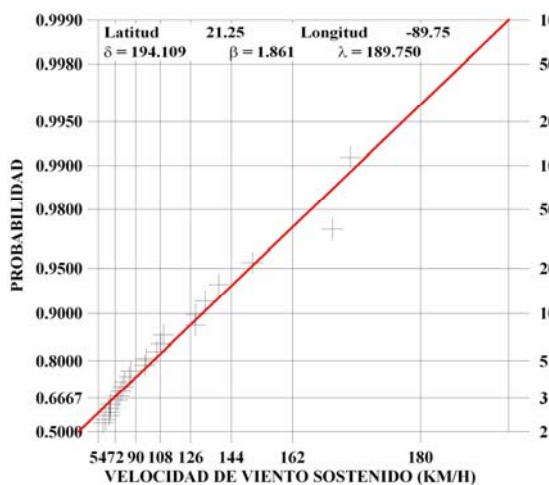


Figura 5-16 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

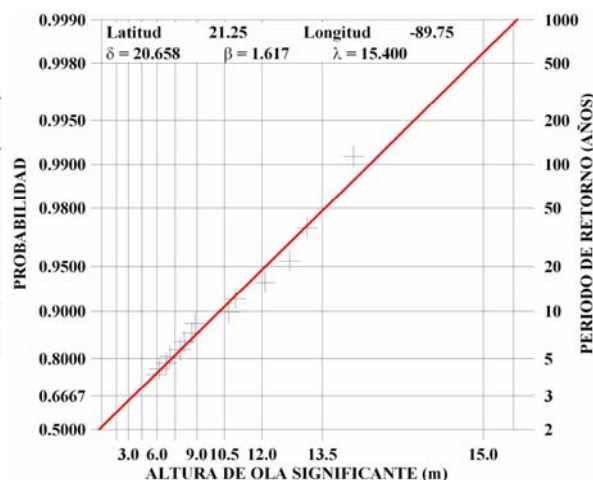


Figura 5-17 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

5.2.5 Campeche, Campeche.

El municipio tiene una extensión territorial de 3,410.64 km² que representa el 6.0 % del territorio Estatal y una población total de 204,533 habitantes

En la Tabla 5-5 se presentan los ciclones tropicales que han afectado a la ciudad de Campeche ordenados de manera descendente según su persistencia. Como se puede

observar de la tabla, solo un ciclón tropical, Janet en 1955, ha afectado a la Ciudad de Campeche con vientos asociados a huracán clase 3, tres llegaron a generar vientos de huracán clase 1 (Isidore en 2002, Hilda en 1955 y Roxanne en 1995), 24 llegaron a afectar como tormenta tropicales y 19 como depresiones tropicales. La persistencia de Janet, 1955, fue de 22.8 horas como depresión tropical o superior, 22.8 horas como tormenta tropical o superior, 10.2 horas como huracán clase 1 o superior, 5.4 horas como huracán clase 2 o superior y 1.8 horas como huracán clase 3. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: depresión tropical o superior (33.7 y 158.4 horas), como tormenta tropical o superior (105 y 28.1 horas) y como huracán clase 1 o superior (20.4 y 10.35 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 5-18 y la Figura 5-19, respectivamente.

Tabla 5-5 Ciclones tropicales que han afectado a la ciudad de Campeche

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1955	9	162	13	14	961	22.8	23	10	5.4	1.8	0	0	JANET
2	2002	9	130	7.4	11	992.2	64.8	56	20	0	0	0	0	ISIDORE
3	1955	9	110	6.7	10	991.7	41.4	41	9.6	0	0	0	0	HILDA
4	1995	10	106	8.8	12	987	158	105	1.2	0	0	0	0	ROXANNE
5	1973	8	101	7	10	990	59.4	38	0	0	0	0	0	BRENDA
6	1988	9	98.5	5.2	8.8	999.5	30	26	0	0	0	0	0	GILBERT
7	1951	8	98.4	4.8	8.5	999	33	29	0	0	0	0	0	CHARLIE
8	1974	9	93.9	7	10	990	98.4	98	0	0	0	0	0	CARMEN
9	1980	9	91.4	8.1	11	995	36	22	0	0	0	0	0	HERMINE
10	1966	10	88.8	5	8.6	1002	37.2	34	0	0	0	0	0	INEZ
11	1995	10	88.8	5.1	8.7	1001	124	64	0	0	0	0	0	OPAL
12	2005	7	84.2	4.2	7.9	1005	19.8	19	0	0	0	0	0	EMILY
13	1998	11	83.8	7.1	10	997	39.6	18	0	0	0	0	0	MITCH
14	1967	9	83.7	3.7	7.4	1003	34.8	29	0	0	0	0	0	BEULAH
15	1949	10	82	6.9	10	997	52.2	28	0	0	0	0	0	Sin nombre
16	2000	10	80	6.9	10	999	75.6	35	0	0	0	0	0	KEITH
17	1993	9	76.7	6.8	10	1001	34.8	19	0	0	0	0	0	GERT
18	1971	9	76.2	5.8	9.3	1000	40.8	18	0	0	0	0	0	EDITH
19	1961	11	70.9	8.1	11	1008	15.6	9	0	0	0	0	0	HATTIE
20	2005	10	69.9	6	9.4	1003	37.8	22	0	0	0	0	0	STAN
21	1996	8	69.7	5.8	9.3	1002	43.2	23	0	0	0	0	0	DOLLY
22	1950	10	66.2	3.9	7.6	1006	36.6	22	0	0	0	0	0	ITEM
23	1990	8	65.9	4.5	8.2	1000	29.4	13	0	0	0	0	0	DIANA
24	1978	9	64.4	5	8.7	1009	15	7.8	0	0	0	0	0	GRETA
25	2001	10	63.5	0	0	1009	0.6	0.6	0	0	0	0	0	IRIS
26	1956	9	59.3	3.9	7.6	1003	19.8	6	0	0	0	0	0	DORA

27	1974	9	58.6	3.4	7.1	1010	18.6	5.4	0	0	0	0	0	FIFI
28	1988	9	55.7	4.1	7.8	1005	20.4	3	0	0	0	0	0	DEBBY
29	2001	8	55.7	2.9	6.6	1010	33	0.6	0	0	0	0	0	CHANTAL
30	1980	8	52.4	3.7	7.4	1007	9	0	0	0	0	0	0	ALLEN
31	1993	6	50.7	2.3	5.8	1010	11.4	0	0	0	0	0	0	ARLENE
32	1961	7	50.1	3	6.7	1011	6.6	0	0	0	0	0	0	ANNA
33	1957	6	47.7	2.3	5.9	1010	15.6	0	0	0	0	0	0	AUDREY
34	1961	11	46.9	2	5.5	1010	32.4	0	0	0	0	0	0	INGA
35	1953	9	46.8	2	5.5	1011	13.2	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
36	1988	9	46.4	1.8	5.2	1011	28.2	0	0	0	0	0	0	FLORENCE
37	1951	9	44.8	1.7	5	1012	3.6	0	0	0	0	0	0	GEORGE
38	1969	10	43	1.3	4.3	1010	9.6	0	0	0	0	0	0	LAURIE
39	1979	9	42.5	1.7	5	1011	7.8	0	0	0	0	0	0	HENRI
40	1970	10	41.9	1.8	5.2	1011	16.8	0	0	0	0	0	0	GRETA
41	1989	10	41.9	1.5	4.7	1012	31.2	0	0	0	0	0	0	JERRY
42	2003	10	41.5	1.5	4.8	1011	55.2	0	0	0	0	0	0	LARRY
43	1961	9	41	2.2	5.8	1009	5.4	0	0	0	0	0	0	CARLA
44	1954	9	40.9	2.2	5.7	1012	8.4	0	0	0	0	0	0	GILDA
45	1971	11	39.1	2.1	5.5	1012	9.6	0	0	0	0	0	0	LAURA
46	1967	10	38.1	1.5	4.7	1011	30.6	0	0	0	0	0	0	FERN
47	2003	6	38	1.3	4.4	1012	16.8	0	0	0	0	0	0	BILL

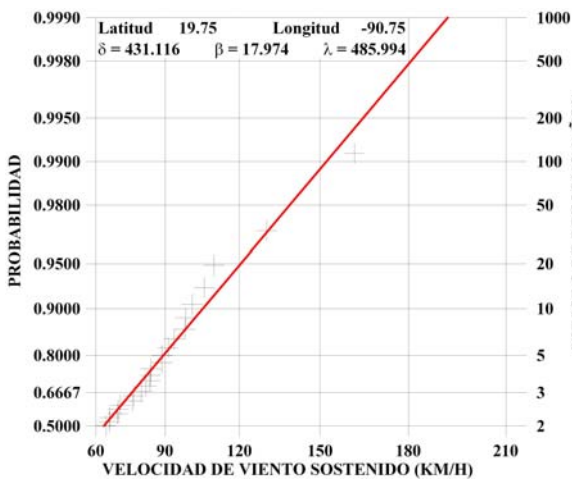


Figura 5-18 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

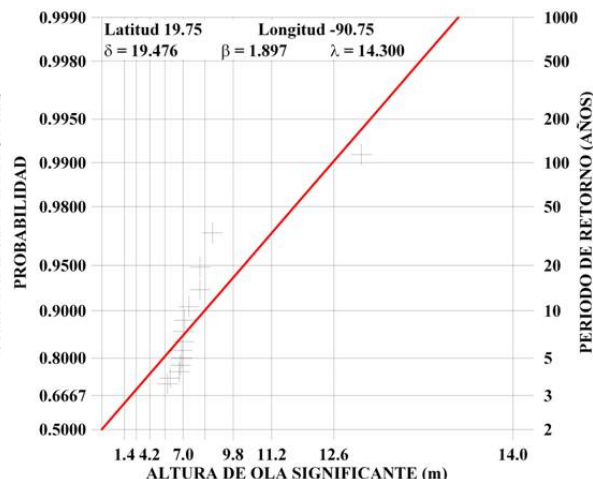


Figura 5-19 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

5.2.6 Ciudad del Carmen, Campeche.

Ciudad del Carmen cuenta con una población de 132.400 habitantes, Se localiza a 18.63°N, 91.83° O. Es también la cabecera municipal del Municipio del Carmen, Campeche, México, el cual es rico en recursos forestales y pesqueros. La flora y fauna del municipio del Carmen está constituida de diversas especies de plantas tropicales, aves y animales marinos así como mamíferos acuáticos tales como delfines.

En la Tabla 5-6 se puede ver que de los 44 ciclones tropicales que han afectado a Ciudad del Carmen sólo 2 han alcanzado vientos asociados a huracán clase 1 (Janet, 1955 y Brenda, 1973), 24 como tormentas tropicales y 18 como depresiones tropicales. La persistencia de Janet , 1955, fue de 25.2 horas como depresión tropical o superior, 25 horas como tormenta tropical o superior y 11 horas como huracán clase 1. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: como depresión tropical o superior (17.16 y 49.2 horas), como tormenta tropical o superior (22.05 y 92 horas) y como huracán clase 1 o superior (11 y 11 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 5-20 y la Figura 5-21, respectivamente.

Tabla 5-6 Ciclones tropicales que has afectado a Ciudad del Carmen, Campeche.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1955	9	135	10	13	959	25.2	25	11	0	0	0	0	JANET
2	1973	8	116	9.5	12	976	48	29	11	0	0	0	0	BRENDA
3	1995	10	87.4	6.5	9.8	991	132	92	0	0	0	0	0	ROXANNE
4	2002	9	87.2	5.4	9	1005	49.2	30	0	0	0	0	0	ISIDORE
5	1998	11	82.2	6.9	10	998	57.6	23	0	0	0	0	0	MITCH
6	1980	9	80.5	6.3	9.7	995	44.4	27	0	0	0	0	0	HERMINE
7	1949	10	77.4	6	9.5	996	60.6	27	0	0	0	0	0	Sin nombre
8	1995	10	76.2	3.7	7.5	1006	52.2	44	0	0	0	0	0	OPAL
9	1955	9	76	3.6	7.4	1005	43.8	35	0	0	0	0	0	HILDA
10	2005	10	72.4	3.4	7.2	1007	42.6	31	0	0	0	0	0	STAN
11	1974	9	72.2	3.9	7.6	1009	22.2	13	0	0	0	0	0	FIFI
12	1974	9	69.8	3.9	7.7	1007	80.4	65	0	0	0	0	0	CARMEN
13	2001	10	66.8	6.4	9.8	1009	10.2	3.6	0	0	0	0	0	IRIS
14	1961	11	66	5.1	8.7	1009	14.4	2.4	0	0	0	0	0	HATTIE
15	1966	10	65.9	4	7.7	1006	28.2	13	0	0	0	0	0	INEZ
16	2000	10	65.5	4.5	8.2	999	39	15	0	0	0	0	0	KEITH
17	1961	11	62.9	2.7	6.4	1009	42.6	32	0	0	0	0	0	INGA
18	1951	8	62.8	3.5	7.3	1006	39.6	15	0	0	0	0	0	CHARLIE
19	1993	9	62.6	4.3	8	1000	39.6	14	0	0	0	0	0	GERT
20	1988	9	61	3.7	7.4	1006	16.8	12	0	0	0	0	0	GILBERT
21	2003	10	61	2.6	6.2	1009	103	20	0	0	0	0	0	LARRY

22	1978	9	59.6	4	7.7	1009	17.4	3.6	0	0	0	0	0	GRETA
23	1996	8	58.8	3.9	7.7	1007	43.8	9.6	0	0	0	0	0	DOLLY
24	2001	8	56.6	4.8	8.4	1007	19.2	1.2	0	0	0	0	0	CHANTAL
25	2005	7	55.9	3.4	7.1	1009	6	1.2	0	0	0	0	0	EMILY
26	1979	9	55.1	2.5	6.2	1009	27	0.6	0	0	0	0	0	HENRI
27	1950	10	54.1	3	6.7	1009	49.2	0	0	0	0	0	0	ITEM
28	1971	9	52.8	2.1	5.6	1009	27	0	0	0	0	0	0	EDITH
29	1967	9	52.7	2.6	6.2	1008	26.4	0	0	0	0	0	0	BEULAH
30	1969	9	52.3	3.8	7.5	1010	18.6	0	0	0	0	0	0	FRANCELIA
31	1989	10	49.5	3.5	7.2	1008	25.2	0	0	0	0	0	0	JERRY
32	1961	7	48.9	2.7	6.3	1011	3.6	0	0	0	0	0	0	ANNA
33	1951	9	46	1.7	5	1011	4.8	0	0	0	0	0	0	GEORGE
34	1999	8	45.4	2.2	5.7	1011	24.6	0	0	0	0	0	0	BRET
35	1960	7	45.1	2.5	6.1	1012	14.4	0	0	0	0	0	0	ABBY
36	1971	11	44.2	2.5	6.2	1011	15	0	0	0	0	0	0	LAURA
37	1957	6	43.8	1.8	5.2	1011	5.4	0	0	0	0	0	0	AUDREY
38	1990	8	43.8	1.4	4.5	1010	24.6	0	0	0	0	0	0	DIANA
39	1988	9	43	1.6	4.9	1011	21.6	0	0	0	0	0	0	DEBBY
40	1956	9	42.8	1.3	4.4	1010	20.4	0	0	0	0	0	0	DORA
41	1969	10	42.6	1.7	5.1	1011	11.4	0	0	0	0	0	0	LAURIE
42	1967	10	41.6	1.4	4.6	1012	9	0	0	0	0	0	0	FERN
43	1993	6	37.8	1.1	4.1	1012	7.2	0	0	0	0	0	0	ARLENE
44	1954	9	34	1.4	4.6	1012	0.6	0	0	0	0	0	0	GILDA

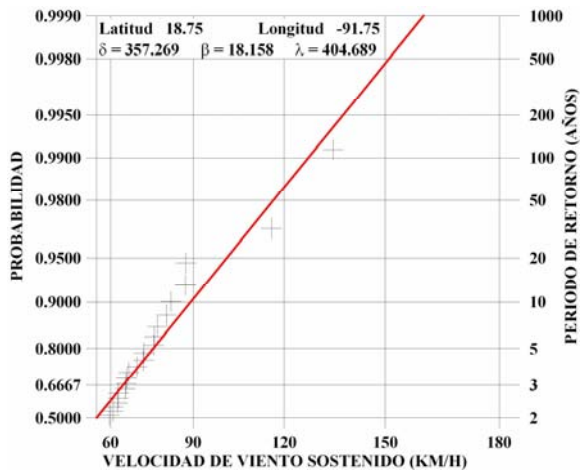


Figura 5-20 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

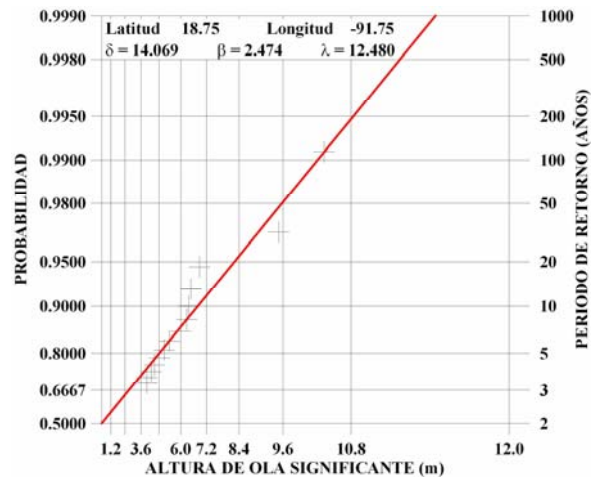


Figura 5-21 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

5.2.7 Paraíso, Tabasco.

Es un municipio del estado mexicano de Tabasco, localizado en la región del río Grijalva y en la subregión de la Chontalpa su extensión es de 577.55 km², los cuales corresponden al 1.5% del total del estado; el sector predominante es el secundario, con la producción y extracción de petróleo crudo y gas natural. El sector primario es conformado por la agricultura, la ganadería y la pesca aportan un 0.74 por ciento a la producción total del municipio.

En la Tabla 5-7 Ciclones tropicales que han afectado a Paraíso, Tabasco. se presentan los 42 ciclones tropicales que han afectado las costas de Paraíso, Tabasco y vemos que sólo 2 (Janet, 1955 y Brenda, 1973) han alcanzado vientos asociados a huracán clase 1, se tienen 21 como tormentas tropicales y 20 como depresiones tropicales. La persistencia de Janet, 1955, fue de 27 horas como depresión tropical o superior, 27 horas como tormenta tropical o superior y 11 horas como huracán clase 1 o superior. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: como depresión tropical o superior (14.74 y 28.8 horas), como tormenta tropical o superior (26.13 y 93 horas) y como huracán clase 1 (11.5 y 12 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 5-22 y la Figura 5-23, respectivamente.

Tabla 5-7 Ciclones tropicales que han afectado a Paraíso, Tabasco.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1955	9	125	9.6	12	965	27	27	11	0	0	0	0	JANET
2	1973	8	120	10	12	976	45.6	29	12	0	0	0	0	BRENDA
3	1995	10	85.9	6.3	9.7	992	132	93	0	0	0	0	0	ROXANNE
4	2005	10	81.8	4.5	8.2	1005	45.6	36	0	0	0	0	0	STAN
5	1980	9	81	6.3	9.7	994	49.2	28	0	0	0	0	0	HERMINE
6	1998	11	78.2	6.4	9.8	999	57	31	0	0	0	0	0	MITCH
7	2002	9	76.7	5.1	8.8	1006	41.4	25	0	0	0	0	0	ISIDORE
8	1995	10	76.4	3.7	7.5	1006	51	41	0	0	0	0	0	OPAL
9	1949	10	74.2	5.5	9.1	996	57	25	0	0	0	0	0	Sin nombre
10	1961	11	73.1	3.5	7.2	1007	44.4	34	0	0	0	0	0	INGA
11	1955	9	72.7	3.7	7.4	1005	43.8	34	0	0	0	0	0	HILDA
12	2003	10	71.1	3.8	7.5	1006	122	41	0	0	0	0	0	LARRY
13	1974	9	69.1	3.4	7.2	1009	21	11	0	0	0	0	0	FIFI
14	1966	10	66	4	7.7	1006	26.4	14	0	0	0	0	0	INEZ
15	2000	10	63.4	4	7.7	1005	34.8	13	0	0	0	0	0	KEITH
16	1979	9	62.4	2.8	6.5	1008	32.4	14	0	0	0	0	0	HENRI
17	1950	10	62.2	3.4	7.1	1008	53.4	17	0	0	0	0	0	ITEM
18	1974	9	61.6	2.6	6.2	1008	75.6	28	0	0	0	0	0	CARMEN
19	1993	9	61.5	3.8	7.6	1006	39.6	14	0	0	0	0	0	GERT

20	1951	8	60.2	3.1	6.8	1007	40.8	13	0	0	0	0	0	CHARLIE
21	1988	9	58.8	3.6	7.4	1007	15	9	0	0	0	0	0	GILBERT
22	2001	10	57	4.4	8.1	1011	8.4	0.6	0	0	0	0	0	IRIS
23	1996	8	55.5	2.9	6.6	1008	42.6	2.4	0	0	0	0	0	DOLLY
24	2001	8	54.6	4.3	8	1008	13.8	0	0	0	0	0	0	CHANTAL
25	1967	9	53.6	2.6	6.2	1008	22.8	0	0	0	0	0	0	BEULAH
26	1989	10	51.3	3.4	7.1	1007	25.2	0	0	0	0	0	0	JERRY
27	1999	8	51.3	2.2	5.7	1010	28.8	0	0	0	0	0	0	BRET
28	2005	7	50.9	3	6.6	1010	4.2	0	0	0	0	0	0	EMILY
29	1978	9	49.4	2.7	6.3	1011	15.6	0	0	0	0	0	0	GRETA
30	1969	10	48.3	3.2	6.9	1006	14.4	0	0	0	0	0	0	LAURIE
31	1951	9	47.9	2.1	5.6	1010	7.8	0	0	0	0	0	0	GEORGE
32	1961	11	47.9	2.6	6.2	1011	10.2	0	0	0	0	0	0	HATTIE
33	1957	6	45.9	1.8	5.2	1010	5.4	0	0	0	0	0	0	AUDREY
34	1971	9	45.5	1.5	4.7	1010	16.2	0	0	0	0	0	0	EDITH
35	1967	10	45	1.6	4.9	1011	9.6	0	0	0	0	0	0	FERN
36	1990	8	43.2	1.5	4.8	1010	24	0	0	0	0	0	0	DIANA
37	1956	9	43.1	1.3	4.5	1010	22.2	0	0	0	0	0	0	DORA
38	1988	9	42.6	1.4	4.6	1011	25.2	0	0	0	0	0	0	DEBBY
39	1969	9	42.5	2.5	6.1	1011	7.8	0	0	0	0	0	0	FRANCELIA
40	1960	7	41.2	2.2	5.8	1012	12.6	0	0	0	0	0	0	ABBY
41	1971	11	40.8	2.4	6	1012	7.2	0	0	0	0	0	0	LAURA
42	1993	6	37.5	1.1	4.1	1012	7.2	0	0	0	0	0	0	ARLENE

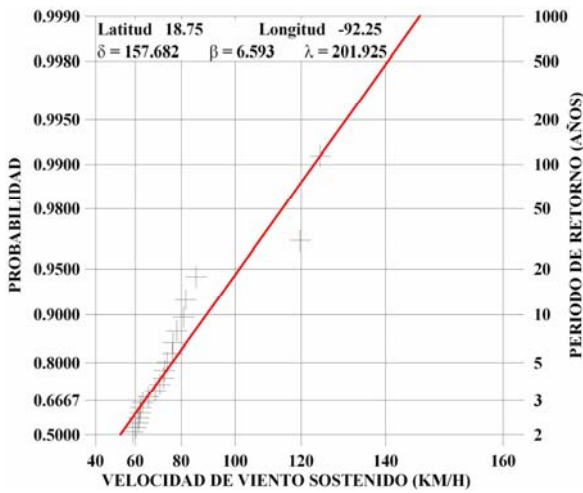


Figura 5-22 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

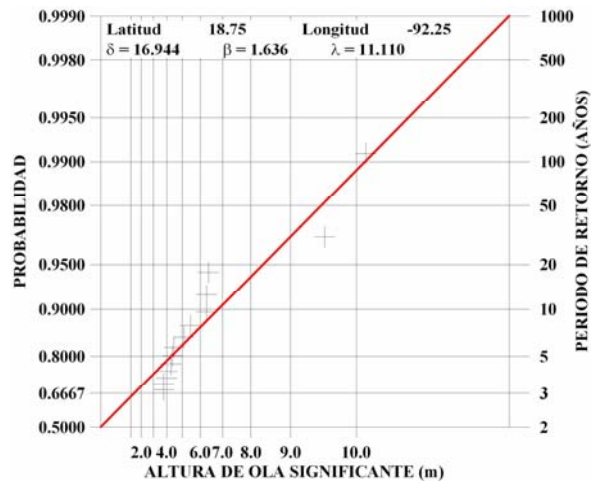


Figura 5-23 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

5.2.8 Coatzacoalcos, Veracruz.

Sobre la costa del Golfo de México, hacia el sur, se encuentra situada la ciudad y puerto de Coatzacoalcos, en la desembocadura del río del mismo nombre Su vocación económica preponderante industrial y de servicio, ha propiciado un crecimiento poblacional de más de cuatrocientos mil habitantes, favorecido entre otros factores, por ubicarse en el municipios los complejos petroquímicos más importantes de América Latina: Pajaritos, Cangrejera y Morelos que junto con el Complejo de Cosoleacaque, produjeron en el último año, 13 millones cien 100 toneladas de productos químicos.

En la Tabla 5-8 se presentan los 45 ciclones tropicales que han afectado las costas de Coatzacoalcos de los cuales 2 (Brenda, 1973 y Janet, 1955) han alcanzado vientos asociados a huracán clase 1, 20 afectaron como tormentas tropicales y 23 como depresiones tropicales. La persistencia de Brenda en 1973 duro 42 horas como depresión tropical o superior, 29 horas como tormenta tropical o superior y 12 horas como huracán clase 1 o superior. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: como depresión tropical o superior (15.96 y 69 horas), como tormenta tropical o superior (26.13 y 94 horas) y como huracán clase 1 o superior (11.5 y 12 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 5-24 y la Figura 5-25, respectivamente.

Tabla 5-8 Ciclones tropicales que han afectado a Coatzacoalcos, Veracruz.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1973	8	120	10	12	976	42	29	12	0	0	0	0	BRENDA
2	1955	9	120	9.2	12	969	28.2	28	11	0	0	0	0	JANET
3	2005	10	91.5	5.6	9.2	1002	47.4	36	0	0	0	0	0	STAN
4	1980	9	83.6	6.5	9.9	993	49.8	32	0	0	0	0	0	HERMINE
5	1961	11	83.2	4.9	8.6	1004	46.2	37	0	0	0	0	0	INGA
6	1995	10	80.5	6	9.4	994	130	94	0	0	0	0	0	ROXANNE
7	2003	10	78.7	6.3	9.7	996	128	62	0	0	0	0	0	LARRY
8	1995	10	75.9	3.7	7.4	1006	49.8	41	0	0	0	0	0	OPAL
9	1950	10	71.4	3.7	7.5	1006	55.8	29	0	0	0	0	0	ITEM
10	1998	11	70.7	5.8	9.3	1001	54.6	34	0	0	0	0	0	MITCH
11	1949	10	70.4	4.1	7.9	1005	52.8	21	0	0	0	0	0	Sin nombre
12	1979	9	69.7	3.2	6.9	1007	34.2	21	0	0	0	0	0	HENRI
13	1955	9	69.2	3.8	7.5	1006	44.4	32	0	0	0	0	0	HILDA
14	2002	9	67.2	4.9	8.6	1008	10.2	9	0	0	0	0	0	ISIDORE
15	1966	10	65.8	4	7.7	1006	23.4	14	0	0	0	0	0	INEZ
16	1974	9	64	3.2	6.9	1010	21	11	0	0	0	0	0	FIFI
17	1993	9	62.8	2.9	6.6	1007	40.8	14	0	0	0	0	0	GERT

18	2000	10	62	3.3	7.1	1006	33	11	0	0	0	0	0	0	KEITH
19	1999	8	57.8	2.4	6	1010	37.2	6	0	0	0	0	0	0	BRET
20	1951	8	56.9	3.3	7	1007	41.4	16	0	0	0	0	0	0	CHARLIE
21	1988	9	56.6	3.5	7.3	1007	13.2	4.2	0	0	0	0	0	0	GILBERT
22	1969	10	55.1	4.5	8.2	1006	15.6	0.6	0	0	0	0	0	0	LAURIE
23	2001	8	54	3.4	7.1	1011	10.2	0	0	0	0	0	0	0	CHANTAL
24	1967	9	53.8	2.6	6.2	1008	19.8	0	0	0	0	0	0	0	BEULAH
25	1974	9	53.7	2.1	5.6	1010	69	0	0	0	0	0	0	0	CARMEN
26	1996	8	53.4	2.3	5.9	1009	39.6	0	0	0	0	0	0	0	DOLLY
27	1989	10	51.3	3.4	7.1	1007	25.2	0	0	0	0	0	0	0	JERRY
28	1951	9	48.2	2.1	5.7	1009	15	0	0	0	0	0	0	0	GEORGE
29	1990	8	47.4	1.7	5.1	1009	24	0	0	0	0	0	0	0	DIANA
30	2001	10	47.2	2.4	6	1013	6.6	0	0	0	0	0	0	0	IRIS
31	1949	9	47.1	2.3	5.9	1010	22.2	0	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
32	1957	6	46.9	1.8	5.2	1010	5.4	0	0	0	0	0	0	0	AUDREY
33	1967	10	45.7	1.7	5	1011	9.6	0	0	0	0	0	0	0	FERN
34	2005	7	45.6	2.7	6.3	1010	2.4	0	0	0	0	0	0	0	EMILY
35	1988	9	43.1	1.4	4.6	1011	25.8	0	0	0	0	0	0	0	DEBBY
36	1956	9	43	1.4	4.6	1010	22.8	0	0	0	0	0	0	0	DORA
37	1961	11	43	2.3	5.9	1012	6	0	0	0	0	0	0	0	HATTIE
38	1978	9	39.6	1.8	5.2	1012	14.4	0	0	0	0	0	0	0	GRETA
39	1971	9	38.2	1.1	4.1	1011	9.6	0	0	0	0	0	0	0	EDITH
40	1954	9	37.6	1.5	4.8	1011	19.2	0	0	0	0	0	0	0	FLORENCE
41	1960	7	35.8	1.8	5.2	1013	4.2	0	0	0	0	0	0	0	ABBY
42	1993	6	35.3	1	3.9	1012	4.8	0	0	0	0	0	0	0	ARLENE
43	2005	8	35	1.2	4.3	1012	5.4	0	0	0	0	0	0	0	JOSE
44	1971	11	34.6	0	0	1012	0.6	0	0	0	0	0	0	0	LAURA
45	1956	7	33.7	1.2	4.2	1011	5.4	0	0	0	0	0	0	0	ANNA

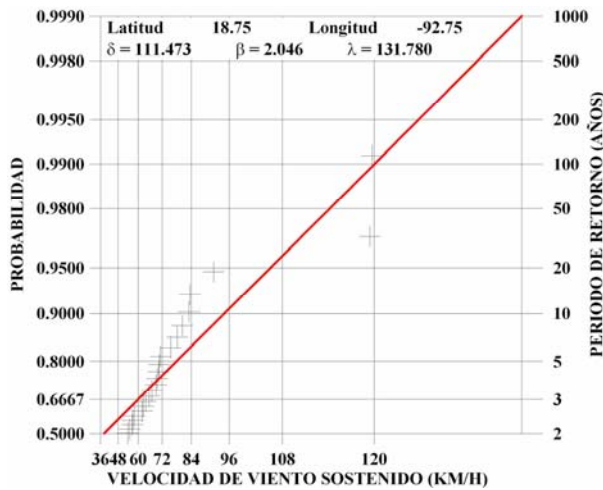


Figura 5-24 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

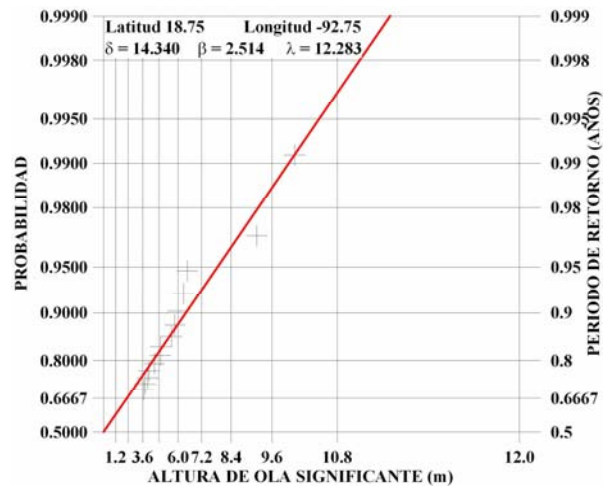


Figura 5-25 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

5.2.9 Veracruz, Veracruz.

Veracruz municipio y ciudad, es la más importante del estado de Veracruz, y tiene uno de los puertos más importantes de México. El municipio tiene 568 313 habitantes, y la ciudad aproximadamente 1 000 000, tiene una altitud de de 1 msnm, latitud de 19° 12' 00" N y Longitud: 096° 07' 59" O

En las costas de Veracruz han afectado sólo 33 ciclones tropicales de los cuales sólo uno, Stan 2005, llegó a alcanzar vientos asociados a huracán clase 1, y 12 afectaron como tormentas tropicales y 20 como depresiones tropicales. La persistencia de Stan, 2005, fue de 46.8 como depresión tropical o superior, 31 horas como tormenta tropical o superior y 12 horas como huracán clase 1 o superior. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: como depresión tropical o superior (21.6 y 93.6 horas) y como tormenta tropical o superior (24.2 y 73 horas), ver Tabla 5-9. Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 5-26 y la Figura 5-27, respectivamente.

