



ANÁLISIS DE VELOCIDADES DE VIENTO EXTREMOS DE 11 ESTACIONES EN ARGENTINA – PERSPECTIVAS PARA UNA ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE VIENTOS EXTREMOS

Atencio, Benjamín Adriano, Becario de Investigación

Facultad de Ingeniería de la UNNE, benja.atencio@gmail.com

PALABRAS CLAVES: Viento extremos, periodo de recurrencia, mapa de vientos, CIRSOC 102, velocidad básica de viento.

RESUMEN

El mapa de vientos extremos del reglamento CIRSOC 102 fue actualizado en 1997 a partir de registros que comprenden el período 1970-1990. En términos teóricos, la contribución de la incertidumbre de la información contenida en este mapa a la incertidumbre total de la carga de diseño de una estructura, es del 70% al 80%. Esto cuantifica la importancia de realizar actualizaciones periódicas del mapa. Por otra parte, el reglamento ASCE 7-10, que se tomará como base para una próxima actualización del reglamento CIRSOC 102, introduce un cambio mayor en el mapa de vientos al reemplazar el mapa de ráfagas de período de recurrencia de 50 años por tres mapas de períodos de 300, 700 y 1700 años. Un cambio semejante en el caso de nuestro país va a requerir más información meteorológica y modelos matemáticos más actualizados que los usados hasta ahora. En este trabajo se presentan once casos de estudio en los cuales se analizan cuatro hipótesis de actualización a partir registros existentes de velocidades de viento de aproximadamente 45 años. Se ilustran las diferencias que se pueden esperar de la próxima actualización.

ABSTRACT

The extreme wind speeds map of the CIRSOC 102 code was updated in 1997 from records of the period 1970-1990. In theoretical terms, the contribution of the uncertainty of the information contained in the map to the whole uncertainty of the design load of a structure ranges from 70% to 80%. This fact quantifies the



importance of carrying out periodic revisions of the map. On the other hand, the ASCE-10 code introduced a mayor change in the wind map. It moved from a single 50 years return map to three maps of 300, 700 and 1700 return periods. The ASCE-10 will be the base of the next revision of the CIRSOC 102 and if a similar criterion is going to be adopted, further meteorological information and newer mathematical models will be needed. In this work, eleven case studies are presented, where four updating hypothesis are analysed using wind speed records of about 45 years length. The results are discussed and the differences that can be expected in the next update are exemplified.

INTRODUCCION

Cook et al.¹ (2011) estimaron que entre el 70 y el 80 % de la incertidumbre total de la carga de diseño por acción del viento se origina en la incertidumbre de la Velocidad Básica del Viento, **V**. Esto cuantifica la importancia de tener una estimación de buena calidad de **V**. Los valores de **V** se especifican en un mapa conocido como mapa de vientos extremos, que se incluye en las normas de acción del viento; en el caso de nuestro país, la norma CIRSOC 102. El mapa de vientos extremos del reglamento CIRSOC 102 en vigencia fue actualizado en 1997 a partir de registros que comprenden el período 1970-1990. Hay tres factores que indican que se está en tiempo de hacer una revisión del mapa. Se cuenta con registros de velocidades de más del doble de longitud (temporal), existe una variedad de métodos de procesamiento de valores extremos que no se disponían en 1995 y se acerca una actualización del reglamento CIRSOC 102 que, de tomarse como base el reglamento ASCE 7-10, introducirá un cambio mayor en el mapa de vientos al reemplazar el mapa de ráfagas de período de recurrencia de 50 años por tres mapas de períodos de 300, 700 y 1700 años.

