

DIVISIÓN MARÍTIMO PORTUARIA

**RÉGIMEN EXTREMAL DE LA VELOCIDAD
MEDIA DEL VIENTO PARA LA ZONA
COSTERA DEL PACÍFICO DE COSTA RICA**

Informe Final

Preparado por:

Dirección de Infraestructura

ENERO 2006

San José, 25 de enero de 2006
Oficio No. DMP-DI-0041-2006

Ingeniero
Jorge Mora Gutiérrez
Director de Infraestructura

Estimado señor:

Presentamos documento denominado “Régimen Extremal de la Velocidad Media del Viento para la Zona Costera del Pacífico de Costa Rica”.

Esta iniciativa se realiza en razón de la importancia que los suscritos consideran tiene la variable del viento en el diseño, ejecución y operación de la infraestructura marítimo portuaria y en la necesidad de fomentar la investigación, como parte de nuestras funciones.


Además se ha detectado que algunos anteproyectos presentados ante la CIMAT no analizan mediante metodologías adecuadas las condiciones de viento.

En virtud de lo anterior consideramos conveniente recomendar a la CIMAT, la distribución del presente documento a desarrolladores y profesionales responsables de sus proyectos marítimos. De esta forma esperamos lograr motivar prestar atención a este asunto y aportar una herramienta de consulta inicial de fácil y directo acceso.

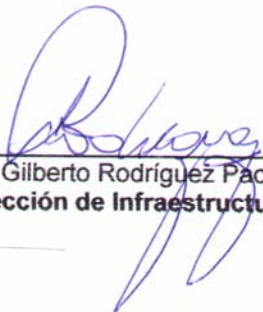
Sin otro en particular se suscribe,

Atentamente,

Atentamente,


Ing. Henry Alfaro Chavarría
Dirección de Infraestructura




Ing. Gilberto Rodríguez Pacheco
Dirección de Infraestructura

Cc. Fernando Araya Mondragón, Director General

INDICE

1. ALCANCE.....	2
2. OBJETIVO	2
3. DESCRIPCIÓN	2
4. CONTENIDO.....	3
4.1 Metodología	3
4.1.1. Método de la Muestra Total	6
5. RESULTADOS	7
6. CONCLUSIONES.....	8
7. RECOMENDACIONES	9
8. BIBLIOGRAFÍA	10
9. REFERENCIA.....	10

RÉGIMEN EXTREMAL DE LA VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO PARA LA ZONA COSTERA DEL PACÍFICO DE COSTA RICA.

1. ALCANCE

Estimar los valores extremos del viento medio para ocho diferentes direcciones (N, NE, E, SE, S, SW, W y NW) y períodos de retorno de 1, 5, 25, 50 y 100 años fuera de la costa del Pacífico de Costa Rica.

Para lo anterior se utilizó como fuente de información los datos del documento denominado "*Summary of Synoptic Meteorological Observation (SSMO)*" realizado por la National Oceanography Command, con un período de medición de 17 años (1963-1979).

2. OBJETIVO

Crear el régimen de largo término o régimen extremal de vientos, mediante el método de la distribución inicial o muestra total, para ser utilizados en estudios a nivel de prediseño de infraestructura marítima.

3. DESCRIPCIÓN

El conocimiento de los regímenes extremos de una determinada variable sea ésta el viento o el oleaje, son importantes para el diseño de las obras de infraestructura marítima; para el caso que nos ocupa en este informe la determinación del valor extremo del viento es de vital importancia para proyectos que se desarrollan especialmente en áreas de agua protegidas como por ejemplo los diferentes golfos de nuestro país.

Existe en el país una carencia de información en relación con la estadística de largo término (régimen extremal) de la variable viento para la costa del Pacífico de Costa Rica.

En razón de lo anterior, este documento pretende aportar información de consulta para diseñadores de obras marítimas en la fase de anteproyecto y diseños conceptuales.

La fuente de información utilizada para determinar los regímenes extremos son datos visuales estimados desde los buques que realizaron sus trayectos a lo largo del Océano Pacífico y que lo normal es que eviten navegar cuando las condiciones meteorológicas no son adecuadas y además que los resultados que se obtienen son para zonas en el mar, por lo que se deberá tomar en cuenta estas particularidades.