Tabla 5-9 Ciclones tropicales que han afectado las costas de la ciudad de Veracruz.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	2005	10	112	9.6	12	979	46.8	31	12	0	0	0	0	STAN
2	1955	9	103	5.8	9.3	998.6	30.6	28	0	0	0	0	0	JANET
3	1950	10	91.1	4.8	8.5	1003	39.6	22	0	0	0	0	0	ITEM
4	2003	10	84.9	7.1	10	995	122	73	0	0	0	0	0	LARRY

5	1980	9	83.6	6.6	9.9	993	63.6	35	0	0	0	0	0	HERMINE
6	1973	8	82.1	4.4	8.1	1006	32.4	22	0	0	0	0	0	BRENDA
7	1961	11	81.9	4.6	8.3	1005	48.6	44	0	0	0	0	0	INGA
8	1979	9	67.9	3	6.7	1007	36.6	19	0	0	0	0	0	HENRI
9	1949	9	60.7	2.9	6.6	1008	31.8	17	0	0	0	0	0	Sin nombre
10	1999	8	59.8	2.5	6.1	1009	46.8	14	0	0	0	0	0	BRET
11	1974	9	59	3	6.6	1011	19.8	5.4	0	0	0	0	0	FIFI
12	1998	11	58.2	4.1	7.8	1004	45	6	0	0	0	0	0	MITCH
13	1955	9	58.1	3.3	7	1008	19.2	5.4	0	0	0	0	0	HILDA
14	1995	10	54.9	3	6.6	1009	93.6	0	0	0	0	0	0	ROXANNE
15	1995	10	53.9	2.8	6.5	1009	34.8	0	0	0	0	0	0	OPAL
16	1993	9	50.6	2.2	5.7	1009	38.4	0	0	0	0	0	0	GERT
17	1969	10	50.4	2.9	6.5	1011	11.4	0	0	0	0	0	0	LAURIE
18	2005	8	50	1.9	5.3	1010	22.8	0	0	0	0	0	0	JOSE
19	1996	8	49.5	1.8	5.2	1010	21	0	0	0	0	0	0	DOLLY
20	2000	10	48.5	1.7	5	1009	23.4	0	0	0	0	0	0	KEITH
21	1990	8	47.9	1.9	5.3	1009	21	0	0	0	0	0	0	DIANA
22	1954	9	46.6	1.8	5.2	1010	27.6	0	0	0	0	0	0	FLORENCE
23	1949	10	45.6	1.5	4.8	1010	25.2	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
24	1984	9	44.9	1.6	4.8	1011	36	0	0	0	0	0	0	EDOUARD
25	1951	9	39.8	1.3	4.4	1011	15	0	0	0	0	0	0	GEORGE
26	2005	6	38.9	1.2	4.3	1012	25.2	0	0	0	0	0	0	BRET
27	2001	10	38.2	1.8	5.1	1013	2.4	0	0	0	0	0	0	IRIS
28	1951	8	36.2	2	5.5	1010	0.6	0	0	0	0	0	0	CHARLIE
29	1956	7	35.7	1.2	4.2	1011	5.4	0	0	0	0	0	0	ANNA
30	1988	9	35.5	1.4	4.6	1011	13.2	0	0	0	0	0	0	DEBBY
31	2001	8	35.2	1.2	4.2	1013	0.6	0	0	0	0	0	0	CHANTAL
32	1956	9	35.1	1.3	4.3	1011	7.8	0	0	0	0	0	0	DORA
33	1978	9	34.8	1.4	4.6	1013	6.6	0	0	0	0	0	0	GRETA

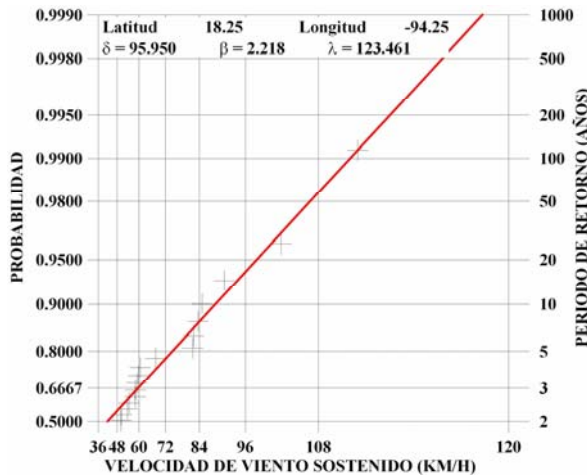


Figura 5-26 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

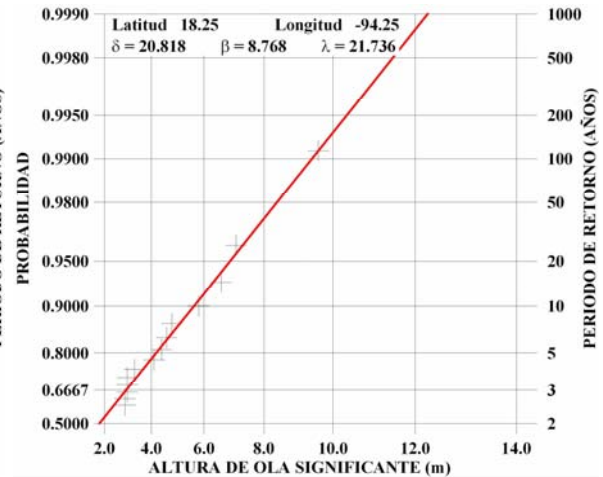


Figura 5-27 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

5.2.10 Altamira – Tampico, Tamaulipas.

En la Tabla 5-10 se presentan los ciclones tropicales que han afectado al puerto de Tampico y como se puede observar sólo un ciclón tropical, Hilda 1955, ha afectado al puerto de Tampico con vientos asociados a huracán clase 3, uno llegó a generar vientos de huracán clase 2, Charlie 1955, cinco generaron vientos de huracán clase 1 (Inez 1966, Gert 1993, Keith 2000, Anita 1977, y Dolly en 1996), 25 llegaron a afectar como tormentas tropicales y 12 como depresiones tropicales. La persistencia de Hilda en 1955 duró 39 horas como depresión tropical o superior, 31 horas como tormenta tropical o superior, 14 horas como huracán clase 1 o superior, 5.4 horas como huracán clase 2 o superior, y 0.6 horas como huracán clase 3 o superior. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: como depresión tropical o superior (16.85 y 24.6 horas), como tormenta tropical o superior (21.55 y 56 horas) y como huracán clase 1 o superior (8.44 y 20 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 5-28 y la Figura 5-29, respectivamente.

Tabla 5-10 Ciclones tropicales que han afectado al puerto de Altamira, Tampico

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1955	9	157	13	14	952	39	31	14	5.4	0.6	0	0	HILDA
2	1951	8	154	12	14	950	40.8	35	17	9	0	0	0	CHARLIE
3	1966	10	135	10	12	961	48	46	20	0	0	0	0	INEZ
4	1993	9	120	8.2	11	995.3	28.2	23	7.2	0	0	0	0	GERT
5	2000	10	119	10	12	980	30.6	23	7.2	0	0	0	0	KEITH

6	1977	9	116	6.4	9.7	995.6	34.2	25	6.6	0	0	0	0	ANITA
7	1996	8	106	9.5	12	989	25.8	15	1.2	0	0	0	0	DOLLY
8	1988	9	99.5	5.1	8.7	999.5	27	23	0	0	0	0	0	GILBERT
9	1956	7	97.5	8.4	11	991	23.4	19	0	0	0	0	0	ANNA
10	1967	10	96.7	7.3	10	987	35.4	25	0	0	0	0	0	FERN
11	1949	9	96.6	5.1	8.7	1002	70.8	56	0	0	0	0	0	Sin nombre
12	1955	9	95.8	6.9	10	989	41.4	33	0	0	0	0	0	GLADYS
13	1970	9	95	4.6	8.3	1001	33.6	23	0	0	0	0	0	ELLA
14	1990	8	92.5	5	8.6	1004	25.8	17	0	0	0	0	0	DIANA
15	1959	6	90.1	6.7	10	991	62.4	54	0	0	0	0	0	BEULAH
16	1975	9	89.2	4.3	8	1003	43.8	27	0	0	0	0	0	CAROLINE
17	2005	7	88	5.9	9.4	1004	40.8	36	0	0	0	0	0	EMILY
18	1967	9	86.8	5.9	9.4	1003	29.4	29	0	0	0	0	0	BEULAH
19	1995	8	83.4	4.9	8.6	1002	44.4	35	0	0	0	0	0	GABRIELLE
20	1988	9	82.5	4.2	7.9	1006	39	20	0	0	0	0	0	DEBBY
21	1955	9	77.5	5.7	9.2	1007	21.6	22	0	0	0	0	0	JANET
22	1956	9	76.4	3.6	7.3	1006	34.2	16	0	0	0	0	0	DORA
23	1971	9	69.5	3.2	6.9	1007	46.8	29	0	0	0	0	0	EDITH
24	1954	9	68.6	3.1	6.8	1008	31.2	14	0	0	0	0	0	FLORENCE
25	1951	9	68.3	5.4	9	1003	29.4	14	0	0	0	0	0	GEORGE
26	1961	11	68	2.9	6.6	1008	40.8	20	0	0	0	0	0	INGA
27	1950	10	65.6	4.3	8	1008	16.8	16	0	0	0	0	0	ITEM
28	2005	7	60.8	4.5	8.2	1005	15.6	4.8	0	0	0	0	0	GERT
29	1978	8	58.2	3.3	7	1010	25.2	1.8	0	0	0	0	0	BESS
30	1954	6	56.9	2	5.5	1008	20.4	1.2	0	0	0	0	0	ALICE
31	1999	8	55.8	3	6.7	1007	28.2	1.2	0	0	0	0	0	BRET
32	2005	6	55.6	3.7	7.5	1007	16.8	1.8	0	0	0	0	0	BRET
33	1949	10	54.3	2.4	6	1008	16.8	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
34	1998	9	53.6	2	5.4	1010	14.4	0	0	0	0	0	0	FRANCES
35	1980	8	51.2	4.3	8	1007	11.4	0	0	0	0	0	0	ALLEN
36	1958	6	50.3	1.6	4.9	1009	13.8	0	0	0	0	0	0	ALMA
37	1966	9	48.8	1.8	5.1	1011	24.6	0	0	0	0	0	0	HALLIE
38	1996	10	48.8	1.8	5.2	1010	19.8	0	0	0	0	0	0	JOSEPHINE
39	1979	9	48.3	2.1	5.6	1010	45.6	0	0	0	0	0	0	HENRI
40	1984	9	44.1	1.5	4.7	1011	30.6	0	0	0	0	0	0	EDOUARD
41	1950	10	42	1.7	5.1	1008	11.4	0	0	0	0	0	0	HOW
42	2003	10	35.7	1.5	4.7	1012	7.2	0	0	0	0	0	0	LARRY
43	1983	8	35.4	1.1	4	1010	4.8	0	0	0	0	0	0	BARRY
44	2003	8	34.1	0.9	3.7	1010	1.8	0	0	0	0	0	0	ERIKA

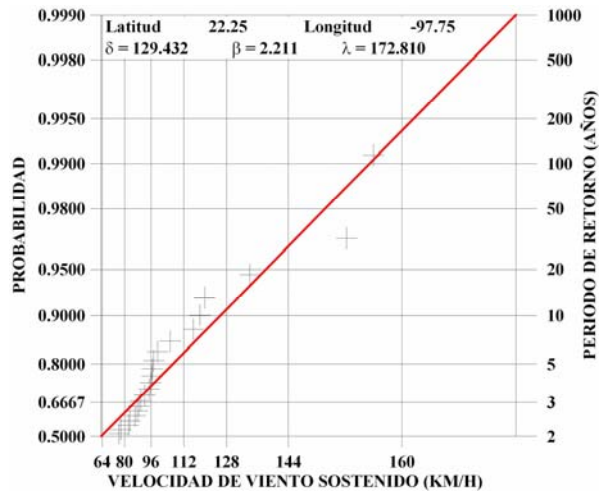


Figura 5-28 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

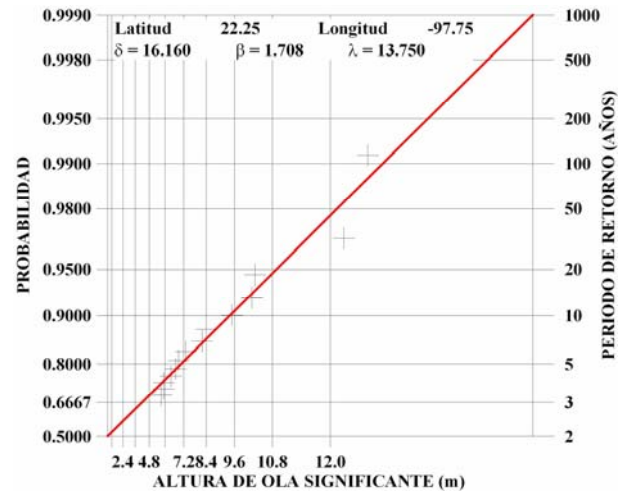


Figura 5-29 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

CAPÍTULO VI

6 VERTIENTE PACÍFICA

La vertiente Pacífica mexicana posee características similares a las zonas montañosas cercanas a él, la actividad volcánica, movimientos sísmicos que originan fallas, relieve accidentado y una plataforma continental menos amplia que su similar del Atlántico, a excepción del litoral del Golfo de Tehuantepec, lo que permite que cada región presente sus propios paisajes. Por su profundidad existen aquí diversos puertos de gran cantidad de toneladas de carga y re practican diversas actividades como la agricultura y la pesca.

6.1 Eventos más significativos que han afectado la vertiente atlántica

Para la vertiente Pacífica al igual que para la vertiente Atlántica los eventos más representativos son aquellos ciclones tropicales que alcanzaron a generar vientos asociados a huracán clase 1 o superior y por la misma razón de que son muchos, sólo se presentan los ciclones tropicales de clase 2 o superior, como vemos, de éste lado de la República los huracanes registrados con mayor intensidad han sido de clase 3 siendo Madeline en 1976 y Pauline en 1997, afectando ambos al sur del país, principalmente a Chiapas y Oaxaca, tenemos a Liza 1976 que junto con Paul 1982 y Calvin 1993 de sur a norte del País afectando un área mucho mayor al resto de los ciclones tropicales registrados.

En la

Figura 6-1,

Figura 6-2, Figura 6-3, Figura 6-4, Figura 6-5, Figura 6-6 y Figura 6-7 se presentan los (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por los huracanes Liza (1976), Madeline (1976), Paul (1982), Kiko (1989), Virgil (1992), Calvin (1993) y Paulina (1997), respectivamente.

