



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL – ESTRUCTURAS

CÁLCULO DE VELOCIDADES REGIONALES Y OBTENCIÓN DE MAPAS DE CONTORNO
PARA ALGUNOS SITIOS SELECCIONADOS DE LA REPÚBLICA MEXICANA

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
OSCAR JAVIER GUERRERO MORENO

TUTOR PRINCIPAL
DR. ADRIÁN POZOS ESTRADA, INSTITUTO DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. (NOVIEMBRE) 2016

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Escobar Sánchez José Alberto

Secretario: Dr. García Pérez Jaime

Vocal: Dr. Pozos Estrada Adrián

1^{er.} Suplente: Dr. Gómez Martínez Roberto

2^{do.} Suplente: Dr. Díaz López Orlando Javier

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: INSTITUTO DE INGENIERÍA

TUTOR DE TESIS:

DR. ADRIÁN POZOS ESTRADA

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A Alicia, por ser parte importante de mi vida, que desde el primer día, me motiva para seguir adelante y siempre ha estado ahí para apoyarme. Con sus grandes consejos, paciencia y amor juntos logramos grandes metas.

A mis padres, que día a día me demuestran el amor que me tienen y el apoyo que me ha permitido desarrollarme personalmente.

A mi familia y amigos, que han estado a mi lado a lo largo de este trayecto.

Al Dr. Adrián Pozos Estrada, por su apoyo, paciencia, dedicación y todo el tiempo que me permitió aprovechar su valiosa tutoría, que juntos con su conocimiento y dedicación, se pudo realizar el presente escrito.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme las puertas de sus aulas, para aprovechar todo el conocimiento que sus maestros nos brindan.

Al Instituto de Ingeniería, que junto a los grandes investigadores, me brindaron las herramientas y conocimientos para realizar este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por brindarme apoyo económico durante mis estudios en la UNAM y por apoyar a los jóvenes con las investigaciones del país, que sin ella no hubiera sido posible mis estudios.

Gracias a todos.

*"Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor,
la electricidad y la energía atómica:
LA VOLUNTAD",*
Albert Einstein

CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Justificación de la investigación	3
Alcances y limitaciones de la investigación	3
1 INTRODUCCIÓN	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Antecedentes	4
2 BASE DE DATOS EMPLEADA Y CORRECCIONES DE LA VELOCIDAD DE VIENTO	10
2.1 Aspectos generales de la medición de la velocidad del viento	10
2.2 Metodología de Análisis	12
2.3 Normalización de registros	13
2.3.1 Corrección por tiempo de promediación	14
2.3.2 Normalización de registros con respecto al tipo de terreno y topografía	15
3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VELOCIDADES DEL VIENTO	17
3.1 Distribución de Gumbel	17
3.2 Obtención de las velocidades básicas	18
4 ELABORACIÓN DE MAPAS DE CONTORNO DE VELOCIDADES DE VIENTO	21
5 COMENTARIOS FINALES	28
5.1 Conclusiones	28
5.2 Recomendaciones	28
6.-Referencias	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.- Mapa de isotacas En la República Mexicana publicado en 1964.....	5
Figura 1-2.-Tipos de distribuciones.	5
Figura 1-3.-Mapa de Regionalización que divide en 7 zonas ventosas publicado en 1981 por la CFE.....	7
Figura 1-4.-Mapa de regionalización con un periodo de retorno de 200 años publicado en el MDOC de la CFE en el año de 1993.	9
Figura 1-5.-Mapa de isotacas para un Periodo de Retorno de 200 años publicado en CFE 2008. .	9
Figura 2-1.- Diagrama de flujo para el proceso y obtención de mapa de peligro eólico.....	12
Figura 2-2.- Mapa con distribución de registros en la república Mexicana (imagen tomada de la página de la NOAA). (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2015)	13
Figura 2-3 Gráfica de Durst obtenida del ASCE 7-05 (2005).....	15
Figura 3-1 Gráfica de las velocidades máximas registradas en la estación 764593 a lo largo de los años.	19
Figura 3-2 Mapa donde podemos localizar las estaciones utilizadas para el mapa del MOCDV (2008) y las estaciones de la NOAA utilizada en el estudio.....	20
Figura 4-1 Mapa de contorno para velocidades con un periodo de retorno de 200 años: (a) calculado (velocidades acotadas de 30 m/s); (b) MOCDV (2008).	22
Figura 4-2 Mapa de contorno para velocidades con un periodo de retorno de 50 años: (a) calculado (velocidades acotadas de 30 m/s); (b) MOCDV (2008).	24
Figura 4-3 Mapa de contorno para velocidades con un periodo de retorno de 10 años: (a) calculado (velocidades acotadas de 30 m/s); (b) MOCDV (2008).	26
Figura 4-4 Mapa de contorno para velocidades con un periodo de retorno de 200 años (velocidades acotadas de 42.5 m/s).....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.-Valores de la Velocidad Regional publicado por CFE en 1969.	6
Tabla 2.- Clasificación de las estructuras según su importancia, (CFE, 2008).	7
Tabla 3.-Valores de la Velocidad Regional publicado por CFE en 1981.....	8
Tabla 4.-Clasificación de los huracanes de acuerdo con la escala de Saffir-Simpson. (Meseguer J., Sanz A., Perales J. M., y Pindado, S., 2001)	10
Tabla 5.-Escala de Beaufort (Cuadro 5.1. Equivalencias de la velocidad del viento OMM).....	11
Tabla 6.- Clasificación del terreno en términos de longitud de rugosidad aerodinámica z_0 según Davenport (1960), adaptada por Wieringa (1980b)	16
Tabla 7.- Periodo de retorno asociado con la importancia de la estructura de acuerdo con el MOCDV (2008).....	17
Tabla 8.- Resultados de velocidades máximas anuales de la estación 764593 de la NOAA obtenidas del código en MATLAB.....	18
Tabla 9.- Resultados del procesamiento de datos máximos obtenido del código en Matlab para la estación 764593 (Lat. 23.161, Long. -106.266, Elev. 11.6).....	19
Tabla 10.- Base de datos para Sinaloa que cuenta con 5 estaciones repartidas por diferentes puntos de la región.	21
Tabla 11.- Velocidad del viento corregida U_c para diferentes valores de z_0.....	23
Tabla 12.-Resultados para velocidades básicas acotadas de 30 m/s.	36
Tabla 13 de resultados para velocidades Regionales acotadas de 30 m/s con sus respectivos factores de corrección.	40

RESUMEN

En nuestro país, el diseño de estructuras sometidas a viento se realiza de acuerdo a El Manual de Obras Civiles de Diseño por Viento (MOCDV, 2008) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (Comisión federal de electricidad, 2008), en el cual se proponen procedimientos, expresiones y velocidades para poder representar el comportamiento al cual están sometidas diferente tipo de estructuras. Cabe señalar que el último manual es del año 2008 y los datos empleados para su desarrollo contemplaban hasta el año 2006. Debido a la disponibilidad de nueva información de vientos intensos en nuestro país, es conveniente incorporar nueva información para actualizar o proponer mapas de contorno para algunos sitios seleccionados de México. El objetivo principal de este trabajo es estimar las velocidades regionales de la República Mexicana con base en datos adquiridos de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) de los Estados Unidos de Norteamérica, y comparar los resultados con los actualmente propuestos en el MOCDV (2008) para algunos sitios seleccionados. Para los análisis, se desarrolló un programa de cómputo para procesar la información y determinar la velocidad regional de viento para diferentes periodos de retorno. La base de datos de viento se corrigió de acuerdo a los procedimientos establecidos por la Organización Meteorológica Mundial (Mundial, 2008), la cual establece que los registros de una estación deben corregirse por efectos de rugosidad del terreno, topografía, altura y tiempo de promediación, con el fin de obtener una velocidad potencial. Los resultados indican que existen algunas diferencias entre los mapas obtenidos y los presentados en el MOCDV (2008), y que es posible mejorar la estimación de este tipo de mapas si se cuenta con mayor información, siempre y cuando ésta sea de calidad.

ABSTRACT

In our country, the design of structures subjected to wind is carried out according to the Manual of Civil Works of Design by Wind (MOCDV, 2008) of the Federal Electricity Commission (CFE) (FEDERAL COMMISSION OF ELECTRICITY, 2008), in which procedures, expressions and velocities are proposed to represent the behavior to which different types of structures are subjected. It should be noted that the last manual is from the year 2008 and the data used for its development considered until 2006. Due to the availability of new information of intense winds in our country, it is convenient to incorporate this information to update or propose contour maps for selected sites in Mexico. The main objective of this work is to estimate the regional velocities of the Mexican Republic based on data acquired from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) of the United States of America and compare the results with those currently proposed in the MOCDV (2008) for selected sites. For the analysis, a program was developed to process the information and to determine the regional wind speed for different return periods. The wind database was corrected according to the procedures established by the World Meteorological Organization (World, 2008), which establishes that the records of a station must be corrected by effects of terrain roughness, topography, height and averaging time, in order to obtain a potential speed. The results indicate that there are some differences between the maps obtained and those presented in the MOCDV (2008), and that it is possible to improve the estimation of this type of maps if more information is available, as long as this information is of quality.

Objetivos

Objetivo General

Calcular y proponer mapas de contorno para algunos sitios seleccionados de la República Mexicana para diferentes periodos de retorno y compararlos con los propuestos por el Manual de Diseño de Obras Civiles por Viento (MOCDV, 2008) de la Comisión Federal de Electricidad para la República Mexicana⁰, utilizando registros históricos de velocidades del viento obtenidas de la base de datos de la NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA), de los Estados Unidos de Norteamérica.

Objetivos Específicos

- Realizar un código en Matlab para poder procesar los datos de los registros obtenidos de la NOAA.
- Comparar los resultados obtenidos con los mapas vigentes para poder dar recomendaciones o comentarios acerca de ello.

Justificación de la investigación

De acuerdo al Manual de Diseño de Obras Civiles por Viento (2008) de la Comisión Federal de Electricidad (Comisión federal de electricidad, 2008), los mapas de isotacas fueron realizados con registros hasta el 2006 (hace más de 9 años). Debido al reciente impacto de huracanes en México, es deseable indagar y proponer mapas de isotacas para algunas regiones de México, que consideren información más actual de las velocidades del viento y la información pública disponible.

Alcances y limitaciones de la investigación

- Se establecen los valores de la velocidad del viento en la República Mexicana cubriendo las estaciones meteorológicas ubicado alrededor de los 31 estados y la Ciudad de México, esto nos ayudará a saber qué zonas son más afectadas por velocidades de vientos intensos.
- Los valores de viento son adquiridos del registro de la NOAA, en la cual se obtuvieron datos de diferentes estaciones meteorológicas ubicadas en distintos puntos de la República Mexicana, no todos los registros se tomaron en cuenta, ya que se obtenían estaciones con muy poca información y estas se descartaron por que no representaban una gran cantidad de información que puedan ser representativos.
- Para el análisis estadístico se utilizó la distribución de valores extremos tipo I (también conocido como Fisher-Tippet I o Gumbel).
- Para una mejor representación de las velocidades del viento, se seleccionaron sólo las estaciones con más de 10 años y que ésta tuvieran buena distribución de registro en todos los meses.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En la ingeniería civil el diseño de estructuras sometidas a viento es de particular importancia en las zonas costeras. Para ello se necesita conocer la velocidad regional de la zona, este valor lo podemos tomar de la velocidad básica del viento obtenida de estaciones meteorológicas. A partir de las velocidades registradas en estaciones se pueden estimar velocidades de viento asociadas con diferentes periodos de retorno mediante un análisis probabilístico de los datos. Para el análisis probabilístico, primero es necesario corregir los registros de viento a través de factores que toman en cuenta la rugosidad del terreno, la topografía, entre otros. El MOCDV (2008) propone algunas velocidades regionales para diferentes zonas de la República Mexicana, estas velocidades se calcularon con diferentes bases de datos, actualizadas hasta el año 2006 (ya han pasado 9 años de esa actualización). Recientemente se han observado fenómenos hidrometeorológicos que han ocasionado grandes desastres en zonas costeras, por ejemplo el Huracán Odile en el 2014, donde se presentaron grandes velocidades de viento que ocasionaron desastres a las estructuras, lo que ocasionó grandes pérdidas económicas. Lo anterior posiblemente se debió a que algunas de esas estructuras no estaban diseñadas para ello o simplemente no se usó ningún reglamento para el diseño.

La fuerza que el viento produce en una estructura es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad del viento que actúa en ese momento, para ello es importante estimar velocidades regionales de viento con una metodología y datos diferentes a los empleados para el desarrollo de los mapas de isotacas del MOCDV (2008), con el fin de identificar diferencias y similitudes. El desarrollo de nuevos mapas permitirá tener más información con respecto a velocidades para diseño por viento en México.

1.2 Antecedentes

En esta sección se mencionan algunas de las investigaciones realizadas para la determinación de velocidades de viento en diferentes regiones. En la literatura existen distintas investigaciones acerca del peligro eólico para México. El primer mapa de peligro eólico (figura 1-1), fue publicado por Rodríguez Cuevas (1964). En este mapa se presentan isotacas para algunas regiones de la República Mexicana. Para ello se utilizaron 40 estaciones meteorológicas para hacer los cálculos de probabilidad.