Algunos sitios que se localizan dentro de los diferentes golfos y bahías presentan condiciones de abrigo con respecto al oleaje de mar profundo (tipo swell); pero no ante el oleaje de viento (tipo sea) que se pueda generar a partir de la magnitud de esta variable y

de la distancia y condiciones del fetch, lo que provocaría afectación no solo a la infraestructura sino también a la operaciones que se realicen.

Se hace uso de la información de vientos de la ***“Summary of Synoptic Meteorological Observation (SSMO)”***, con el propósito de establecer el comportamiento o función de distribución de las velocidades del viento para cada una de las ocho direcciones mencionadas en el alcance.

Es conveniente recordar que en los casos en donde se cuente con una fuente de información lo suficientemente amplia y representativa del sitio en donde se desee realizar un proyecto, será siempre mejor trabajar con los datos medidos en el lugar de emplazamiento o lo más cercano posible a éste.

4. CONTENIDO

El oleaje de mar de viento o tipo “sea” que en algunos casos se deberá de analizar principalmente para proyectos que se ejecutan en aguas abrigadas, es el que se origina mediante el viento medio que sopla sobre una superficie de agua con suficiente fetch y genera un estado de mar que a pesar de no ser muy energético en comparación con el oleaje de mar profundo (swell), genera olas de corto período con alturas que podrían ser importantes.

En las aguas abrigadas como por ejemplo muchos sitios que se ubican tanto en el Golfo de Nicoya, el Golfo Dulce y bahías, el oleaje a considerar en el diseño de infraestructura es del tipo “sea”, por lo que para su determinación es necesario primero realizar la estimación del viento medio extremal para el período de retorno que se requiere y posteriormente conociendo las características del fetch determinar el oleaje de diseño.

Este informe contiene los regímenes extremales de la variable del viento para diferentes direcciones y períodos de retorno, con los que se podrá estimar su afectación directa y el oleaje a nivel de diseño preliminar para las zonas en donde se requiera.

4.1 Metodología

La fuente de información SSMO utilizada, está dividida en dos regiones para el caso de Costa Rica y presenta un período de registro de 17 años, lo que hace que sea una fuente de información importante:

1. Pacífico Norte que comprende la Península de Nicoya (Región 10).
2. Pacífico Central y Sur (Región 11).

La siguiente figura ilustra las diferentes regiones que establece la Naval Oceanographic Command para el ordenamiento de los datos.