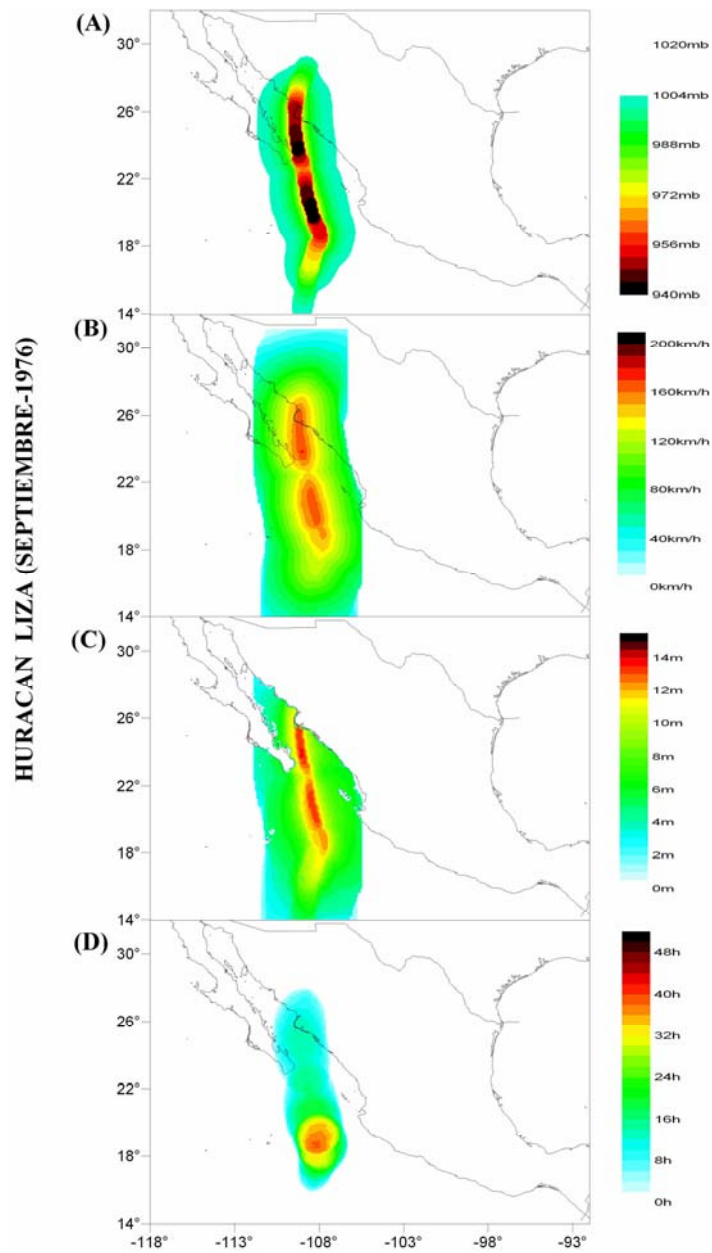


Figura 6-1 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Liza

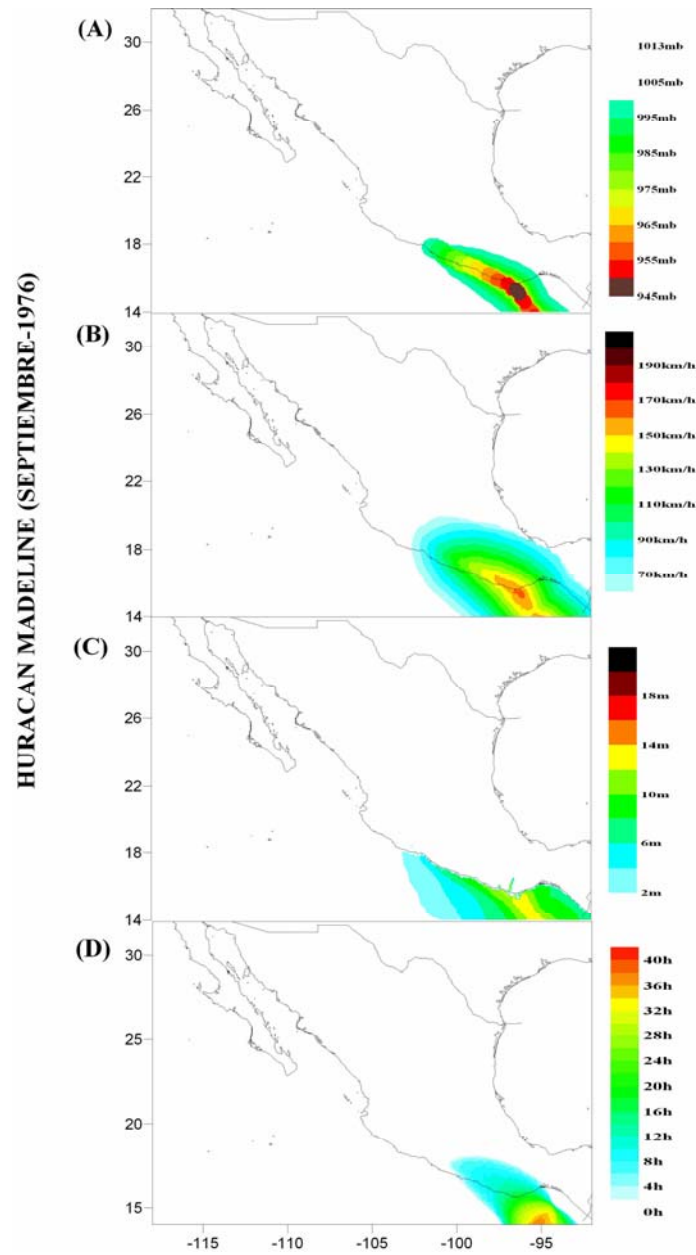


Figura 6-2 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Madeline

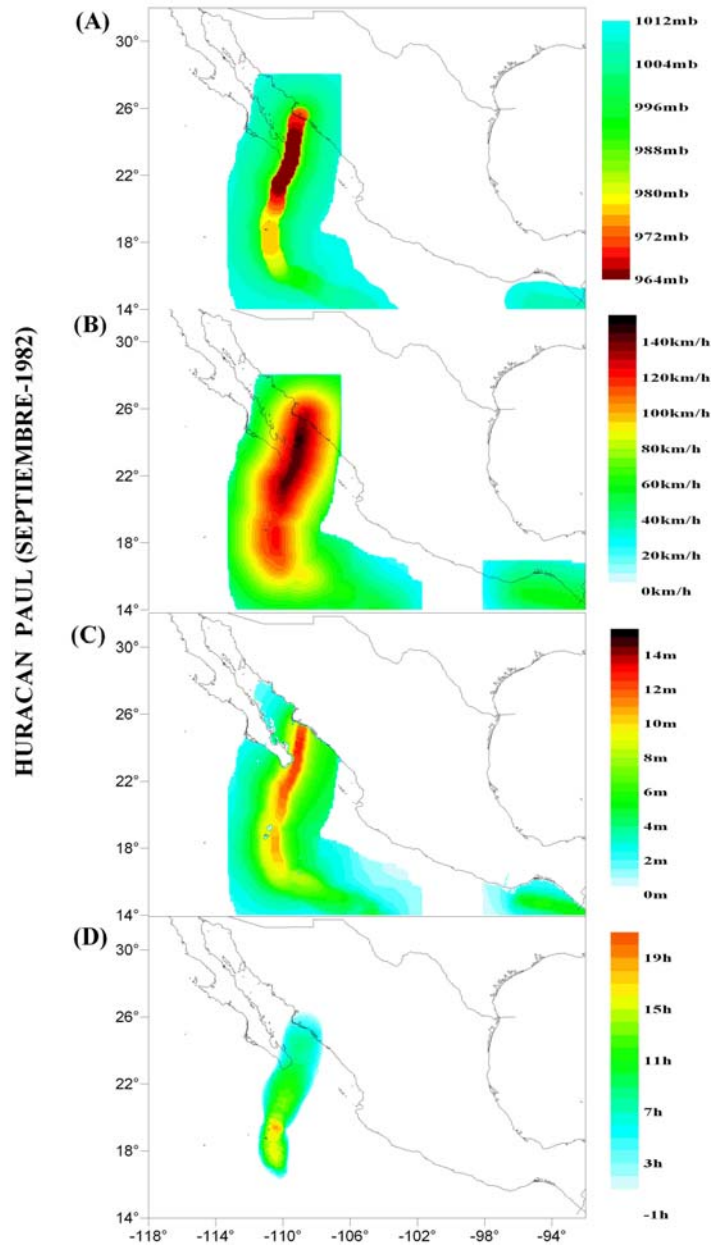


Figura 6-3 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Paul

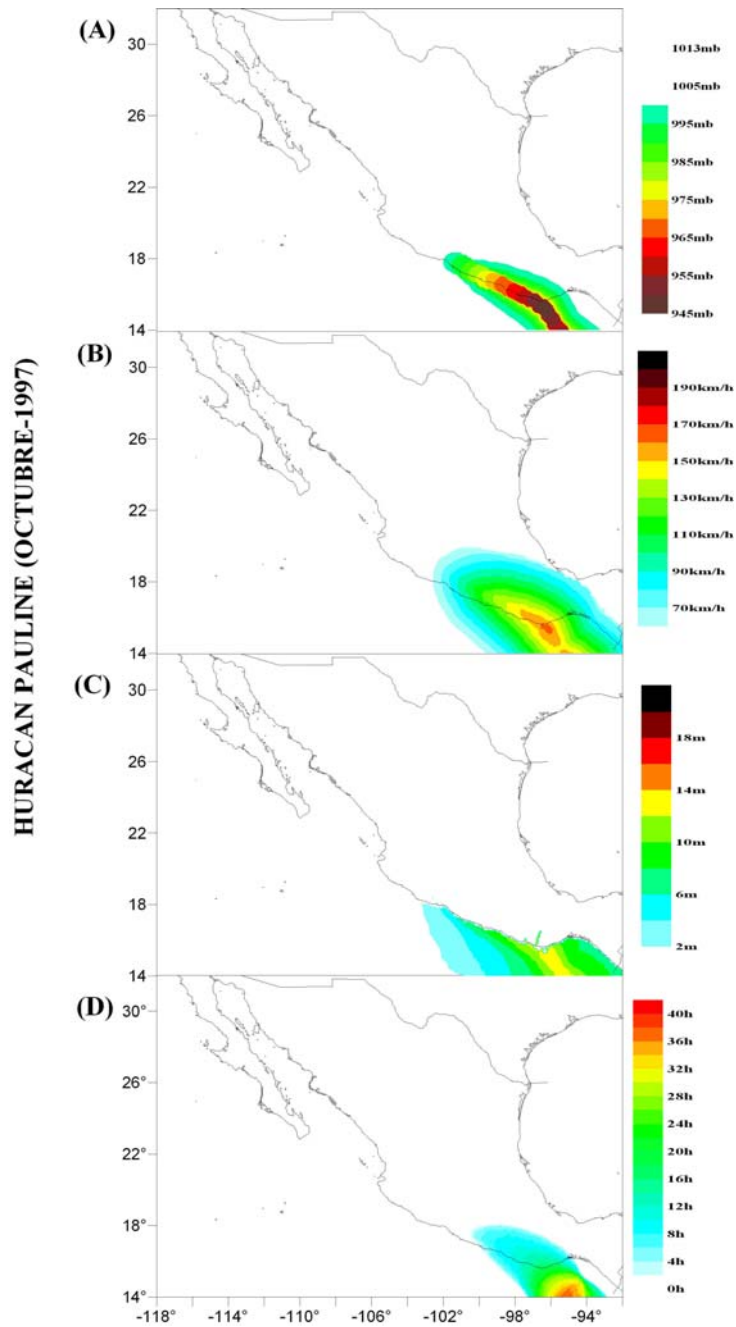


Figura 6-4 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Pauline

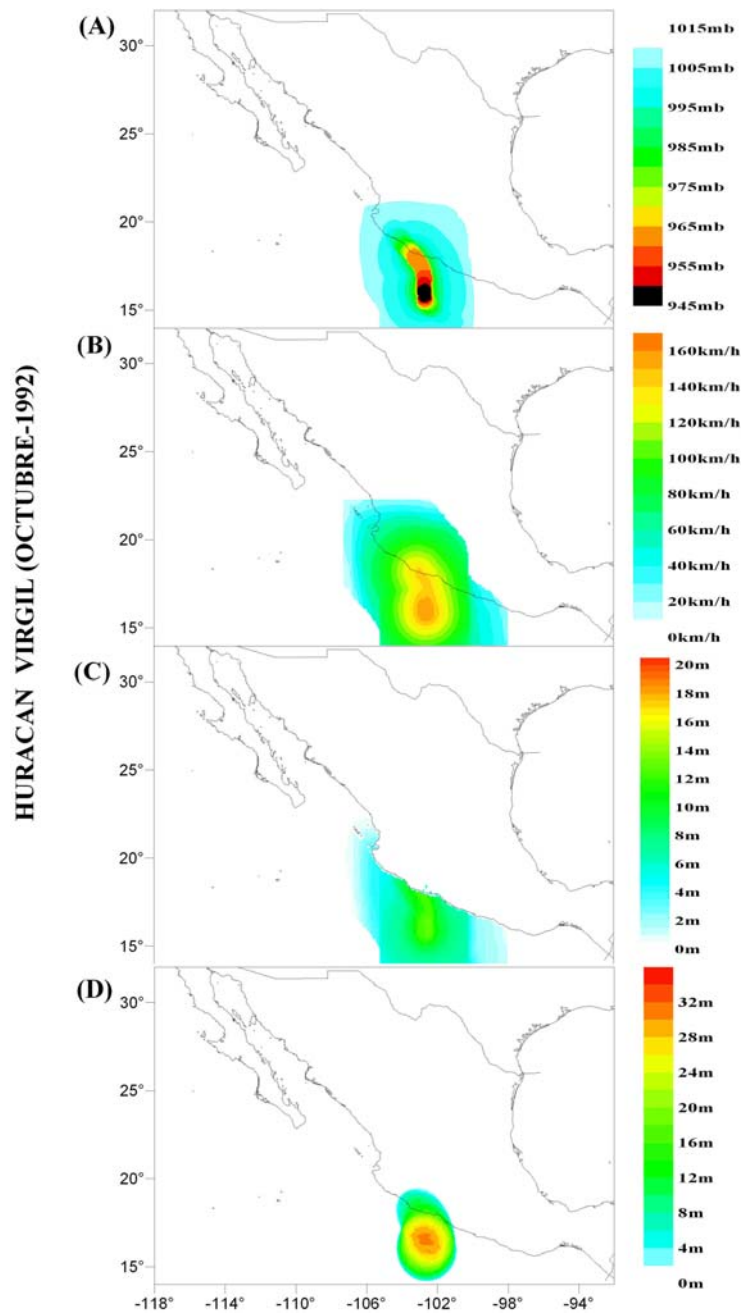


Figura 6-5 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Virgil

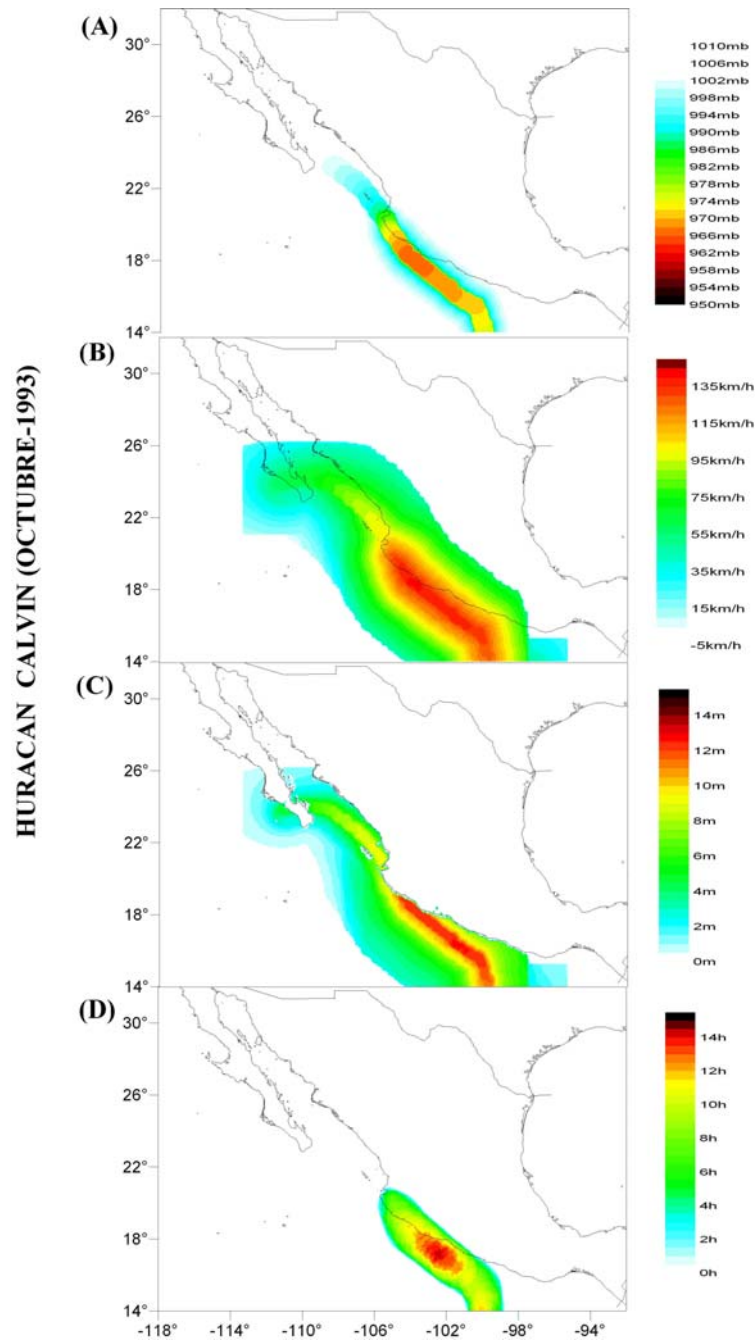


Figura 6-6 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Calvin

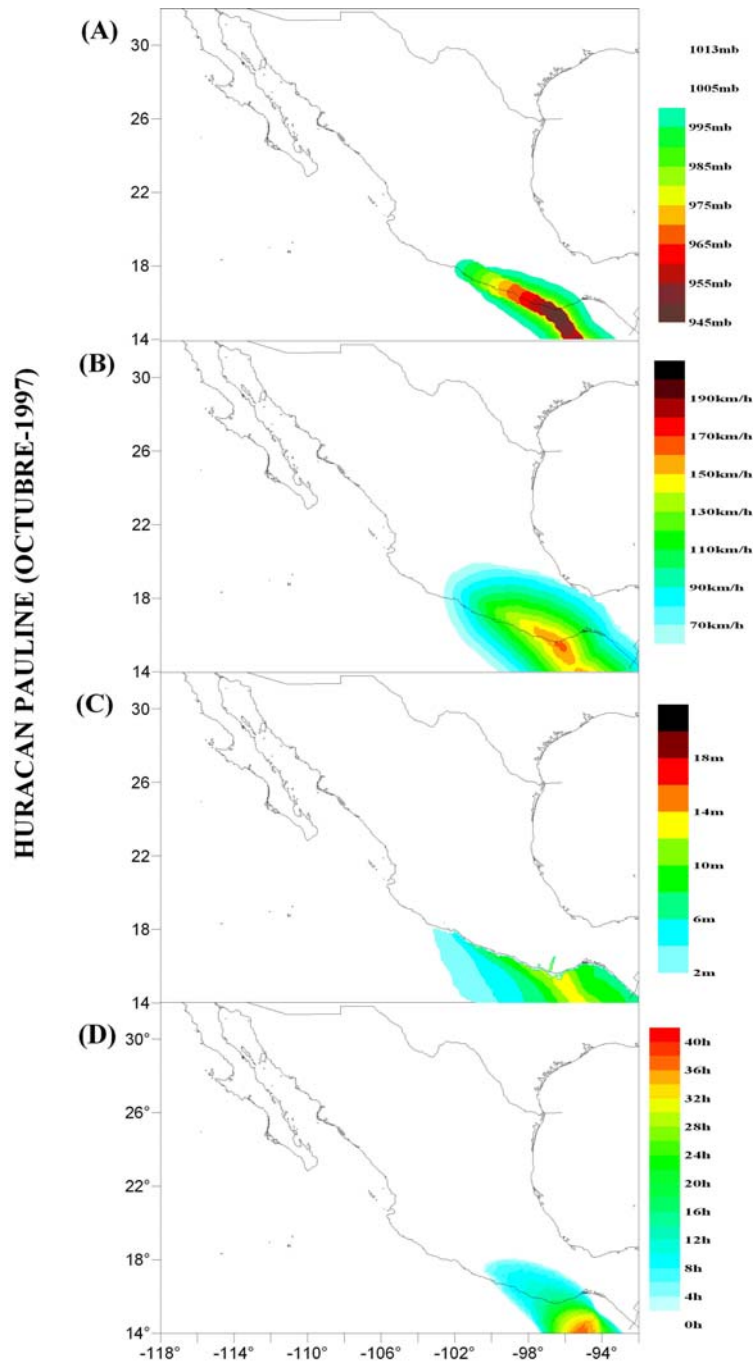


Figura 6-7 (A) Campo de presiones, (B) Campo de velocidades máximas de viento sostenido por 8 min. (C) Altura de ola significativa y (D) Persistencia como huracán clase 1 o superior inducida por el huracán Pauline

6.2 Eventos más importantes que han afectado a la vertiente Pacífica.

Del lado del Pacífico se presentan ciclones con mucha frecuencia, dentro de los eventos más importantes destacan los huracanes Pauline (1997) y Madeline (1976) que han sido los de mayor intensidad clasificados con intensidad 3 y los huracanes Calvin (1993), Virgil (1992), Paul (1982), Kilo (1989) y Liza (1976) que generaron vientos asociados a huracán clase 2, esto hace que se conviertan en eventos importantes.

6.2.1 Puerto Madero, Chiapas.

En la Tabla 6-1 se presentan los ciclones tropicales que han afectado a Puerto Madero. De esta tabla se puede observar sólo que solo un huracán clase uno, Estelle 1960, ha afectado a Puerto Madero con vientos asociados y 27 afectaron como tormenta tropical o y 9 como depresiones tropicales. La persistencia de Estelle, 1960, fue de 24.6 horas como depresión tropical o superior, 25 horas como tormenta tropical o superior y 3.6 horas como huracán clase 1. Las persistencias medias y máximas que se han registrado son: como tormenta tropical o superior (6.73 y 10.8 horas) y como tormenta tropical o superior (19.57 y 62 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 6-8 y la Figura 6-9, respectivamente.

Tabla 6-1 Ciclones tropicales que han afectado a Puerto Madero, Chiapas.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1960	9	107	7.9	11	1001	24.6	25	3.6	0	0	0	0	ESTELLE
2	1997	10	98	7.9	11	1004	36	36	0	0	0	0	0	PAULINE
3	1971	10	91.8	6.1	9.5	1005	35.4	32	0	0	0	0	0	OLIVIA
4	1978	9	90.9	6.1	9.5	1004	72	62	0	0	0	0	0	OLIVIA
5	1959	9	90.2	6.6	9.9	1007	8.4	8.4	0	0	0	0	0	Sin nombre
6	1996	8	88.7	6.2	9.7	1007	16.8	14	0	0	0	0	0	DOUGLAS
7	1998	10	84.8	5.2	8.8	1006	51.6	40	0	0	0	0	0	LESTER
8	1997	10	84.4	5.4	9	1005	53.4	41	0	0	0	0	0	OLAF
9	1970	9	84	5.8	9.3	1005	31.2	20	0	0	0	0	0	ORLENE
10	1958	6	79.7	7.2	10	999	45	27	0	0	0	0	0	Sin nombre
11	1951	6	78	5.9	9.4	1009	1.2	1.2	0	0	0	0	0	not named
12	1996	7	77.8	4.8	8.4	1009	15.6	14	0	0	0	0	0	CRISTINA
13	1954	11	77	5.8	9.3	1008	15.6	16	0	0	0	0	0	Sin nombre
14	1954	7	75.8	4.7	8.4	1007	8.4	8.4	0	0	0	0	0	Sin nombre
15	1960	9	75.3	5.8	9.3	1009	9	9	0	0	0	0	0	FERNANDA
16	1997	6	74.3	6.1	9.5	998	48	30	0	0	0	0	0	ANDRES
17	1954	10	73.7	5.9	9.3	999	54	40	0	0	0	0	0	Sin nombre
18	1988	11	71.5	4.7	8.4	1008	43.8	30	0	0	0	0	0	MIRIAM
19	1961	11	70.9	4.3	8	1009	16.8	13	0	0	0	0	0	SIMONE
20	2001	10	70.7	4.3	8	1010	17.4	10	0	0	0	0	0	JULIETTE

21	1997	11	67	3.8	7.6	1009	11.4	10	0	0	0	0	0	RICK
22	1969	7	65.5	3.8	7.5	1010	10.8	4.2	0	0	0	0	0	AVA
23	1954	6	64.5	3.6	7.3	1010	29.4	20	0	0	0	0	0	Sin nombre
24	1973	9	61.9	3.1	6.8	1010	29.4	20	0	0	0	0	0	HEATHER
25	1988	6	59	3.2	6.9	1011	19.2	7.2	0	0	0	0	0	BUD
26	1971	6	58.1	3.1	6.8	1011	19.8	6	0	0	0	0	0	BRIDGET
27	1987	8	57.3	3.2	6.9	1011	20.4	4.8	0	0	0	0	0	IRWIN
28	1982	9	56.5	3.9	7.6	1011	25.8	3.6	0	0	0	0	0	PAUL
29	2005	5	53.2	3.8	7.6	1010	4.2	0	0	0	0	0	0	ADRIAN
30	1971	5	50.5	2.8	6.5	1012	9.6	0	0	0	0	0	0	AGATHA
31	1960	6	48.6	2.4	5.9	1011	4.8	0	0	0	0	0	0	ANNETTE
32	2000	6	48.4	2.6	6.3	1012	10.8	0	0	0	0	0	0	CARLOTTA
33	1997	6	46.6	2.2	5.7	1012	7.2	0	0	0	0	0	0	BLANCA
34	1984	6	46	2.9	6.5	1012	4.2	0	0	0	0	0	0	BORIS
35	1971	10	37.8	2	5.4	1013	5.4	0	0	0	0	0	0	PRISCILLA
36	1973	7	36.5	1.6	4.9	1013	10.2	0	0	0	0	0	0	FLORENCE
37	1993	6	34.8	1.5	4.7	1013	4.2	0	0	0	0	0	0	BEATRIZ

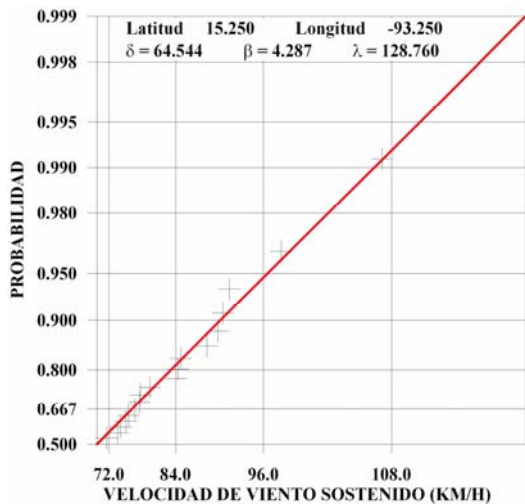


Figura 6-8 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

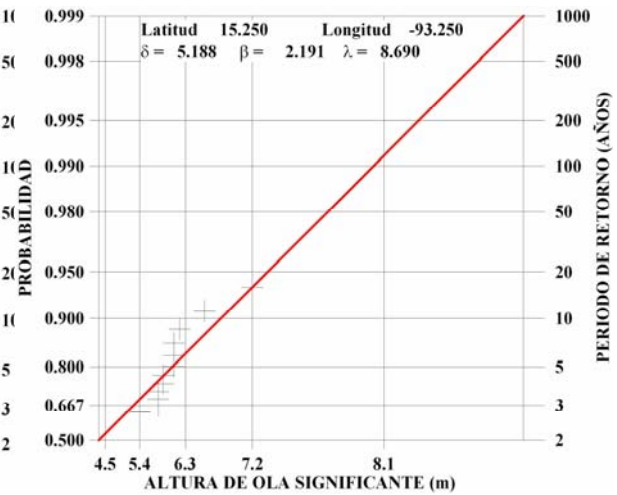


Figura 6-9 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

6.2.2 Santa María Huatulco, Oaxaca.

En la Tabla 6-2 se muestran los ciclones tropicales que han afectado las costas de Santa María Huatulco. A partir de esta tabla se puede distinguir que sólo un huracán clase tres, Pauline en 1997, llegó a afectar esta zona, tres llegaron a generar vientos de huracán clase uno (Rick 1997, Lester 1998, Estelle 1960), 34 llegaron a perturbar como tormenta tropical y 28 como depresión tropical. La persistencia de Pauline, 1997, fue de 43.2 horas como

depresión tropical y 43 horas como tormenta tropical. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: como depresión tropical o superior (9.64 y 24.6 horas), como tormenta tropical o superior (17.08 y 62 horas), y como huracán clase 1 o superior (7.13 y 13 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 6-10 y la Figura 6-11, respectivamente.

Tabla 6-2 Ciclones tropicales que han afectado a Sta. Ma. Huatulco.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1997	10	159	13	14	975.2	43.2	43	22	7.2	1.8	0	0	PAULINE
2	1997	11	111	11	13	985	19.8	17	3	0	0	0	0	RICK
3	1998	10	110	7.8	11	999.1	60	50	13	0	0	0	0	LESTER
4	1960	9	109	8.1	11	1000	31.2	31	5.4	0	0	0	0	ESTELLE
5	1951	6	104	7.5	11	1004	10.8	11	0	0	0	0	0	Sin nombre
6	1971	6	102	7	10	1002	28.2	22	0	0	0	0	0	BRIDGET
7	1996	7	101	9.5	12	991	24.6	17	0	0	0	0	0	CRISTINA
8	1954	10	91	5.9	9.4	1005	19.8	20	0	0	0	0	0	Sin nombre
9	1959	9	90.4	6.4	9.8	1007	18.6	19	0	0	0	0	0	Sin nombre
10	1996	8	89.2	6.6	9.9	1007	16.8	17	0	0	0	0	0	DOUGLAS
11	1978	9	87.2	6.3	9.7	999.9	71.4	62	0	0	0	0	0	OLIVIA
12	1954	7	85.4	5.5	9.1	1006	30.6	31	0	0	0	0	0	Sin nombre
13	1971	10	82.6	5.5	9	1007	31.2	31	0	0	0	0	0	OLIVIA
14	1997	10	80.5	4.9	8.6	1003	54	41	0	0	0	0	0	OLAF
15	1970	9	77.3	5.1	8.7	1004	40.8	22	0	0	0	0	0	ORLENE
16	1954	6	76.9	6.7	10	999	57.6	38	0	0	0	0	0	Sin nombre
17	1960	9	73.8	5.5	9.1	1009	8.4	8.4	0	0	0	0	0	FERNANDA
18	2000	11	73.2	6.6	9.9	1001	32.4	17	0	0	0	0	0	ROSA
19	1988	6	72.8	5.1	8.7	1008	24.6	14	0	0	0	0	0	BUD
20	1961	11	71.8	6	9.5	1000	16.8	12	0	0	0	0	0	SIMONE
21	1954	11	71.4	5.5	9	1009	6.6	6.6	0	0	0	0	0	Sin nombre
22	1956	6	70.5	5.1	8.7	1009	10.8	11	0	0	0	0	0	Sin nombre
23	1971	10	70.3	4.8	8.5	1009	12.6	13	0	0	0	0	0	PRISCILLA
24	1993	6	70	3.9	7.6	1008	42	23	0	0	0	0	0	BEATRIZ
25	1973	9	69.9	5.5	9.1	999	29.4	22	0	0	0	0	0	HEATHER
26	2003	6	69	3.7	7.4	1009	34.8	13	0	0	0	0	0	CARLOS
27	2001	10	68.4	4.1	7.9	1010	21	14	0	0	0	0	0	JULIETTE
28	1997	6	68.1	4.8	8.4	1009	18	9	0	0	0	0	0	BLANCA
29	1958	6	67	4.9	8.6	999	31.2	19	0	0	0	0	0	Sin nombre
30	1987	8	65.9	3.6	7.3	1010	29.4	17	0	0	0	0	0	IRWIN
31	1984	6	65.3	4	7.7	1009	33	16	0	0	0	0	0	BORIS
32	1950	6	65.1	4.2	7.9	1009	5.4	5.4	0	0	0	0	0	not named
33	2000	6	60.8	3.4	7.1	1011	18.6	11	0	0	0	0	0	CARLOTTA
34	1960	6	57.9	3	6.7	1011	22.2	12	0	0	0	0	0	ANNETTE

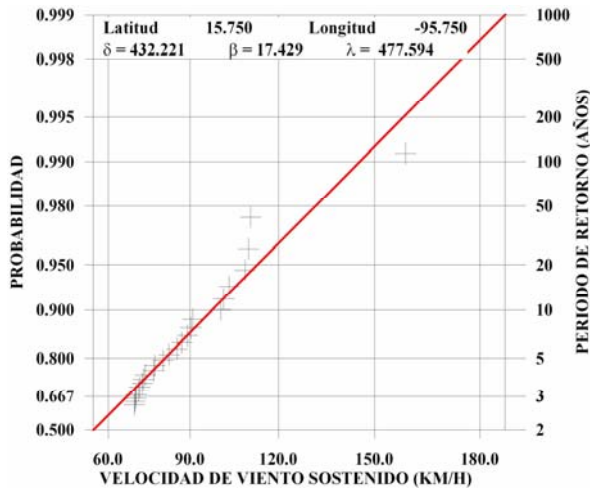


Figura 6-10 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

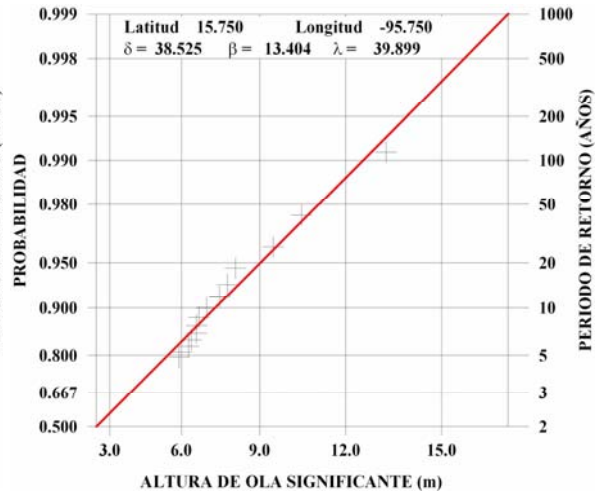


Figura 6-11 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

6.2.3 Acapulco de Juárez, Guerrero.

En la Tabla 6-3 se presentan los ciclones tropicales que afectado las costas de Acapulco. Como se puede observar 10 eventos (Pauline 1997, Bridget 1971, Odile 1984, Estelle 1960, Boris 1996, Caivin 1993 y 5 que no recibieron nombre) llegaron a generar vientos asociados a huracán calase 1, 78 llegaron a afectar como tormentas tropicales y 50 como depresiones tropicales. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: como depresión tropical o superior (9.91 y 43.8 horas), como tormenta tropical o superior (14.86 y 44 horas) y como huracán clase 1 (8.1 y 13 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 6-12 y la Figura 6-13, respectivamente.

Tabla 6-3 Ciclones tropicales que han afectado al centro turístico de Acapulco de Juárez.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1997	10	124	8.9	12	974	25.2	19	7.2	0	0	0	0	PAULINE
2	1951	6	123	12	13	980	19.2	19	7.2	0	0	0	0	Sin nombre
3	1971	6	122	11	13	978	22.8	23	7.8	0	0	0	0	BRIDGET
4	1984	9	119	8.6	11	993.4	43.8	40	13	0	0	0	0	ODILE
5	1957	9	119	11	13	980	36	36	11	0	0	0	0	Sin nombre
6	1960	9	113	8.5	11	999.9	26.4	26	4.8	0	0	0	0	ESTELLE
7	1996	7	113	10	12	994.9	36.6	26	6.6	0	0	0	0	BORIS
8	1993	7	113	7.9	11	999.9	21	21	5.4	0	0	0	0	CALVIN
9	1956	6	112	8.4	11	998.6	21	21	6.6	0	0	0	0	Sin nombre

10	1950	6	112	9.4	12	993.4	75.6	76	12	0	0	0	0	Sin nombre
11	1974	6	103	8.6	11	983	32.4	32	0	0	0	0	0	DOLORES
12	1979	6	103	9.3	12	988	35.4	32	0	0	0	0	0	ANDRES
13	1958	10	102	6.9	10	1001	25.8	26	0	0	0	0	0	Sin nombre
14	1989	6	101	7.8	11	983	21	18	0	0	0	0	0	COSME
15	1971	10	100	7.9	11	1005	18.6	19	0	0	0	0	0	PRISCILLA
16	1959	9	100	6.6	9.9	1004	25.2	25	0	0	0	0	0	Sin nombre
17	1963	6	99.2	6.5	9.8	1003	36	36	0	0	0	0	0	EMILY
18	1971	5	98.9	6.4	9.8	1003	46.8	44	0	0	0	0	0	AGATHA
19	1974	9	98.7	6.9	10	1003	21	14	0	0	0	0	0	NORMA
20	1960	8	98.3	6.5	9.8	1004	14.4	14	0	0	0	0	0	DIANA
21	1961	11	96.9	6	9.5	1003	28.8	29	0	0	0	0	0	TARA
22	1976	10	96.1	8	11	1004	39	39	0	0	0	0	0	MADELINE
23	2001	6	95.6	8	11	1004	23.4	23	0	0	0	0	0	ADOLPH
24	1997	11	92.9	5.5	9	1000	25.8	21	0	0	0	0	0	RICK
25	1978	6	92.5	6	9.4	1004	33	20	0	0	0	0	0	ALETTA
26	1987	8	91.4	7	10	1004	29.4	23	0	0	0	0	0	IRWIN
27	1996	8	90.4	6.9	10	1007	12	12	0	0	0	0	0	DOUGLAS
28	1973	6	87	6.7	10	1005	25.8	16	0	0	0	0	0	BERNICE
29	1993	9	85.3	6.2	9.6	1007	10.8	11	0	0	0	0	0	LIDIA
30	1998	10	84.4	6.2	9.7	1007	35.4	35	0	0	0	0	0	LESTER
31	1958	7	83.3	7.8	11	999	12.6	9.6	0	0	0	0	0	not named
32	1961	6	82.1	4.9	8.5	1007	37.2	37	0	0	0	0	0	IVA
33	1973	6	80.7	7.2	10	999	20.4	17	0	0	0	0	0	CLAUDIA
34	1965	6	80.5	7.2	10	999	28.2	20	0	0	0	0	0	WALLIE
35	1959	10	80.3	5.2	8.8	1008	19.2	19	0	0	0	0	0	Sin nombre
36	1954	7	79.5	5.7	9.2	1008	12.6	13	0	0	0	0	0	Sin nombre
37	1954	6	79	7	10	999	59.4	33	0	0	0	0	0	Sin nombre
38	1955	7	79	6	9.5	1006	21	14	0	0	0	0	0	Sin nombre
39	1951	8	78.5	5	8.6	1009	4.2	3.6	0	0	0	0	0	Sin nombre
40	1973	7	78.2	4.9	8.5	1008	16.8	15	0	0	0	0	0	EMILY
41	1971	10	77.9	5.9	9.4	1008	7.8	7.8	0	0	0	0	0	OLIVIA
42	1974	9	77.6	7.3	11	1002	19.2	9.6	0	0	0	0	0	ORLENE
43	1960	9	76.6	5.3	8.9	1009	9.6	9.6	0	0	0	0	0	FERNANDA
44	2004	10	75.7	6.5	9.8	1000	31.2	20	0	0	0	0	0	LESTER
45	2000	6	75.1	4.8	8.5	1008	27	24	0	0	0	0	0	CARLOTTA
46	1996	6	72.5	4.3	8	1008	42	26	0	0	0	0	0	ALMA
47	1951	6	71.6	4.6	8.3	1007	14.4	7.8	0	0	0	0	0	Sin nombre
48	1996	10	71.3	3.8	7.5	1009	25.2	17	0	0	0	0	0	HERNAN
49	2001	7	71	4.1	7.8	1010	15	15	0	0	0	0	0	DALILA

50	1973	7	70.6	5.8	9.3	1009	18.6	9	0	0	0	0	0	FLORENCE
51	2001	10	70.6	5.4	8.9	1008	16.2	16	0	0	0	0	0	JULIETTE
52	1983	9	70.4	4.1	7.9	1008	45	22	0	0	0	0	0	LORENA
53	1988	6	69.7	5.7	9.2	1008	15.6	9	0	0	0	0	0	BUD
54	1969	7	69.5	4.2	7.9	1011	13.8	9	0	0	0	0	0	AVA
55	1986	5	69.5	4.1	7.8	1006	29.4	21	0	0	0	0	0	AGATHA
56	1988	6	68.1	3.4	7.2	1008	49.8	34	0	0	0	0	0	ALETTA
57	1968	10	67.4	3.7	7.4	1009	34.2	21	0	0	0	0	0	REBECCA
58	1961	7	67.3	3.8	7.6	1010	15.6	11	0	0	0	0	0	LIZA
59	1953	10	65.9	4.3	8.1	1009	10.8	11	0	0	0	0	0	Sin nombre
60	2003	6	65.4	4.9	8.6	1002	46.2	16	0	0	0	0	0	CARLOS
61	1993	8	65	4.1	7.8	1010	12.6	13	0	0	0	0	0	HILARY
62	2005	7	64.9	6	9.5	1006	27	6	0	0	0	0	0	DORA
63	1971	9	64.7	3.4	7.1	1010	24	12	0	0	0	0	0	LILY
64	1989	8	64.4	3.3	7	1009	27.6	17	0	0	0	0	0	ISMAEL
65	1991	10	64.2	5.6	9.1	1009	2.4	2.4	0	0	0	0	0	KEVIN
66	1995	8	64	4.2	7.9	1010	16.8	7.8	0	0	0	0	0	GIL
67	1997	6	63.1	3.4	7.2	1011	19.8	7.2	0	0	0	0	0	BLANCA
68	1985	6	62.9	3.5	7.3	1010	9.6	4.8	0	0	0	0	0	ANDRES
69	1949	9	62.8	3.3	7	1010	4.8	3	0	0	0	0	0	Sin nombre
70	1952	6	62.5	3.2	6.9	1010	28.2	22	0	0	0	0	0	Sin nombre
71	1954	10	62	4.2	7.9	1010	7.2	7.2	0	0	0	0	0	Sin nombre
72	1971	9	60.3	3.2	6.9	1011	22.2	7.2	0	0	0	0	0	NANETTE
73	1971	8	59.9	3.2	6.9	1011	25.8	10	0	0	0	0	0	KATRINA
74	1984	8	58.8	3	6.7	1010	29.4	7.8	0	0	0	0	0	ISELLE
75	1992	10	58.4	3.3	7	1010	19.8	2.4	0	0	0	0	0	VIRGIL
76	1960	6	58.1	3.1	6.8	1011	17.4	7.2	0	0	0	0	0	ANNETTE
77	1969	9	57.8	2.8	6.5	1011	13.8	9.6	0	0	0	0	0	GLENDA
78	2001	9	57.3	2.9	6.6	1011	17.4	4.2	0	0	0	0	0	IVO
79	1991	10	56.5	2.8	6.4	1011	23.4	4.2	0	0	0	0	0	MARTY
80	2003	10	56.3	3.1	6.8	1011	12.6	5.4	0	0	0	0	0	OLAF
81	1966	6	56.2	2.6	6.2	1010	25.2	3	0	0	0	0	0	ADELE
82	1968	6	56.1	2.6	6.2	1011	3	0.6	0	0	0	0	0	ANNETTE
83	1981	10	55.9	3.7	7.4	1010	7.2	1.8	0	0	0	0	0	OTIS
84	1993	6	55.5	2.4	6	1009	15.6	1.8	0	0	0	0	0	BEATRIZ
85	1975	7	55.4	2.7	6.4	1011	16.2	1.2	0	0	0	0	0	ELEANOR
86	1991	6	55.4	2.8	6.5	1011	24	2.4	0	0	0	0	0	DELORES
87	1967	7	55.2	3.5	7.2	1012	3.6	0.6	0	0	0	0	0	FRANCENE
88	1978	9	55.2	3.4	7.1	1011	7.2	0.6	0	0	0	0	0	NORMAN
89	1967	6	55	2.5	6.1	1011	11.4	0	0	0	0	0	0	BRIDGET

130	2000	9	33.6	1.3	4.4	1013	0.6	0	0	0	0	0	0	LANE
131	2000	11	33.2	1.3	4.4	1012	1.2	0	0	0	0	0	0	ROSA

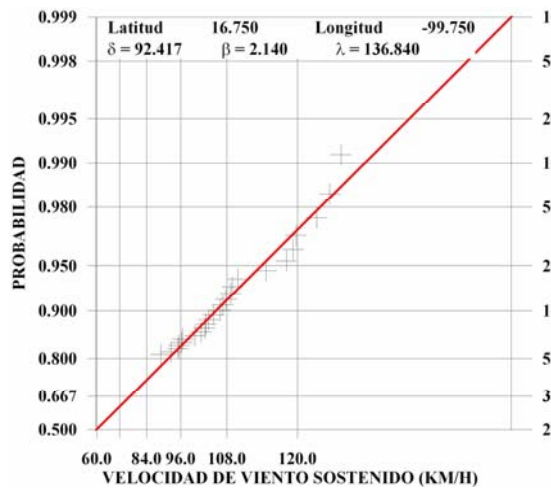


Figura 6-12 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

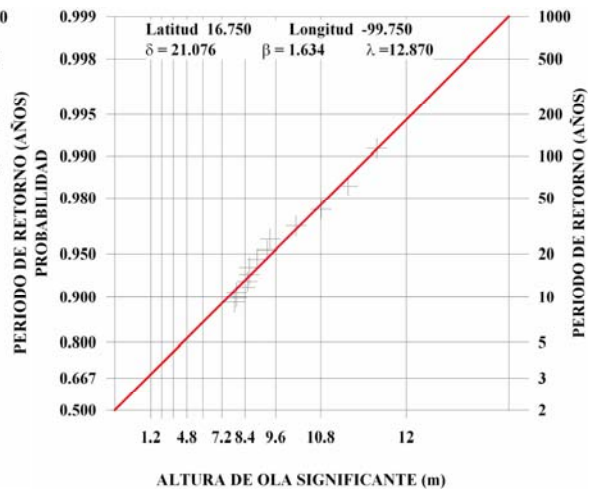


Figura 6-13 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

6.2.4 Ixtapa Zihuatanejo, Guerrero.

Zihuatanejo es un puerto mexicano ubicado en la región Costa Grande del estado de Guerrero en el Municipio José Azueta, conocido también como Ixtapa Zihuatanejo, es un destino turístico y puerto pesquero.