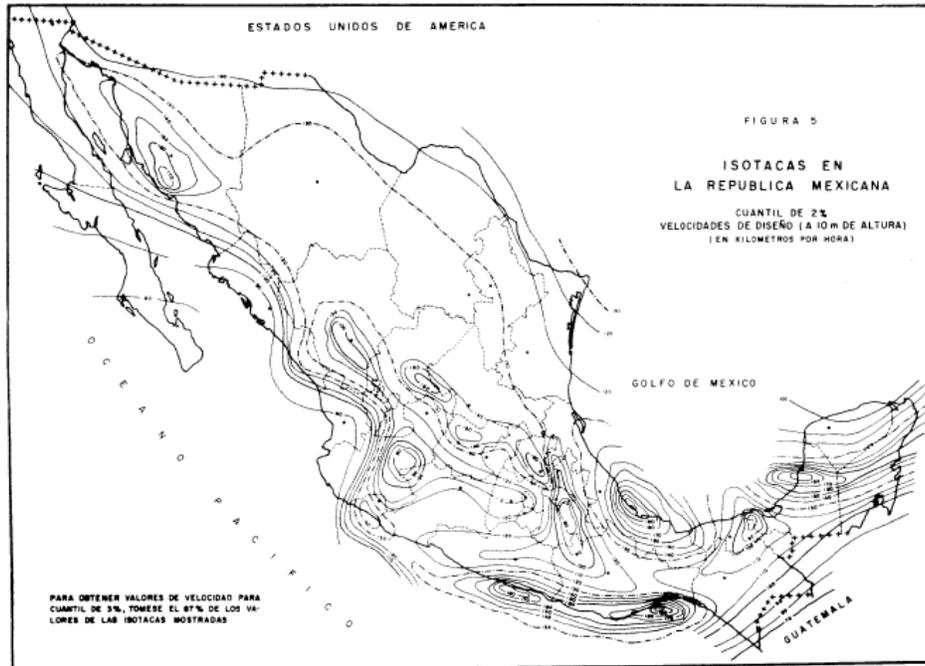


Figura 1-1.- Mapa de isotacas En la República Mexicana publicado en 1964.

La distribución de probabilidad empleada en este estudio fue una distribución de extremos tipo II, que se muestra en la figura 1-2.

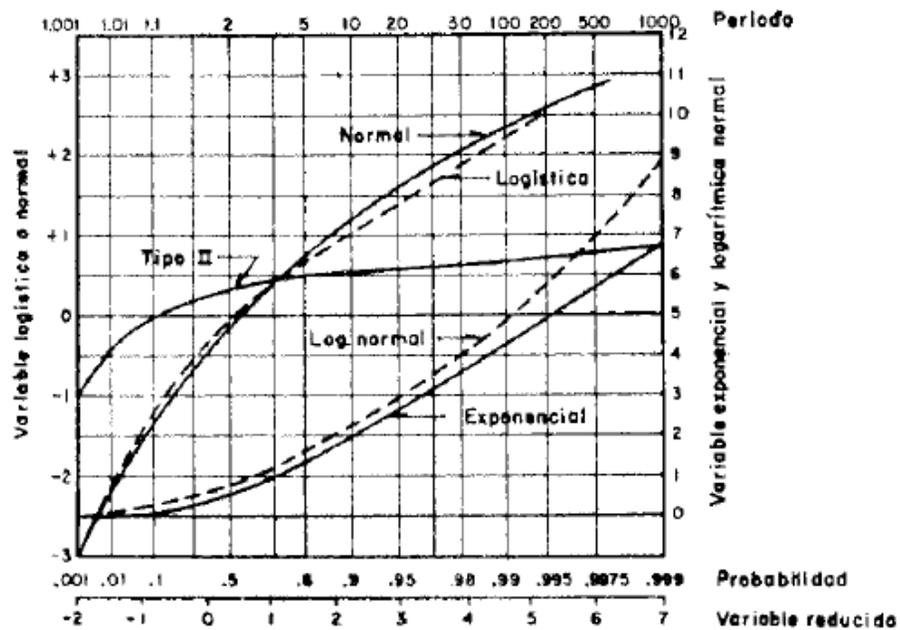


Figura 1-2.-Tipos de distribuciones.

Para este estudio se localizaron los sitios de la República Mexicana en los cuales existen observatorios, encontrándose que en la República existen cinco zonas que agrupan los siguientes observatorios.

- I. Zona del Pacifico Norte
 - 1. La Paz Baja California
 - 2. Isla María Madre , Nayarit
 - 3. Tepic, Nayarit
 - 4. Culiacán, Sinaloa
 - 5. Mazatlán, Sinaloa
 - 6. Guaymas, Sonora
- II. Zona del Norte
 - 7. Saltillo Coahuila
 - 8. Ciudad Lerdo, Durango
 - 9. Durango, Durango
 - 10. Monterrey Nuevo León
 - 11. Matamoros, Tamaulipas
 - 12. Tampico, Tamaulipas
 - 13. Zacatecas, Zacatecas
- III. Zona del Centro
 - 14. Aguas Calientes, Aguascalientes
 - 15. Tacubaya, Distrito Federal
 - 16. Guanajuato, Guanajuato
 - 17. Pachuca, Hidalgo
 - 18. Tulancingo, Hidalgo
 - 19. Guadalajara, Jalisco
 - 20. Chapingo, México
- 21. Morelia, Michoacán
- 22. Cuernavaca, Morelos
- 23. Puebla, Puebla
- 24. Querétaro, Querétaro
- 25. Tlaxcala, Tlaxcala
- IV. Zona del Golfo de México
 - 26. Campeche, Campeche
 - 27. Cozumel, Quintana Roo
 - 28. Ciudad Chetumal, Quintana Roo
 - 29. Puerto Álvaro Obregón, Tabasco
 - 30. Veracruz, Veracruz
 - 31. Coatzacoalcos, Veracruz
 - 32. Progreso, Yucatán
 - 33. Mérida, Yucatán
- V. Zona del Pacifico Sur
 - 34. Colima, Colima
 - 35. Manzanillo, Colima
 - 36. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
 - 37. Tapachula, Chiapas
 - 38. Acapulco Guerrero
 - 39. Oaxaca, Oaxaca
 - 40. Salina Cruz, Oaxaca

Con base en el mapa de isotacas anterior, en 1969, la CFE, definió una tabla en donde se especifica la velocidad del viento en tres grandes regiones del país, como se resume en la tabla 1.

Tabla 1.-Valores de la Velocidad Regional publicado por CFE en 1969.

VALORES DE LA VELOCIDAD REGIONAL
(Periodo de recurrencia =100 años; intervalos de medición: 15 seg)

Zona	V ₀ (km/h)
a) Mesa central	140
b) Zona costera (faja de 150 km de ancho a lo largo de cada costa) Penínsulas de Baja California y de Yucatán	170
c) Valle de México	100

El desarrollo de esta zonificación desató un gran interés por parte de la CFE, ya que debido al tipo de construcciones de su infraestructura era importante contar con más estudios, bebido al tipo de estructuras empleadas en la transmisión de energía eléctrica (torres de transmisión y subestaciones).

En 1981, la CFE, a través del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), desarrolló un mapa de regionalización que dividía al país en 7 zonas ventosas (figura 1-3).

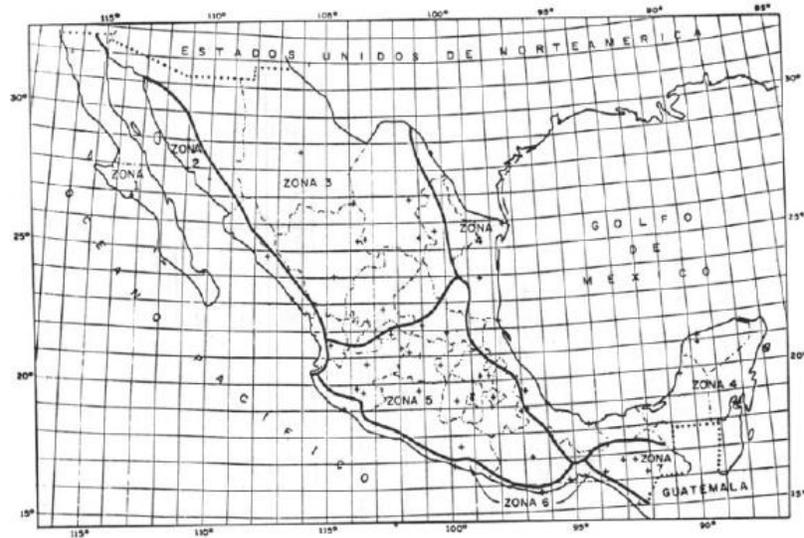


Figura 1-3.-Mapa de Regionalización que divide en 7 zonas ventosas publicado en 1981 por la CFE.

En estas zonas la velocidad de viento se asociaba con dos periodos de retorno, uno para estructuras del grupo B (50 años) y otra para las estructuras del Grupo A (200 años). La tabla de las siete regiones se presenta en la tabla 3.

Tabla 2.- Clasificación de las estructuras según su importancia, (CFE, 2008).

Grupo	Características
GRUPO A	<p>Estructuras con un grado de seguridad elevado. Se incluyen en este grupo aquellas cuya falla cause la pérdida de un número importante de vidas, o perjuicios económicos o culturales excepcionalmente altos; las construcciones y depósitos cuya falla implique un peligro significativo por almacenar o contener sustancias tóxicas o inflamables; las construcciones cuyo funcionamiento es imprescindible y debe continuar después de la ocurrencia de vientos fuertes y las construcciones cuya falla impida la operación de plantas termoeléctricas, hidroeléctricas y nucleares.</p> <p>Ejemplos de estas estructuras son: áreas de reunión con capacidad mayor que doscientas personas (salas de espectáculos, auditorios y centros de convenciones), locales y cubiertas que alojen equipo especialmente costoso, museos, templos, estadios, terminales de distribución de hidrocarburos, centrales telefónicas e inmuebles de telecomunicaciones principales, estaciones terminales de transporte, estaciones de bomberos, de rescate y de policía, hospitales e inmuebles médicos con áreas de urgencias, centros de operación en situaciones de desastre, escuelas, chimeneas, subestaciones eléctricas.</p>

GRUPO B	Estructuras para las que se recomienda un grado de seguridad moderado. Se clasifican en este grupo aquéllas que, al fallar, generan baja pérdida de vidas humanas y que ocasionan daños materiales de magnitud intermedia; aquéllas cuya falla por viento pueda poner en peligro a otras de este grupo o del anterior; las construcciones que forman parte de plantas generadoras de energía y que, al fallar, no paralizarían el funcionamiento de la planta. Ejemplos de estructuras en este grupo son: plantas industriales, subestaciones eléctricas de menor importancia que las del Grupo A, bodegas ordinarias, gasolineras (excepto los depósitos exteriores de combustibles pertenecientes al Grupo A), comercios, restaurantes, casas para habitación, viviendas, edificios de apartamentos u oficinas, hoteles, bardas cuya altura sea mayor que 2.5 metros. También pertenecen a este grupo: salas de reunión y espectáculos, estructuras de depósitos urbanas o industriales, no incluidas en el Grupo A. Los recubrimientos, tales como cancelerías y elementos estructurales que formen parte de las fachadas, pertenecerán a este grupo siempre y cuando no causen daños corporales o materiales importantes al desprenderse, en caso contrario, se analizarán como pertenecientes al Grupo A.
GRUPO C	Estructuras para las que se recomienda un grado de seguridad bajo. Son aquéllas cuya falla no implica graves consecuencias, ni causa daños a construcciones de los Grupos A y B. Abarca estructuras o elementos temporales con vida útil menor que tres meses, bodegas provisionales, cimbras, carteles, muros aislados y bardas con altura menor o igual que 2.5 metros. Las provisiones necesarias para la seguridad durante la construcción de estructuras, se evaluarán para la importancia de este grupo.

Tabla 3.-Valores de la Velocidad Regional publicado por CFE en 1981.

ZONA EOLICA (FIG. I.1)	VELOCIDAD REGIONAL (km/hora)	
	ESTRUCTURAS GRUPO B ($T_R = 50$ años)	ESTRUCTURAS GRUPO A ($T_R = 200$ años)
1	90	105
2	125	150
3	115	125
4	160	185
5	80	90
6	150	170
7	80	95

En 1993, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) a través del IIE, actualizó el mapa de obras civiles para el diseño por viento (figura 1-4), esta actualización ya contaba con mapas para diferentes periodos de retorno y, como se contaba con más estaciones meteorológicas, se refinó la regionalización para más zonas del país. En esta versión ya se emplean mapas de isotacas en prácticamente toda la república.

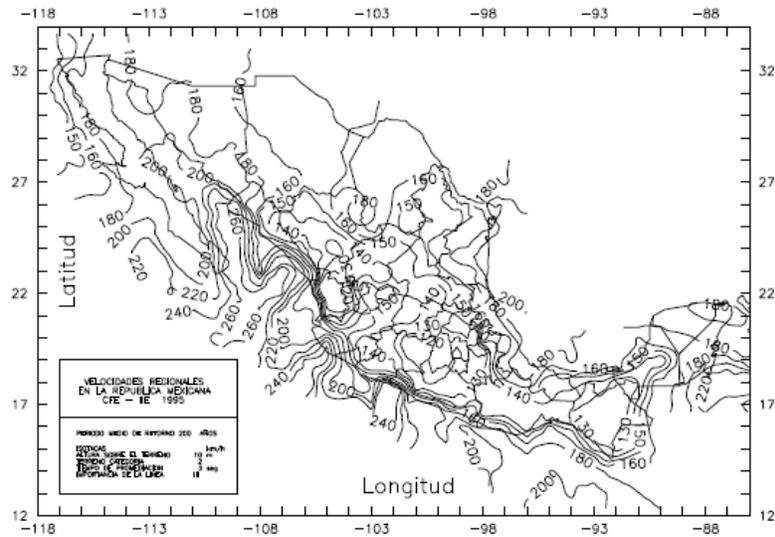


Figura 1-4.-Mapa de regionalización con un periodo de retorno de 200 años publicado en el MDOC de la CFE en el año de 1993.

La última versión del MOCDV es la del año 2008, en el cual se presentan mapas de contorno de viento junto con isotacas, como se muestra en la figura 1-5.