Varios autores han revisado las distintas técnicas de determinación de valores de **V**. Entre las discusiones más recientes están las de Torrielli et al.² y Chiodi y Ricciardelli³, ambas en Inglés, Natalini y Natalini⁴ y Lorenzo y Parnás⁵, en Español. El mapa de Argentina (Figura 1 A de la edición 2005 del CIRSOC 102) se hizo a partir de las determinaciones de **V** en alrededor de 70 puntos del territorio nacional donde hay estaciones del SMN. Viollaz⁶ (1997) describe los detalles de cómo se hizo



este trabajo. Posteriormente, Altinger de Schwarzkopf⁷ (1997) estableció las isolíneas que serían compatibles con los valores propuestos por Viollaz y con la física de los procesos atmosféricos sobre Argentina. La determinación de V se hizo para: “velocidad de ráfaga de 3 segundos en m/s a 10 m. sobre el terreno para Categoría de Exposición C y están asociadas con una probabilidad anual de 0,02” (período de recurrencia de 50 años). Viollaz ajustó una distribución de Tipo I, aplicando el Método de los Momentos, a series de valores máximos anuales, registrados principalmente entre 1967 y 1990. Los valores del mapa no son los que resultan de usar la moda, ξ , y el factor de escala, θ (también llamado dispersión), calculados localmente, sino de estimar primero una desviación estándar, σ , global para todo el país, para luego calcular un σ promedio entre el local y el global; y con este valor estimar una moda y una dispersión que son las que se utilizaron finalmente. Todo mapa de viento se hace a partir de tomar una serie de decisiones que no están explícitas para el usuario. En este caso se tomaron las siguientes: a) Hacer una estimación a partir de máximos anuales; b) aceptar como hipótesis que la distribución de probabilidades de los valores extremos es de Tipo I; c) aceptar la hipótesis de que en cada estación, todos los valores máximos registrados fueron producidos por un mismo mecanismo meteorológico, es decir que el clima local es simple; d) aceptar como hipótesis que todos los valores máximos usados en la estimación provienen de series completas; e) aceptar como hipótesis que todos los anemómetros están emplazados a 10 m de altura en terreno de exposición C, sin obstáculos alrededor; f) aceptar como hipótesis que el instrumental de todas las estaciones contó con el mismo nivel de mantenimiento, era equivalente en calidad, tenía un tiempo de respuesta de tres segundos y contaba con suministro de energía ininterrumpida; g) usar el Método de los Momentos; y h) procesar la variable sin precondicionar.

En este trabajo se presentan los valores de V que resultan para la región NEA usando algunos de los criterios que tienen mayor chance de usarse en una próxima actualización, a fin de ilustrar el orden de magnitud que puede esperarse y las dificultades que deben resolverse antes de llegar a valores definitivos. Complementariamente, se hace un análisis similar sobre tres estaciones del sur de



Argentina, aunque más limitado por la cantidad de datos disponibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuentes de datos

Los datos de velocidades de viento provienen de las once estaciones del Servicio Meteorológico Nacional que aparecen en la Tabla 1. Ocho estaciones están en la región NEA y tres más al sur de la latitud 36° S.

Tabla 1: Estaciones meteorológicas.

NOMBRE	Registros disponibles para este trabajo	Años excluidos del registro por incompletos
Puerto Iguazú	1965-2014	1965-1970, 1973.
Bernardo de Irigoyen	1984-2014	1984-1987, 1994, 2008-2010.
Posadas	1956-2014	1956-1965, 1980, 2007.
Formosa	1964-2014	1964-1965, 1968.
Corrientes	1961-2014	1984.
Resistencia	1965-2014	1965, 1967, 1992-1993.
Monte Caseros	1950-2014	1951-1955, 1957, 1961, 1963-1965.
Paso de los Libres	1965-2014	1965, 1969-1971.
Santa Rosa	1959-2010	
Viedma	1968-2010	
Comodoro Rivadavia	1936-1938, 1948-2010,	