En la Tabla 6-4 se presentan los ciclones tropicales que han afectado a Ixtapa y Zihuatanejo en el estado de Guerrero. Como se puede apreciar fueron 10 los ciclones tropicales que generaron vientos asociados a huracán clase 1, 88 llegaron a afectar como tormentas tropicales y 44 como depresiones tropicales. Las persistencias medias y máximas que se han registrado son: como depresión tropical o superior (11.78 y 56.4 horas), como tormenta tropical o superior (15.75 y 95 horas) y como huracán clase 1 o superior (8.65 y 21 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 6-14 y la Figura 6-15, respectivamente.

Tabla 6-4 Ciclones tropicales que han afectado a Ixtapa Zihuatanejo.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1976	10	133	9.5	12	996.5	34.2	34	15	0	0	0	0	MADELINE
2	1984	9	130	11	13	969	57	52	21	0	0	0	0	ODILE
3	1979	6	126	11	13	974	38.4	32	9.6	0	0	0	0	ANDRES
4	1971	6	123	12	13	980	22.2	22	6.6	0	0	0	0	BRIDGET
5	1996	7	121	11	13	979	34.8	25	8.4	0	0	0	0	BORIS
6	1956	6	120	11	13	980	17.4	17	7.8	0	0	0	0	Sin nombre

7	1993	7	118	8.3	11	998.4	24	24	10	0	0	0	0	CALVIN
8	1957	9	116	10	12	980	36	36	14	0	0	0	0	Sin nombre
9	1961	11	116	10	12	980	38.4	38	13	0	0	0	0	TARA
10	1951	6	110	8.3	11	980	15	15	2.4	0	0	0	0	Sin nombre
11	1971	5	109	7.3	10	999	43.2	41	5.4	0	0	0	0	AGATHA
12	1960	9	108	7.6	11	1002	24	24	3.6	0	0	0	0	ESTELLE
13	1997	10	106	7.6	11	984	24.6	19	1.2	0	0	0	0	PAULINE
14	1950	6	106	7.5	11	998.9	69	69	2.4	0	0	0	0	Sin nombre
15	1959	9	104	7	10	1002	25.2	25	0	0	0	0	0	Sin nombre
16	1961	6	104	7	10	1001	34.2	34	0	0	0	0	0	IVA
17	1992	10	104	7.3	10	1002	54.6	44	0	0	0	0	0	VIRGIL
18	1973	6	103	9.6	12	990	24.6	14	0	0	0	0	0	BERNICE
19	1963	6	103	6.8	10	1001	36	36	0	0	0	0	0	EMILY
20	1958	10	101	6.6	9.9	1002	37.8	38	0	0	0	0	0	Sin nombre
21	1996	6	99	5.8	9.3	1003	117	95	0	0	0	0	0	ALMA
22	1974	9	98.3	8.9	12	991	18	14	0	0	0	0	0	NORMA
23	1978	6	97.3	8.2	11	1001	35.4	25	0	0	0	0	0	ALETTA
24	2001	6	95.9	8.3	11	1005	16.8	17	0	0	0	0	0	ADOLPH
25	1960	8	93.7	6	9.5	1005	19.8	20	0	0	0	0	0	DIANA
26	1959	10	93.5	6.6	9.9	1005	24	24	0	0	0	0	0	Sin nombre
27	1993	9	92.8	7.1	10	1006	10.8	11	0	0	0	0	0	LIDIA
28	1971	10	92.2	7.4	11	1006	16.8	17	0	0	0	0	0	PRISCILLA
29	1996	8	90.2	7.1	10	1007	9.6	9.6	0	0	0	0	0	DOUGLAS
30	1987	8	89.2	6.3	9.7	1005	30.6	25	0	0	0	0	0	IRWIN
31	1996	10	88.9	5.6	9.1	1005	28.2	23	0	0	0	0	0	HERNAN
32	1960	9	86.1	5.6	9.1	1007	15.6	16	0	0	0	0	0	FERNANDA
33	1983	9	85.7	6	9.4	1006	52.2	27	0	0	0	0	0	LORENA
34	1988	6	83.9	5.4	9	1004	60.6	43	0	0	0	0	0	ALETTA
35	1958	7	83.2	7.7	11	999	18	15	0	0	0	0	0	Sin nombre
36	1986	5	80.7	4.6	8.3	1004	31.8	26	0	0	0	0	0	AGATHA
37	1965	6	80.4	7.1	10	999	25.8	17	0	0	0	0	0	WALLIE
38	1974	9	80.4	7.9	11	1002	18.6	9.6	0	0	0	0	0	ORLENE
39	1951	8	80	5.1	8.7	1009	6.6	6	0	0	0	0	0	Sin nombre
40	1974	6	78.9	4.2	7.9	1005	28.8	28	0	0	0	0	0	DOLORES
41	1951	6	78.6	6.9	10	999	21.6	16	0	0	0	0	0	Sin nombre
42	2000	6	77.8	7	10	1007	19.8	20	0	0	0	0	0	CARLOTTA
43	1973	7	77.4	4.9	8.5	1009	16.2	16	0	0	0	0	0	EMILY
44	2001	10	76.5	6.9	10	1007	23.4	23	0	0	0	0	0	JULIETTE
45	1997	11	74.6	4.1	7.8	1006	18	15	0	0	0	0	0	RICK
46	1954	10	74.4	4.7	8.4	1008	11.4	11	0	0	0	0	0	Sin nombre

47	1954	6	74.3	5.3	8.9	1006	52.2	43	0	0	0	0	0	Sin nombre
48	2004	10	74.2	6.2	9.6	1000	23.4	14	0	0	0	0	0	LESTER
49	1953	10	74.1	4.7	8.3	1008	15.6	16	0	0	0	0	0	Sin nombre
50	1968	6	74.1	4.5	8.2	1008	8.4	6	0	0	0	0	0	ANNETTE
51	1989	6	73.6	3.8	7.5	1005	17.4	14	0	0	0	0	0	COSME
52	1954	7	73.5	5.3	8.9	1009	7.8	7.8	0	0	0	0	0	Sin nombre
53	1973	7	73.2	4.6	8.3	1009	17.4	11	0	0	0	0	0	FLORENCE
54	1989	8	72.9	4	7.8	1008	32.4	23	0	0	0	0	0	ISMAEL
55	1998	10	72.6	5.1	8.7	1009	10.2	10	0	0	0	0	0	LESTER
56	1951	5	72	3.3	7	1007	51	23	0	0	0	0	0	Sin nombre
57	2002	9	71.6	4.7	8.4	1008	27	13	0	0	0	0	0	JULIO
58	2001	7	71.3	4.1	7.8	1010	15	15	0	0	0	0	0	DALILA
59	1968	10	71.2	4.3	8	1008	37.2	24	0	0	0	0	0	REBECCA
60	1971	10	70.1	5.5	9.1	1009	4.2	4.2	0	0	0	0	0	OLIVIA
61	1966	10	69.7	4.1	7.8	1009	14.4	9.6	0	0	0	0	0	MAGGIE
62	1966	6	68.7	3.8	7.5	1008	47.4	25	0	0	0	0	0	ADELE
63	1983	10	68.4	4.4	8.1	1008	16.8	13	0	0	0	0	0	TICO
64	1984	7	68.4	6.2	9.6	1009	1.2	1.2	0	0	0	0	0	GENEVIEVE
65	1955	7	67.9	3.7	7.4	1009	24	14	0	0	0	0	0	Sin nombre
66	1960	7	67.7	4.2	7.9	1009	1.2	1.2	0	0	0	0	0	CELESTE
67	1952	6	67.6	3.7	7.4	1009	35.4	18	0	0	0	0	0	not named
68	1991	6	67.6	3.5	7.2	1009	27	18	0	0	0	0	0	DELORES
69	1991	10	67.6	5.6	9.1	1009	4.8	4.8	0	0	0	0	0	KEVIN
70	1993	8	67.6	4.3	8	1009	12.6	13	0	0	0	0	0	HILARY
71	1949	9	66.4	3.6	7.3	1010	9.6	6	0	0	0	0	0	Sin nombre
72	1993	9	66.2	3.6	7.4	1009	31.2	20	0	0	0	0	0	JOVA
73	1971	9	65.4	3.4	7.1	1009	28.8	23	0	0	0	0	0	LILY
74	1967	6	64.8	3.8	7.5	1009	18	14	0	0	0	0	0	BRIDGET
75	1969	9	64.8	3.3	7.1	1010	18.6	14	0	0	0	0	0	GLENDA
76	1993	8	64.8	3.4	7.2	1010	13.8	8.4	0	0	0	0	0	IRWIN
77	1992	6	64.5	3.4	7.1	1009	36	29	0	0	0	0	0	AGATHA
78	1985	6	64.3	3.5	7.2	1010	15	9.6	0	0	0	0	0	ANDRES
79	1984	8	63.8	3.5	7.2	1010	25.2	14	0	0	0	0	0	ISELLE
80	1961	7	63.3	3.5	7.2	1011	15.6	9.6	0	0	0	0	0	LIZA
81	1987	7	61.7	3.3	7	1010	21	17	0	0	0	0	0	EUGENE
82	1969	7	61.6	3.7	7.4	1011	15.6	7.8	0	0	0	0	0	AVA
83	2005	7	61.6	5.4	9	1006	22.2	6	0	0	0	0	0	DORA
84	1975	7	61.5	3.3	7.1	1011	25.8	6.6	0	0	0	0	0	ELEANOR
85	1973	6	61.2	3.6	7.3	1006	15.6	7.2	0	0	0	0	0	CLAUDIA
86	1975	7	60.7	4.2	7.9	1010	7.8	6	0	0	0	0	0	DENISE

127	1978	7	43.5	1.9	5.4	1012	10.8	0	0	0	0	0	0	0	DANIEL
128	1970	6	43.1	1.8	5.2	1012	13.2	0	0	0	0	0	0	0	EILEEN
129	1982	5	42.9	1.8	5.2	1011	43.8	0	0	0	0	0	0	0	ALETTA
130	1982	10	42.9	1.8	5.2	1012	16.2	0	0	0	0	0	0	0	ROSA
131	1998	8	42.5	2	5.4	1013	15	0	0	0	0	0	0	0	ESTELLE
132	1971	8	41.2	1.7	5	1013	14.4	0	0	0	0	0	0	0	JEWEL
133	2000	9	41.1	1.7	5.1	1013	4.2	0	0	0	0	0	0	0	LANE
134	1978	10	40.7	2.3	5.9	1013	0.6	0	0	0	0	0	0	0	ROSA
135	1978	9	40.3	1.6	5	1013	14.4	0	0	0	0	0	0	0	PAUL
136	1968	10	40.1	2	5.5	1012	4.8	0	0	0	0	0	0	0	PAULINE
137	1988	8	38.4	2	5.5	1013	3	0	0	0	0	0	0	0	IVA
138	1965	7	38.3	2	5.4	1012	1.2	0	0	0	0	0	0	0	BERNICE
139	1980	8	38.1	1.8	5.2	1012	3	0	0	0	0	0	0	0	ISIS
140	2003	6	37.5	1.4	4.6	1012	8.4	0	0	0	0	0	0	0	BLANCA
141	2000	5	37.1	1.9	5.3	1012	0.6	0	0	0	0	0	0	0	ALETTA
142	2001	10	36.8	1.8	5.1	1013	3.6	0	0	0	0	0	0	0	MANUEL
143	1989	7	35.5	1.7	5	1013	3.6	0	0	0	0	0	0	0	FLOSSIE
144	1993	8	33.6	1.4	4.5	1013	1.8	0	0	0	0	0	0	0	GREG
145	1987	7	33.4	1.3	4.4	1013	0.6	0	0	0	0	0	0	0	DORA
146	1986	10	33.3	1.7	5	1013	0.6	0	0	0	0	0	0	0	PAINE

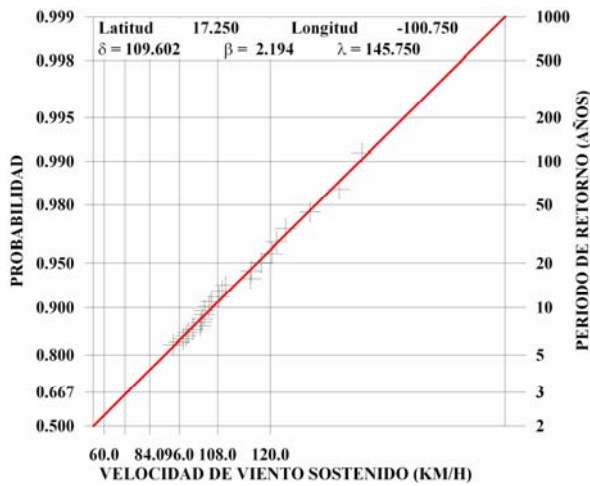


Figura 6-14 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

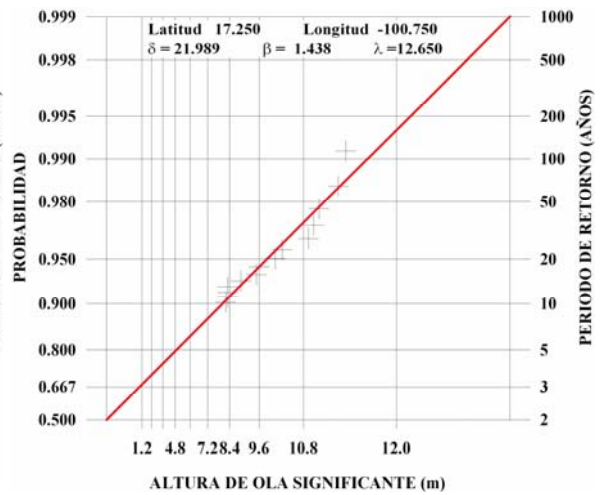


Figura 6-15 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

6.2.5 Lázaro Cárdenas, Michoacán.

En la Tabla 6-5 se presentan los ciclones tropicales que han afectado al puerto de Lázaro Cárdenas y como se puede observar sólo uno, Madeline 1976, ha afectado al puerto de Lázaro Cárdenas con vientos asociados a huracán clase 3, dos llegaron a generar vientos de huracán clase 2 (Virgil 1992 y Calvin 1993), 12 llegaron a afectar como huracán clase 1, 117 como tormentas tropicales y 52 como depresiones tropicales. La persistencia de Madeline, 1976, fue de 29.4 horas como depresión tropical o superior, 29 horas como tormenta tropical o superior, 14 horas como huracán clase 1 o superior, 7.2 horas como huracán clase 2 o superior y 0.6 horas como huracán clase 3. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: depresión tropical o superior (10.76 y 25.2 horas), como tormenta tropical o superior (17.90 y 58 horas), como huracán clase 1 o superior (10.4 y 48 horas) y como huracán clase 2 (5.7 y 7.8 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 6-16 y la Figura 6-17, respectivamente.

Tabla 6-5 Ciclones tropicales que han afectado al puerto de Lázaro Cárdenas.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1976	10	159	12	13	942	29.4	29	14	7.2	0.6	0	0	MADELINE
2	1992	10	143	12	14	960	58.2	50	26	7.8	0	0	0	VIRGIL
3	1993	7	139	12	14	967	33.6	32	14	3.6	0	0	0	CALVIN
4	1996	6	130	11	13	969	112	97	48	0	0	0	0	ALMA
5	1959	10	124	8.6	11	996.5	60.6	58	20	0	0	0	0	Sin nombre
6	1979	6	122	11	13	975	33	24	10	0	0	0	0	ANDRES
7	1959	9	121	11	13	980	43.2	43	9.6	0	0	0	0	Sin nombre
8	1971	6	121	11	13	980	19.2	17	4.8	0	0	0	0	BRIDGET
9	1996	10	121	11	13	980	51.6	38	7.2	0	0	0	0	HERNAN
10	1971	5	119	9.9	12	975	37.2	37	9	0	0	0	0	AGATHA
11	1984	9	118	8.8	12	982	100	74	3.6	0	0	0	0	ODILE
12	1983	9	118	8.2	11	999.7	44.4	31	10	0	0	0	0	LORENA
13	1992	10	116	7.7	11	999.6	34.2	34	11	0	0	0	0	WINIFRED
14	1993	9	115	8.8	12	1002	16.2	16	6	0	0	0	0	LIDIA
15	1966	6	115	10	12	980	75.6	59	10	0	0	0	0	ADELE
16	1950	6	112	8.9	12	995.9	57.6	53	8.4	0	0	0	0	Sin nombre
17	1960	9	110	8.4	11	996.8	37.2	37	6.6	0	0	0	0	FERNANDA
18	1971	10	109	7.8	11	1002	24	24	5.4	0	0	0	0	PRISCILLA
19	1963	6	109	8.9	12	980	36	36	13	0	0	0	0	EMILY
20	1957	9	108	8.8	11	980	24	24	2.4	0	0	0	0	Sin nombre
21	1987	7	108	7.1	10	1000	48	40	2.4	0	0	0	0	EUGENE
22	1958	10	105	7.2	10	999.5	57.6	58	0	0	0	0	0	Sin nombre
23	1961	6	104	8.2	11	980	34.2	34	0	0	0	0	0	IVA
24	1962	6	104	6.8	10	1002	16.8	17	0	0	0	0	0	VALERIE

25	1960	8	102	6.7	10	1003	26.4	26	0	0	0	0	0	DIANA
26	1971	9	101	8.4	11	998.2	47.4	35	0	0	0	0	0	LILY
27	1960	9	98.8	6.3	9.7	1004	25.2	25	0	0	0	0	0	ESTELLE
28	1954	10	97.4	6.2	9.6	1004	17.4	17	0	0	0	0	0	Sin nombre
29	1996	8	97.2	7.2	10	1005	14.4	14	0	0	0	0	0	DOUGLAS
30	2001	6	97.1	8.5	11	1005	18.6	19	0	0	0	0	0	ADOLPH
31	1953	10	96.7	6	9.5	1004	27.6	28	0	0	0	0	0	Sin nombre
32	1993	9	96.3	6.4	9.8	1003	42	34	0	0	0	0	0	JOVA
33	1983	12	96.2	5.7	9.2	1002	55.8	40	0	0	0	0	0	WINNIE
34	1991	6	95.5	6.8	10	1002	33	26	0	0	0	0	0	DELORES
35	1955	10	95.4	5.8	9.3	1005	23.4	23	0	0	0	0	0	Sin nombre
36	1989	8	94.3	6	9.5	1004	37.2	29	0	0	0	0	0	ISMAEL
37	1987	8	93.4	8.1	11	1002	32.4	27	0	0	0	0	0	IRWIN
38	1968	10	93.3	7	10	999	43.8	29	0	0	0	0	0	REBECCA
39	1996	7	93.1	6.1	9.5	997.6	30.6	21	0	0	0	0	0	BORIS
40	1973	7	92.4	7.3	10	1005	19.8	20	0	0	0	0	0	EMILY
41	1961	11	92.3	5.4	9	1001	46.8	47	0	0	0	0	0	TARA
42	1993	8	91.5	5.6	9.1	1005	21.6	22	0	0	0	0	0	HILARY
43	1960	7	89.9	5.5	9	1005	18	18	0	0	0	0	0	CELESTE
44	1988	6	89.3	7.5	11	993	67.2	43	0	0	0	0	0	ALETTA
45	2000	6	88.5	8	11	1006	21	21	0	0	0	0	0	CARLOTTA
46	1983	10	88.4	5.2	8.8	1005	45	45	0	0	0	0	0	TICO
47	1956	9	87.9	5.3	8.9	1006	4.2	4.2	0	0	0	0	0	Sin nombre
48	1991	9	87.9	7.5	11	994	59.4	49	0	0	0	0	0	IGNACIO
49	1956	6	87.4	4.8	8.5	1002	13.8	12	0	0	0	0	0	Sin nombre
50	1979	10	86.5	7.5	11	995	34.2	25	0	0	0	0	0	IGNACIO
51	1951	8	86.2	6.2	9.6	1008	14.4	11	0	0	0	0	0	Sin nombre
52	1993	8	86.1	8.2	11	999	19.8	11	0	0	0	0	0	IRWIN
53	1975	7	86	6.6	9.9	1006	19.2	19	0	0	0	0	0	DENISE
54	1992	6	85.5	5.4	9	1004	51	44	0	0	0	0	0	AGATHA
55	1957	10	84.6	5.4	8.9	1007	12.6	13	0	0	0	0	0	Sin nombre
56	1971	9	84.1	5	8.6	1007	38.4	26	0	0	0	0	0	NANETTE
57	1968	6	83.7	7.7	11	999	31.2	17	0	0	0	0	0	ANNETTE
58	1990	6	83.5	5.1	8.7	1005	49.8	35	0	0	0	0	0	DOUGLAS
59	1984	7	83.3	6.3	9.7	1007	10.2	10	0	0	0	0	0	GENEVIEVE
60	1986	5	83.2	4.9	8.5	1003	34.8	25	0	0	0	0	0	AGATHA
61	1966	10	82.5	7.5	11	999	24.6	16	0	0	0	0	0	MAGGIE
62	2001	10	82.3	7.8	11	1006	22.2	22	0	0	0	0	0	JULIETTE
63	1958	7	82.1	7.5	11	999	25.8	17	0	0	0	0	0	Sin nombre
64	1984	8	82.1	4.8	8.4	1007	22.2	19	0	0	0	0	0	ISELLE

65	1983	9	81.4	7.3	11	1007	11.4	11	0	0	0	0	0	KIKO
66	2003	10	81.2	4.6	8.3	1007	68.4	44	0	0	0	0	0	OLAF
67	1969	9	80.6	5	8.6	1007	29.4	17	0	0	0	0	0	GLENDA
68	1974	9	79.4	7.6	11	1002	27	15	0	0	0	0	0	ORLENE
69	1951	6	79.2	6.9	10	999	24	22	0	0	0	0	0	Sin nombre
70	1975	6	78.6	4.7	8.4	1008	34.8	28	0	0	0	0	0	AGATHA
71	1970	8	78.5	5.7	9.2	1007	16.2	12	0	0	0	0	0	KRISTEN
72	2001	7	78.2	4.5	8.2	1008	21	18	0	0	0	0	0	DALILA
73	2000	9	78.1	6.4	9.8	998	32.4	18	0	0	0	0	0	NORMAN
74	1971	10	77.7	5.8	9.3	1008	6.6	6.6	0	0	0	0	0	OLIVIA
75	1966	10	77.6	6.6	10	999	29.4	23	0	0	0	0	0	LORRAINE
76	1963	9	77.4	6.6	9.9	999	28.8	22	0	0	0	0	0	LILLIAN
77	1954	7	76.9	5	8.6	1008	13.8	14	0	0	0	0	0	Sin nombre
78	1973	6	76.7	5.4	9	996	18	11	0	0	0	0	0	BERNICE
79	1951	5	76.6	6.5	9.8	999	47.4	35	0	0	0	0	0	Sin nombre
80	1991	10	76.3	6.2	9.6	1007	16.8	17	0	0	0	0	0	KEVIN
81	1991	10	76	4.2	8	1008	30	21	0	0	0	0	0	MARTY
82	1954	9	75.7	5.2	8.8	1007	18	10	0	0	0	0	0	Sin nombre
83	1974	5	75.4	4.1	7.8	1008	31.8	28	0	0	0	0	0	ALETTA
84	2002	9	74.9	5.9	9.4	1000	26.4	13	0	0	0	0	0	JULIO
85	1973	7	73.9	4.1	7.9	1009	24.6	18	0	0	0	0	0	FLORENCE
86	1998	10	73.4	5.5	9	1008	8.4	8.4	0	0	0	0	0	LESTER
87	1954	6	72.5	5.8	9.3	999	35.4	21	0	0	0	0	0	Sin nombre
88	1956	6	72.3	4.1	7.8	1008	3	3	0	0	0	0	0	Sin nombre
89	1978	6	72.2	5.6	9.1	998	29.4	23	0	0	0	0	0	ALETTA
90	1967	6	71.9	3.9	7.6	1008	25.2	19	0	0	0	0	0	CARLOTTA
91	1960	10	71.8	3.9	7.6	1008	2.4	2.4	0	0	0	0	0	HYACINTH
92	1984	8	71.8	3.9	7.6	1008	40.2	27	0	0	0	0	0	JULIO
93	1981	10	71.5	4.3	8	1009	14.4	14	0	0	0	0	0	OTIS
94	1952	6	71.2	4.1	7.8	1008	41.4	22	0	0	0	0	0	Sin nombre
95	1949	9	70.8	3.9	7.6	1009	24.6	18	0	0	0	0	0	Sin nombre
96	2001	9	70.2	3.9	7.6	1010	21	10	0	0	0	0	0	IVO
97	1967	6	69.6	5.9	9.4	1002	18	13	0	0	0	0	0	BRIDGET
98	1988	9	69.5	3.7	7.4	1009	23.4	19	0	0	0	0	0	KRISTY
99	1971	8	69	3.7	7.4	1009	23.4	15	0	0	0	0	0	KATRINA
100	1979	9	68.7	4.4	8.1	1009	19.2	8.4	0	0	0	0	0	GUILLERMO
101	1970	6	68.6	5.3	8.9	1008	26.4	12	0	0	0	0	0	EILEEN
102	2005	7	68.3	6.6	9.9	1006	17.4	6	0	0	0	0	0	DORA
103	1978	9	67.1	4.7	8.4	1010	4.8	4.8	0	0	0	0	0	NORMAN
104	1991	8	66.7	4.1	7.9	1009	10.2	10	0	0	0	0	0	GUILLERMO