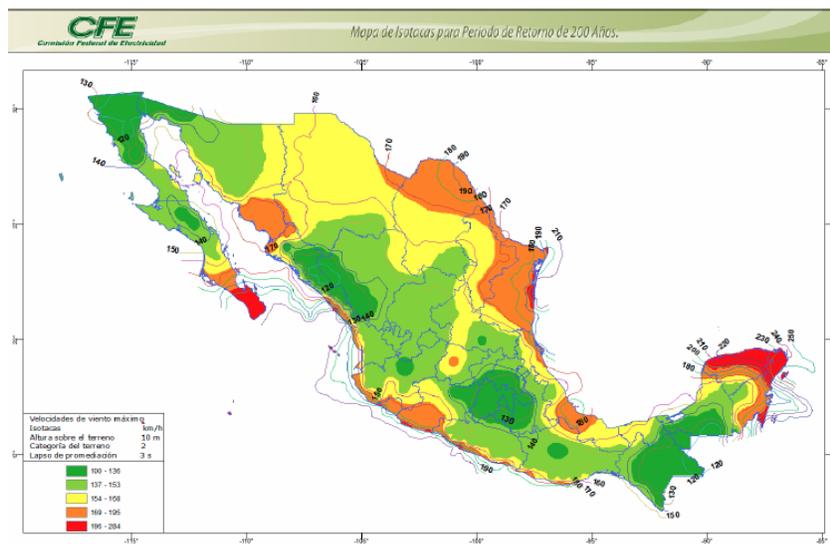


Figura 1-5.-Mapa de isotacas para un Periodo de Retorno de 200 años publicado en CFE 2008.

Para la elaboración de la última versión de los mapas se consideró lo siguiente:

- Registros de 60 estaciones.
- Los datos se normalizaron a velocidades potenciales.
- Se consideraron valores de vientos a través de la simulación de huracanes.
- Una distribución del tipo Fisher-Tippet III fue empleada en prácticamente todos los análisis.

2 BASE DE DATOS EMPLEADA Y CORRECCIONES DE LA VELOCIDAD DE VIENTO

2.1 Aspectos generales de la medición de la velocidad del viento

La Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2008) indica que:

“La velocidad del viento es una magnitud vectorial tridimensional que experimenta fluctuaciones aleatorias de pequeña escala en el espacio y en el tiempo, que se superponen a un flujo organizado de mayor escala. Se considerará que el viento de superficie es fundamentalmente una magnitud vectorial bidimensional definida por dos números que representan la dirección y la velocidad. El grado de fluctuación experimentado por el viento se denomina “rafagosidad”, y las diferentes fluctuaciones, “ráfagas” o “rachas””.

La velocidad media toma como referencia tiempos de promediación entre 10 y 60 minutos. Se consideran intervalos de tiempo superiores a 10 minutos, como los utilizados con fines de predicción. Normalmente, las estadísticas climatológicas se basan en promedios a lo largo de horas, días y noches.

La ráfaga (o racha) máxima es la velocidad del viento máxima observada en un intervalo de tiempo determinado. En los informes meteorológicos horarios, la ráfaga máxima indica el valor extremo del viento durante la última hora completa.

La duración de una ráfaga expresa la duración de una ráfaga máxima observada y viene determinada por la respuesta del sistema de medición. Los sistemas de respuesta lenta suavizan los extremos y miden ráfagas suaves y prolongadas mientras que los sistemas de respuesta rápida pueden registrar ráfagas con frentes de onda abruptos y de corta duración.

En OMM (1987) se concluye que la mayoría de los usuarios potenciales aceptan una duración de ráfaga de aproximadamente 3 segundos.

Las ráfagas que persisten durante unos 3 segundos corresponden a un “recorrido del viento” (duración del viento multiplicada por la velocidad media) del orden de 50 a 100 m en condiciones de viento fuerte. Estos valores son suficientes para incidir en estructuras de tamaño suburbano o urbano ordinario y exponerlas íntegramente a la carga de una ráfaga potencialmente dañina.

En la actualidad existen distintas escalas para clasificar las fuerzas debidas al viento, donde las más empleadas se muestran a continuación.

Tabla 4.-Clasificación de los huracanes de acuerdo con la escala de Saffir-Simpson. (Meseguer J., Sanz A., Perales J. M., y Pindado, S., 2001)

Categoría	Presión en el centro [Pa]	Velocidad del viento [m/s]	Daños
1	Mayor que 98,000	33-42.5	mínimos
2	96,500-98,000	42.5-49	moderados
3	94,500-96,500	49-58	Extensivos
4	92,000-94,500	58-69.5	Extremos
5	Menor que 92,000	Más de 69.5	Catastróficos

De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM-N° 8) (Mundial, 2008) la escala de Beaufort es empleada para medir de manera sencilla la velocidad del aire, tomando en cuenta su impacto y descripción reflejadas (tabla 5).

Tabla 5.-Escala de Beaufort (Cuadro 5.1. Equivalencias de la velocidad del viento OMM).

Número de la escala Beaufort y descripción		Equivalencia de la velocidad del viento a una altura estándar de 10 m sobre terreno llano y despejado				Especificaciones para estimar la velocidad sobre tierra
		(kt)	(m s ⁻¹)	(km h ⁻¹)	(mi h ⁻¹)	
0	Calma	< 1	0 – 0,2	< 1	< 1	Calma; el humo asciende verticalmente
1	Ventolina	1 – 3	0,3 – 1,5	1 – 5	1 – 3	Se define la dirección del viento por la deriva del humo y no por las veletas
2	Brisa ligera	4 – 6	1,6 – 3,3	6 – 11	4 – 7	El viento se siente en la cara; se mueven las hojas de los árboles; el viento mueve las veletas
3	Brisa suave	7 – 10	3,4 – 5,4	12 – 19	8 – 12	Las hojas y ramas pequeñas se hallan en constante movimiento; ondean las banderas livianas
4	Brisa moderada	11 – 16	5,5 – 7,9	20 – 28	13 – 18	Se levantan polvo y papeles sueltos; se mueven las ramas pequeñas de los árboles
5	Brisa fresca	17 – 21	8,0 – 10,7	29 – 38	19 – 24	Los árboles pequeños con hojas empiezan a moverse; se forman pequeñas olas en estanques y lagunas
6	Brisa fuerte	22 – 27	10,8 – 13,8	39 – 49	25 – 31	Se mueven las ramas grandes de los árboles; silban los cables telegráficos; los paraguas se usan con dificultad
7	Viento fuerte	28 – 33	13,9 – 17,1	50 – 61	32 – 38	Todos los árboles se mueven; es difícil caminar contra el viento
8	Viento duro	34 – 40	17,2 – 20,7	62 – 74	39 – 46	Se rompen las ramas delgadas de los árboles; generalmente es difícil caminar contra el viento
9	Viento muy duro	41 – 47	20,8 – 24,4	75 – 88	47 – 54	Se producen ligeros daños estructurales (caen chimeneas y tejas)
10	Temporal	48 – 55	24,5 – 28,4	89 – 102	55 – 63	Se experimenta raramente tierra adentro; arranca árboles; hay daños estructurales considerables
11	Borrasca	56 – 63	28,5 – 32,6	103 – 117	64 – 72	Muy poco frecuente; ocasiona daños generalizados
12	Huracán	64 y superior	32,7 y superior	118 y superior	73 y superior	

2.2 Metodología de Análisis

La siguiente figura muestra el diagrama de flujo para el proceso y obtención de los mapas de peligro eólico.

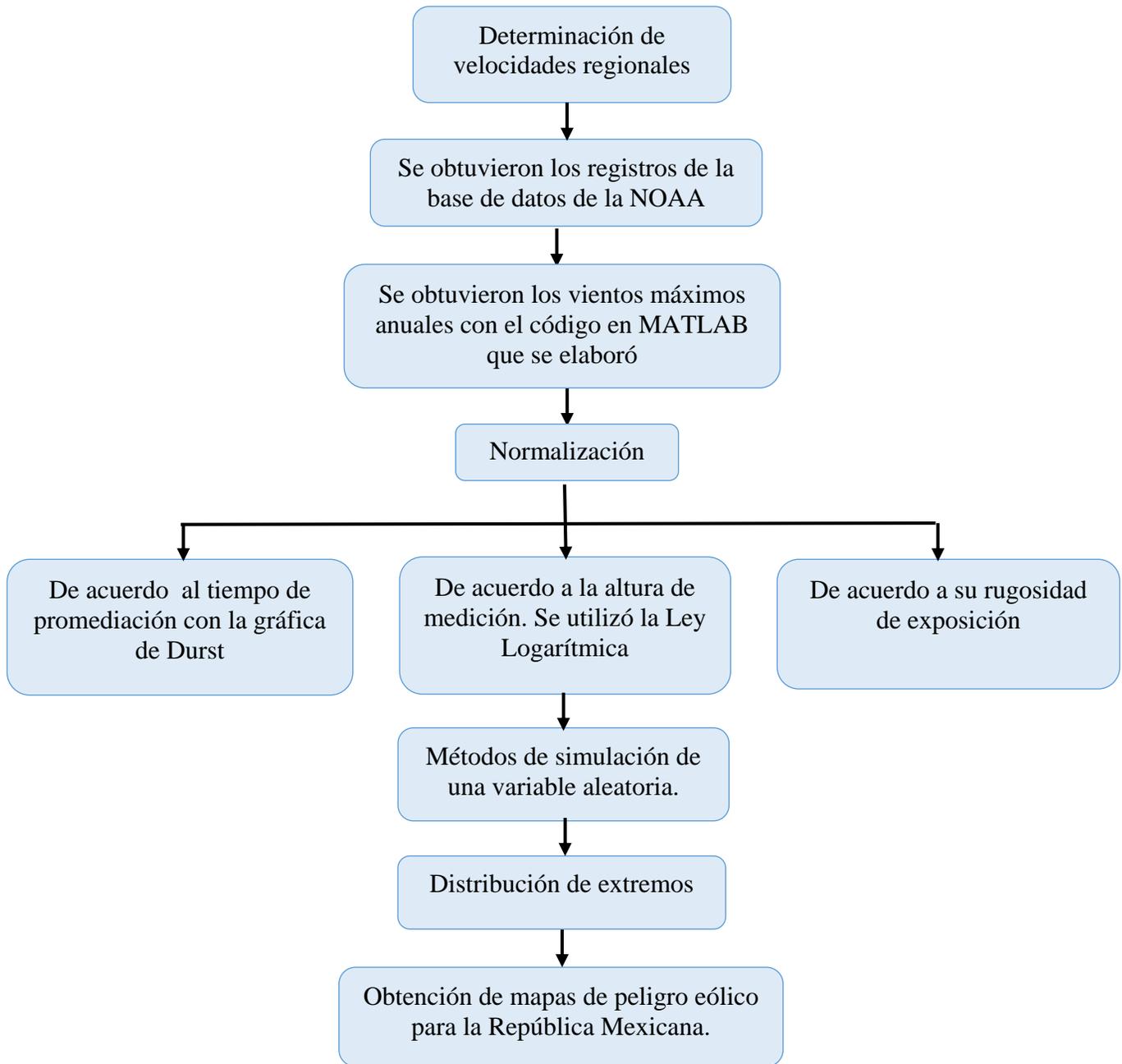


Figura 2-1.- Diagrama de flujo para el proceso y obtención de mapa de peligro eólico.

2.3 Normalización de registros

La base de datos de la NOAA cuenta con más de 200 estaciones meteorológicas en México con información, las cuales se revisaron detalladamente para ver si los registros contaban con continuidad o verificar anomalías en éstos. También se tomaron en cuenta sólo las estaciones que contaban con la información necesaria para poder hacer los cálculos con un mínimo de 10 años de registro. Algunas estaciones contaban con pocos registros, los cuales no nos podrían proporcionar un valor que represente las condiciones del viento en la zona estudiada. En estos casos estas estaciones se tomaron en cuenta para revisar fechas de eventos extraordinarios o para hacer una interpolación en ese punto. La distribución de las estaciones en la República Mexicana de la NOAA se muestra en la figura 2-2.



Figura 2-2.- Mapa con distribución de registros en la república Mexicana (imagen tomada de la página de la NOAA). (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2015)

Es necesario señalar que para cada estación, debemos de conocer la altura del aparato donde se registraron las mediciones, ya que todas las velocidades se deben de normalizar para una altura de 10 m de altura, según la Organización Mundial Meteorológica. La forma de verificar la altura de los aparatos de medición es con visita al sitio, lo anterior está fuera del alcance del presente trabajo por lo que se asume que todas las estaciones están a una altura de 10 m.

El tiempo de promediación también es importante para una buena representación de la velocidad, ya que para cada registro debemos conocer ese dato, para así llevar un control y no cruzar registros que fueron medidos de diferente manera, por lo cual se dio mucha importancia en este punto. Para poder homogenizar todos los registros se empleó la curva de Durst para pasar de velocidades promediadas de 10 minutos a ráfagas de 3 segundos.

Es necesario separar las velocidades debidas a fenómenos hidrometeorológicos y a las de los vientos normales, ya que como son dos fenómenos que no ocurren con la misma probabilidad deben de estimarse como un conjunto para así tener en cuenta valores más realistas al momento de procesar toda la información.

2.3.1 Corrección por tiempo de promediación

Existen distintas definiciones y criterios utilizados en las normas para determinar la velocidad básica del viento, cada una utilizando un intervalo de tiempo de promediación. A continuación se describen las más utilizadas.

Definición de velocidades

- Ráfaga de 3 segundos (“peak 3-s gust speed”). Corresponde a la velocidad de la ráfaga de viento en una tormenta, promediada en un intervalo de tiempo de 3 segundos. (norma ASCE 7-05).
- Milla más rápida (“fastest mile speed”). Se define como la máxima velocidad de una tormenta promediada sobre el periodo de tiempo requerido para pasar en un punto un volumen de aire por una distancia horizontal de una milla. Esta definición está basada en los dispositivos de registro que existían hasta los años 90 en EEUU.
- Velocidad promedio en 10 minutos (“10-min wind speed”). Corresponde a la velocidad del viento promediada en un intervalo de 10 minutos y es usada para propósitos de ingeniería el Eurocode, en conformidad con la práctica de la Organización Mundial de Meteorología (OMM).
- Velocidad Horaria del Viento (“hourly wind speed”). Corresponde a la velocidad promediada en un intervalo de tiempo de 1 hora y es comúnmente usada como velocidad de referencia para simulaciones en túneles de viento. Esta definición de la velocidad del viento es usada también para definir las velocidades extremas por el National Building Code of Canada (NBCC).