De las ocho estaciones del NEA, los autores de este trabajo cuentan con los registros de máximas diarias. Esto permitió confirmar la integridad de las series a partir de las cuales se obtienen las máximas anuales. Este detalle es importante



porque la estimación a partir de series de máximas anuales tiene como condición axiomática que el valor máximo que se usa provenga de una serie anual completa. Si las mediciones fueron interrumpidas en algún período, entonces debe desecharse el valor correspondiente a ese año. En la Tabla 1 se encuentran los años que fueron desechados por no cumplir con la condición de integridad. Hay tres estaciones (Bernardo de Irigoyen, Iguazú y Formosa) que no formaron parte del conjunto de estaciones a partir del cual se preparó el mapa en vigencia. No se incluye en el presente análisis la estación de Las Lomitas, que sí estaba incluida entre las estaciones que se usaron para el mapa en vigencia, porque esta estación nunca contó con instrumental ni con un protocolo de medición adecuado para las precisiones que se pretenden.

Las tres estaciones del sur pertenecen al conjunto de estaciones que se usaron para el mapa en vigencia. Los autores de este trabajo no cuentan al momento de la preparación de este artículo con información que permita hacer un control de integridad de las series, por lo que las comparaciones que se presentan se limitan a hacer visible sólo el efecto de usar series de datos más largas.

Todas las estaciones están situadas en aeropuertos y registran en forma continua las velocidades de ráfaga. Cada hora, se guarda la máxima velocidad de ráfaga y la velocidad media sobre diez minutos próxima a la hora.

Escenarios

Se consideran cuatro posibles escenarios para una actualización del mapa.

Escenario 1: Se actualiza toda la línea reglamentaria y se formulan tres mapas de períodos de recurrencia de 300, 700 y 1700 años. No se incorpora información meteorológica nueva sino que se adapta la suministrada por Viollaz⁶.

Escenario 2: Se actualiza toda la línea reglamentaria y se formulan tres mapas de períodos de recurrencia de 300, 700 y 1700 años. Los mapas se obtienen haciendo una inferencia a partir del mapa de 50 años vigente tal que se conserven los mismos niveles de seguridad implícitos en la normativa actual.

Escenario 3: Se actualiza toda la línea reglamentaria y se formulan tres mapas de períodos de recurrencia de 300, 700 y 1700 años a partir de series actualizadas y



depuradas conforme a su integridad.

Escenario 4: Se mantiene el formato reglamentario actual pero se actualiza el mapa de período de recurrencia de 50 años a partir de series actualizadas y depuradas conforme a su integridad.

Los tres primeros escenarios refieren a una actualización de la línea reglamentaria que excede los límites del reglamento CIRSOC 102. En el año 2010 la American Society of Civil Engineering (ASCE) hizo un cambio mayor en el conjunto de reglamentos al pasar de un criterio de diseño por tensiones admisibles (AST por sus siglas en Inglés: Allowable Stress Design) a uno de resistencia a la rotura (LRFD por sus siglas en Inglés: Load Resistance Factored Design). Para la estimación de las cargas de viento esto significó el reemplazo del mapa de 50 años de período de recurrencia por tres mapas de períodos de recurrencia de 300, 700 y 1700 años. El mapa de 300 años especifica la V para estructuras de Categoría I (clasificación de acuerdo a la Tabla A-1 del Apéndice A del CIRSOC 102), el de 700 años para las de Categoría II y el de 1700 años para las de Categoría III y IV. Al aumentar el período de recurrencia, los valores de V son mayores; esto se compensa con la eliminación del Factor de Importancia y con el cambio del valor del Factor de Carga de 1,6 a 1,0.

Estos escenarios serán comparados en la siguiente sección.

RESULTADOS

Los resultados que se presentan en Tablas 2 a 6 están en m/s. La Tabla 2 presenta valores de moda y dispersión de la función de distribución de Fisher-Tippet tipo I:

$$P_{V_T} = \exp\{-\exp[-(V - \xi)/\theta]\} \quad (1)$$

Donde P_{V_T} es la probabilidad de que el valor de velocidad V no sea excedido en el período de observación T , en nuestro caso igual a un año.