105	2002	6	66.5	4.5	8.2	1004	84	65	0	0	0	0	0	BORIS
106	1951	7	65.5	3.3	7	1010	9.6	5.4	0	0	0	0	0	Sin nombre
107	1959	6	65.2	3.3	7	1010	8.4	4.8	0	0	0	0	0	Sin nombre
108	1990	7	65.2	4.6	8.3	1009	9	9	0	0	0	0	0	ISELLE
109	1975	7	65.1	5.5	9.1	1004	31.2	19	0	0	0	0	0	ELEANOR
110	1978	7	65.1	3.9	7.7	1009	18.6	17	0	0	0	0	0	HECTOR
111	1951	9	64.5	4.5	8.2	1010	4.8	4.8	0	0	0	0	0	Sin nombre
112	1961	7	63.8	3.4	7.1	1011	15.6	9.6	0	0	0	0	0	LIZA
113	1985	6	63.6	3.4	7.1	1010	24.6	14	0	0	0	0	0	ANDRES
114	1951	6	63.3	2.9	6.6	1007	4.2	4.2	0	0	0	0	0	Sin nombre
115	2003	6	63.1	3.3	7	1009	78.6	34	0	0	0	0	0	BLANCA
116	1974	9	62	3.1	6.8	1009	13.8	3.6	0	0	0	0	0	NORMA
117	1997	10	62	3.1	6.8	1008	19.2	11	0	0	0	0	0	PAULINE
118	1986	9	61.6	3.1	6.8	1010	23.4	17	0	0	0	0	0	NEWTON
119	1992	7	61.6	4.8	8.5	1011	0.6	0.6	0	0	0	0	0	DARBY
120	1989	8	60.5	3	6.7	1011	22.2	8.4	0	0	0	0	0	MANUEL
121	1964	7	60.3	3	6.7	1011	4.2	3	0	0	0	0	0	NATALIE
122	1980	8	60.1	3.2	6.9	1010	21.6	16	0	0	0	0	0	ISIS
123	1999	6	60.1	3.4	7.1	1011	10.8	9	0	0	0	0	0	ADRIAN
124	1990	10	59.9	3.3	7	1010	12.6	11	0	0	0	0	0	VANCE
125	1988	9	59.2	3.3	7	1011	10.2	9	0	0	0	0	0	LANE
126	1955	9	59.1	2.6	6.3	1010	6.6	1.2	0	0	0	0	0	Sin nombre
127	1978	10	58.7	3.2	7	1011	9	6	0	0	0	0	0	ROSA
128	1960	6	58.6	3	6.7	1011	18.6	6.6	0	0	0	0	0	ANNETTE
129	1972	6	58.1	2.7	6.4	1010	16.8	6.6	0	0	0	0	0	ANNETTE
130	1979	7	58.1	4.4	8.1	1010	12	4.8	0	0	0	0	0	CARLOS
131	1997	9	58.1	3.8	7.5	1010	6.6	3	0	0	0	0	0	NORA
132	1989	10	57.9	2.7	6.3	1010	45.6	9.6	0	0	0	0	0	RAYMOND
133	1983	5	57.3	2.8	6.4	1010	24	6.6	0	0	0	0	0	ADOLPH
134	1975	7	57.1	2.8	6.4	1010	12.6	4.8	0	0	0	0	0	FRANCENE
135	1993	8	57	2.7	6.3	1011	17.4	4.2	0	0	0	0	0	GREG
136	2000	8	57	3	6.7	1011	11.4	2.4	0	0	0	0	0	ILEANA
137	1995	8	56.2	2.7	6.4	1011	18.6	1.2	0	0	0	0	0	GIL
138	1997	10	56.2	3	6.7	1010	41.4	8.4	0	0	0	0	0	OLAF
139	1967	7	54.6	3.1	6.8	1012	7.8	0	0	0	0	0	0	FRANCENE
140	1981	8	53.4	3.1	6.8	1011	24	0	0	0	0	0	0	IRWIN
141	1956	6	52.2	2.3	5.9	1011	16.8	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
142	1966	9	52	2.3	5.9	1011	5.4	0	0	0	0	0	0	IONE
143	1969	7	51.7	2.8	6.5	1012	7.2	0	0	0	0	0	0	AVA
144	1984	7	51	2.3	5.9	1011	12	0	0	0	0	0	0	FAUSTO

185	1990	7	37.8	1.7	5.1	1013	7.2	0	0	0	0	0	0	0	FAUSTO
186	1981	9	37.5	1.6	4.9	1013	4.2	0	0	0	0	0	0	0	KNUT
187	1973	9	37.3	1.8	5.3	1013	2.4	0	0	0	0	0	0	0	IRAH
188	2005	6	37.2	1.2	4.3	1011	9.6	0	0	0	0	0	0	0	CALVIN
189	2003	6	35.9	1.3	4.4	1013	9	0	0	0	0	0	0	0	CARLOS
190	1990	6	33.2	1.6	4.9	1013	0.6	0	0	0	0	0	0	0	ELIDA

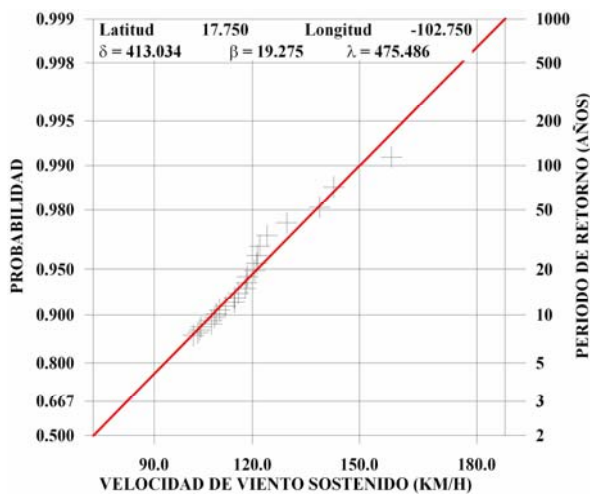


Figura 6-16 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

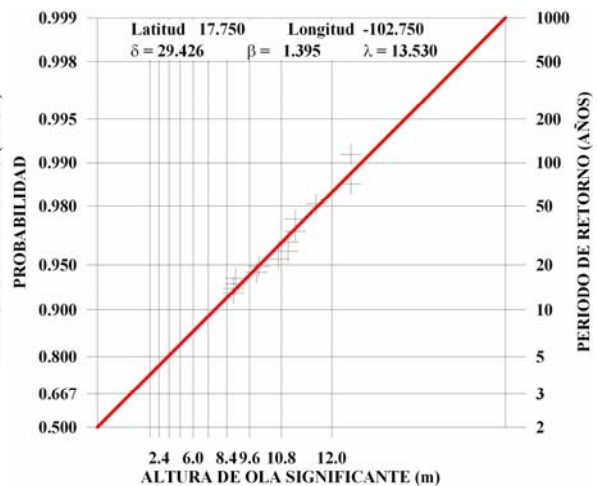


Figura 6-17 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

6.2.6 Manzanillo, Colima.

Manzanillo es uno de los municipios pertenecientes al estado de Colima, tiene una población de 110.735 habitantes, se encuentra a 19° 03' 00" de latitud norte y 104° 19' 59" de longitud oeste y cuenta con el puerto que más carga mueve actualmente en México.

En la Tabla 6-6 se presentan los ciclones tropicales que se han afectado al puerto de Manzanillo y como se observa sólo uno no nombrado en 1959 ha afectado con vientos asociados a huracán clase 3, uno llegó a generar vientos de huracán clase 2 (Calvin 1933), 12 llegaron a afectar como huracán clase 1, 113 como tormentas tropicales y 56 como depresiones tropicales. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: como depresión tropical o superior (13.51 y 50.4 horas), como tormenta tropical o superior (16.29 y 50 horas), como huracán clase 1 o superior (6.8 y 16 horas) y como huracán clase 2 o superior (8.7 y 15 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 6-18 y la Figura 6-19, respectivamente.

Tabla 6-6 Ciclones tropicales que han afectado al puerto de Manzanillo, Colima.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1959	10	167	13	14	943	69	64	37	15	7.8	0	0	Sin nombre
2	1993	7	137	12	14	968	29.4	28	10	2.4	0	0	0	CALVIN
3	1992	10	129	11	13	967	22.2	20	7.2	0	0	0	0	WINIFRED
4	1987	7	128	11	13	973	34.2	29	11	0	0	0	0	EUGENE
5	1971	10	120	8	11	998.8	43.8	44	16	0	0	0	0	PRISCILLA
6	1955	10	119	11	13	980	14.4	14	6.6	0	0	0	0	Sin nombre
7	1962	6	118	10	13	980	34.2	34	9	0	0	0	0	VALERIE
8	1971	9	117	10	12	980	31.2	26	6	0	0	0	0	LILY
9	2002	10	116	8.5	11	1001	11.4	11	5.4	0	0	0	0	KENNA
10	1960	10	114	8.9	12	995.9	25.2	22	5.4	0	0	0	0	HYACINTH
11	1971	9	113	10	12	994.8	30	29	4.2	0	0	0	0	NANETTE
12	1996	10	110	9.4	12	982	58.2	43	7.8	0	0	0	0	HERNAN
13	1993	9	108	7.7	11	1002	29.4	29	1.8	0	0	0	0	JOVA
14	1981	10	105	7.4	11	999.6	30.6	25	1.2	0	0	0	0	OTIS
15	1950	6	105	6.7	10	1001	48.6	45	0	0	0	0	0	Sin nombre
16	1953	10	105	6.9	10	999.9	31.8	32	0	0	0	0	0	Sin nombre
17	1960	8	105	6.7	10	1003	20.4	20	0	0	0	0	0	DIANA
18	1959	9	102	6.4	9.8	1001	51	50	0	0	0	0	0	Sin nombre
19	1950	7	102	6.4	9.7	1001	21	21	0	0	0	0	0	Sin nombre
20	1983	9	101	6.7	10	1003	25.2	25	0	0	0	0	0	LORENA
21	1993	9	100	8.8	12	1004	13.2	13	0	0	0	0	0	LIDIA
22	1968	10	98.4	6	9.4	1003	35.4	23	0	0	0	0	0	REBECCA
23	1992	10	96.8	6.5	9.8	993	37.8	31	0	0	0	0	0	VIRGIL
24	1986	9	95.9	6.1	9.5	1004	33	25	0	0	0	0	0	NEWTON
25	1993	8	95.5	5.9	9.4	1005	24.6	25	0	0	0	0	0	HILARY
26	1957	10	94.1	5.3	8.9	1004	47.4	47	0	0	0	0	0	Sin nombre
27	1991	6	93.7	5.6	9.1	1005	27	23	0	0	0	0	0	DELORES
28	1990	6	93.1	8	11	992	51	37	0	0	0	0	0	DOUGLAS
29	1956	9	92.2	5.6	9.1	1006	14.4	14	0	0	0	0	0	Sin nombre
30	1967	6	89.2	5.3	8.9	1006	18.6	16	0	0	0	0	0	CARLOTTA
31	1983	9	88.8	7.1	10	1005	16.8	17	0	0	0	0	0	KIKO
32	1958	10	88.6	5.1	8.7	1005	45	44	0	0	0	0	0	Sin nombre
33	1984	7	87.2	6	9.4	1006	12.6	13	0	0	0	0	0	GENEVIEVE
34	1974	9	86.9	7.6	11	996	41.4	25	0	0	0	0	0	ORLENE
35	1954	10	84.2	5.1	8.7	1007	6	6	0	0	0	0	0	Sin nombre
36	1996	8	83.7	6.8	10	1007	8.4	8.4	0	0	0	0	0	DOUGLAS
37	1960	7	83.6	4.8	8.4	1006	17.4	17	0	0	0	0	0	CELESTE
38	1966	10	83.1	7.5	11	999	22.8	13	0	0	0	0	0	MAGGIE

39	1960	9	82.8	4.6	8.3	1006	50.4	50	0	0	0	0	0	FERNANDA
40	1969	9	82.8	5.4	9	1006	26.4	19	0	0	0	0	0	GLENDA
41	1949	9	82.7	7.5	11	999	31.2	18	0	0	0	0	0	Sin nombre
42	2003	10	82	6.9	10	997	59.4	43	0	0	0	0	0	OLAF
43	1975	6	81.9	7.1	10	998	29.4	28	0	0	0	0	0	AGATHA
44	1973	7	81.1	7.3	10	1007	7.8	7.8	0	0	0	0	0	EMILY
45	1966	6	81	4.1	7.8	1005	34.2	28	0	0	0	0	0	ADELE
46	1963	9	80.9	7.1	10	999	53.4	23	0	0	0	0	0	LILLIAN
47	1983	10	80.6	5.4	9	1007	29.4	29	0	0	0	0	0	TICO
48	1994	10	80.6	4.5	8.2	1007	8.4	8.4	0	0	0	0	0	ROSA
49	1981	8	79.7	6.9	10	999	29.4	14	0	0	0	0	0	IRWIN
50	1964	7	79.2	5.1	8.7	1007	22.2	14	0	0	0	0	0	NATALIE
51	1989	8	78.2	5.6	9.2	1008	8.4	8.4	0	0	0	0	0	ISMAEL
52	1968	6	78	6.6	10	999	34.2	23	0	0	0	0	0	ANNETTE
53	1968	10	77.7	4.6	8.3	1008	12	9.6	0	0	0	0	0	PAULINE
54	1958	7	77.2	4.8	8.5	1008	24	13	0	0	0	0	0	Sin nombre
55	1979	10	77.2	7.3	10	1006	42.6	40	0	0	0	0	0	IGNACIO
56	1971	10	77	6.1	9.5	1007	7.8	7.8	0	0	0	0	0	OLIVIA
57	1983	5	76.6	6.6	9.9	999	28.8	19	0	0	0	0	0	ADOLPH
58	1970	6	76.4	6.9	10	1002	25.2	11	0	0	0	0	0	EILEEN
59	1962	10	75.9	4.2	7.9	1008	21.6	22	0	0	0	0	0	DOREEN
60	1978	9	75.8	6.6	9.9	1008	4.8	4.8	0	0	0	0	0	NORMAN
61	1996	6	75.8	4.3	8	1007	65.4	52	0	0	0	0	0	ALMA
62	1983	12	75.7	4.2	7.9	1007	39	29	0	0	0	0	0	WINNIE
63	1951	9	75.5	5.4	8.9	1006	46.8	25	0	0	0	0	0	Sin nombre
64	1979	6	75.3	4.1	7.8	1005	13.8	13	0	0	0	0	0	ANDRES
65	1988	9	74.8	4.1	7.8	1008	19.8	20	0	0	0	0	0	KRISTY
66	1970	8	74.6	4.3	8	1008	21.6	12	0	0	0	0	0	KRISTEN
67	1974	5	73.9	5.4	9	996	19.2	15	0	0	0	0	0	ALETTA
68	1958	10	73.5	3.3	7	1008	15.6	10	0	0	0	0	0	Sin nombre
69	1998	9	73.2	4.9	8.6	1001	52.2	35	0	0	0	0	0	JAVIER
70	1980	8	73	4.2	8	1008	14.4	14	0	0	0	0	0	ISIS
71	1993	8	72.9	6.6	9.9	1003	12.6	7.2	0	0	0	0	0	IRWIN
72	1999	10	72.9	4.4	8.1	1007	32.4	20	0	0	0	0	0	IRWIN
73	1971	8	72.7	4	7.7	1009	24	17	0	0	0	0	0	KATRINA
74	1991	10	72.7	6.9	10	1007	4.2	4.2	0	0	0	0	0	KEVIN
75	1954	7	72.6	4.5	8.2	1008	10.8	11	0	0	0	0	0	Sin nombre
76	1954	9	72.1	4.3	8.1	1007	29.4	22	0	0	0	0	0	Sin nombre
77	1972	6	71.2	3.6	7.3	1007	25.8	13	0	0	0	0	0	ANNETTE
78	1955	10	71	4.6	8.3	1005	32.4	9	0	0	0	0	0	Sin nombre

79	1998	10	71	3.1	6.8	1007	43.2	39	0	0	0	0	0	0	MADELINE
80	2000	6	70.3	5.8	9.3	1008	5.4	5.4	0	0	0	0	0	0	CARLOTTA
81	1993	8	70.1	3.6	7.3	1009	21	17	0	0	0	0	0	0	GREG
82	1984	8	69.9	4.3	8	1009	15	15	0	0	0	0	0	0	ISELLE
83	1968	9	69.8	3.7	7.5	1008	12.6	6.6	0	0	0	0	0	0	NAOMI
84	1996	9	69.7	4.1	7.8	1009	11.4	10	0	0	0	0	0	0	FAUSTO
85	1989	9	69.5	6	9.5	1003	19.2	13	0	0	0	0	0	0	PRISCILLA
86	2000	8	69.5	4.3	8	1008	28.8	14	0	0	0	0	0	0	ILEANA
87	1999	9	68.6	5.2	8.8	1004	23.4	14	0	0	0	0	0	0	GREG
88	1951	8	68.2	3.5	7.3	1010	19.2	13	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
89	1949	9	68.1	4	7.7	1009	9	4.2	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
90	1971	6	67.9	4.1	7.8	1002	13.2	13	0	0	0	0	0	0	BRIDGET
91	1976	10	67.8	5.3	8.9	1006	9	9	0	0	0	0	0	0	MADELINE
92	1987	8	67.5	3.4	7.2	1009	35.4	22	0	0	0	0	0	0	IRWIN
93	1955	9	67	3.4	7.1	1009	22.8	13	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
94	1990	10	65.8	4.1	7.8	1009	10.8	11	0	0	0	0	0	0	VANCE
95	2001	7	65.5	3.3	7.1	1010	20.4	19	0	0	0	0	0	0	DALILA
96	1951	7	65	3.2	6.9	1010	24	18	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
97	1981	10	64.4	4.7	8.4	1009	7.8	7.8	0	0	0	0	0	0	NORMA
98	2000	9	64.1	4.3	8	1002	37.8	12	0	0	0	0	0	0	NORMAN
99	1984	9	63.9	3.1	6.8	1010	18.6	13	0	0	0	0	0	0	MARIE
100	1984	8	63.7	3.1	6.8	1009	42.6	13	0	0	0	0	0	0	JULIO
101	1991	10	62.7	3.6	7.3	1010	13.2	10	0	0	0	0	0	0	MARTY
102	1959	6	62.6	2.6	6.3	1009	44.4	14	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
103	1996	7	62.4	5.2	8.8	1004	37.2	11	0	0	0	0	0	0	BORIS
104	2001	9	61.6	3	6.7	1010	16.2	9	0	0	0	0	0	0	IVO
105	1963	6	61.5	3	6.6	1008	15	9	0	0	0	0	0	0	EMILY
106	1999	6	61.5	3.9	7.6	1010	5.4	5.4	0	0	0	0	0	0	ADRIAN
107	1995	8	61.1	3.1	6.7	1010	19.2	10	0	0	0	0	0	0	FLOSSIE
108	1979	7	60.7	2.9	6.5	1010	19.2	7.2	0	0	0	0	0	0	CARLOS
109	2002	9	60.5	3.5	7.2	1004	13.2	4.2	0	0	0	0	0	0	JULIO
110	1984	7	59.7	3.4	7.1	1009	19.8	7.8	0	0	0	0	0	0	FAUSTO
111	1995	9	59.5	2.7	6.3	1009	37.2	6	0	0	0	0	0	0	HENRIETTE
112	1971	5	59.3	3.4	7.2	1009	11.4	7.8	0	0	0	0	0	0	AGATHA
113	1985	7	59.3	2.9	6.6	1010	12	4.2	0	0	0	0	0	0	FEFA
114	1959	6	58.9	2.7	6.4	1010	25.8	10	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
115	1973	7	58.9	3.3	7.1	1010	14.4	6.6	0	0	0	0	0	0	FLORENCE
116	1969	8	58.5	2.1	5.6	1010	4.2	1.2	0	0	0	0	0	0	EMILY
117	1991	9	58.4	2.5	6.2	1009	39.6	9	0	0	0	0	0	0	IGNACIO
118	1989	8	58.3	3	6.7	1010	15	4.8	0	0	0	0	0	0	GIL

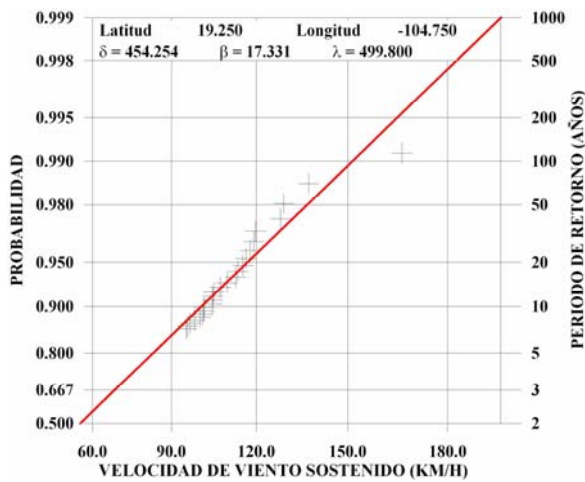


Figura 6-18 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

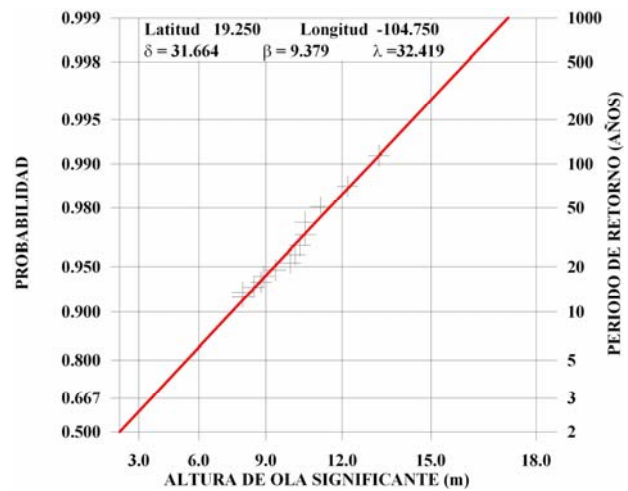


Figura 6-19 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

6.2.7 Puerto Vallarta, Jalisco.

Puerto Vallarta es una ciudad en el estado de Jalisco. Enclavada en la Bahía de Banderas en el Océano Pacífico. Es importante como destino turístico. Cuenta con una población estimada de 165,800 personas y más de cinco millones de turistas anuales. Es la segunda zona económica más importante del Estado de Jalisco y el tercer puerto más importante de México. Esta ubicado a 20° 37' 00" de latitud norte y 105° 15' 00" de longitud oeste.

En la Tabla 6-7 se presentan los ciclones tropicales que han afectado a Puerto Vallarta con intensidad de depresión tropical o superior, como se muestra en la tabla sólo uno Kenna, 2002, ha afectado a Puerto Vallarta con vientos asociados a huracán clase 3, doce llegaron a generar vientos de huracán clase 1, 90 llegaron a afectar como tormenta tropical y 51 como depresiones tropicales. La persistencia de Kenna, 2002, fue de 22.8 horas como depresión tropical o superior, 22 horas como tormenta tropical o superior, 10 horas como huracán clase 1 o superior, 6.6 horas como huracán clase 2 o superior y 2.4 horas como huracán clase 3. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: como depresión tropical o superior (11.25 y 43.8 horas), como tormenta tropical o superior (14.2 y 49 horas) y como huracán clase 1 o superior (7.55 y 12 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 6-20 y la Figura 6-21, respectivamente.

Tabla 6-7 Ciclones tropicales que han afectado a Puerto Vallarta Jalisco.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	2002	10	174	14	15	943	22.8	22	10	6.6	2.4	0	0	KENNA
2	1994	10	123	8.6	11	995.9	27.6	26	6	0	0	0	0	ROSA
3	1971	10	120	10	12	976	37.2	33	11	0	0	0	0	PRISCILLA
4	1962	6	118	10	12	980	29.4	29	9	0	0	0	0	VALERIE

5	1971	9	118	9.3	12	995.3	24	24	5.4	0	0	0	0	NANETTE
6	1950	6	117	10	12	980	24	24	12	0	0	0	0	Sin nombre
7	1957	10	117	10	12	980	37.2	37	10	0	0	0	0	Sin nombre
8	1957	10	117	8.2	11	1001	11.4	11	6.6	0	0	0	0	Sin nombre
9	1983	10	115	7.5	11	1001	6.6	6.6	3	0	0	0	0	TICO
10	1998	10	111	9.1	12	981	82.8	53	12	0	0	0	0	MADELINE
11	1993	7	110	9.3	12	982	21.6	19	4.2	0	0	0	0	CALVIN
12	1959	10	110	6.6	9.9	998.3	36	27	7.8	0	0	0	0	Sin nombre
13	1960	10	109	7.4	11	999	46.2	46	3.6	0	0	0	0	HYACINTH
14	1975	10	103	6	9.5	1003	17.4	17	0	0	0	0	0	OLIVIA
15	1981	10	99.2	8.4	11	988	28.2	28	0	0	0	0	0	OTIS
16	1986	9	98.3	6.6	9.9	1001	33	28	0	0	0	0	0	NEWTON
17	1950	7	97.5	5.6	9.1	1003	30.6	31	0	0	0	0	0	Sin nombre
18	1981	10	96.6	5.8	9.3	1004	21	21	0	0	0	0	0	NORMA
19	1960	8	95.3	5.5	9.1	1005	19.2	19	0	0	0	0	0	DIANA
20	1987	7	95.1	6.4	9.8	996	28.2	25	0	0	0	0	0	EUGENE
21	1974	9	90.9	7.6	11	994	32.4	27	0	0	0	0	0	ORLENE
22	1953	10	90	5	8.6	1005	25.2	25	0	0	0	0	0	Sin nombre
23	1969	8	87	6.1	9.5	1005	9	7.2	0	0	0	0	0	EMILY
24	1995	9	86.9	4.5	8.2	1005	45	35	0	0	0	0	0	HENRIETTE
25	1976	10	86.4	6.6	9.9	1005	34.2	34	0	0	0	0	0	LIZA
26	1968	9	86.2	4.5	8.2	1005	37.2	34	0	0	0	0	0	NAOMI
27	1996	10	85.7	6.6	9.9	991	52.2	49	0	0	0	0	0	HERNAN
28	1999	9	84.4	7.2	10	997	28.2	20	0	0	0	0	0	GREG
29	1963	10	84.1	4.9	8.6	1008	4.2	4.2	0	0	0	0	0	MONA
30	1962	10	83.7	4.5	8.2	1006	16.8	17	0	0	0	0	0	DOREEN
31	1984	7	83.5	6	9.5	1006	11.4	11	0	0	0	0	0	GENEVIEVE
32	1964	7	83.2	7.4	11	999	23.4	15	0	0	0	0	0	NATALIE
33	1969	9	81.1	4.7	8.4	1007	21	18	0	0	0	0	0	GLENDA
34	1993	9	80.9	7.4	11	1007	7.8	7.8	0	0	0	0	0	LIDIA
35	1993	9	80.2	6.7	10	1006	10.2	10	0	0	0	0	0	JOVA
36	1958	10	79.2	4.4	8.1	1007	18.6	19	0	0	0	0	0	Sin nombre
37	1971	9	79.2	3.9	7.7	1006	13.8	12	0	0	0	0	0	LILY
38	1983	9	79.2	7.4	11	1006	8.4	8.4	0	0	0	0	0	KIKO
39	1959	6	78.9	6.7	10	999	40.2	20	0	0	0	0	0	Sin nombre
40	1971	8	78.7	4.1	7.8	1007	27	17	0	0	0	0	0	KATRINA
41	1983	9	78.5	4.6	8.3	1007	14.4	14	0	0	0	0	0	LORENA
42	1951	9	77.8	6.5	9.8	999	64.8	31	0	0	0	0	0	Sin nombre
43	1990	6	77.5	6.4	9.8	999	45	29	0	0	0	0	0	DOUGLAS
44	1970	6	77.1	7	10	1002	23.4	13	0	0	0	0	0	EILEEN

45	1981	8	76.5	6.5	9.8	1001	30	16	0	0	0	0	0	0	IRWIN
46	1993	8	76.3	5.6	9.1	1007	15.6	16	0	0	0	0	0	0	HILARY
47	1955	10	76.1	3.5	7.2	1005	6.6	6.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
48	2000	8	75.3	3.8	7.5	1008	26.4	19	0	0	0	0	0	0	ILEANA
49	1992	10	74	4.2	7.9	1006	10.2	7.2	0	0	0	0	0	0	WINIFRED
50	1967	6	73.4	4.4	8.1	1008	7.8	7.8	0	0	0	0	0	0	CARLOTTA
51	1960	7	73.1	4.8	8.4	1009	5.4	5.4	0	0	0	0	0	0	CELESTE
52	1949	6	72.8	5.7	9.2	999	23.4	17	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
53	1968	10	71.9	4.2	7.9	1008	11.4	11	0	0	0	0	0	0	PAULINE
54	1995	9	71.5	3.8	7.6	1009	12.6	9	0	0	0	0	0	0	ISMAEL
55	1958	10	71.4	5.3	8.9	999	28.8	11	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
56	1969	10	71.4	3.4	7.1	1008	22.8	18	0	0	0	0	0	0	JENNIFER
57	1993	8	70.9	4.3	8.1	1008	19.8	20	0	0	0	0	0	0	GREG
58	1986	10	70.7	3.3	7	1008	7.8	7.8	0	0	0	0	0	0	ROSLYN
59	1956	9	70.4	4.3	8	1009	9.6	9.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
60	1959	9	69.7	3.8	7.6	1008	43.8	44	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
61	1953	9	69	3.4	7.2	1008	30.6	27	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
62	1954	7	68.1	4.1	7.8	1009	7.8	7.8	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
63	1971	10	68.1	4.9	8.6	1008	4.2	4.2	0	0	0	0	0	0	OLIVIA
64	1996	9	67.6	4.7	8.4	1009	5.4	5.4	0	0	0	0	0	0	FAUSTO
65	1985	7	67.5	3.4	7.1	1009	12	10	0	0	0	0	0	0	FEFA
66	1970	7	67.1	3.1	6.8	1009	16.2	9.6	0	0	0	0	0	0	IONE 1
67	1963	9	67	3.3	7	1008	83.4	38	0	0	0	0	0	0	LILLIAN
68	1968	6	67	4.4	8.1	1000	24.6	9.6	0	0	0	0	0	0	ANNETTE
69	1980	8	66.9	4.1	7.8	1009	7.2	7.2	0	0	0	0	0	0	ISIS
70	1955	10	66.7	3.3	7	1009	43.8	35	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
71	1986	10	66.7	3.7	7.5	1009	9.6	6.6	0	0	0	0	0	0	PAINÉ
72	1998	9	66.2	5	8.7	1001	51	25	0	0	0	0	0	0	JAVIER
73	1984	9	65.7	5.3	8.9	1008	5.4	5.4	0	0	0	0	0	0	NORBERT
74	1985	10	65.3	4.2	7.9	1009	0.6	0.6	0	0	0	0	0	0	WALDO
75	1991	6	65.2	4	7.7	1009	6	6	0	0	0	0	0	0	DELORES
76	1949	9	65	3.8	7.5	1009	8.4	6.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
77	1983	5	64.6	5.3	8.9	1003	24.6	11	0	0	0	0	0	0	ADOLPH
78	1989	9	64.3	3.2	6.9	1010	22.2	9.6	0	0	0	0	0	0	PRISCILLA
79	1949	9	63.1	2.9	6.5	1009	27.6	19	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
80	1958	7	62.4	2.9	6.6	1011	14.4	7.2	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
81	1984	7	62.2	4.5	8.2	1009	6	6	0	0	0	0	0	0	FAUSTO
82	1995	8	61.1	3.3	7.1	1009	12.6	11	0	0	0	0	0	0	FLOSSIE
83	2000	9	61	4.9	8.6	1005	37.8	18	0	0	0	0	0	0	NORMAN
84	1954	9	60.7	2.7	6.3	1009	19.8	13	0	0	0	0	0	0	Sin nombre

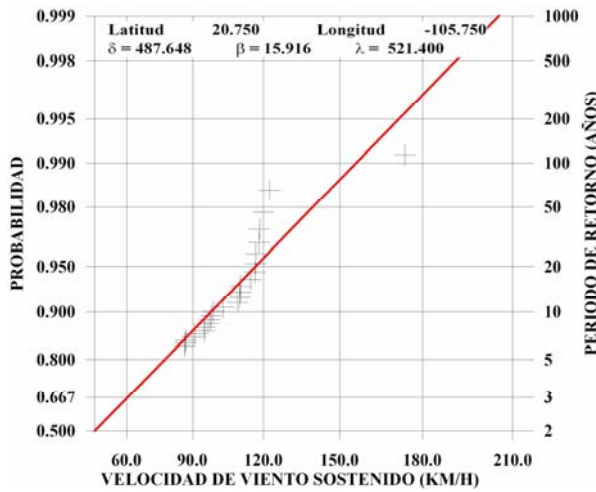


Figura 6-20 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

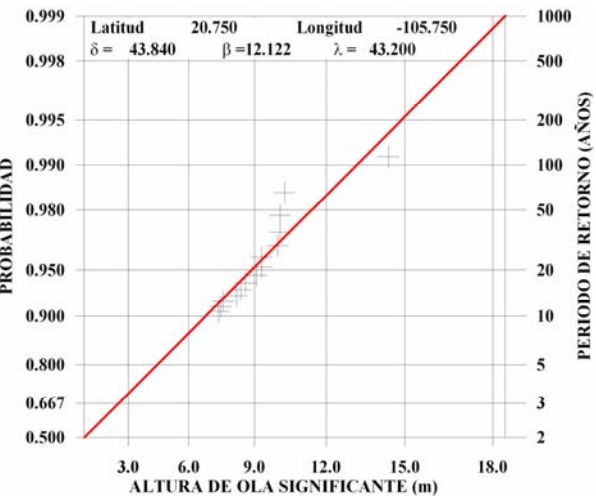


Figura 6-21 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

6.2.8 San Blas, Nayarit.

Es un municipio del estado de Nayarit, en México, cuenta con 42,762 habitantes, sus coordenadas son: al *norte* 21°44', al *sur* 21°20' de latitud norte; al *este* 105°03', al *oeste* 105°27' de longitud. San Blas se encuentra a 69 km de Tepic, la capital del estado, su economía se basa en la agricultura, ganadería, pesca y turismo, siendo las dos últimas actividades las que generan mayores ingresos al municipio

En la Tabla 6-8 se presentan los ciclones tropicales que han afectado las costas de San Blas con intensidad de depresión tropical o superior, como se puede observar en la tabla, Kenna 2002 llego a generar vientos de huracán clase 3, uno no nombrado genero vientos de huracán clase 2, 10 afectaron como huracán clase 1, 58 afectaron como tormentas tropicales y 34 como depresiones tropicales. La persistencia de Kenna 2002, fue de 19.2 horas como depresión tropical o superior, 17 horas como tormenta tropical o superior, 7.8 horas como huracán clase 1 o superior, 3.6 horas como huracán clase 2 o superior y 0.6 horas como huracán clase 3. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: Como depresión tropical o superior (10.05 y 28.8 horas), como tormenta tropical o superior (13.09 y 41 horas) y como huracán clase 1 o superior (5.94 y 10 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 6-22 y la Figura 6-23, respectivamente.