A pesar de la reciente estandarización de la medición del viento y procedimientos de registro por parte de varias agencias meteorológicas, la diversidad de tipos de anemómetros y periodos de promediación de las velocidades medias del viento causa algunas dificultades en varias aplicaciones ingenieriles (Pozos A., Gómez R., Enero-Junio 2015).

México: intervalos de promediación del viento de 3 s y 10 min.

Canadá: intervalos de promediación del viento de 1 h.

Estados Unidos: intervalos de promediación del viento de 3 s.

Japón: intervalos de promediación del viento de 10 min.

Podemos usar la curva de Durst (Figura 2-3) (ASCE/SEI 7-05, 2005) para cambiar velocidades del viento de un intervalo de promediación a otro. Para pasar de un tiempo de promediación de 10 minutos a un tiempo de promediación de 3 s, como están expresadas en el MOCDV (2008), es necesario hacer una relación de factores entre velocidades de promediación de 3 segundos a 1 hora con el de 10 minutos a 1 hora. La relación de estos factores da como resultado un factor de conversión igual a 1.43 (1.53/1.07).

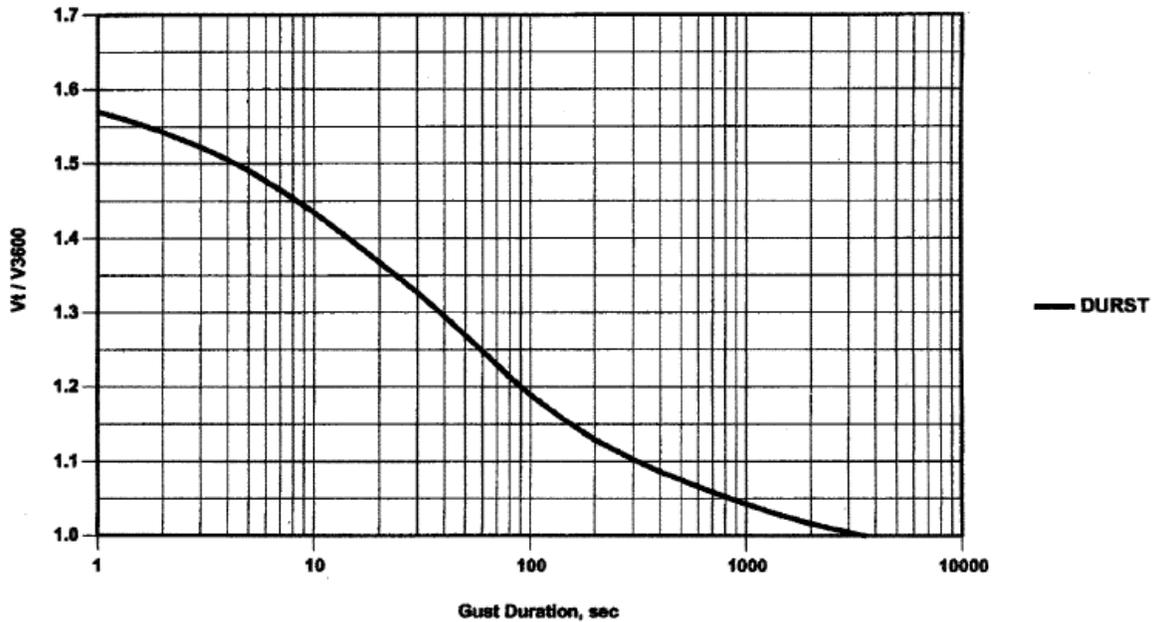


Figura 2-3 Gráfica de Durst obtenida del ASCE 7-05 (2005)

2.3.2 Normalización de registros con respecto al tipo de terreno y topografía

Debido a que las estaciones meteorológicas se ubican en zonas con diferentes características de rugosidad y topografía, la velocidad de viento registrada debe ser corregida, tomando en cuenta estos factores. La corrección empleada se hace de acuerdo a las especificaciones de la organización mundial meteorológica (OMM).

De acuerdo a la OMM la expresión a utilizar para la corrección de la velocidad se describen a continuación.

Si U es la velocidad del viento medida a una altura z , la velocidad del viento corregida es U_c , que estaría indicada localmente a 10 m por encima de un terreno de rugosidad Z_0 , está dada por:

$$U_c = U \cdot C_F \cdot C_T \cdot \frac{\ln(10/z_{0u})}{\ln(z/z_{0u})} \cdot \frac{\ln(60/z_{0u}) \ln(10/z_0)}{\ln(10/z_{0u}) \ln(60/z_0)} \quad (2-1)$$

donde C_F es la corrección de la distorsión del flujo; C_T es el factor de corrección debido a los efectos topográficos; z_{0u} es la longitud de rugosidad eficaz del terreno a barlovento de la estación de observación; z_0 es la longitud de rugosidad en la aplicación. En esta expresión, z , z_0 y z_{0u} están especificados en metros.

Los términos de corrección representan lo siguiente:

Distorsión del flujo: el factor de corrección C_F refleja la distorsión del flujo por objetos cercanos de gran tamaño, para nuestro estudio tomaremos $C_F = 1$, ya que para obtener este valor es necesario una simulación con modelos de túnel de viento y está fuera de los alcances de este trabajo.

Corrección topográfica: esta corrección refleja los efectos de la altura del terreno en torno a la estación anemométrica. C_T es el cociente entre la velocidad del viento promediada regionalmente (calculada a partir de las observaciones efectuadas sobre las dorsales y los valles a 10 m por encima del suelo) y la velocidad del viento observada en la estación. En nuestro caso usaremos $C_T = 1$ y $C_T = 0.9$, de acuerdo a las condiciones topográficas de cada estación revisada.

A los efectos de corregir la exposición, es necesario definir, en función de la dirección del viento, una longitud de rugosidad z_0 que sea representativa del terreno a una distancia de 2 km a barlovento. La calidad de la corrección de los efectos de la rugosidad depende mucho de la exactitud de esa longitud de rugosidad (OMM).

Tabla 6.- Clasificación del terreno en términos de longitud de rugosidad aerodinámica z_0 según Davenport (1960), adaptada por Wieringa (1980b)

Clase	Breve descripción del terreno	Z_0 (m)
1	Mar abierto, alcance de 5 km como mínimo	0,0002
2	Marismas, nieve; ausencia de vegetación, ausencia de obstáculos	0,005
3	Terreno llano y despejado; hierba, algunos obstáculos aislados	0,03
4	Cultivos bajos; obstáculos ocasionales grandes, $x/H > 20$	0,10
5	Cultivos altos; obstáculos dispersos, $15 < x/H < 20$	0,25
6	Parques, matorrales; numerosos obstáculos, $x/H \approx 10$	0,5
7	Grandes obstáculos regularmente distribuidos (suburbios, bosques)	1,0
8	Aglomeraciones urbanas con edificios de diversas alturas	≥ 2

Nota: En esta tabla x representa la distancia característica de un obstáculo a barlovento y H la altura de los principales obstáculos.

3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VELOCIDADES DEL VIENTO

3.1 Distribución de Gumbel

De acuerdo con Simiu y Scanlan (1996), la distribución de Gumbel puede ser empleada para ajustar velocidad máximas de viento (V). En este trabajo se utilizará la distribución de Gumbel, definida como:

$$F_v(v) = \exp(-\exp(-\alpha(v-u))) \quad (3-1)$$

donde u y α son parámetros de la distribución.

Para obtener los parámetros de la distribución se empleó el método de momentos, el cual relaciona la media y desviación estándar de la muestra con la media y desviación estándar de la distribución, de acuerdo con las siguientes ecuaciones.

$$\bar{X} = u + \frac{0.577}{\alpha} \quad (3-2a)$$

$$S = \frac{\pi}{\sqrt{6}\alpha} \quad (3-2b)$$

donde \bar{X} y S son la media y desviación estándar de los datos, respectivamente.

De la ecuación (3-1) es posible obtener el valor de la velocidad máximo asociado con un periodo de retorno específico (T). La ecuación (3-1) puede reescribirse como:

$$v_T = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \quad (3-3)$$

donde T es el periodo de retorno asociado a un valor v , definido como el lapso medio, en años, de las ocurrencias consecutivas de vientos que exceden dicho valor, y se calcula como el recíproco de la probabilidad de excedencia.

En el MOCDV (2008) podemos encontrar los periodos de retornos más usados para el diseño de estructuras en México, de acuerdo a la importancia de la estructura, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7.- Periodo de retorno asociado con la importancia de la estructura de acuerdo con el MOCDV (2008).

Importancia	T (años)
A	200
B	50
C	10

3.2 Obtención de las velocidades básicas

Una vez recolectados y procesados los datos, descartando las estaciones que tengan inconsistencia, se obtuvieron los máximos anuales por estación. Para ello se utilizó el código en Matlab del anexo A-1.

Para ejemplificar el procedimiento de obtención de la velocidad básica, a continuación se muestran los resultados de la estación 764593 General Rafael Buelna (Mazatlán, Sin). Los valores máximos anuales registrados de la estación meteorológica 764593 se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 8.- Resultados de velocidades máximas anuales de la estación 764593 de la NOAA obtenidas del código en MATLAB.

Año	Vel (m/s)	Vel (km/h)
1990	13.9	50.04
1991	19	68.4
1992	20.1	72.36
1993	25.7	92.52
1994	23.1	83.16
1995	23.1	83.16
1996	24.7	88.92
1997	22.1	79.56
1998	28.8	103.68
1999	23.1	83.16
2000	22.6	81.36
2001	27.8	100.08
2002	20.6	74.16
2003	14.4	51.84
2004	18.5	66.6
2005	27.8	100.08
2006	20.6	74.16
2007	16.5	59.4
2008	14.4	51.84
2009	24.2	87.12
2010	24.2	87.12
2011	23.1	83.16
2012	18	64.8
2013	12.9	46.44
2014	11.8	42.48
2015	14.4	51.84

Los resultados mostrados en la tabla 8 se presentan de manera gráfica en la figura 3-1.

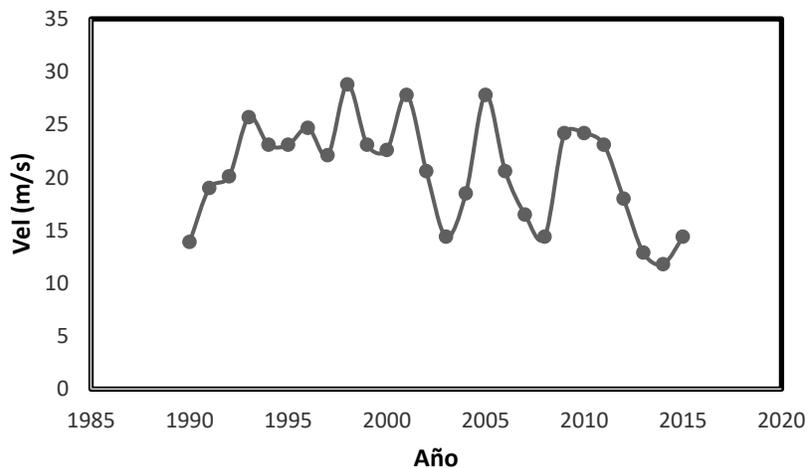


Figura 3-1 Gráfica de las velocidades máximas registradas en la estación 764593 a lo largo de los años.

Donde los resultados de probabilidad de valores extremos para diferentes periodos de retorno y las estadísticas se muestran en la tabla 9.

Tabla 9.- Resultados del procesamiento de datos máximos obtenido del código en Matlab para la estación 764593 (Lat. 23.161, Long. -106.266, Elev. 11.6)

Parámetro	Valor	Unidad
Media	20.59	m/s
Varianza	23.95	(m/s) ²
Desviación Estándar	4.89	m/s
T(200años)	38.60	m/s
T(100años)	35.94	m/s
T(50años)	33.28	m/s
T(10años)	26.98	m/s

En el Anexo A- 2 se muestran los resultados de todas las estaciones meteorológicas consideradas en este estudio, en cada una de ellas se escriben los resultados de las velocidades básicas para diferentes periodos de retorno, y en el Anexo A- 3 se presentan las Velocidades Regionales normalizadas y los factores empleados para esto.

La figura 3-2 muestra una comparación de las estaciones consideradas en este trabajo y las empleadas para el MOCDV (2008).