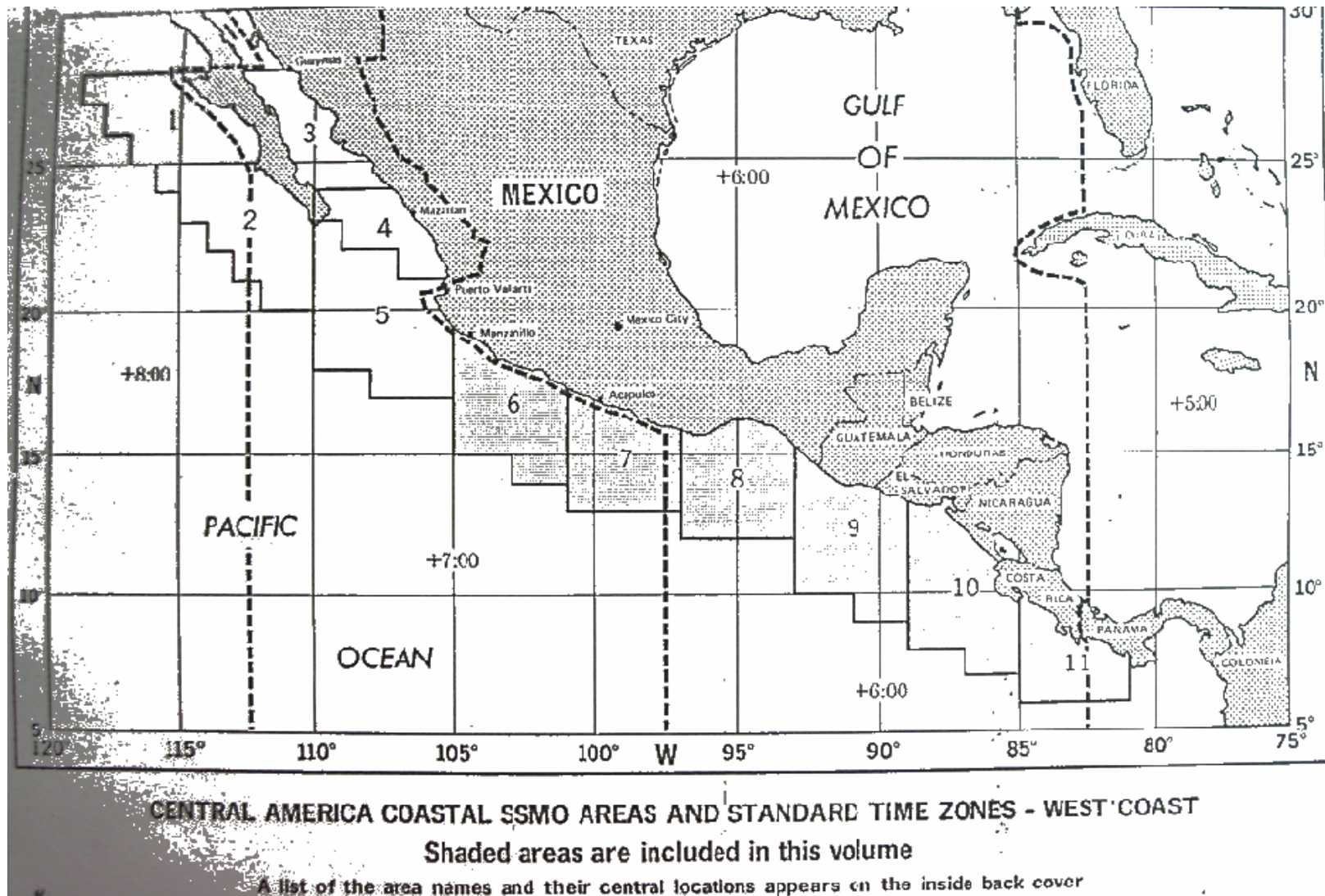


Figura No. 1. Regiones determinadas por la Naval Oceanographic Command

Los valores extremos para los diferentes periodos de retorno se obtuvieron con base al registro de medición que se extiende desde 1963 a 1979, debido a que no se cuenta con una fuente de información más reciente.

La fuente de información está en formato impreso por lo que se procedió a digitalizarla; se mantuvo la subdivisión del Pacífico de Costa Rica en las dos regiones establecidas por la National Oceanography Command.

Una vez digitalizada la información se procedió a ordenarla en forma de cuadros de resumen que contienen rangos de velocidad para las diferentes direcciones, lo anterior tanto para la región 10 y 11.

Seguidamente se incorporan los cuadros No. 1 y No. 2 para las regiones 10 y 11 respectivamente, con los datos de entrada para el posterior proceso de análisis estadístico.

Cuadro No. 1
Datos de entrada para la Región 10

Rango Velocidad Nudos (KTS)	DIRECCIONES										OBSERV. TOTALES
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calmas		
1 3	243	168	149	112	168	224	299	206	1649	3218	
4 10	1084	1439	1009	542	878	1719	2354	1102	0	10127	
11 21	467	1383	747	149	262	654	953	262	0	4877	
22 33	37	243	93	5	5	19	19	5	0	426	
34 47	5	19	5	0	0	0	0	5	0	34	
48 50	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	
	9.83%	17.43%	10.72%	4.32%	7.03%	14.00%	19.40%	8.46%	8.82%	18687 100.00%	

Nota: Número de observaciones realizadas según el documento de la SSMO **18683** datos