Tabla 6-8 Ciclones tropicales que han afectado las costas de San Blas, Nayarit.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	2002	10	158	12	13	949	19.2	17	7.8	3.6	0.6	0	0	KENNA
2	1957	10	139	9.2	12	995.5	15	14	7.2	0.6	0	0	0	Sin nombre
3	1994	10	132	12	13	975	19.2	19	6	0	0	0	0	ROSA
4	1983	10	130	8.3	11	996.4	6.6	6.6	3.6	0	0	0	0	TICO

5	1975	10	130	8.2	11	994.4	18.6	19	10	0	0	0	0	OLIVIA
6	1962	6	118	10	12	980	25.8	26	7.8	0	0	0	0	VALERIE
7	1957	10	118	10	12	980	33	33	9	0	0	0	0	Sin nombre
8	1950	6	115	9.7	12	980	17.4	17	5.4	0	0	0	0	Sin nombre
9	1981	10	115	6.8	10	998.8	22.2	22	6.6	0	0	0	0	NORMA
10	1963	10	110	6.6	9.9	1003	5.4	5.4	1.8	0	0	0	0	MONA
11	1998	10	109	7.7	11	995.6	74.4	48	8.4	0	0	0	0	MADELINE
12	1971	9	105	6.2	9.6	1002	18.6	19	0.6	0	0	0	0	NANETTE
13	1971	10	102	8.1	11	985	30.6	27	0	0	0	0	0	PRISCILLA
14	1960	10	100	5.8	9.3	1003	40.8	41	0	0	0	0	0	HYACINTH
15	1993	7	100	9.1	12	991	18	15	0	0	0	0	0	CALVIN
16	1974	9	93.8	5.9	9.3	1004	26.4	22	0	0	0	0	0	ORLENE
17	1968	9	91.9	4.7	8.4	1004	33.6	34	0	0	0	0	0	NAOMI
18	1981	10	90.6	7.2	10	993	22.2	22	0	0	0	0	0	OTIS
19	1986	9	86.6	4.6	8.3	1005	26.4	25	0	0	0	0	0	NEWTON
20	1986	10	85.4	4.3	8	1006	7.8	7.8	0	0	0	0	0	ROSLYN
21	1964	7	82.4	7.2	10	999	24	15	0	0	0	0	0	NATALIE
22	1995	9	81.8	4	7.8	1006	36	28	0	0	0	0	0	HENRIETTE
23	1950	7	81.5	4.3	8	1006	24	24	0	0	0	0	0	Sin nombre
24	1960	8	81.4	4.3	8	1007	13.8	14	0	0	0	0	0	DIANA
25	1969	10	81.4	3.9	7.7	1007	25.8	19	0	0	0	0	0	JENNIFER
26	1996	10	81.3	6.7	10	996	33	33	0	0	0	0	0	HERNAN
27	1959	10	80.8	5.3	8.9	1005	23.4	14	0	0	0	0	0	Sin nombre
28	1959	6	79.3	6.7	10	999	31.2	17	0	0	0	0	0	Sin nombre
29	1969	9	78.3	3.9	7.6	1007	14.4	12	0	0	0	0	0	GLENDA
30	1976	10	77.7	6.3	9.7	1006	15.6	16	0	0	0	0	0	LIZA
31	1963	9	75.9	6.1	9.5	999	74.4	25	0	0	0	0	0	LILLIAN
32	1985	10	75.9	4.4	8.1	1007	0.6	0.6	0	0	0	0	0	WALDO
33	1970	6	75.6	6.7	10	1002	21.6	13	0	0	0	0	0	EILEEN
34	1999	9	74.8	3.8	7.5	1008	23.4	18	0	0	0	0	0	GREG
35	1993	9	73.7	4.1	7.8	1008	6	6	0	0	0	0	0	LIDIA
36	1962	10	73	4	7.8	1008	9.6	9.6	0	0	0	0	0	DOREEN
37	1969	8	72.8	3.6	7.3	1009	9	9	0	0	0	0	0	EMILY
38	1987	7	72.2	5.1	8.7	1004	21	20	0	0	0	0	0	EUGENE
39	1951	9	72	4.1	7.9	1007	56.4	29	0	0	0	0	0	Sin nombre
40	2000	8	71	3.3	7	1008	18	12	0	0	0	0	0	ILEANA
41	1953	9	70.9	3.4	7.1	1007	30.6	31	0	0	0	0	0	Sin nombre
42	1971	8	69.9	3.3	7	1009	21.6	14	0	0	0	0	0	KATRINA
43	1953	10	68.9	3.8	7.5	1008	14.4	14	0	0	0	0	0	Sin nombre
44	1965	9	67.9	3.2	7	1008	28.2	19	0	0	0	0	0	HAZEL
45	1995	9	67.5	3.7	7.4	1009	7.2	4.8	0	0	0	0	0	ISMAEL

46	1984	7	67.2	5.3	8.9	1008	3.6	3.6	0	0	0	0	0	GENEVIEVE
47	1983	5	67	5.7	9.2	1004	18.6	9	0	0	0	0	0	ADOLPH
48	1959	9	66.4	3.4	7.2	1008	18.6	17	0	0	0	0	0	Sin nombre
49	1958	10	65.7	3.6	7.4	1009	10.2	10	0	0	0	0	0	Sin nombre
50	1989	8	64.7	3.1	6.8	1008	25.2	19	0	0	0	0	0	KIKO
51	1976	10	63.4	3.2	6.9	1010	12	5.4	0	0	0	0	0	NAOMI
52	2000	9	63	5.2	8.8	1005	34.8	11	0	0	0	0	0	NORMAN
53	2003	10	61.9	2.9	6.5	1010	24.6	6.6	0	0	0	0	0	NORA
54	1955	10	60.3	2.5	6.1	1010	43.8	9	0	0	0	0	0	Sin nombre
55	1983	9	60.1	4.1	7.9	1009	1.2	1.2	0	0	0	0	0	LORENA
56	1990	6	59.4	2.5	6.1	1010	33	12	0	0	0	0	0	DOUGLAS
57	1967	6	59.3	4.1	7.8	1010	0.6	0.6	0	0	0	0	0	CARLOTTA
58	1968	10	59.3	3.6	7.4	1010	4.2	4.2	0	0	0	0	0	PAULINE
59	1971	9	59.3	2.9	6.6	1009	4.8	1.2	0	0	0	0	0	LILY
60	1981	8	58.8	2.8	6.5	1010	27	11	0	0	0	0	0	IRWIN
61	1981	9	58.3	2.3	5.9	1011	7.2	4.2	0	0	0	0	0	KNUT
62	1954	7	57.9	3.7	7.4	1010	1.8	1.8	0	0	0	0	0	Sin nombre
63	1949	6	57.2	2.3	5.9	1009	23.4	13	0	0	0	0	0	Sin nombre
64	1955	10	57	2.6	6.3	1009	1.2	1.2	0	0	0	0	0	Sin nombre
65	1993	8	56.8	3.8	7.5	1009	1.8	1.8	0	0	0	0	0	GREG
66	1985	7	56	2.9	6.5	1010	7.2	1.2	0	0	0	0	0	FEFA
67	1998	9	55.7	2.4	6	1009	27	0.6	0	0	0	0	0	JAVIER
68	1986	10	55.6	3.3	7.1	1010	3	1.8	0	0	0	0	0	PAINE
69	1970	7	55.5	2.2	5.8	1010	12	0.6	0	0	0	0	0	IONE 1
70	1973	9	55.1	3.3	7.1	1011	6	0.6	0	0	0	0	0	JENNIFER
71	1958	10	54.6	2.3	5.8	1008	15.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
72	1970	7	53.8	2.2	5.7	1011	18	0	0	0	0	0	0	HELGA
73	1968	6	52.8	1.9	5.4	1010	14.4	0	0	0	0	0	0	ANNETTE
74	1995	8	51.3	3	6.7	1010	1.2	0	0	0	0	0	0	FLOSSIE
75	1958	9	51.2	1.9	5.4	1011	4.2	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
76	1989	9	51.2	2.1	5.5	1011	14.4	0	0	0	0	0	0	PRISCILLA
77	1992	10	51.2	2.3	5.8	1009	3.6	0	0	0	0	0	0	WINIFRED
78	1959	10	50.3	1.9	5.3	1011	13.2	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
79	1960	6	49.3	1.8	5.2	1011	28.8	0	0	0	0	0	0	BONNY
80	1958	7	48.8	2.3	5.8	1012	6.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
81	1954	9	48.6	2.1	5.5	1012	5.4	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
82	2003	8	47.6	1.7	5.1	1011	28.2	0	0	0	0	0	0	IGNACIO
83	1949	9	47.4	1.8	5.2	1011	16.8	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
84	1957	9	46.1	1.6	5	1011	19.8	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
85	2003	10	45.5	1.5	4.7	1011	17.4	0	0	0	0	0	0	OLAF
86	1954	9	45	1.6	4.9	1011	19.8	0	0	0	0	0	0	Sin nombre

87	1962	9	44.5	1.8	5.2	1012	4.8	0	0	0	0	0	0	0	BERNICE
88	1966	10	44.1	1.7	5	1012	6.6	0	0	0	0	0	0	0	MAGGIE
89	1999	10	42.8	1.9	5.3	1012	6	0	0	0	0	0	0	0	IRWIN
90	1949	9	42.5	1.7	5	1012	13.2	0	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
91	1975	6	41.9	1.6	4.9	1012	4.2	0	0	0	0	0	0	0	AGATHA
92	1977	8	41.6	1.9	5.3	1011	6	0	0	0	0	0	0	0	DOREEN
93	1970	8	41.3	1.9	5.3	1012	4.2	0	0	0	0	0	0	0	KRISTEN
94	1998	7	40.6	1.9	5.3	1013	2.4	0	0	0	0	0	0	0	CELIA
95	1968	8	39.8	1.5	4.7	1012	3	0	0	0	0	0	0	0	HYACINTH
96	1951	8	39.5	1.9	5.3	1012	1.2	0	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
97	2000	9	39.3	1.3	4.4	1012	23.4	0	0	0	0	0	0	0	MIRIAM
98	1992	10	39	1.4	4.6	1012	4.2	0	0	0	0	0	0	0	VIRGIL
99	1996	7	38.8	1.3	4.5	1012	12	0	0	0	0	0	0	0	BORIS
100	1951	11	36.8	1.5	4.8	1012	3	0	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
101	2005	7	36.5	1.5	4.8	1012	1.2	0	0	0	0	0	0	0	EUGENE
102	1981	7	36.3	1.2	4.3	1012	10.8	0	0	0	0	0	0	0	CALVIN
103	1959	6	36.1	1.5	4.8	1012	1.2	0	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
104	1979	9	34.9	1.3	4.4	1013	7.2	0	0	0	0	0	0	0	GUILLERMO

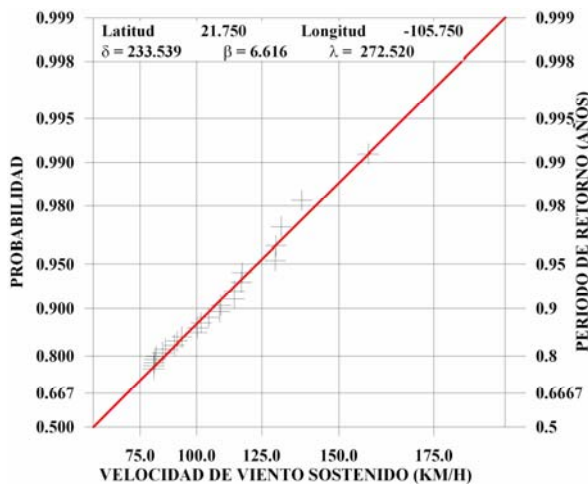


Figura 6-22 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

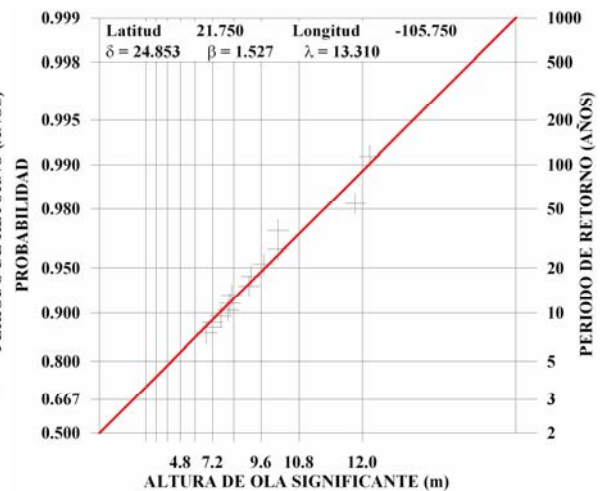


Figura 6-23 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

6.2.9 Mazatlán, Sinaloa.

La ciudad de Mazatlán es la segunda en importancia en el estado de Sinaloa, de acuerdo al censo de población y vivienda de 2005 cuenta con una población de 498,000 personas.

El turismo y la pesca son las principales actividades económicas de esta ciudad. Es el quinto destino turístico de playa más importante del país, después de Cancún, Acapulco, Puerto Vallarta y Los Cabos. Cuenta con un poco más de veinte kilómetros de playas donde se ubican un gran número de hoteles, restaurantes, bares y tiendas. Posee la segunda flota

pesquera más grande del país y aquí se procesa principalmente camarón y atún, se localiza en la parte sur del estado, entre los meridianos 105°46'23" y 106°30'51" O, y entre los paralelos 23°04'25" y 23°50'22" de latitud norte.

En la Tabla 6-9 se presentan los ciclones tropicales que han afectado las costas de Mazatlán con intensidad de depresión tropical o superior, sólo uno que no fue nombrado en 1957 afecto con vientos asociados a huracán clase 3, uno llegó a generar vientos de huracán clase 2 (Norma 1981), 10 llegaron a afectar como huracán clase 2, 44 como tormentas tropicales y 26 como depresiones tropicales. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: como depresión tropical o superior (10.33 y 33.6 horas), como tormenta tropical o superior (14.74 y 35 horas) y como huracán clase 1 o superior (5.4 y 10 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 6-24 y la Figura 6-25, respectivamente.

Tabla 6-9 Ciclones tropicales que han afectado a las costas de Mazatlán.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1957	10	158	13	14	948	16.8	14	7.8	3.6	0.6	0	0	Sin nombre
2	1981	10	137	12	13	969	18.6	19	9	1.8	0	0	0	NORMA
3	1975	10	134	10	13	961	21	21	10	0	0	0	0	OLIVIA
4	1963	10	131	13	14	980	9	9	3	0	0	0	0	MONA
5	1974	9	127	11	13	977	17.4	14	4.8	0	0	0	0	ORLENE
6	1983	10	121	7	10	992.1	9	9	1.8	0	0	0	0	TICO
7	1993	9	119	7.7	11	997.4	18	17	4.2	0	0	0	0	LIDIA
8	1968	9	117	9.9	12	980	26.4	25	7.2	0	0	0	0	NAOMI
9	1962	6	114	9.4	12	980	19.2	19	4.8	0	0	0	0	VALERIE
10	1960	10	112	9.1	12	980	31.2	31	17	0	0	0	0	HYACINTH
11	1969	10	106	9.1	12	987	24.6	19	0.6	0	0	0	0	JENNIFER
12	1985	10	106	5.8	9.3	1002	7.8	7.8	0.6	0	0	0	0	WALDO
13	1957	10	104	7.8	11	980	30	29	0	0	0	0	0	Sin nombre
14	1998	10	97.8	8.1	11	990	36.6	34	0	0	0	0	0	MADLINE
15	1976	10	97.4	6.6	10	1004	25.2	25	0	0	0	0	0	LIZA
16	1953	9	96.3	5.1	8.7	1002	37.8	35	0	0	0	0	0	Sin nombre
17	1989	8	96.2	5.1	8.7	1002	38.4	32	0	0	0	0	0	KIKO
18	1986	10	94.3	7.2	10	987	15	10	0	0	0	0	0	ROSLYN
19	1993	7	90.7	8.5	11	998	15	9.6	0	0	0	0	0	CALVIN
20	1960	8	90.4	4.8	8.5	1006	15	15	0	0	0	0	0	DIANA
21	1994	10	89.8	4.8	8.4	996.8	13.2	11	0	0	0	0	0	ROSA
22	1986	9	88.1	4.6	8.3	1005	25.8	26	0	0	0	0	0	NEWTON
23	1986	10	87.3	4.5	8.2	1005	24.6	25	0	0	0	0	0	PAINE
24	1982	9	87.1	5.2	8.8	1006	9	9	0	0	0	0	0	PAUL
25	2003	8	86.4	4.4	8.1	1005	54	38	0	0	0	0	0	IGNACIO
26	1995	9	85.1	4.4	8.1	1007	16.8	15	0	0	0	0	0	ISMAEL

27	1962	10	84.5	4.3	8.1	1007	18.6	19	0	0	0	0	0	DOREEN
28	1995	9	83.9	4.3	8	1006	23.4	23	0	0	0	0	0	HENRIETTE
29	1959	6	82.7	7.2	10	999	21.6	11	0	0	0	0	0	Sin nombre
30	2002	10	82.7	4.6	8.3	1002	9.6	8.4	0	0	0	0	0	KENNA
31	1964	7	81.4	7	10	999	22.8	14	0	0	0	0	0	NATALIE
32	1971	9	80.7	4.3	8	1007	15	15	0	0	0	0	0	NANETTE
33	1963	9	79.2	5.9	9.4	999	48.6	20	0	0	0	0	0	LILLIAN
34	1981	9	76.9	6.6	9.9	1000	12	7.2	0	0	0	0	0	KNUT
35	1950	6	73.8	3.3	7.1	1006	7.8	7.8	0	0	0	0	0	Sin nombre
36	1965	9	73	5.6	9.2	999	38.4	25	0	0	0	0	0	HAZEL
37	1959	9	72.9	3.7	7.5	1008	13.2	13	0	0	0	0	0	Sin nombre
38	1971	8	72	3.3	7.1	1008	33	16	0	0	0	0	0	KATRINA
39	1981	10	71.9	3.5	7.2	1005	12.6	4.8	0	0	0	0	0	OTIS
40	1969	9	71.4	3.5	7.2	1008	9.6	9	0	0	0	0	0	GLENDA
41	1999	9	68.5	3.1	6.9	1008	23.4	20	0	0	0	0	0	GREG
42	1958	6	68.3	3.2	6.9	1008	7.2	4.2	0	0	0	0	0	Sin nombre
43	2003	10	67.8	5.5	9.1	1003	17.4	12	0	0	0	0	0	NORA
44	1950	7	66.6	3.4	7.1	1008	18	17	0	0	0	0	0	Sin nombre
45	1958	10	66.3	3.6	7.3	1009	7.8	7.8	0	0	0	0	0	Sin nombre
46	1969	8	65.1	3	6.6	1010	10.8	9	0	0	0	0	0	EMILY
47	2000	8	63.7	2.9	6.5	1009	13.2	11	0	0	0	0	0	ILEANA
48	1990	10	63.4	2.8	6.4	1010	4.8	4.8	0	0	0	0	0	RACHEL
49	1955	10	63.2	2.7	6.3	1010	21.6	9.6	0	0	0	0	0	Sin nombre
50	1998	9	62.9	2.7	6.3	1009	19.8	14	0	0	0	0	0	ISIS
51	1976	10	60.7	4.8	8.5	1003	14.4	3	0	0	0	0	0	NAOMI
52	1971	10	58.8	2.6	6.2	1008	15	8.4	0	0	0	0	0	PRISCILLA
53	1951	9	57	2.2	5.7	1010	52.2	12	0	0	0	0	0	Sin nombre
54	1954	7	56.7	3.3	7.1	1010	2.4	2.4	0	0	0	0	0	Sin nombre
55	1957	9	56	2.1	5.6	1010	51.6	5.4	0	0	0	0	0	Sin nombre
56	1951	11	55.2	2.1	5.7	1011	19.2	1.2	0	0	0	0	0	Sin nombre
57	1981	8	54.8	2.3	5.9	1011	22.2	0	0	0	0	0	0	IRWIN
58	2000	9	54.6	3.9	7.6	1005	15.6	0	0	0	0	0	0	NORMAN
59	1968	8	52.6	1.9	5.3	1011	33.6	0	0	0	0	0	0	HYACINTH
60	1984	7	49.6	2.5	6.1	1010	30	0	0	0	0	0	0	GENEVIEVE
61	1970	7	49.5	2	5.5	1011	15	0	0	0	0	0	0	HELGA
62	1978	9	49.3	1.8	5.2	1011	21.6	0	0	0	0	0	0	PAUL
63	1958	9	48.9	1.8	5.3	1011	15.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
64	1970	6	48.9	2.1	5.6	1009	14.4	0	0	0	0	0	0	EILEEN
65	1996	10	48.1	1.7	5.1	1010	19.2	0	0	0	0	0	0	HERNAN
66	1983	5	47.6	1.8	5.3	1010	6	0	0	0	0	0	0	ADOLPH
67	1985	7	46.2	2.2	5.7	1011	4.8	0	0	0	0	0	0	FEFA

68	1989	9	43.7	1.8	5.2	1012	7.8	0	0	0	0	0	0	PRISCILLA
69	2000	9	42.7	1.4	4.6	1012	18.6	0	0	0	0	0	0	MIRIAM
70	1960	6	38.9	1.4	4.5	1012	13.8	0	0	0	0	0	0	BONNY
71	1970	7	37.3	1.2	4.3	1012	1.8	0	0	0	0	0	0	IONE 1
72	1991	11	36.7	1.3	4.4	1012	1.2	0	0	0	0	0	0	NORA
73	1959	10	36.6	1.2	4.2	1012	0.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
74	1962	9	36.5	1.5	4.7	1012	2.4	0	0	0	0	0	0	BERNICE
75	1973	9	36.3	1.3	4.4	1012	1.8	0	0	0	0	0	0	IRAHA
76	1965	9	36	1.3	4.4	1012	4.2	0	0	0	0	0	0	EMILY
77	1987	7	36	1.2	4.2	1012	5.4	0	0	0	0	0	0	EUGENE
78	1949	9	35.2	1.4	4.6	1012	2.4	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
79	1954	9	34.9	1.4	4.6	1012	0.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
80	1970	11	34.2	1.2	4.3	1012	4.8	0	0	0	0	0	0	SELMA
81	1981	7	34	1.1	4.1	1012	4.2	0	0	0	0	0	0	CALVIN
82	1990	6	33.7	1.1	4	1013	1.2	0	0	0	0	0	0	DOUGLAS

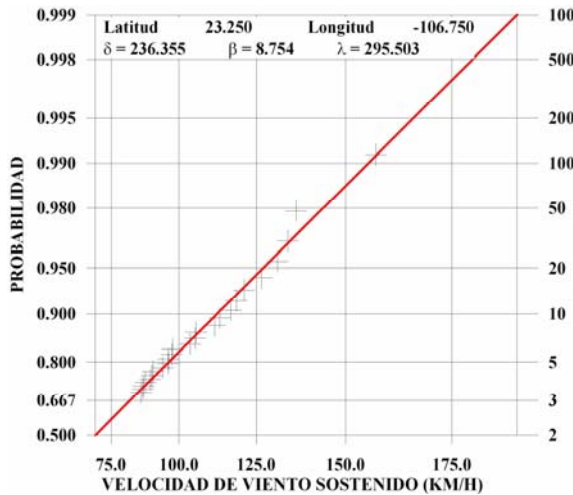


Figura 6-24 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

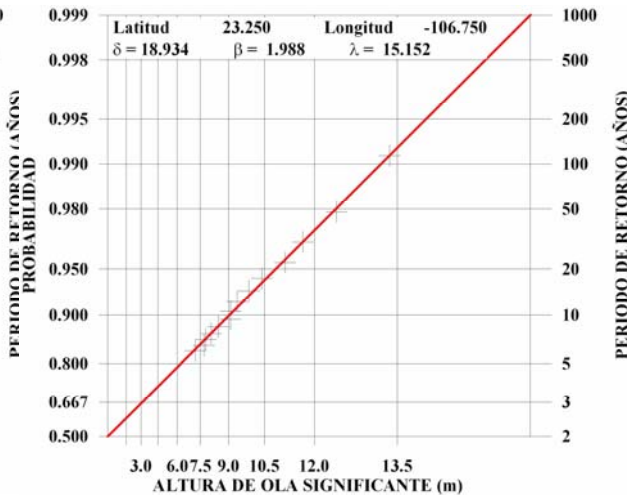


Figura 6-25 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

6.2.10 Guaymas, Sonora.

La ciudad y puerto de Guaymas es el principal destino turístico nacional y extranjero en Sonora, México. La zona turística, se ubica al noroeste del puerto, siendo Bahía de Bacochibampo o Miramar las más visitadas, al norte se encuentra el balneario San Carlos. Cuenta además, con 4 condominios turísticos, 2 marinas con espacios para dar albergue a 798 embarcaciones y 5 campos para remolques con un total de 729 espacios.

32	1973	9	39.6	1.2	4.2	1010	6	0	0	0	0	0	0	0	0	IRAH
33	1966	9	38.1	0.9	3.7	1009	5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	KIRSTEN
34	1998	8	36.7	1.2	4.2	1012	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	FRANK
35	1962	9	35.8	1.1	4.1	1012	9.6	0	0	0	0	0	0	0	0	CLAUDIA

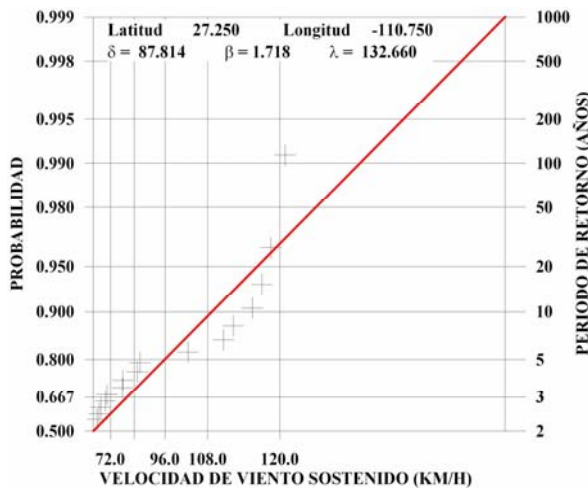


Figura 6-26 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

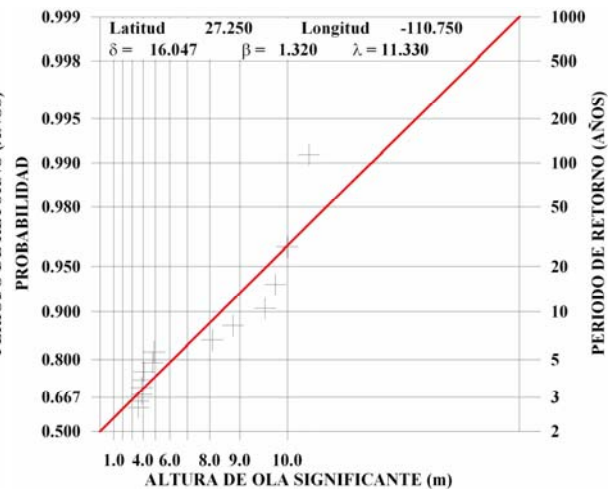


Figura 6-27 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

6.2.11 Los Cabos, Baja California Sur.

Es uno de los cinco municipios del estado de Baja California Sur, México, y se localiza en el extremo sur del estado. La cabecera municipal es San José del Cabo y la ciudad más importante es Cabo San Lucas a 32 km de la cabecera. Esta área es uno de los destinos turísticos más importantes de México.