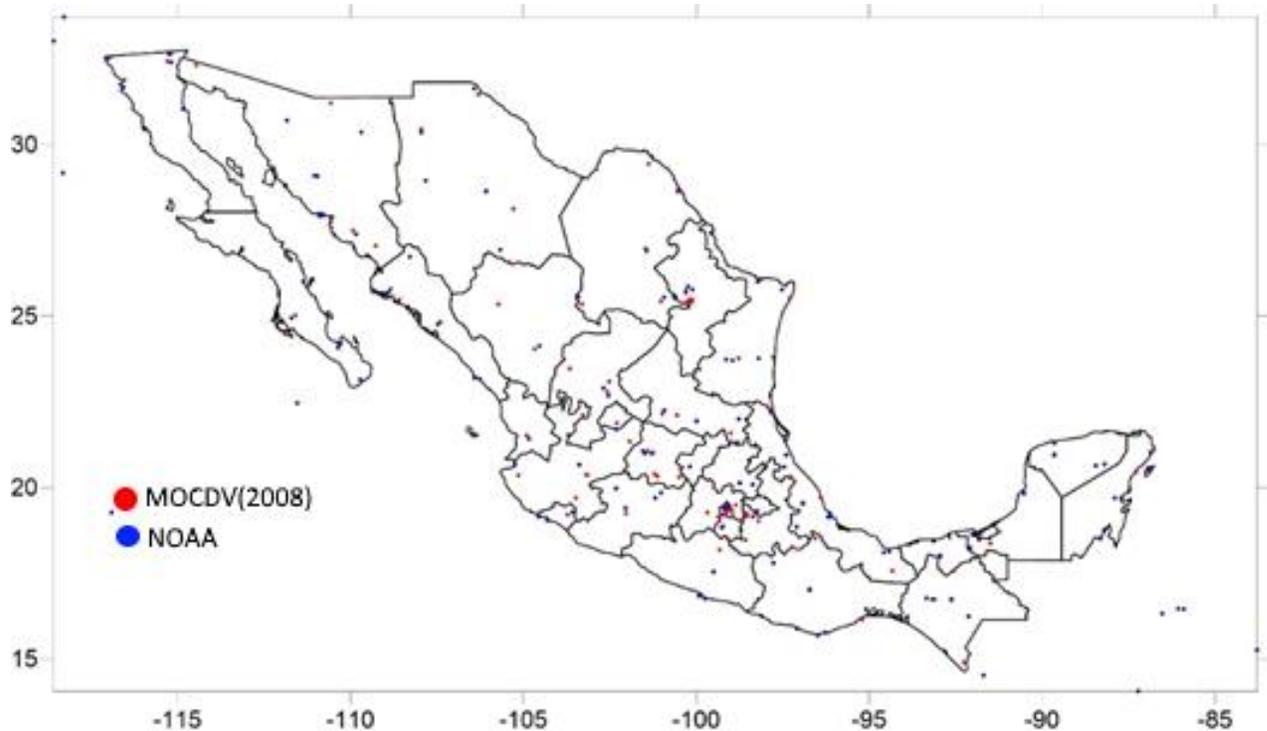


Figura 3-2 Mapa donde podemos localizar las estaciones utilizadas para el mapa del MOCDV (2008) y las estaciones de la NOAA utilizada en el estudio.

4 ELABORACIÓN DE MAPAS DE CONTORNO DE VELOCIDADES DE VIENTO

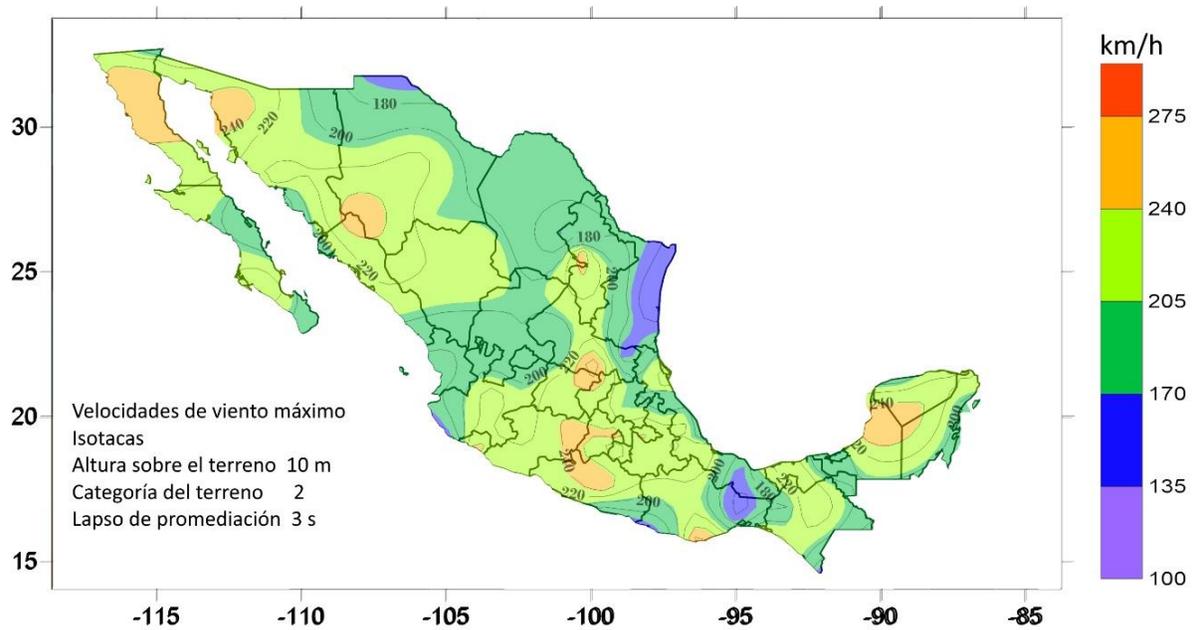
Para la elaboración de los mapas de contorno de velocidades de viento se consideraron dos casos, en donde las velocidades de viento de la base de datos sin corregir fueron acotadas a 42.5 m/s y 30 m/s. Lo anterior para considerar casos con la posible ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos como huracanes.

La tabla 10 se presenta como ejemplo de los datos empleados para la elaboración de los mapas de contorno, en donde se muestra el número de identificación de la estación, su nombre, la ubicación geográfica de la estación, así como el número total de años de registro.

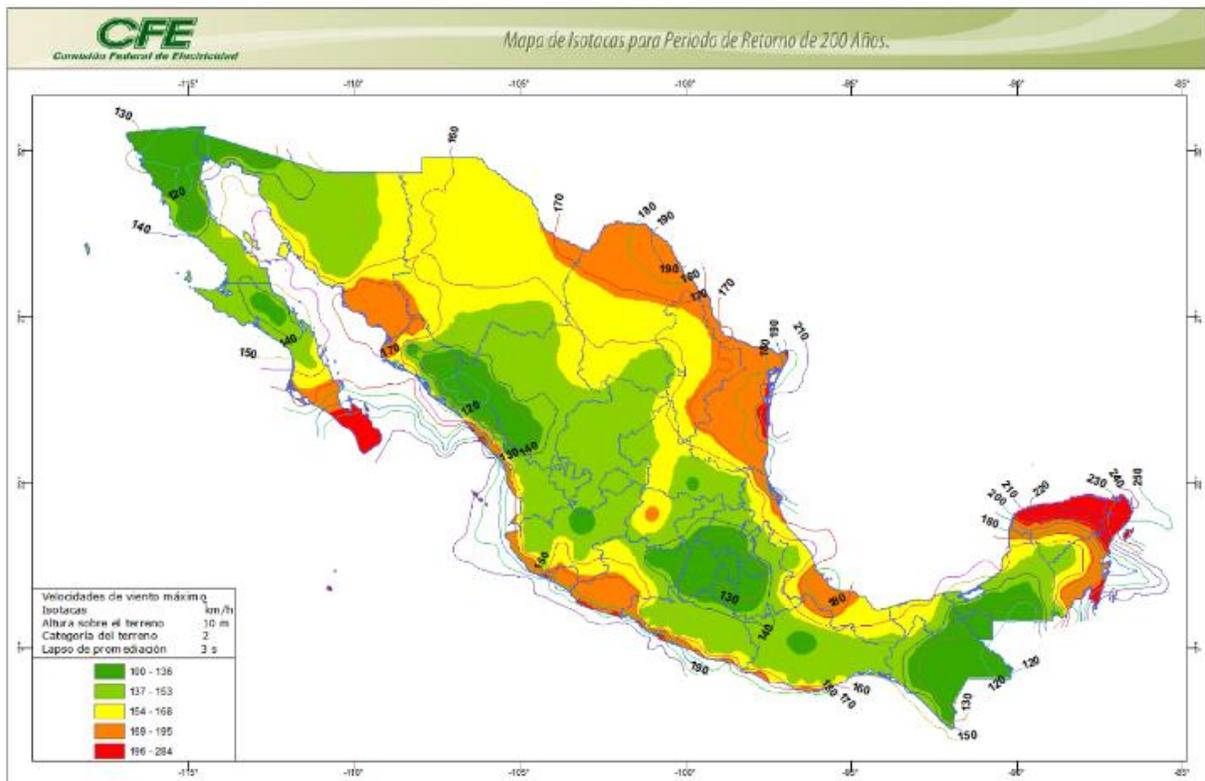
Tabla 10.- Base de datos para Sinaloa que cuenta con 5 estaciones repartidas por diferentes puntos de la región.

No. Estación	Nombre	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	REGISTROS Años
763110	CHOIX	26.733	-108.283	238.0	39
763615	VALLE DEL FUERTE	25.685	-109.081	4.9	35
764120	CULIACAN INTL	24.765	-107.475	32.9	41
764580	COL. JUAN CARRASCO MAZATLAN	23.200	-106.417	4.0	43
764593	GENERAL RAFAEL BUELNA INTL	23.161	-106.266	11.6	16

Con base en los datos de corregidos, se obtuvieron los ajustes de las velocidades de viento con la distribución de Gumbel para cada una de las estaciones. Así, cada una de las estaciones se asoció con un valor de velocidad de viento para un periodo de retorno específico. Los mapas de contornos fueron generados con ayuda del método de interpolación del programa *Surfer*. Se realizaron cuatro mapas de contorno, dos correspondientes a un periodo de retorno de 200 años, uno para un periodo de retorno de 50 años y otro para un periodo de retorno de 10 años. Para los mapas de periodos de retorno de 200 años se emplearon los valores de velocidad acotada de 30 m/s y 42.5 m/s, mientras que para los mapas para los otros periodos de retorno se emplearon los datos acotados hasta 30 m/s. Los mapas se presentan en las figura 4-1 a 4-4.



(a)



(b)

Figura 4-1 Mapa de contorno para velocidades con un periodo de retorno de 200 años: (a) calculado (velocidades acotadas de 30 m/s); (b) MOCDV (2008).

En la figura 4-1 se observa que la configuración y distribución de los mapas de isotacas comparados (a) y (b), son similares, excepto que en algunas zonas las velocidades del MOCDV (2008) son mayores que las obtenidas. Se observa también que para ambos mapas, las velocidades máximas se presentan en las zonas costeras, al igual que en algunas zonas del centro. Además de que se emplean diferentes bases de datos para generar los mapas comparados, otro factor que influye es la forma de corregir los datos de acuerdo a la exposición, ya que clasificar al terreno circundante de un tipo u otro podría aumentar la velocidad de viento hasta en 20% (ver Tabla 11), por lo que es recomendable que el especialista encargado de este proceso de normalización, tenga mucho cuidado y criterio para poder tomar en cuenta una clasificación del terreno adecuada.

Tabla 11.- Velocidad del viento corregida U_c para diferentes valores de z_0

Clase	z_0	U_c	$U_c(\text{clase } i+1)/U_c(\text{clase } i), i=1 \text{ hasta } 8$
1	0.0002	0.89	-
2	0.005	0.94	1.06
3	0.03	1.00	1.06
4	0.1	1.06	1.06
5	0.25	1.14	1.07
6	0.5	1.22	1.07
7	1	1.36	1.11
8	2	1.62	1.19

Se observa también en la Figura 4-1 una gran diferencia de las velocidades en el estado de Tamaulipas, en donde de acuerdo al MOCDV (2008), se tiene una velocidad regional de 190 km/h, mientras que para el mapa desarrollado se calculó una velocidad de 130 km/h, un 30% menor. Una de las posibles razones de esta diferencia es que las velocidades de la base de datos fueron acotadas, por lo que las velocidades de producidas por huracanes podrían no haberse tomando en cuenta.

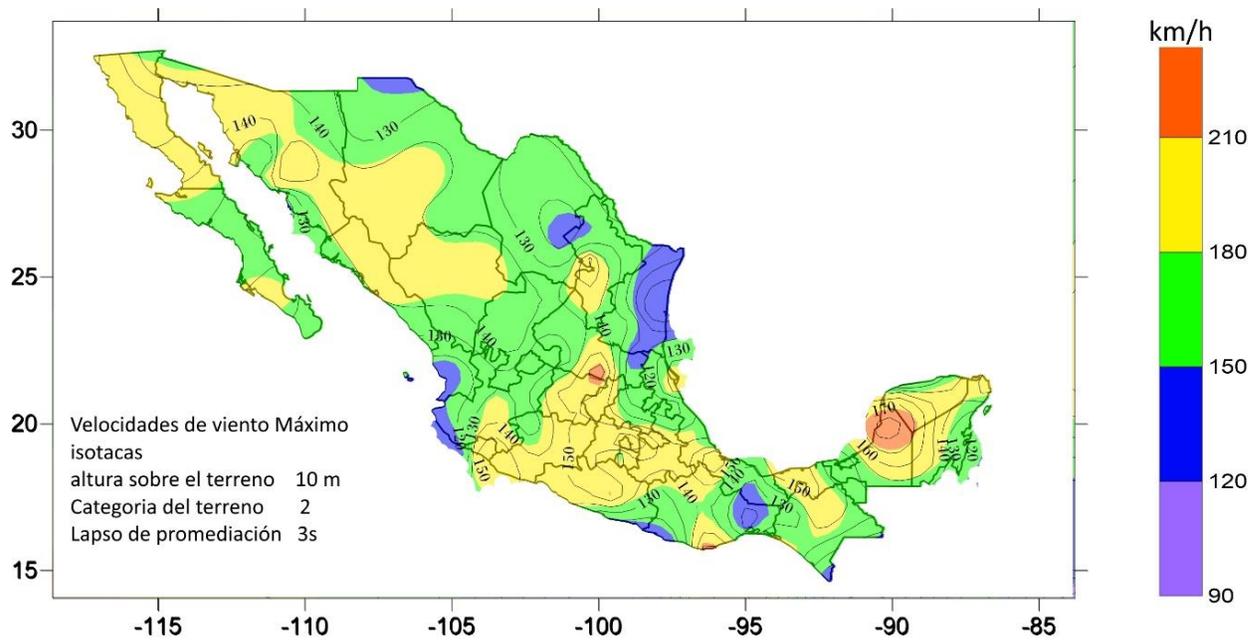
Otro factor que puede impactar los resultados es el tipo de interpolación empleado para desarrollar los mapas de contorno. Por lo que, sí se contaba con velocidades altas en un punto, muy superiores a las aledañas, ésta se evaluaba para verificar que no fuera un error en la predicción, en caso de considerarse error, ésta no se consideraba para el desarrollo del mapa.