Cuadro No. 2
Datos de entrada para la Región 11

Rango Velocidad Nudos (KTS)	DIRECCIONES										OBSERV. TOTALES
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calmas		
1 3	203	135	158	180	361	428	518	203	1741	3927	
4 10	631	721	699	811	1826	3516	4553	1510	0	14267	
11 21	180	293	135	135	361	1240	1488	383	0	4215	
22 33	6	23	6	6	23	23	23	6	0	116	
34 47	0	0	0	0	6	6	6	0	0	18	
48 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4.52%	5.20%	4.43%	5.02%	11.43%	23.12%	29.22%	9.32%	7.72%	22543 100.00%	

Nota: Número de observaciones realizadas según el documento de la SSMO **22541** datos

Las diferencias que se observan en el total del número de datos estimados en cada uno de los cuadros con respecto a los indicados en las notas al pie de cada cuadro, se debe a que la información original está en porcentaje de observación con indicación del total de observaciones y no en número de datos medidos; por lo tanto a la hora de estimar el número de observaciones en cada rango se obtiene un valor final un poco diferente al indicado en la información de la SSMO, lo cual para los efectos y en vista que las diferencias no son significativas, se considera como un factor de baja influencia en los resultados finales.

Tal y como se mencionó anteriormente el método que se utilizó para el análisis de valores extremos es el denominado método de la muestra total o método de la distribución inicial; es mediante este análisis estadístico que se ajustan los datos a una función de distribución la cual para este caso en particular es la función de Weibull. Sin embargo, según Y. Goda ¹ lo más recomendable es usar el método de los valores picos, el cual requiere períodos de medición preferiblemente de más de 20 años y que registre los eventos máximos, información no disponible en la base de datos utilizada (SSMO).

Existen dos métodos de los valores picos, uno el denominado pico sobre un umbral (abreviadamente conocido como POT) y el de los máximos anuales, estos métodos requieren de la utilización de series temporales continuas de larga duración por lo que su aplicación se limita a datos instrumentales o a los obtenidos por Hindcasting cubriendo los máximos temporales registrados durante una serie continua de años. De esta forma, la muestra de partida puede estar constituida por los máximos locales o por los picos de tormentas que superan un determinado umbral.

4.1.1. Método de la Muestra Total

El método de la distribución inicial parte del conocimiento de que la función de distribución de la variable se efectúa a partir de todos los datos disponibles (número de observaciones o tiempos de no excedencia). En vista de la gran cantidad de datos se suele agruparlos en intervalos.

El ajuste de la muestra representativa a la función de distribución seleccionada (en este caso Weibull), o estimación de los parámetros, puede efectuarse por cualquiera de los métodos estadísticos tradicionales, momentos, mínimos cuadrados, o máxima verosimilitud. Ahora bien, puesto que la distribución o régimen extremal trata de caracterizar la población más extrema representada por unos pocos valores que, en términos de probabilidad de no excedencia, corresponden a la cola superior de la distribución media, el ajuste en este caso debe centralizarse en la cola de interés.

Por este motivo la utilización el método de momentos no es muy apropiado, siendo preferible recurrir al ajuste por mínimos cuadrados. Lo anterior por cuanto, este ajuste da la misma importancia a todos los puntos de la muestra, aumentando la influencia de los valores más altos.

La función de distribución utilizada es la de Weibull:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-A}{B}\right)^C} : B < x < \infty$$

En vista que la función de distribución Weibull es triparamétrica con A, B y C como los parámetros de posición, escala y forma respectivamente, a la hora de realizar los cálculos se procede a dar diferentes valores de A (método iterativo) hasta obtener el coeficiente correlación (r^2) más cercano a 1, lo que indica un mejor ajuste.

El anexo No. 1 (Memoria de Cálculo) ilustra el proceso estadístico realizado a los datos de cada una de las dos regiones (No. 10 y 11); el ajuste de los datos a la función de distribución se realiza por método de mínimos cuadrados.

Una vez determinados los valores de los parámetros (A, B y C) que dan el r^2 más próximo a la unidad, se obtienen los valores de la variable para diferentes períodos de retorno o probabilidades de no excedencia.

5. RESULTADOS

El análisis estadístico de los datos mediante el método de la distribución inicial cada una de las 8 direcciones estimadas, genera los siguientes resultados para las regiones 10 y 11 que se ilustran en los cuadros No. 3 y 4 respectivamente.