La ubicación geográfica del municipio es: *Norte* 23° 40', *Sur* 22° 52'; *Este* 109° 24', *Oeste* 110° 07' y la población del municipio rondaba en los 105,469 habitantes según el censo del año 2000.

En la Tabla 6-11 se muestran los ciclones tropicales que han afectado las costas de Los Cabos y se puede ver que 3 han afectado con vientos de huracán clase 2 (Paul 1982, Kilo 1989, Liza 1976), 18 llegaron a afectar con vientos de huracán clase 1, 78 afectaron como tormentas tropicales y 39 como depresiones tropicales. Las persistencias medias y máximas registradas han sido: como depresión tropical o superior (13.75 y 46.8 horas), como tormenta tropical o superior (18.14 y 63 horas), como huracán clase 1 o superior (8.23 y 24 horas) y como huracán clase 2 (2.2 y 3 horas). Los resultados del análisis extremal para vientos sostenidos y alturas de ola se muestran en la Figura 6-28 y la Figura 6-29, respectivamente.

Tabla 6-11 Ciclones tropicales que han afectado las costas de Los Cabos, Baja California Sur.

#	Año	Mes	V	A	T	P	TD	TS	H1	H2	H3	H4	H5	NOMBRE
1	1982	9	142	12	13	965	24.6	25	11	3	0	0	0	PAUL
2	1989	8	140	11	13	977.8	73.8	58	25	2.4	0	0	0	KIKO
3	1976	10	138	10	12	957	27	27	14	1.2	0	0	0	LIZA
4	1995	9	133	11	13	970	44.4	34	11	0	0	0	0	HENRIETTE
5	2003	9	131	11	13	973	22.8	23	7.8	0	0	0	0	MARTY
6	2001	10	125	8.5	11	993	64.8	59	14	0	0	0	0	JULIETTE
7	1965	9	123	10	12	976	33.6	24	7.2	0	0	0	0	EMILY
8	1958	10	121	11	13	980	23.4	23	6	0	0	0	0	Sin nombre
9	1996	9	120	8	11	993.5	42.6	43	24	0	0	0	0	FAUSTO
10	1954	7	119	10	12	980	25.2	23	6	0	0	0	0	Sin nombre
11	1959	9	119	10	12	980	31.8	29	7.2	0	0	0	0	Sin nombre
12	2003	8	119	8.5	11	988.6	82.2	63	20	0	0	0	0	IGNACIO
13	1958	6	115	9.7	12	980	32.4	31	9.6	0	0	0	0	Sin nombre
14	1986	10	115	8.7	11	973	26.4	26	7.8	0	0	0	0	PAINE
15	1985	10	111	8.4	11	974	20.4	20	6	0	0	0	0	WALDO
16	1984	9	110	6.9	10	1001	21.6	22	5.4	0	0	0	0	NORBERT
17	1962	10	108	8.6	11	980	19.8	19	1.8	0	0	0	0	DOREEN
18	1973	9	108	6.4	9.8	999.4	34.8	32	6	0	0	0	0	IRAH
19	1977	8	107	8.9	12	986	33.6	32	4.2	0	0	0	0	DOREEN
20	1993	9	107	7.6	11	990.9	23.4	21	1.2	0	0	0	0	LIDIA
21	1949	9	107	6.8	10	998.5	42.6	43	2.4	0	0	0	0	Sin nombre
22	1995	8	105	6.2	9.6	1001	25.8	26	0	0	0	0	0	FLOSSIE
23	1968	10	103	6	9.5	1002	28.8	28	0	0	0	0	0	PAULINE
24	1999	9	103	8.5	11	986	61.8	38	0	0	0	0	0	GREG
25	1984	7	102	5.6	9.1	1001	37.8	37	0	0	0	0	0	FAUSTO
26	1971	9	101	8.8	11	989	25.8	25	0	0	0	0	0	NANETTE
27	1990	10	98.2	9	12	994	19.2	12	0	0	0	0	0	RACHEL
28	2000	8	97.9	8.4	11	991	31.2	23	0	0	0	0	0	ILEANA
29	1969	8	97.3	8.6	11	993	21.6	14	0	0	0	0	0	EMILY
30	1950	7	96.7	5.3	8.9	1003	43.8	39	0	0	0	0	0	Sin nombre
31	1969	9	95.7	8.6	11	994	24.6	18	0	0	0	0	0	GLENDA
32	1960	8	94.5	6.3	9.7	993.3	21	18	0	0	0	0	0	DIANA
33	1967	9	92.8	4.9	8.6	1005	24.6	24	0	0	0	0	0	KATRINA
34	1998	9	92.6	7.2	10	989	30	25	0	0	0	0	0	ISIS
35	1963	10	90.5	4.7	8.4	997.8	11.4	11	0	0	0	0	0	MONA
36	1986	9	87.4	6	9.4	997.9	34.8	27	0	0	0	0	0	NEWTON

37	1995	9	87.3	5.6	9.2	995.9	17.4	14	0	0	0	0	0	ISMAEL
38	2004	9	86.8	5.2	8.8	1005	28.8	29	0	0	0	0	0	JAVIER
39	1953	9	85.7	4	7.8	1003	45	45	0	0	0	0	0	Sin nombre
40	1979	9	85.4	4.4	8.1	1004	54	32	0	0	0	0	0	GUILLERMO
41	1978	10	85.2	6.8	10	994	36.6	33	0	0	0	0	0	ROSA
42	2005	10	85.2	4.3	8	1004	72.6	58	0	0	0	0	0	OTIS
43	1983	9	84.5	6.4	9.8	1006	19.2	19	0	0	0	0	0	KIKO
44	1974	7	82.4	4.8	8.4	1008	7.2	4.8	0	0	0	0	0	GRETCHEN
45	1993	8	82.4	4.9	8.6	1006	72	40	0	0	0	0	0	HILARY
46	1983	10	82	4.7	8.4	1003	12	12	0	0	0	0	0	TICO
47	1957	10	80.1	4.4	8.1	1003	10.2	9	0	0	0	0	0	Sin nombre
48	1983	9	79.6	4.7	8.3	1007	19.2	19	0	0	0	0	0	LORENA
49	1994	8	79.1	4	7.7	1008	12	12	0	0	0	0	0	ILEANA
50	1964	9	77.7	6.1	9.5	1005	34.2	20	0	0	0	0	0	TILLIE
51	1958	9	77	6.3	9.7	999	30	21	0	0	0	0	0	Sin nombre
52	1984	7	76.4	4.9	8.6	1003	70.8	63	0	0	0	0	0	GENEVIEVE
53	1967	6	76.1	4.2	7.9	1008	16.2	16	0	0	0	0	0	CARLOTTA
54	1962	9	75.7	4.4	8.1	1007	26.4	14	0	0	0	0	0	CLAUDIA
55	1969	9	75.3	5.5	9.1	1005	64.8	37	0	0	0	0	0	FLORENCE
56	1975	10	75.1	3.4	7.1	1004	13.2	13	0	0	0	0	0	OLIVIA
57	1949	9	74.4	4.2	7.9	1008	29.4	15	0	0	0	0	0	Sin nombre
58	1986	10	73.7	3.3	7	1005	24.6	23	0	0	0	0	0	ROSLYN
59	1981	10	73.6	3.5	7.2	1005	16.2	16	0	0	0	0	0	NORMA
60	1951	9	73.3	4.3	8.1	1007	51	29	0	0	0	0	0	Sin nombre
61	1960	7	72.9	4.1	7.8	1008	9	9	0	0	0	0	0	CELESTE
62	1984	9	72.7	4	7.7	1008	13.2	13	0	0	0	0	0	MARIE
63	1993	9	70.4	4.4	8.1	1008	7.8	7.8	0	0	0	0	0	JOVA
64	2001	9	69.4	3.3	7	1009	19.2	13	0	0	0	0	0	IVO
65	1981	10	69.1	5.2	8.8	1000	23.4	13	0	0	0	0	0	LIDIA
66	1970	7	68.9	4.7	8.4	1003	34.8	19	0	0	0	0	0	HELGA
67	1974	7	68.7	3.2	7	1009	14.4	14	0	0	0	0	0	FRANCESCA
68	1952	9	68.4	3.5	7.2	1008	16.8	17	0	0	0	0	0	Sin nombre
69	2000	6	68.2	4.1	7.8	1009	6	6	0	0	0	0	0	CARLOTTA
70	1962	9	67.1	3.2	6.9	1009	33	17	0	0	0	0	0	BERNICE
71	1967	10	67.1	2.9	6.6	1008	21	14	0	0	0	0	0	OLIVIA
72	1968	8	66.7	4.7	8.4	999	39	20	0	0	0	0	0	HYACINTH
73	1994	8	66.7	2.9	6.6	1009	22.8	13	0	0	0	0	0	HECTOR
74	1981	9	66	3.2	6.9	1005	20.4	13	0	0	0	0	0	KNUT
75	1957	9	65.8	3.9	7.6	1006	60	23	0	0	0	0	0	Sin nombre
76	1965	9	65.7	4.6	8.2	1005	40.2	19	0	0	0	0	0	HAZEL

77	1968	9	65.3	2.7	6.3	1007	22.8	19	0	0	0	0	0	NAOMI
78	1955	10	64.9	4.4	8.1	999	29.4	13	0	0	0	0	0	Sin nombre
79	1951	11	64.5	4.4	8.1	999	21.6	14	0	0	0	0	0	Sin nombre
80	1985	7	64.2	2.8	6.4	1009	33	17	0	0	0	0	0	FEFA
81	1953	10	63.9	3.4	7.2	1009	17.4	9	0	0	0	0	0	Sin nombre
82	1980	8	63.8	3.6	7.4	1009	10.2	10	0	0	0	0	0	ISIS
83	1960	10	63.7	2.7	6.3	1007	28.2	23	0	0	0	0	0	HYACINTH
84	2000	9	63.7	4.6	8.3	1009	1.2	1.2	0	0	0	0	0	LANE
85	1971	8	62.3	3.4	7.1	1006	34.2	14	0	0	0	0	0	KATRINA
86	1989	9	62.1	2.7	6.3	1009	33	16	0	0	0	0	0	PRISCILLA
87	1966	9	61.9	2.4	5.9	1010	10.8	5.4	0	0	0	0	0	KIRSTEN
88	1989	8	61.7	2.9	6.6	1009	20.4	14	0	0	0	0	0	GIL
89	1958	7	61.5	2.6	6.3	1010	20.4	11	0	0	0	0	0	Sin nombre
90	1969	10	61.2	2.3	5.9	1007	18.6	8.4	0	0	0	0	0	JENNIFER
91	1987	10	61.1	3.5	7.3	1009	20.4	7.2	0	0	0	0	0	PILAR
92	1954	9	60	2.4	6	1010	48	9.6	0	0	0	0	0	Sin nombre
93	1978	9	59.9	4.2	7.9	1002	21.6	8.4	0	0	0	0	0	PAUL
94	1996	9	59.6	2.4	6	1010	31.2	9	0	0	0	0	0	ELIDA
95	1951	8	57.8	2.4	6	1011	13.2	4.8	0	0	0	0	0	Sin nombre
96	1998	7	57.5	2.5	6.1	1011	13.8	4.2	0	0	0	0	0	CELIA
97	1953	8	57.1	2.3	5.8	1010	24	4.2	0	0	0	0	0	Sin nombre
98	1990	7	56.7	3.1	6.8	1010	7.2	3.6	0	0	0	0	0	FAUSTO
99	2005	7	56.2	2.2	5.7	1010	22.8	1.2	0	0	0	0	0	EUGENE
100	1960	6	54.6	2.1	5.7	1010	21	0	0	0	0	0	0	BONNY
101	1952	7	54.5	2.2	5.7	1011	22.2	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
102	1970	8	53.9	2.1	5.6	1011	22.8	0	0	0	0	0	0	KRISTEN
103	2000	9	53.8	3.5	7.3	1004	19.8	0	0	0	0	0	0	MIRIAM
104	1970	11	53.2	2	5.5	1010	46.8	0	0	0	0	0	0	SELMA
105	1957	10	53	0	0	1010	1.2	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
106	1981	7	52.2	2.5	6.2	1011	24.6	0	0	0	0	0	0	CALVIN
107	1970	9	51.9	2.3	5.9	1011	10.2	0	0	0	0	0	0	NORMA
108	1949	6	51.8	2	5.5	1011	21	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
109	1976	10	51.7	2.3	5.9	1008	15	0	0	0	0	0	0	NAOMI
110	1988	8	51.7	2.8	6.4	1011	21.6	0	0	0	0	0	0	JOHN
111	1986	6	51.6	3	6.7	1011	0.6	0	0	0	0	0	0	CELIA
112	1985	7	51.4	2.4	6	1012	5.4	0	0	0	0	0	0	GUILLERMO
113	1957	8	51	2.9	6.6	1010	0.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
114	1954	9	50.8	2	5.4	1011	21	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
115	1998	10	50.3	1.7	5.1	1009	10.2	0	0	0	0	0	0	MADELINE
116	1959	6	49.5	2.1	5.6	1012	3.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre

117	1984	10	49.3	1.9	5.3	1012	12.6	0	0	0	0	0	0	POLO
118	1981	8	48.3	3.1	6.8	1007	27.6	0	0	0	0	0	0	IRWIN
119	1998	9	48.2	1.9	5.4	1011	86.4	0	0	0	0	0	0	JAVIER
120	2002	9	48	2.3	5.9	1011	5.4	0	0	0	0	0	0	ISELLE
121	1954	9	47.4	1.9	5.4	1011	15	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
122	1974	9	46.6	1.5	4.7	1008	4.2	0	0	0	0	0	0	ORLENE
123	1994	10	45.9	2.1	5.6	1009	3	0	0	0	0	0	0	ROSA
124	1976	9	45.8	1.9	5.3	1012	4.8	0	0	0	0	0	0	KATHLEEN
125	1993	7	44.8	2.4	6	1004	16.2	0	0	0	0	0	0	CALVIN
126	1986	8	44.7	1.8	5.2	1012	9	0	0	0	0	0	0	HOWARD
127	1968	10	43.9	1.9	5.3	1012	4.8	0	0	0	0	0	0	REBECCA
128	1967	7	43.4	1.9	5.4	1012	3.6	0	0	0	0	0	0	FRANCENE
129	1991	11	43.4	1.4	4.5	1010	3	0	0	0	0	0	0	NORA
130	1963	9	41.8	1.4	4.5	1011	34.8	0	0	0	0	0	0	LILLIAN
131	1983	7	41	1.7	5.1	1012	6.6	0	0	0	0	0	0	FLOSSIE
132	1998	8	38.5	1.3	4.3	1013	12	0	0	0	0	0	0	FRANK
133	2001	9	37.7	1.4	4.5	1012	7.8	0	0	0	0	0	0	FLOSSIE
134	1972	7	37.4	1.4	4.5	1013	7.8	0	0	0	0	0	0	BONNY
135	1962	7	37.1	1.6	4.9	1012	1.2	0	0	0	0	0	0	WILLA
136	2000	6	34.7	1.1	4	1012	1.8	0	0	0	0	0	0	BUD
137	1949	9	34.3	1.2	4.2	1012	0.6	0	0	0	0	0	0	Sin nombre
138	2003	10	33.5	0.9	3.7	1012	0.6	0	0	0	0	0	0	NORA

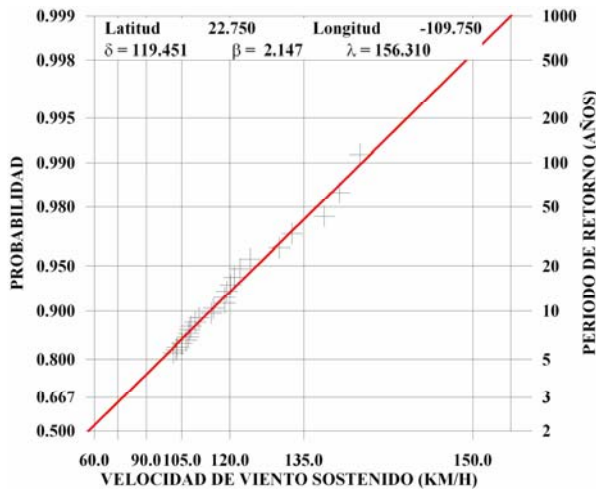


Figura 6-28 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

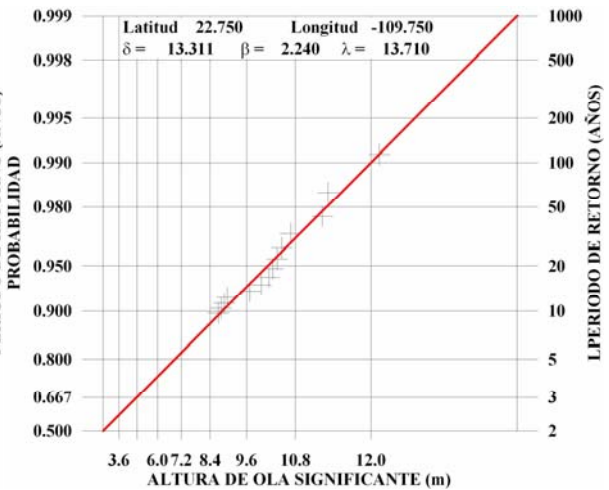


Figura 6-29 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

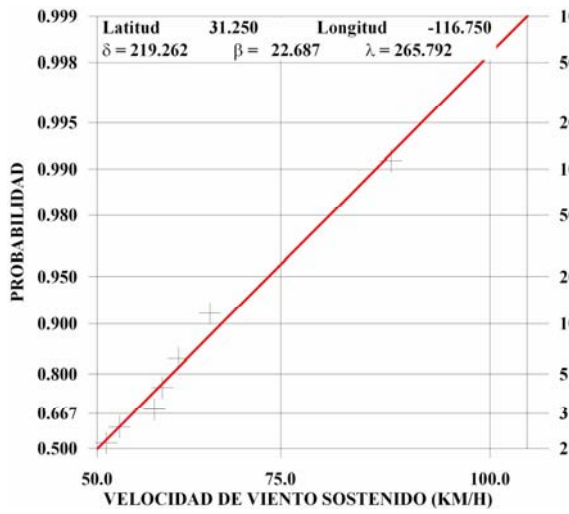


Figura 6-30 Distribución extremal de Weibull para velocidad de viento a 10 m SMM

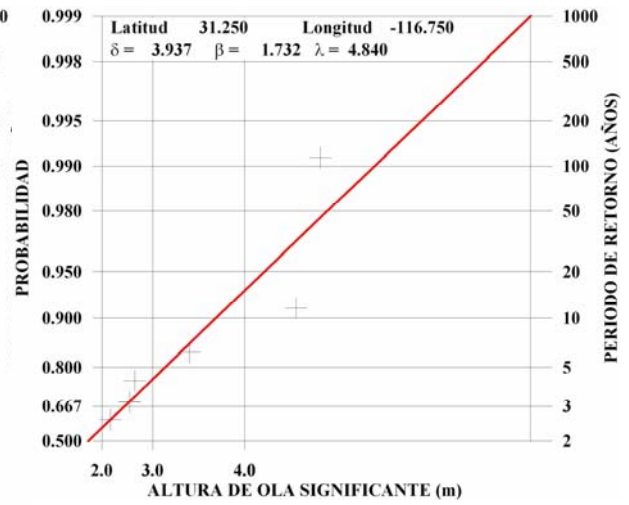


Figura 6-31 Distribución extremal de Weibull para altura de ola significativa

CAPÍTULO VII

7 ANÁLISIS GENERAL DE MÉXICO.

Los huracanes pueden llegar a ser las tormentas más fatales, peligrosas y costosas del mundo. Aparentemente en los años más recientes estos fenómenos se presentan con mayor frecuencia e intensidad, causando gran cantidad de daños en pueblos y ciudades costeras. Es probable que el número de huracanes aumente y disminuya como resultado de un ciclo natural y regular, sin embargo y según algunos científicos la fuerza y duración de las tormentas también están afectadas a causa del calentamiento global. Como ejemplo, en el año 2005 se predijo que la temporada de huracanes sería más severa de lo normal y de hecho los huracanes Stan y Wilma afectaron seriamente el sureste mexicano y el número de registros superó todas las estadísticas previas de las cuales se tenga conocimiento.

Existe evidencia que el número de tormentas se encuentra controlado por un ciclo de 20-40 años. Por ejemplo, desde mediados de los años 60 y hasta mediados de los 90, la cantidad de huracanes era menor. Pero desde 1995, cada año han ocurrido mucho más huracanes de lo usual. Esto significa que actualmente se está en una fase del ciclo en la cual ocurren más cantidad de huracanes. Se estima que hasta el año 2015 habrá un mayor número de tormentas que afectaran severamente a México por tener largos litorales y condiciones oceanográficas controladas por condiciones propias del trópico.

Los huracanes siempre han estado presentes y las causas que los provocan han formado parte de leyendas ancestrales durante siglos. Hay huracanes que producen más daños que otros y debido a la gran devastación que pueden provocar se elaboran planes de actuación en caso de huracanes para prevenir y mitigar daños. Una de las formas más convencionales para estimar la intensidad de un ciclón tropical es a través de la **escala de Saffir-Simpson** (descrita en el capítulo II).

7.1 Huracanes más significativos de las vertientes del Atlántico y Pacífico mexicanos

En este apartado se describen aquellos huracanes que han golpeado más intensamente a las costas de México ocasionando daños económicos y pérdidas humanas.

7.1.1 1988, Huracán Gilbert.

El huracán Gilbert es uno de los huracanes registrados más devastadores que ha conocido la vertiente atlántica. Este ciclón golpeó duramente durante 9 días el Caribe y el Golfo de México en septiembre de 1988.

Gilbert se formó el 8 de septiembre de 1988 cerca de las Islas de Barlovento. Se convirtió en tormenta tropical al desplazarse sobre aguas cálidas del Caribe. Se intensificó hasta

convertirse en un huracán importante el día 10 de septiembre. Gilbert tocó tierra por primera vez en Jamaica, siendo ya un huracán de categoría 4 en la escala de Saffir-Simpson, con unos vientos de 220 Km/h. Mientras se alejaba de Jamaica, el huracán Gilbert se intensificó y se convirtió en huracán de categoría 5 cuando atravesaba Gran Caimán. Siguió empeorando hasta alcanzar unos vientos de 225 Km/h y una presión mínima de 888 milibares, que era la más baja registrada hasta ese momento.

La segunda vez que Gilbert se posó en tierra fue en la península de Yucatán, el 14 de septiembre, como huracán de categoría 5. Provocó inundaciones en el norte de México antes de llegar a los Estados Unidos y desaparecer dejando a su paso 318 muertos y unos daños estimados para los territorios afectados de 5 billones de dólares. El nombre Gilbert fue retirado y reemplazado por Gordon dado que los nombres de los huracanes más devastadores se eliminan de las listas de huracanes.

7.1.2 1998, *Huracan Mitch.*

El huracán Mitch es el segundo huracán más mortífero de la vertiente atlántica del que se tiene constancia, con unos vientos sostenidos de 290 Km/h como velocidad máxima. Este huracán dejó tras de sí a 18 000 muertos en América Central entre el 22 de octubre y el 5 de noviembre de 1998.

El huracán Mitch se formó a partir de una onda tropical en el Atlántico, y pronto pasó a ser depresión tropical y más tarde tormenta tropical. Fue en ese momento cuando se le asignó el nombre de Mitch. La tormenta tropical se transformó en huracán el 24 de octubre y a los 2 días ya había alcanzado la categoría 5 en la Escala Saffir-Simpson con una presión central de 905 milibares. Este huracán pasó por las costas de Nicaragua y Honduras debilitándose poco a poco hasta convertirse en categoría 2. Siguió debilitándose hasta ser de nuevo una depresión tropical mientras pasaba sobre Guatemala el 31 de octubre. Pero se organizó y volvió a convertirse en tormenta tropical estando en el sur de México, pasando primero por la península de Yucatán y tocando tierra por última vez a su paso por Florida. Las graves consecuencias del Mitch no fueron producidas por los fuertes vientos registrados sino por las inundaciones que provocaron grandes deslaves. El nombre de Mitch fue retirado en la primavera de 1999 y fue remplazado por Matthew en la Temporada de 2004.

7.1.3 2005, *Huracán Wilma.*

Es el huracán más intenso registrado en el Atlántico y el décimo ciclón tropical más intenso registrado en todo el mundo, con la presión más baja reportada en el hemisferio occidental, un récord que ostentaba el Huracán Gilbert (con 888 mb, Wilma alcanzó los 882 mb), que también tuvo el "honor" de ser el huracán más intenso que se conociese hasta entonces.

Wilma alcanzó tierra en más de una ocasión, provocando sus efectos más destructivos en la península de Yucatán, Cuba y en la parte sur de la península estadounidense de la Florida.

7.1.4 1997, *Huracán Pauline*

El huracán Pauline se presentó dentro de la temporada 1997 y por su afectación está considerado como uno de los más importantes de siglo pasado, alcanzando velocidades de más de 160 km/h; ocurrido en la zona Este del Pacífico Norte afectando a las costas de Oaxaca, Guerrero y Michoacán causando grandes daños y pérdidas de millones de dólares.

7.1.5 *Resumen de la actividad ciclónica en México*

De acuerdo a los datos recopilados en la base de datos de 1949 al 2005, se puede aseverar que en la vertiente del Atlántico la presencia de ciclones tropicales es menos frecuente que en la vertiente del Pacífico, sin embargo y en promedio se presentan con una mayor intensidad. A continuación en la Figura 7-1 y la Figura 7-2 se presenta el número de eventos presentados de nivel de tormenta tropical o superior que se han desarrollado en ambas vertientes de la República Mexicana.

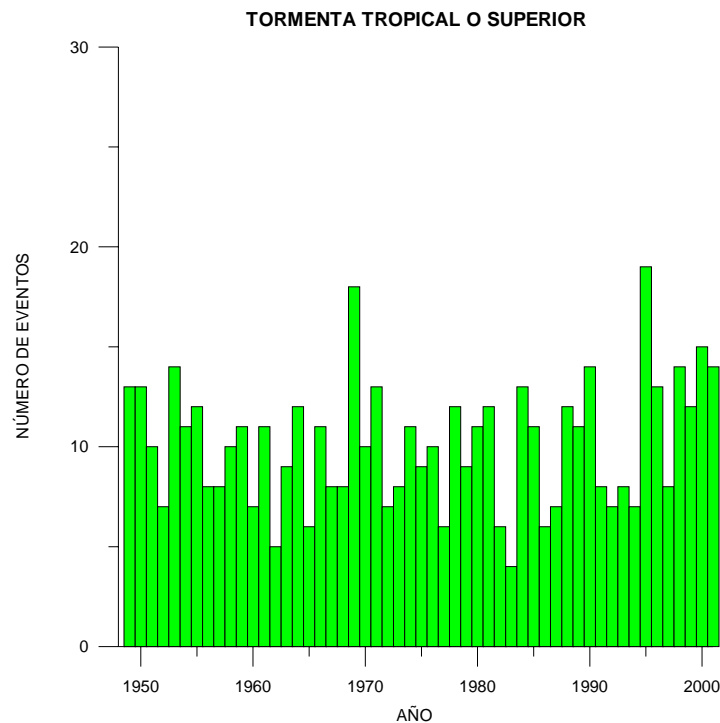


Figura 7-1 Número de eventos en el Atlántico

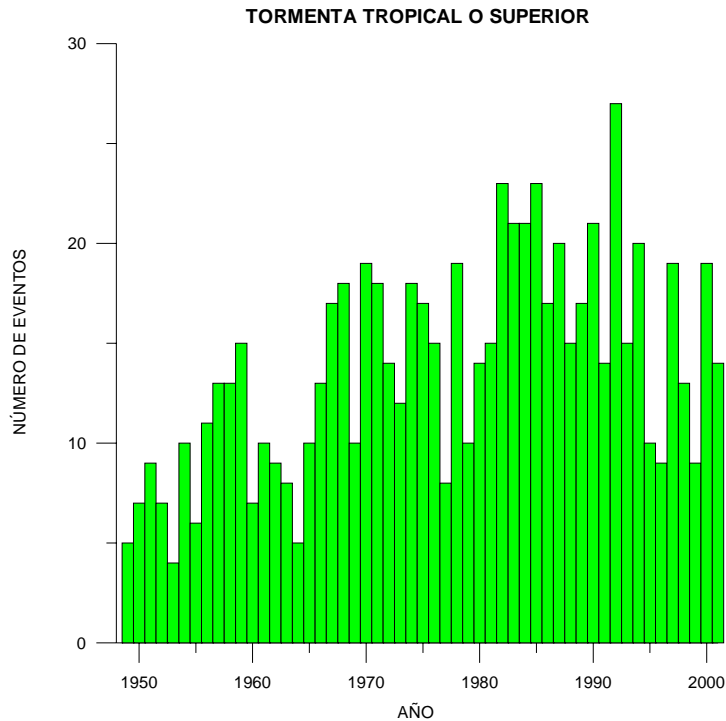


Figura 7-2 Número de eventos en el Pacífico

De la Figura 7-3 a la Figura 7-7 y de Figura 7-8 a Figura 7-12 se presentan los mapas de velocidad de viento sostenido durante ocho minutos y las alturas de ola significativa, respectivamente, para diferentes periodos de retorno. En estas figuras se puede observar que para 10 años de periodo de retorno las costas de la Península de Yucatán y Tamaulipas son las más vulnerables, sin embargo y de forma comparativa para 1000 años de periodo de retorno las costas de Quintana Roo, Campeche, norte de Veracruz, Oaxaca, norte de Guerrero y Jalisco son las más vulnerables.