La Figura 4-2 presenta la comparación de los mapas de contorno calculado y el presentado en el MOCDV (2008) para un periodo de retorno de 50 años.

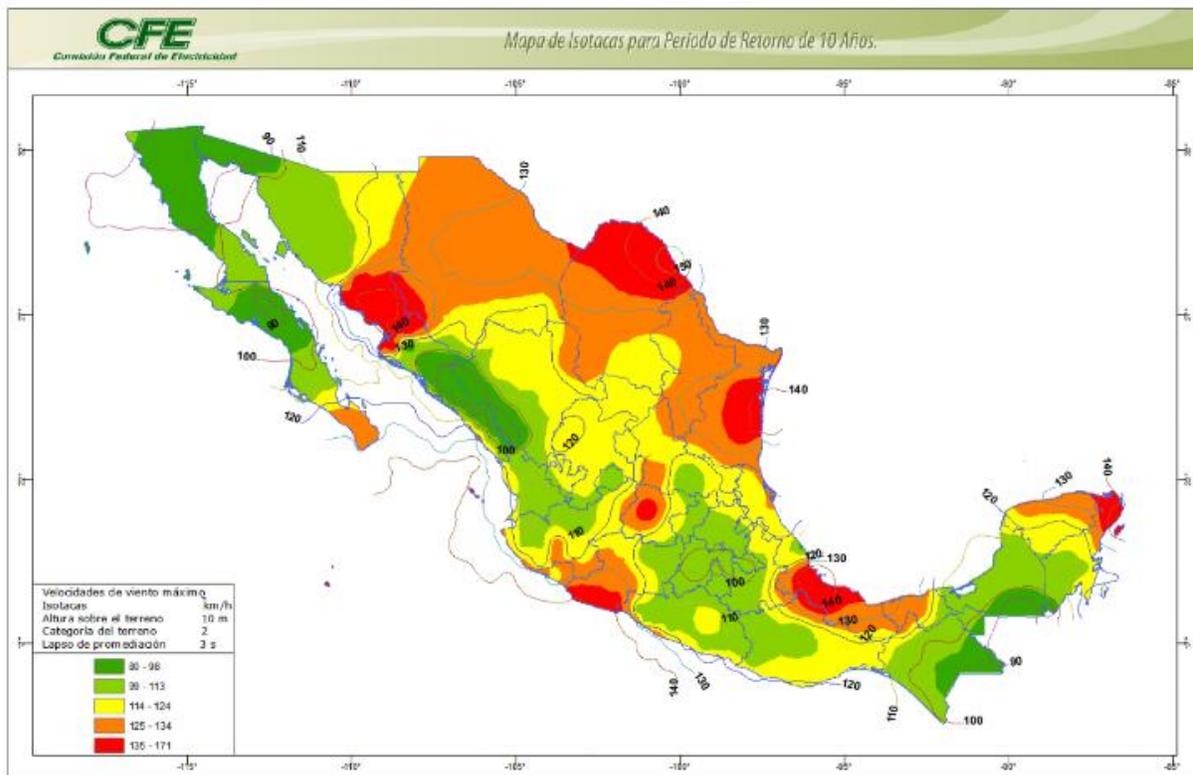
Se observa en la figura 4-2 que en los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí las velocidades calculadas varían un 10% en comparación a los propuestos por el MOCDV (2008). Lo anterior indica que las velocidades regionales han variado poco de acuerdo con los últimos datos históricos para los sitios mencionados. En el estado de Oaxaca se observa una zona en la cual en los dos mapas presentan velocidades entre 90-120 km/h, lo que indica que la información empleada en este estudio y la del MOCDV (2008) es consistente para el caso considerado.

Se observa también en la Figura 4-2 que hay zonas de la república mexicana con diferencias importantes en la magnitud de las velocidades del viento. Lo anterior puede deberse al empleo de velocidades acotadas del viento, que podrían no incluir vientos intensos debidos a huracanes en las zonas costeras. En caso de no acotar las velocidades de viento, se esperaría que la magnitud de la velocidad del viento aumentará en las zonas costeras; sin embargo, para poder hacer una comparación más detallada sería necesario contar con dos muestras de velocidades de viento, una de vientos tradicionales o sinópticos y otra con velocidades exclusivas de huracanes y realizar un análisis estadístico para conjuntar ambas muestras. Debido a que no se cuenta con una base de datos de los huracanes que han impactado al país, esta conjunción no se realizó en el presente trabajo.

La Figura 4-3 presenta la comparación de los mapas de contorno calculado y el presentado en el MOCDV (2008) para un periodo de retorno de 10 años. En esta figura, como en los dos casos anteriores, el mapa calculado considera velocidades acotadas del viento. Las observaciones hechas para la Figura 4-2 son igualmente aplicables a la comparación de los mapas de la Figura 4-3, excepto que la magnitud de las velocidades es menor.



(a)



(b)

Figura 4-3 Mapa de contorno para velocidades con un periodo de retorno de 10 años: (a) calculado (velocidades acotadas de 30 m/s); (b) MOCDV (2008).

En la figura 4-4 se presenta el mapa de contorno calculado para un periodo de retorno de 200 años, acotado con velocidades máximas hasta 42.5 m/s, con el propósito de observar la importancia de elegir bien un límite de velocidad superior. Se observa que hay zonas donde se incrementó de manera considerable la velocidad del viento con respecto a los obtenidos y presentados en la Figura 4-1, como en la península de Yucatán. Lo anterior indica que las velocidades debidas a huracanes impactan en gran manera las velocidades del viento en las zonas costeras.

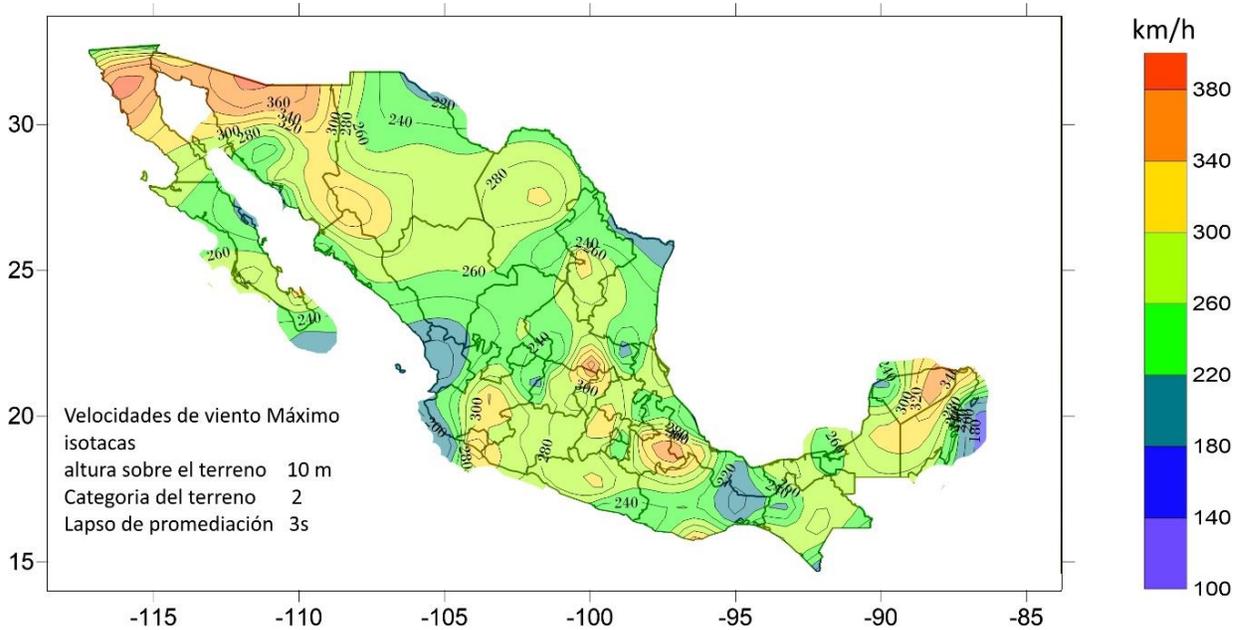


Figura 4-4 Mapa de contorno para velocidades con un periodo de retorno de 200 años (velocidades acotadas de 42.5 m/s).

5 COMENTARIOS FINALES

5.1 Conclusiones

- Las velocidades básicas obtenidas con base en modelos probabilistas han proporcionado información valiosa y son las bases para el desarrollo de mapas de contorno de velocidades de viento para periodos de retorno fijos.
- En general, la distribución de las velocidades para los mapas de contorno calculados son similares a los propuestos por el MOCDV (2008).
- La magnitud de las velocidades regionales obtenidas en los mapas de contorno desarrollados son similares a los mapas del MOCDV (2008), aunque se observaron diferencias importantes en algunas zonas de la república mexicana.
- En la corrección de los datos, se observó que clasificar al terreno circundante de un tipo u otro podría aumentar la velocidad de viento hasta en 20%, por lo que es recomendable que el especialista encargado de este proceso de normalización, tenga mucho cuidado y criterio para poder tomar en cuenta una clasificación del terreno adecuada.
- El tipo de interpolación empleado para desarrollar los mapas de contorno puede impactar en el cálculo de los contornos de velocidades de viento de los mapas.

5.2 Recomendaciones

Para futuros análisis se recomienda lo siguiente:

- Los mapas de isotacas deberían de actualizarse más frecuentemente, por ejemplo cada 10 años, ya que en ese periodo podrían ocurrir huracanes que podrían generar velocidades de viento importantes.
- Es indispensable contar con más estaciones de registro que permitan tener acceso a la información de forma fácil y gratuita. Lo anterior permitiría contar con una base de datos más confiable y completa.
- Las condiciones de rugosidad son de suma importancia en el cálculo de la velocidad, por lo que se sugiere la participación de un especialista para realizar la corrección por rugosidad.
- Entre más registros tenemos mejor podemos representar la tendencia del comportamiento del viento, se recomienda utilizar estaciones donde se cuente con registros de viento de por lo menos 10 años.
- Las velocidades provenientes de huracanes extraordinarios se deben de tomar en cuenta en los análisis de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia.

6.-Referencias

- ASCE/SEI 7-05. (2005). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. American Society of Civil Engineers.
- Comisión federal de electricidad. (2008). *Manual de Obras Civiles de Diseño por Viento (MOCDV,2008)*.
- Meseguer J., Sanz A., Perales J. M., y Pindado, S. (2001). *AERODINÁMICA CIVIL: Cargas de viento en las edificaciones*. McGraw-Hill Profesional.
- Mundial, O. M. (2008). *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos* .
- National oceanic and atmospheric administration* . (2015). Retrieved from <http://www.ncdc.noaa.gov/cdo-web/>
- Pozos A., Gómez R.,. (Enero-Junio 2015). *Notas de "Temas selectos de Estructuras: Ingeniería de Viento", Programa de Maestría en ingeniería Civil-Estructuras, Universidad Nacional Autónoma de México*.
- Rodríguez, N. (1964). Aplicación de la estadística de extremos a la determinación de velocidades del viento para diseños estructurales. In *Serie Azul n°105*,. Instituto de Ingeniería, UNAM, México.
- Simiu, E., & Scanlan, R. (1996). *Wind Effects on Structures*. John Wiley and Sons Inc.

Anexos

A- 1 Código en Matlab para la obtención de velocidades máxima anuales y cálculo de velocidades para diferentes periodos de retorno

```

%%Código en Matlab para procesamiento de datos, de la base de datos de
la NOAA se exporto a Excel para poder leerlos y poder manejarlos de una
manera adecuada.
%%Datos iniciales
clear;
clc;
%El procesamiento de datos es a través de Excel.
file_Name = uigetfile('*.xlsx'); % Sirve para mirar los Excel buscarlo en
el directorio.
Datos=xlsread(file_Name);
Var=input('Desea obtener el Máximo , Mensual=1 o Anual=2 = '); %Para el
procesamiento de datos necesitamos organizar por mes o por año.
T=input('A que periodo de retorno quiere la Velocidad= ');
Vel=Datos(5:end,3);
A=Vel*(10^-(2*(Var)));
Acel=floor(A);
Dat=Datos(5:end,10); %Datos de coordenadas de la estación.
Coor1=Datos(1:2,3);
Coor2=Datos(1:2,6:8);
Coord=[Coor1 Coor2];
DATA=[Acel Dat];
[fila, col]=size(DATA);
r=1;n=1;
MATRIZ(1,:)=DATA(1,:);
for k=2:fila
if MATRIZ(1,1)==DATA(k,1)
n=n+1;
MATRIZ(n,:)=DATA(k,:);
else
if n==1
MAXVEL(r,:)=MATRIZ;
else
MAXVEL(r,:)=max(MATRIZ);
end
clear MATRIZ;
MATRIZ(1,:)=DATA(k,:);
n=1;
r=r+1;
end
end
format long g
if n==1
MAXVEL(r,:)=MATRIZ;
else
MAXVEL(r,:)=max(MATRIZ);
end
MAXVEL
Ano= MAXVEL(:,1);
Max= MAXVEL(:,2);