Cuadro No. 3
Velocidad Media Horaria del Viento para la Región 10
Para Diferentes Períodos de Retorno

Períodos de Retorno Tr (años)	Valor de la Variable (m/s)							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	14.53	20.40	15.79	9.77	10.37	11.84	12.04	12.47
5	19.05	25.11	19.44	13.21	13.26	14.39	14.37	17.74
25	23.56	29.61	22.88	16.63	16.05	16.80	16.57	23.43
50	25.50	31.50	24.30	18.09	17.22	17.80	17.47	25.99
100	27.44	33.36	25.70	19.55	18.38	18.78	18.37	28.61

Cuadro No. 4
Velocidad Media Horaria del Viento para la Región 11
Para Diferentes Períodos de Retorno

Períodos de Retorno Tr (años)	Valor de la Variable (m/s)							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	10.09	11.58	9.64	9.58	13.75	14.76	14.81	10.70
5	13.39	14.67	13.26	13.25	19.16	18.50	18.38	13.49
25	16.63	17.58	16.98	17.06	25.00	22.23	21.94	16.20
50	18.01	18.80	18.60	18.73	27.63	23.84	23.48	17.35
100	19.38	19.99	20.23	20.43	30.33	25.44	25.01	18.50

6. CONCLUSIONES

- Para la Región No. 10 las velocidades medias horarias del viento mayores provienen del sector norte (N, NE y NW).
- Para la Región No. 11 las velocidades medias horarias del viento mayores provienen del sector sur (S, SE, SW y W).
- Para la Región No. 10 la mayor velocidad media horaria del viento para un período de retorno de 50 años es de 31.5 m/s , con una dirección Noreste.
- Para la Región No. 11 la mayor velocidad media horaria del viento para un período de retorno de 50 años es de 27.6 m/s , con una dirección Sur.
- El rango de velocidades para la Región No. 10 para un período de retorno de 50 años es de 17 – 32 m/s.
- El rango de velocidades para la Región No. 11 para un período de retorno de 50 años es de 18 – 28 m/s.
- Las velocidades de viento mayores fuera de la costa Pacífica de Costa Rica según la información de la SSMO se dan en la región No. 10.

7. RECOMENDACIONES

- Utilizar los resultados de la presente investigación a manera de consulta para las fases de anteproyecto y diseños conceptuales de proyectos marítimo portuarios en las costas del Pacífico de Costa Rica.
- Para los proyectos en donde el oleaje que rige el diseño es el tipo “sea”, se recomienda analizar mediciones instrumentales de velocidades medias del viento cercanas al sitio del proyecto, como por ejemplo las hechas para los proyectos de las marinas Guatil y Papagayo (Anexo No.2).
- Cuando los registros de las mediciones instrumentales no sean suficientes para crear los regímenes extremales del sitio en particular, se podrían usar los resultados aquí obtenidos y calibrarlos con mediciones simultaneas realizadas tanto en el sitio de interés como en una zona representativa a la región No. 10 o 11, según corresponda.
- En los casos en donde se cuente con registros suficientes y que caractericen bien el sitio de emplazamiento del proyecto es mejor utilizar esos datos.
- Cuando se cuente con registros de más de 20 años y con el formato requerido, se recomienda utilizar el método de los valores picos (máximo anual o método del pico sobre un umbral, POT).
- Adicionalmente a los regímenes extremales es necesario estimar los regímenes medios para determinar las condiciones de operación del proyecto.

8. BIBLIOGRAFÍA

- William Kamphuis, J. "Introduction of Coastal Engineering and Management", World Scientific.
- Rodríguez P. G., 1987. "A Computer Program to Estimate Extreme Significant Wave Height".
- Soldevilla Martín, María J. 2005 "Caracterización Estadística del Oleaje II: Regímenes Medios y Extremales", V Master CEDEX.
- García Corrales H., 2000. "Caracterización del Oleaje para el Proyecto Marina Guaitil"

9. REFERENCIA

- ¹ Goda, Yoshimi, 2000. "Random Seas and Design of Maritime Structures", World Scientific.