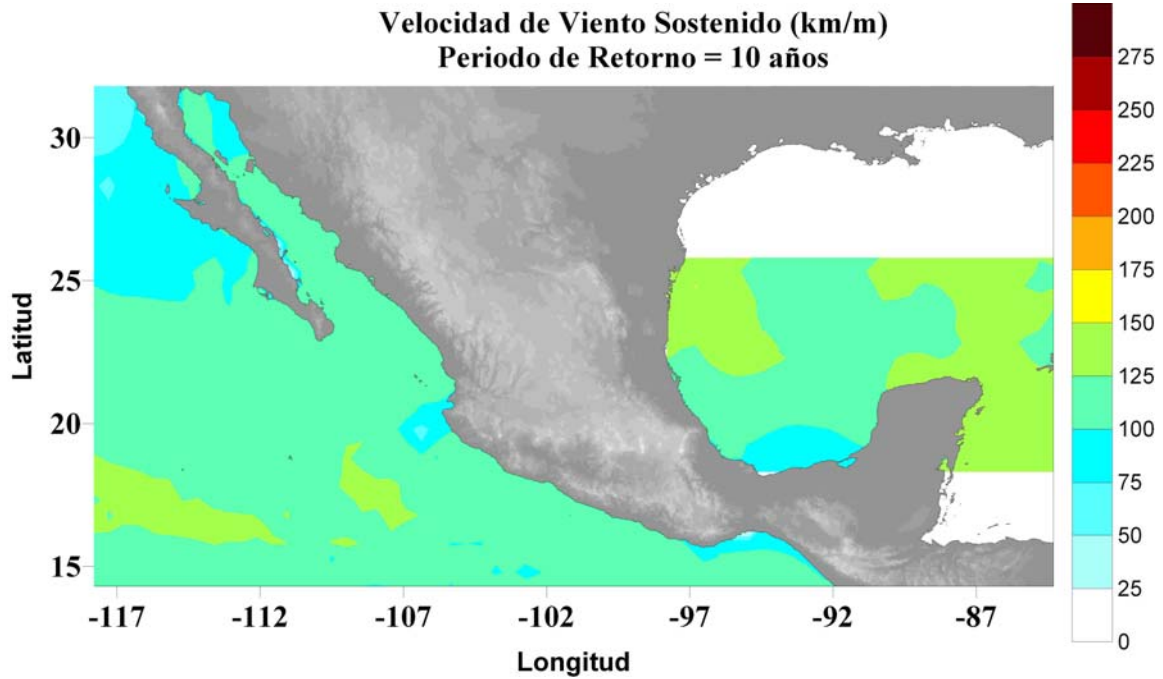


Figura 7-3 Velocidad de viento sostenido durante 8 minutos para un periodo de retorno de 10 años

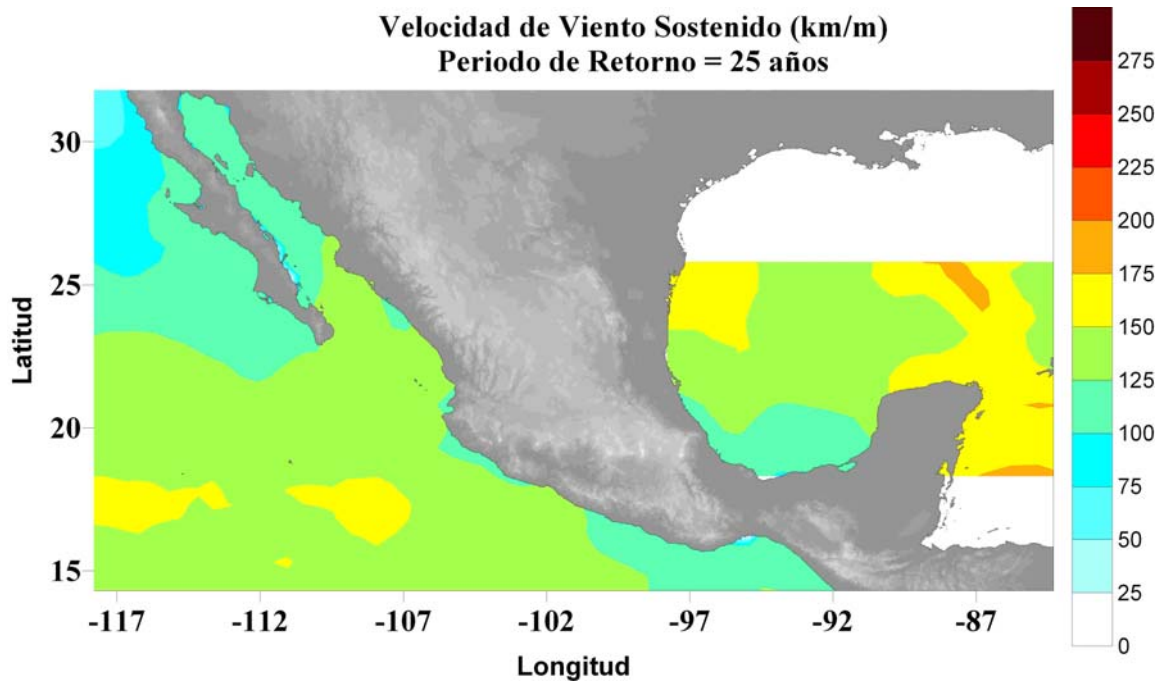


Figura 7-4 Velocidad de viento sostenido durante 8 minutos para un periodo de retorno de 25 años

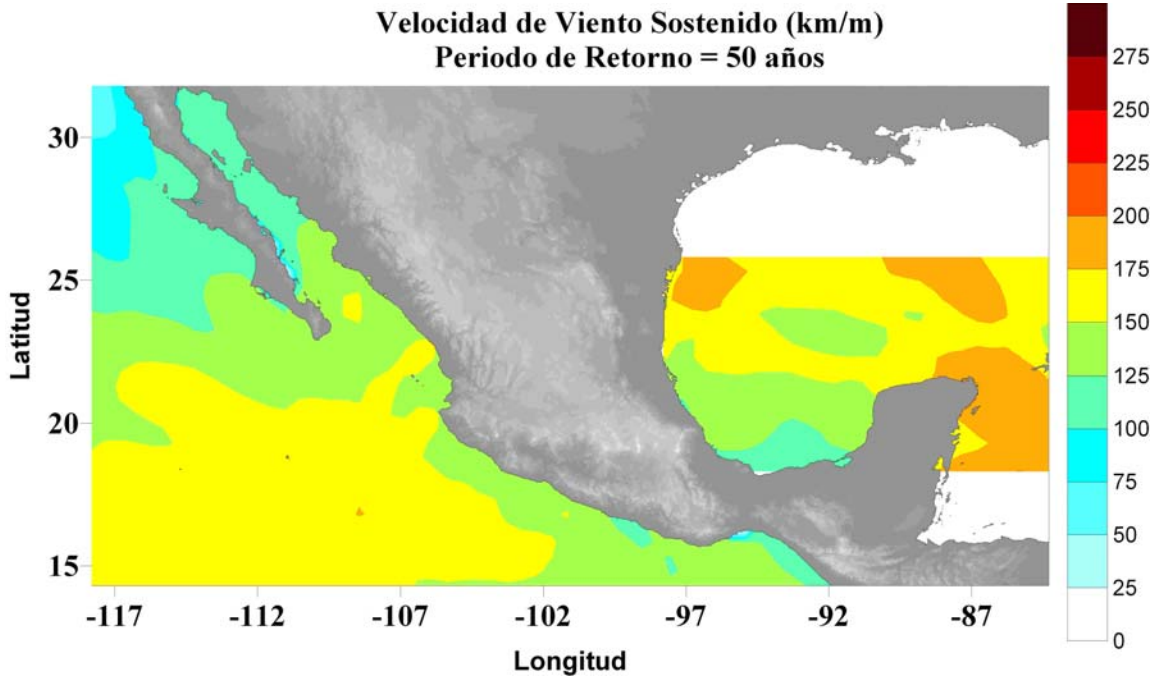


Figura 7-5 Velocidad de viento sostenido durante 8 minutos para un periodo de retorno de 50 años

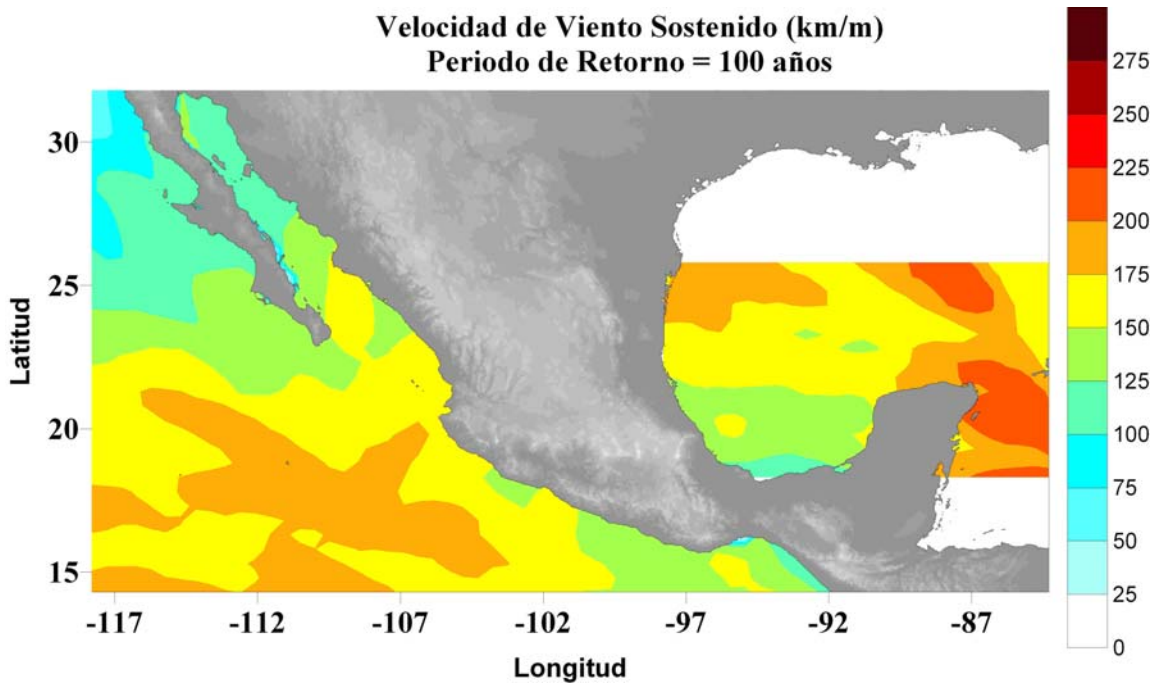


Figura 7-6 Velocidad de viento sostenido durante 8 minutos para un periodo de retorno de 100 años

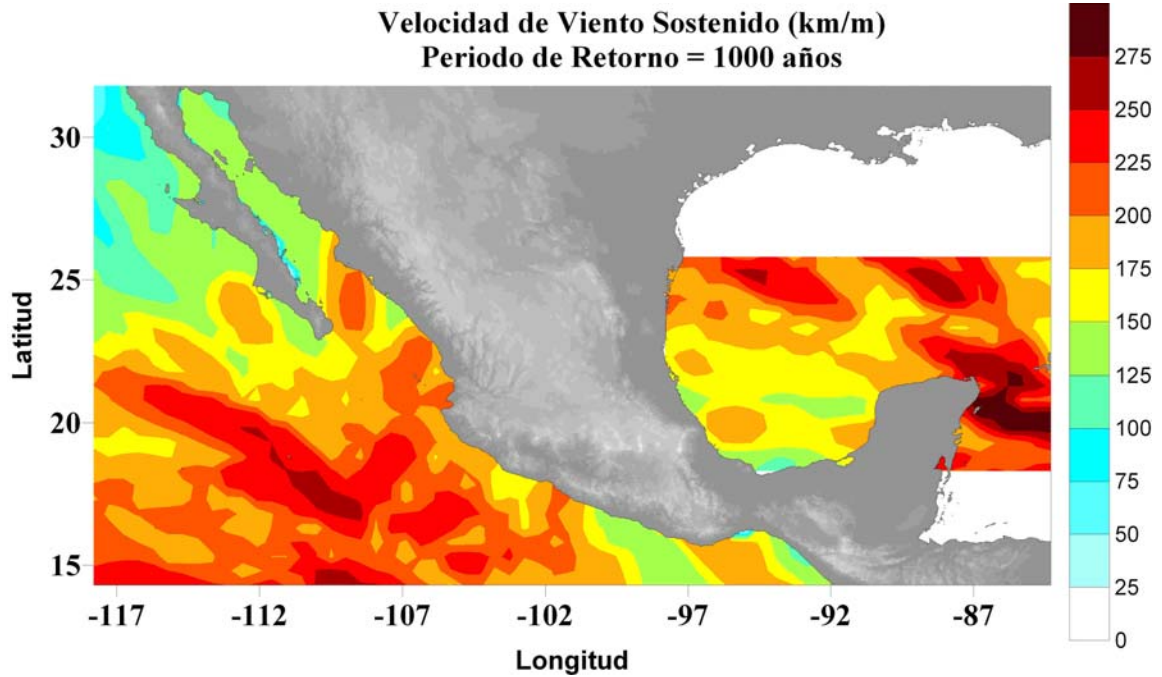


Figura 7-7 Velocidad de viento sostenido durante 8 minutos para un periodo de retorno de 1000 años

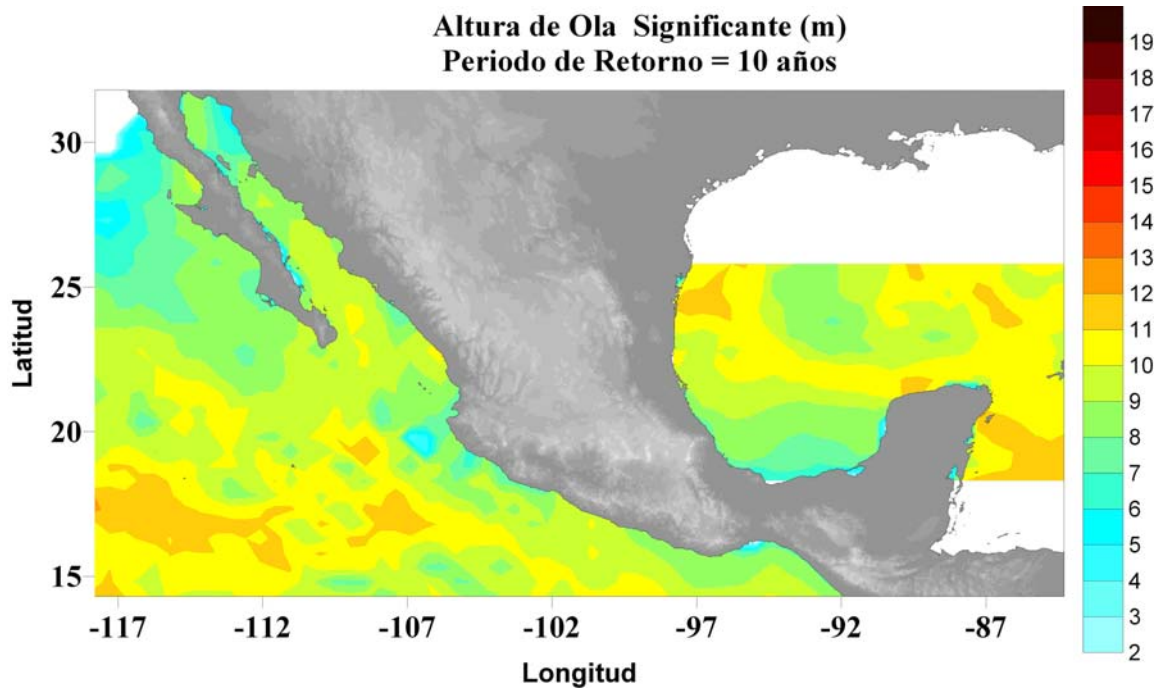


Figura 7-8 Altura de ola significativa para un periodo de retorno de 10 años

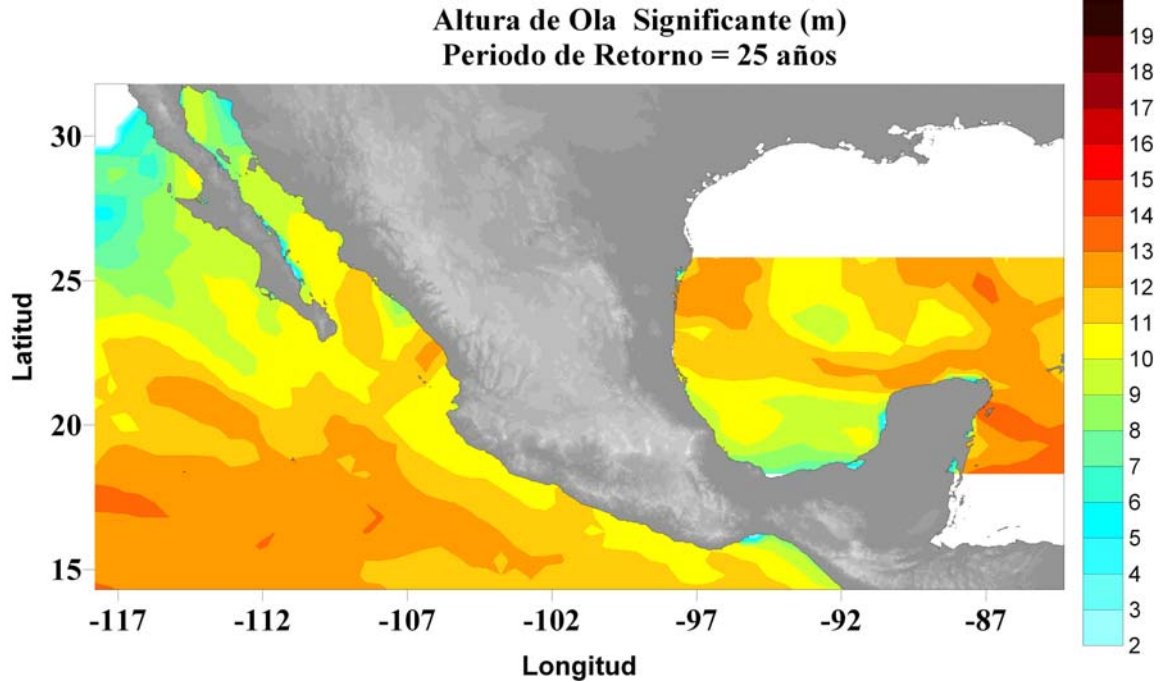


Figura 7-9 Altura de ola significativa para un periodo de retorno de 25 años

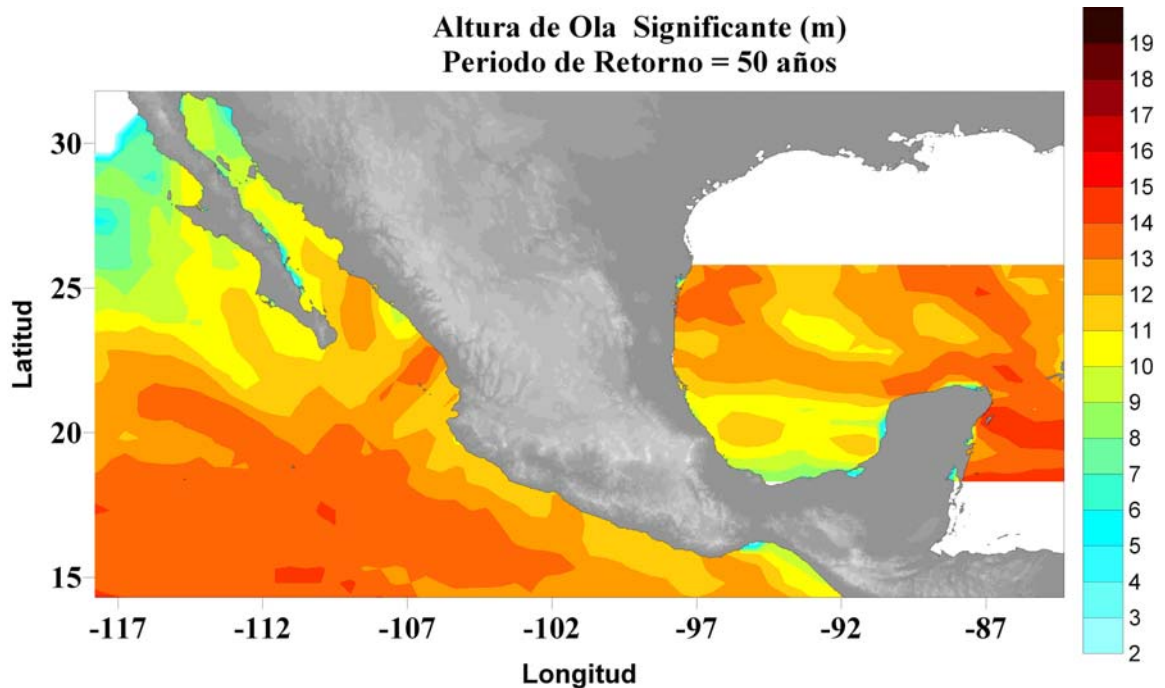


Figura 7-10 Altura de ola significativa para un periodo de retorno de 50 años

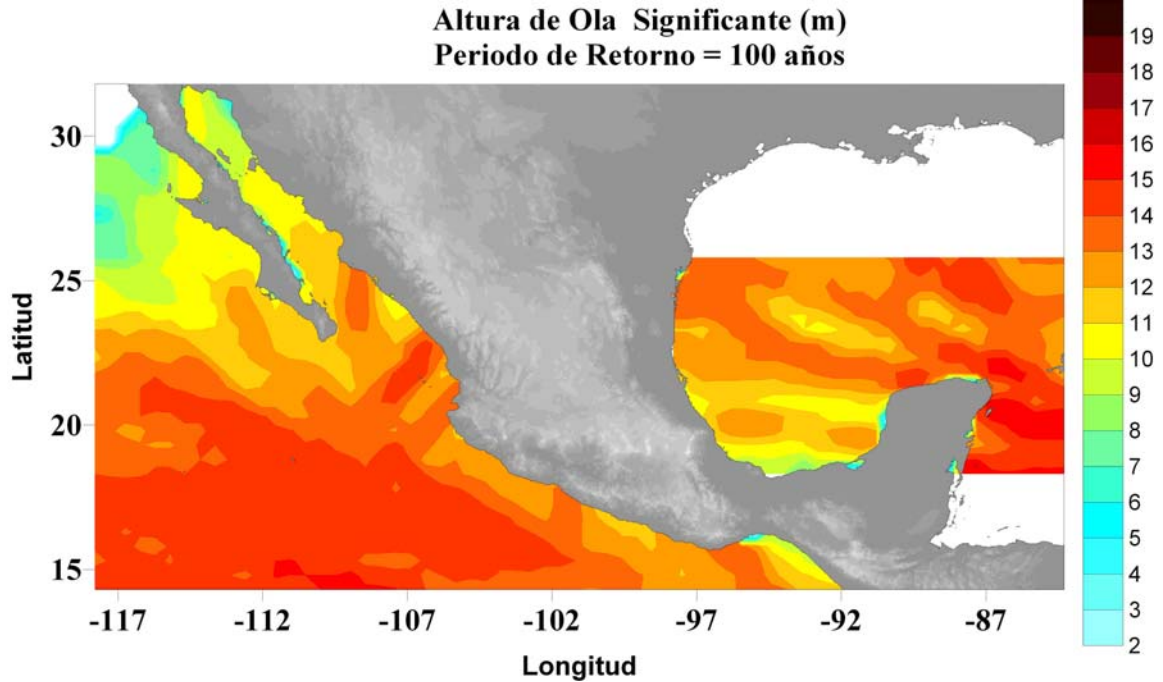


Figura 7-11 Altura de ola significativa para un periodo de retorno de 100 años

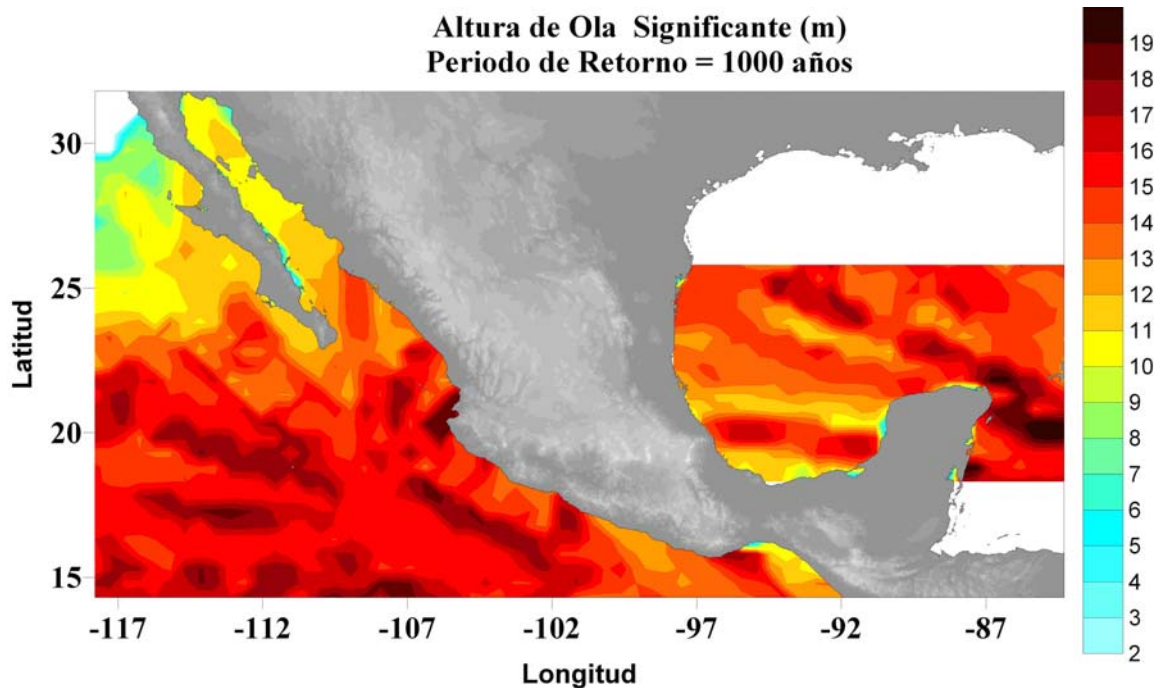


Figura 7-12 Altura de ola significativa para un periodo de retorno de 1000 años

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

CONCLUSIONES

- Un ciclón tropical es un centro de baja presión que es alimentado por el calor, producto del aire húmedo que se levanta, se condensa y comienza a girar, y dependiendo de su fuerza puede llamarse depresión tropical, tormenta tropical o huracán, y gira en sentido horario o antihorario dependiendo de su localización.
- La evaluación de condiciones oceanográficas se realizó con datos emitidos por el sitio Web de la NOAA y se refiere al registro de ciclones tropicales que han afectado en este caso a los 22 puntos de interés para tener así una base fundamental a considerar para el diseño de obras marítimas.
- Como se describió en el capítulo 1 hasta 1979 algunos de los reportes provistos por la NOAA omiten el dato de la presión central y que la información sobre el radio ciclostrofico propiamente nunca es reportado, se utilizó la metodología presentada en el capítulo 2 para estandarizar los datos.
- Este trabajo consistió en establecer la base de datos y seleccionar los ciclones tropicales de interés y utilizando el modelo de huracanes HURAC, capítulo 2 se calcularon para cada evento los campos de presión, velocidad de viento sostenido en un intervalo de 8 minutos y la altura de olas y se compararon con los datos registrados por boyas monitoreadas por el Centro Nacional de Huracanes.

FUTURAS LINEAS DE TRABAJO.

- Hacer un análisis más detallado de los fenómenos climatológicos que afectan a la República Mexicana.
- Además de hacer una evaluación de las condiciones oceanográficas extremas, considero que sería muy bueno hacer algo para la predicción de estos fenómenos.
- Ampliar la zona de análisis haciéndolo para los litorales completos y no sólo para algunos lugares en específico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blom, G, Nearly best linear estimates of locations and scale parameters. SG, 1962: p 34-46.
- Bretschneider, CL (1990), Tropical Cyclones, Handbook of Coastal and Ocean Engineering, Gulf Publishing Co, 249-370
- Castanedo, B., S., (2000), Desarrollo de un modelo hidrodinámico tridimensional para el estudio de la propagación de ondas largas en estuarios y zonas someras. Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria. Pp 7-11 – 7-15.
- Castillo, E, Extreme value theory in engineering. Statistical modeling and decision science 1987, San Diego, California: Academic Press, Inc 389
- Godunov S. K (1959) A difference method for numerical computation of discontinuous solutions of hydrodynamics equations, Matematichesski Sbornik, 47 , pp 357-393 (in Russian)
- Hazen, A, Flood flows, a study of requeencies and magnitudes 1930, New York: John Wiley & Sons Inc
- Holland, GL, An analytical model of wind and pressure profiles in hurricanes Monthly Weather Review, 1980 108: p 1212-1218
- Kimball, B.F., On the choice of plotting poitions on probabily paper. J. Amer. Statist. Assc., 1960. 55: p. 546-560.
- Komen, G.J., Cavaleri, L., Donelan, M., Hasselmann, K., Hasselmann, Janssen, P.A.E.M. (1994). Dynamics and Modelling of Ocean Waves. Cambridge University Press, 532 pp.
- Sanchez, C., Silva, R., Govaere, G. & Contreras, A. Comparison of 4 wave prediction models. in 5th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting. 1998. Merburne, Florida.
- Silva, R. (2005), Análisis y descripción estadística del oleaje. Instituto de Ingeniería. Instituto de Ingeniería, UNAM, México. ISBN 970-32-2813-5. SD/49, 177 pp.
- Silva, R., Díaz, G., Contreras, A., Bautista, G. & Sánchez, C. Determination of Oceanographic Risks from Hurricanes on the Mexican Coast. in 6th International Workshop on wave hindcasting and forecasting. 2000. Monterey, California.
- Silva, R., Govaere, G., Salles, P., Bautista, G. & Díaz, G. Oceanographic vulnerability to hurricanes on the Mexican coast. in International Conference on Coastal Engineering. 2002. Cardiff, Wales: ASCE.
- Simpson, R.H. 1971. A proposed scale for ranking hurricanes by intensity. Minutes of the Eighth National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service Hurricane Conference.