```

```

%Datos de probabilidad
media=mean(Max) %Media.
Desv=std(Max) %Desviación Estandar.
Var=var(Max) %Varianza.
Euler=0.5772 %Constante de Euler.
Beta=(sqrt(6)/pi)*(Desv) % Beta para la distribución.
Alfa=media-Euler*Beta % Alfa para la distribución.
T200=(Alfa)-((Beta*log(-log(1-(1/200)))))) %Velocidad A un Periodo T=200.
T100=(Alfa)-((Beta*log(-log(1-(1/100)))))) %Velocidad A un Periodo T=100.
T50=(Alfa)-((Beta*log(-log(1-(1/50)))))) %Velocidad A un Periodo T=50.
T10=(Alfa)-((Beta*log(-log(1-(1/10)))))) %Velocidad A un Periodo T=10.
Tn=(Alfa)-((Beta*log(-log(1-(1/T)))))) %Velocidad A un Periodo T=T.

Prob=cat(1,media,Var, Desv, T200, T100, T50, T10, Tn);
Tabla=tabulate(Max);

%Escribir en un excel los datos de Matlab y exportarlos para tener mejor
orden de todos los datos.
xlswrite('tempdata1.xls', {'Año' 'Vel (m/s)' 'Vel (Km/h)' 'Estación'
'Latitud' 'Longitud' 'Elevacion'}, 'Sheet1', 'A1');
xlswrite('tempdata1.xls', [ MAXVEL], 'Sheet1', 'A2');
xlswrite('tempdata1.xls', (Coord), 'Sheet1', 'D2');
xlswrite('tempdata1.xls', (Prob), 'Sheet1', 'E4');

bin_counts = hist(Max); % Histograma
N = max(bin_counts); % Maximo
mu3 = mean(Max); % Media de los datos
sigma3 = std(Max); % Desviación estándar
subplot(3,1,1), hist(Max) % Vista del histograma
hold on

%Graficos de histograma para ver la representación de los datos.
subplot(3,1,1), plot([mu3 mu3],[0
N], 'r', 'LineWidth',2), legend('Data', 'Mean', 'Stds')
X = repmat(mu3+(1:2)*sigma3,2,1);
Y = repmat([0;N],1,2);
subplot(3,1,1), plot(X,Y, 'g', 'LineWidth',2), title('Gráfica de
Frecuencias'); xlabel('Vel (m/s)'); ylabel('Frecuencia');
hold off
subplot(3,1,2), stem(Ano, (Max)), title('Gráfica Vel vs. año'); xlabel('año
'); ylabel('Vel (m/s)');
subplot(3,1,3), plot(Tabla), title('Gráfica de
Frecuencias'); xlabel('Vel (m/s)'); ylabel('Frecuencia');
%FIN DEL PROGRAMA

```

%% Código en Matlab para ordenamiento de datos ya procesados para poder agilizar y tener un mejor control de todos los Datos.

```
%% Datos iniciales
clear;
clc;
%El procesamiento de datos es a través de Excel
Var=input('Elegir el numero a procesar ,1 ')
file_Name = uigetfile('*.xls'); % Sirve para ver el archivo de Excel por
su nombre en el directorio.
Datos=xlsread(file_Name);
Coor1=Datos(1,4:7)
Probab=Datos(3:9,5)
Res=[Coor1,Probab']
xlswrite('tempdata2.xls', (Res), 'Sheet1', 'A2');
Var=input('Elegir el numero a procesar ,2 ')
file_Name = uigetfile('*.xls');
Datos=xlsread(file_Name);
Coor1=Datos(1,4:7)
Probab=Datos(3:9,5)
Res=[Coor1,Probab']
xlswrite('tempdata2.xls', (Res), 'Sheet1', 'A3');
Var=input('Elegir el numero a procesar ,3 ')
file_Name = uigetfile('*.xls');
Datos=xlsread(file_Name);
Coor1=Datos(1,4:7)
Probab=Datos(3:9,5)
Res=[Coor1,Probab']
xlswrite('tempdata2.xls', (Res), 'Sheet1', 'A4');
Var=input('Elegir el numero a procesar ,4 ')
file_Name = uigetfile('*.xls');
Datos=xlsread(file_Name);
Coor1=Datos(1,4:7)
Probab=Datos(3:9,5)
Res=[Coor1,Probab']
xlswrite('tempdata2.xls', (Res), 'Sheet1', 'A5');
Var=input('Elegir el numero a procesar ,5 ')
file_Name = uigetfile('*.xls');
Datos=xlsread(file_Name);
Coor1=Datos(1,4:7)
Probab=Datos(3:9,5)
Res=[Coor1,Probab']
xlswrite('tempdata2.xls', (Res), 'Sheet1', 'A6');
Var=input('Elegir el numero a procesar ,6 ')
file_Name = uigetfile('*.xls');
Datos=xlsread(file_Name);
Coor1=Datos(1,4:7)
Probab=Datos(3:9,5)
Res=[Coor1,Probab']
```

```

xlswrite('tempdata2.xls', (Res), 'Sheet1', 'A7');
Var=input('Elegir el numero a procesar ,7 ')
file_Name = uigetfile('*.xls');
Datos=xlsread(file_Name);
Coor1=Datos(1,4:7)
Probab=Datos(3:9,5)
Res=[Coor1,Probab']
xlswrite('tempdata2.xls', (Res), 'Sheet1', 'A8');
Var=input('Elegir el numero a procesar ,8 ')
file_Name = uigetfile('*.xls');
Datos=xlsread(file_Name);
Coor1=Datos(1,4:7)
Probab=Datos(3:9,5)
Res=[Coor1,Probab']
xlswrite('tempdata2.xls', (Res), 'Sheet1', 'A9');
Var=input('Elegir el numero a procesar ,9 ')
file_Name = uigetfile('*.xls');
Datos=xlsread(file_Name);
Coor1=Datos(1,4:7)
Probab=Datos(3:9,5)
Res=[Coor1,Probab']
xlswrite('tempdata2.xls', (Res), 'Sheet1', 'A10');
Var=input('Elegir el numero a procesar ,10 ')
file_Name = uigetfile('*.xls');
Datos=xlsread(file_Name);
Coor1=Datos(1,4:7)
Probab=Datos(3:9,5)
Res=[Coor1,Probab']
xlswrite('tempdata2.xls', (Res), 'Sheet1', 'A11');
Var=input('Final de programa')

```

A- 2 Estaciones consideradas para la obtención de mapa de contorno para diferentes periodos de retornos con sus velocidades básicas

Tabla 12.-Resultados para velocidades básicas acotadas de 30 m/s.

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Med	Var	Desv-Est	(m/s)		
							T(200años)	T(50años)	T(10años)
760011	32.533	-116.983	152	22.59	29.65	5.44	42.63	36.71	29.70
760051	32.633	-115.217	22	22.03	25.61	5.06	40.65	35.15	28.64
760053	32.631	-115.242	22.6	20.31	13.31	3.65	33.73	29.77	25.07
760400	32.4	-115.183	11	17.29	58.71	7.66	45.48	37.15	27.28
760500	31.667	-116.567	10	15.95	42.08	6.49	39.82	32.77	24.41
760550	31.033	-114.85	15	16.26	35.61	5.97	38.21	31.73	24.04
760753	31.636	-106.429	1189.9	21.34	11.40	3.38	33.76	30.09	25.74
760754	16.74	-93.173	581.9	14.81	21.25	4.61	31.77	26.76	20.82
761130	30.717	-111.833	398	13.59	48.10	6.94	39.11	31.57	22.64
761180	30.367	-109.683	1041	17.28	16.32	4.04	32.14	27.75	22.55
761220	30.367	-107.95	1487	17.32	26.84	5.18	36.38	30.75	24.08
761600	29.096	-111.048	191.1	16.53	49.26	7.02	42.35	34.72	25.69
761610	29.083	-110.95	211	22.73	23.22	4.82	40.46	35.22	29.01
762200	28.95	-107.817	1932	18.98	38.94	6.24	41.94	35.16	27.12
762250	28.633	-106.083	1433	20.12	41.47	6.44	43.81	36.81	28.52
762430	28.627	-100.535	274.6	20.46	23.46	4.84	38.28	33.01	26.78
762530	27.393	-109.833	62.5	19.54	30.69	5.54	39.93	33.90	26.77
762550	27.917	-110.883	4	17.65	30.13	5.49	37.85	31.88	24.81
762555	27.969	-110.925	18	20.00	37.81	6.15	42.63	35.95	28.03
762560	27.95	-110.767	12	20.37	58.03	7.62	48.40	40.12	30.31
762861	27.433	-99.567	141	21.42	19.25	4.39	37.56	32.80	27.15
762863	27.444	-99.57	147.5	19.28	24.90	4.99	37.64	32.22	25.79
763110	26.733	-108.283	238	14.30	46.24	6.80	39.32	31.93	23.17
763230	26.933	-105.667	1661	19.14	32.73	5.72	40.19	33.97	26.61
763420	26.956	-101.47	568.1	16.81	29.13	5.40	36.66	30.80	23.85
763501	26.017	-98.233	39	20.31	10.36	3.22	32.15	28.65	24.51
763503	26.009	-98.229	42.4	18.84	30.08	5.48	39.02	33.06	25.99
763615	25.685	-109.081	4.9	21.00	27.50	5.24	40.30	34.60	27.84
763820	25.568	-103.411	1124.1	18.97	40.45	6.36	42.37	35.46	27.27
763825	25.533	-103.45	1150	23.21	23.42	4.84	41.01	35.75	29.52
763900	25.549	-100.929	1456.3	19.71	26.21	5.12	38.55	32.98	26.39
763930	25.733	-100.3	515	17.90	36.09	6.01	40.00	33.47	25.73
763940	25.866	-100.237	449.9	21.49	22.66	4.76	39.00	33.83	27.70
763943	25.778	-100.107	389.5	21.45	37.61	6.13	44.01	37.35	29.45
763993	25.77	-97.525	7.6	18.19	13.74	3.71	31.82	27.80	23.02
764120	24.765	-107.475	32.9	20.66	44.26	6.65	45.14	37.90	29.34
764235	24.124	-104.528	1860.5	21.84	33.26	5.77	43.06	36.79	29.36
764580	23.2	-106.417	4	19.12	42.11	6.49	43.00	35.94	27.59
764593	23.161	-106.266	11.6	20.59	23.95	4.89	38.60	33.28	26.98
764910	23.733	-99.133	355	16.65	35.24	5.94	38.50	32.04	24.40
764915	23.704	-98.957	232	19.48	27.44	5.24	38.76	33.06	26.32
764990	23.767	-98.2	21	11.81	27.51	5.24	31.10	25.40	18.65
765255	22.897	-102.687	2176.6	25.06	15.35	3.92	39.48	35.22	30.17

Continuación de Tabla 12 Resultados para velocidades básicas acotadas de 30 m/s.

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Med	Var	Desv-Est	(m/s)		
							T(200años)	T(50años)	T(10años)
765390	22.254	-100.931	1839.5	20.47	22.77	4.77	38.02	32.83	26.69
765430	22	-98.767	104	17.05	21.16	4.60	33.97	28.97	23.05
765480	22.2	-97.85	25	21.01	28.26	5.32	40.57	34.79	27.94
765560	21.419	-104.843	920.5	15.62	31.21	5.59	36.17	30.10	22.90
765710	21.705	-102.318	1862.9	19.14	24.66	4.97	37.41	32.02	25.62
765752	21.067	-101.55	1829	20.26	32.88	5.73	41.36	35.13	27.74
765770	21	-101.283	1999	16.10	41.39	6.43	39.76	32.77	24.49
765773	20.983	-101.483	1815.4	22.28	24.33	4.93	40.43	35.07	28.72
765810	21.933	-99.983	983	17.22	50.55	7.11	43.37	35.65	26.49
765850	21.317	-98.817	132	12.12	65.04	8.07	41.79	33.03	22.64
765905	21.017	-86.867	5	21.60	19.85	4.46	37.99	33.14	27.41
765906	21.033	-86.867	6	17.92	30.31	5.51	38.18	32.20	25.11
765930	21.3	-89.65	2	16.42	26.80	5.18	35.47	29.84	23.18
766013	20.68	-105.254	7	17.42	34.40	5.87	39.00	32.62	25.07
766120	20.667	-103.383	1551	13.20	39.05	6.25	36.19	29.40	21.35
766127	20.603	-97.461	151.5	16.24	32.76	5.72	37.29	31.07	23.70
766134	22.667	-102.55	0	19.17	27.96	5.29	38.62	32.87	26.06
766250	20.617	-100.186	1919	19.44	49.18	7.01	45.24	37.62	28.59
766320	20.133	-98.75	2435	19.23	32.82	5.73	40.31	34.08	26.70
766340	20.083	-98.367	2181	16.34	49.58	7.04	42.25	34.60	25.53
766400	20.95	-97.4	28	17.02	43.02	6.56	41.15	34.02	25.57
766440	20.937	-89.658	11.6	23.58	18.92	4.35	39.58	34.85	29.25
766470	20.683	-88.2	27	14.24	34.78	5.90	35.94	29.53	21.94
766490	20.517	-86.933	4	18.96	37.99	6.16	41.63	34.93	27.00
766491	20.517	-86.95	3	21.15	15.67	3.96	35.71	31.41	26.31
766493	20.517	-86.917	5	18.34	20.54	4.53	35.01	30.09	24.25
766534	19.145	-104.559	9.1	20.47	23.71	4.87	38.39	33.10	26.83
766540	19.05	-104.317	3	16.02	35.99	6.00	38.09	31.57	23.84
766546	19.397	-102.039	1602.6	15.97	42.65	6.53	40.00	32.90	24.49
766580	19.277	-103.577	751.9	22.65	31.13	5.58	43.18	37.11	29.93
766620	19.983	-102.317	1562	14.96	49.68	7.05	40.89	33.23	24.15
766650	19.7	-101.183	1913	16.84	48.09	6.93	42.35	34.81	25.88
766655	19.85	-101.026	1838.9	18.51	40.93	6.40	42.05	35.10	26.86
766790	19.433	-99.133	2235	22.91	28.91	5.38	42.69	36.85	29.93
766793	19.436	-99.072	2229.9	21.16	21.19	4.60	38.09	33.09	27.16
766800	19.4	-99.183	2303	19.47	43.29	6.58	43.67	36.52	28.05
766830	19.317	-98.25	2248	17.85	40.25	6.34	41.19	34.30	26.13
766850	19.158	-98.371	2243.6	20.16	40.64	6.38	43.62	36.69	28.48
766870	19.55	-96.917	1389	14.13	33.34	5.77	35.37	29.10	21.66
766910	19.2	-96.133	14	25.90	7.10	2.67	35.70	32.80	29.37
766913	19.146	-96.187	27.4	23.37	22.34	4.73	40.76	35.62	29.53
766920	19.15	-96.117	16	23.42	21.21	4.61	40.37	35.36	29.43
766961	19.833	-90.517	9	22.27	26.00	5.10	41.03	35.49	28.92

Continuación de Tabla 12 Resultados para velocidades básicas acotadas de 30 m/s.

Estación	Latitud	Longitud	Elevación	Med	Var	Desv-Est	(m/s)		
							T(200años)	T(50años)	T(10años)
766980	19.7	-87.9	12	15.53	53.23	7.30	42.37	34.45	25.05
767260	18.835	-99.262	1303.6	19.23	33.88	5.82	40.64	34.32	26.82
767370	18.85	-97.1	1259	16.26	24.64	4.96	34.53	29.13	22.74
767383	18.103	-94.581	11	18.87	7.60	2.76	29.02	26.02	22.47
767410	18.133	-94.417	22	22.01	17.33	4.16	37.33	32.81	27.45
767430	17.983	-92.933	16	17.97	69.93	8.36	48.73	39.64	28.88
767441	18.017	-92.95	33	22.63	26.32	5.13	41.51	35.93	29.33
767493	18.654	-91.799	3	21.19	17.47	4.18	36.57	32.03	26.64
767500	18.505	-88.327	11.9	20.24	23.23	4.82	37.97	32.73	26.53
767501	20.641	-88.446	31.1	16.59	38.42	6.20	39.40	32.66	24.68
767502	16.449	-95.094	50	18.43	12.34	3.51	31.35	27.53	23.01
767620	17.55	-99.5	1265	16.89	41.02	6.40	40.45	33.49	25.24
767730	17.8	-97.767	1650	15.76	55.44	7.45	43.16	35.06	25.48
767755	17	-96.733	1520.6	19.13	35.87	5.99	41.16	34.65	26.94
767810	18.15	-94.417	14	23.21	24.07	4.91	41.26	35.93	29.61
768050	16.833	-99.933	3	18.09	39.06	6.25	41.09	34.29	26.25
768056	16.757	-99.754	4	19.88	27.99	5.29	39.35	33.60	26.78
768400	16.233	-93.9	48	19.14	37.74	6.14	41.74	35.07	27.16
768430	16.77	-93.341	1051.9	23.65	19.36	4.40	39.84	35.06	29.39
768435	18.25	-92.083	15	21.48	19.16	4.38	37.59	32.83	27.19
768450	16.75	-92.633	2116	18.04	48.61	6.97	43.69	36.11	27.14
768480	16.25	-92.133	1646	16.55	49.21	7.01	42.35	34.73	25.70
768485	15.775	-96.263	141.4	19.81	53.04	7.28	46.60	38.69	29.31
768550	15.683	-96.483	46	16.76	48.16	6.94	42.29	34.75	25.82
768556	15.877	-97.089	89.6	18.18	29.34	5.42	38.10	32.22	25.24
761510	29.17	-118.32	23	22.31	23.19	4.82	40.02	34.79	28.59
763050	25.989	-111.348	10.4	17.14	27.99	5.29	36.61	30.86	24.04
764010	22.467	-111.533	5	17.65	46.24	6.80	42.67	35.28	26.52
764020	24.95	-111.7	48	14.41	52.54	7.25	41.08	33.20	23.86
764050	24.167	-110.3	18	15.98	31.28	5.59	36.55	30.47	23.27
764055	24.073	-110.362	21	17.81	35.21	5.93	39.64	33.19	25.55
764056	23.152	-109.721	114	18.35	38.24	6.18	41.10	34.38	26.42
767230	18.717	-110.95	35	23.41	27.98	5.29	42.87	37.12	30.31
787010	16.445	-85.907	14.9	18.68	25.60	5.06	37.30	31.80	25.28
787013	16.467	-86.067	2	15.37	17.22	4.15	30.64	26.13	20.79
787030	16.317	-86.523	5.5	16.74	13.54	3.68	30.28	26.28	21.54
722925	33.023	-118.588	55.5	16.73	20.45	4.52	33.37	28.45	22.63
722958	33.72	-118.28	8	16.57	32.51	5.70	37.54	31.35	24.01
786390	14.521	-91.697	199.9	10.35	28.25	5.31	29.91	24.13	17.29
787110	15.261	-83.781	8	15.99	22.86	4.78	33.58	28.38	22.23
787200	14.061	-87.217	1004	17.22	31.54	5.62	37.88	31.77	24.54

A- 3 Estaciones consideradas para la obtención de mapa de contorno para diferentes periodos de retornos con velocidades regionales y sus factores de corrección correspondiente.

Tabla 13 de resultados para velocidades Regionales acotadas de 30 m/s con sus respectivos factores de corrección.

Estación	Corr-tiemp	F _{rugo}	F _{km}	(km/h)		
				T (200años)	T (50años)	T (10años)
760011	1.43	1.00	3.60	219.44	188.98	152.88
760051	1.43	0.94	3.60	197.65	170.91	139.22
760053	1.43	0.94	3.60	164.01	144.73	121.89
760400	1.43	0.94	3.60	221.11	180.62	132.64
760500	1.43	1.22	3.60	250.70	206.31	153.71
760550	1.43	1.22	3.60	240.60	199.76	151.38
760753	1.43	0.94	3.60	164.14	146.30	125.16
760754	1.43	0.94	3.60	154.45	130.09	101.23
761130	1.43	1.22	3.60	246.23	198.77	142.54
761180	1.43	1.22	3.60	202.36	174.72	141.97
761220	1.43	1.00	3.60	187.29	158.30	123.96
761600	1.43	0.94	3.60	205.91	168.82	124.88
761610	1.43	1.00	3.60	208.27	181.31	149.36
762200	1.43	1.00	3.60	215.90	180.99	139.62
762250	1.43	1.00	3.60	225.55	189.52	146.83
762430	1.43	0.94	3.60	186.11	160.51	130.19
762530	1.43	1.00	3.60	205.54	174.54	137.82
762550	1.43	0.89	3.60	173.57	146.21	113.80
762555	1.43	0.94	3.60	207.25	174.76	136.26
762560	1.43	1.00	3.60	249.15	206.53	156.03
762861	1.43	1.00	3.60	193.38	168.83	139.75
762863	1.43	0.94	3.60	183.00	156.63	125.39
763110	1.43	1.22	3.60	247.59	201.06	145.92
763230	1.43	1.00	3.60	206.90	174.89	136.97
763420	1.43	0.94	3.60	178.26	149.74	115.95
763501	1.43	0.94	3.60	156.32	139.31	119.16
763503	1.43	0.94	3.60	189.70	160.72	126.38
763615	1.43	0.94	3.60	195.91	168.21	135.37
763820	1.43	1.00	3.60	218.14	182.56	140.39
763825	1.43	1.00	3.60	211.12	184.05	151.97
763900	1.43	0.94	3.60	187.42	160.36	128.31
763930	1.43	1.22	3.60	251.86	210.75	162.04
763940	1.43	0.94	3.60	189.62	164.47	134.67
763943	1.43	0.94	3.60	213.99	181.59	143.19
763993	1.43	0.94	3.60	154.73	135.15	111.94
764120	1.43	0.94	3.60	219.44	184.29	142.64
764235	1.43	0.94	3.60	209.34	178.86	142.75
764580	1.43	0.94	3.60	209.04	174.75	134.12
764593	1.43	0.94	3.60	187.65	161.79	131.16
764910	1.43	1.00	3.60	198.18	164.96	125.61
764915	1.43	0.94	3.60	188.43	160.75	127.95
764990	1.43	0.94	3.60	151.21	123.50	90.66
765255	1.43	0.94	3.60	191.93	171.23	146.70

Continuación de Tabla 13 de resultados para velocidades Regionales acotadas de 30 m/s.

Estación	Corr-tiemp	F _{rugo}	F _{km}	(km/h)		
				T (200años)	T (50años)	T (10años)
765390	1.43	0.94	3.60	184.85	159.64	129.76
765430	1.43	0.94	3.60	165.16	140.86	112.06
765480	1.43	0.94	3.60	197.24	169.15	135.87
765560	1.43	0.94	3.60	175.86	146.34	111.36
765710	1.43	0.94	3.60	181.90	155.66	124.57
765752	1.43	1.00	3.60	212.92	180.83	142.82
765770	1.43	1.22	3.60	250.03	206.06	153.97
765773	1.43	1.00	3.60	208.14	180.54	147.85
765810	1.43	1.22	3.60	272.72	224.14	166.57
765850	1.43	0.94	3.60	203.20	160.59	110.09
765905	1.43	1.22	3.60	238.84	208.40	172.33
765906	1.43	1.00	3.60	196.55	165.74	129.24
765930	1.43	0.89	3.60	162.66	136.86	106.29
766013	1.43	0.89	3.60	178.85	149.61	114.98
766120	1.43	1.22	3.60	227.57	184.87	134.27
766127	1.43	0.94	3.60	181.31	151.07	115.24
766134	1.43	1.00	3.60	198.82	169.23	134.18
766250	1.43	1.00	3.60	232.91	193.68	147.19
766320	1.43	1.00	3.60	207.50	175.45	137.48
766340	1.43	1.00	3.60	217.51	178.11	131.43
766400	1.43	1.06	3.60	224.89	185.93	139.77
766440	1.43	1.00	3.60	203.77	179.43	150.60
766470	1.43	1.22	3.60	226.29	185.94	138.12
766490	1.43	0.94	3.60	202.42	169.85	131.26
766491	1.43	0.89	3.60	163.78	144.05	120.68
766493	1.43	1.00	3.60	180.25	154.89	124.85
766534	1.43	0.89	3.60	176.05	151.78	123.02
766540	1.43	1.22	3.60	239.49	198.50	149.93
766546	1.43	1.06	3.60	218.59	179.80	133.84
766580	1.43	1.00	3.60	222.27	191.06	154.07
766620	1.43	1.00	3.60	210.49	171.06	124.33
766650	1.43	1.22	3.60	266.27	218.89	162.74
766655	1.43	1.00	3.60	216.47	180.67	138.26
766790	1.43	1.22	3.60	268.45	231.71	188.17
766793	1.43	1.22	3.60	239.85	208.35	171.03
766800	1.43	1.00	3.60	224.82	188.01	144.39
766830	1.43	1.22	3.60	259.02	215.66	164.29
766850	1.43	1.00	3.60	224.54	188.87	146.61
766870	1.43	1.22	3.60	222.73	183.22	136.40
766910	1.43	0.94	3.60	173.58	159.50	142.81
766913	1.43	1.00	3.60	209.81	183.37	152.03
766920	1.43	1.22	3.60	253.81	222.34	185.04
766961	1.43	1.22	3.60	258.32	223.43	182.09

Continuación de Tabla 13 de resultados para velocidades Regionales acotadas de 30 km/h.

Estación	Corr-tiemp	F _{rugo}	F _{km}	(km/h)		
				T (200años)	T (50años)	T (10años)
766980	1.43	1.00	3.60	218.14	177.32	128.96
767260	1.43	1.00	3.60	209.23	176.66	138.08
767370	1.43	1.22	3.60	217.40	183.43	143.18
767383	1.43	1.14	3.60	169.63	152.11	131.35
767410	1.43	1.00	3.60	192.18	168.89	141.29
767430	1.43	1.00	3.60	250.88	204.09	148.65
767441	1.43	1.06	3.60	226.85	196.38	160.27
767493	1.43	0.94	3.60	177.79	155.71	129.55
767500	1.43	1.06	3.60	207.53	178.90	144.97
767501	1.43	1.22	3.60	248.06	205.65	155.39
767502	1.43	1.00	3.60	161.39	141.74	118.46
767620	1.43	1.22	3.60	254.68	210.85	158.93
767730	1.43	1.00	3.60	222.17	180.51	131.15
767755	1.43	1.00	3.60	211.90	178.40	138.70
767810	1.43	1.00	3.60	212.39	184.94	152.42
768050	1.43	0.89	3.60	188.42	157.27	120.37
768056	1.43	0.89	3.60	180.44	154.07	122.83
768400	1.43	1.00	3.60	214.90	180.53	139.81
768430	1.43	1.00	3.60	205.10	180.48	151.31
768435	1.43	1.00	3.60	193.49	169.00	139.99
768450	1.43	1.06	3.60	238.78	197.37	148.30
768480	1.43	1.00	3.60	218.04	178.79	132.29
768485	1.43	1.06	3.60	254.70	211.45	160.19
768550	1.43	1.22	3.60	265.93	218.51	162.32
768556	1.43	0.94	3.60	185.26	156.63	122.72
761510	1.43	0.89	3.60	183.55	159.54	131.10
763050	1.43	1.00	3.60	188.46	158.86	123.78
764010	1.43	0.89	3.60	195.68	161.79	121.64
764020	1.43	1.06	3.60	224.50	181.44	130.43
764050	1.43	1.06	3.60	199.76	166.54	127.18
764055	1.43	1.06	3.60	216.64	181.39	139.63
764056	1.43	0.89	3.60	188.50	157.68	121.16
767230	1.43	0.89	3.60	196.62	170.26	139.02
787010	1.43	0.89	3.60	171.05	145.83	115.95
787013	1.43	0.89	3.60	140.52	119.83	95.33
787030	1.43	0.89	3.60	138.86	120.52	98.79
722925	1.43	0.89	3.60	153.03	130.49	103.78
722958	1.43	0.94	3.60	182.54	152.41	116.71
786390	1.43	0.94	3.60	145.41	117.32	84.05
787110	1.43	1.00	3.60	172.87	146.12	114.43
787200	1.43	1.00	3.60	194.99	163.57	126.34