En la columna “CIRSOC 102” aparecen los valores publicados por Viollaz correspondientes a la estimación que se usó como base para el mapa del reglamento. Nótese sin embargo que los valores que efectivamente aparecen en el mapa no siempre corresponden a los que se obtienen de estos parámetros. Los valores de la columna “Viollaz serie original” son los que se obtienen de aplicar el Método de los Momentos a los valores que aparecen en las figura del reporte de Viollaz y que serían las series originales. Estos valores deberían ser idénticos a los que Viollaz reporta como estimación local. En la mayoría de los casos los valores se acercan mucho, pero no siempre. La columna “Viollaz serie depurada” resulta de aplicar el Método de los Momentos a la serie de valores depurados correspondiente a un período similar al usado en la estimación de Viollaz. La última columna muestra los resultados de aplicar el Método de los Momentos a todos los valores disponibles, después de depurar la serie.

El Método de los Momentos estima los parámetros mediante las siguientes relaciones:

$$\xi \cong \mu - 0,5772 \theta \quad (2)$$

$$\theta \cong \frac{\sigma \sqrt{6}}{\pi}, \quad (3)$$

donde μ y σ son el valor medio y la desviación media de la muestra, respectivamente.



Tabla 2: Parámetros de la distribución de Tipo I [m/s]¹.

	CIRSOC 102		Viollaz serie original		Viollaz serie depurada		Método de los momentos serie actualizada y depurada	
	ξ	θ	ξ	θ	ξ	θ	ξ	θ
Puerto Iguazú	-	-	-	-	-	-	19,51	4,48
Bernardo de Irigoyen	-	-	-	-	-	-	19,55	5,10
Posadas	25,54	4,18	26,05	4,10	26,04	3,61	25,95	3,37
Formosa	-	-	-	-	-	-	24,99	3,52
Corrientes	26,92	4,85	26,77	4,44	26,78	4,92	25,28	4,34
Resistencia	27,92	4,01	27,90	3,30	28,48	3,19	27,12	3,28
Monte Caseros	27,67	4,93	27,89	4,46	27,79	4,61	25,83	5,59
Paso de los Libres	26,31	4,49	26,50	4,27	27,23	4,41	26,67	3,94
Santa Rosa	26,43	6,29	25,76	7,60	-	-	24,79	6,45
Viedma	30,7	7,56	34,10	7,25	-	-	31,34	6,42
Comodoro Rivadavia	40,04	7,32	42,83	7,35	-	-	38,50	7,41

¹Viollaz presentó dos estimaciones para Santa Rosa: una con 23 valores (posición 41) y otra con 31 (posición 81). En la tabla aparecen los de la de posición 41. De Viedma hay dos estimaciones: con 20 y 17 valores (posiciones 46 y 57 respectivamente). Se tomó para comparar la de posición 46. De Comodoro Rivadavia hay cuatro estimaciones: con 23, 14, 23 y 35 valores (posiciones 12, 51, 58 y 84). Se compara con posición 84.



Las Tablas 3 a 6 muestran las velocidades con período de retorno de 50, 300, 700 y 1700 años, respectivamente que surgen de aplicar en la ecuación (1) los parámetros de la Tabla 2; excepto la columna “CIRSOC 102” de la Tabla 3, donde están los valores tal cual aparecen en el reglamento.

Tabla 3: Velocidad de ráfaga [m/s] de período de recurrencia de 50 años².

	CIRSOC 102	Viollaz serie original	Viollaz serie depurada	Método de los momentos serie actualizada y depurada
Puerto Iguazú	45	-	-	37,0
Bernardo de Irigoyen	45	-	-	39,4
Posadas	41,9	42,0	40,1	39,1
Formosa	45,0	-	-	38,7
Corrientes	46,0	44,1	46,0	42,2
Resistencia	45,0	40,8	40,9	39,9
Monte Caseros	49,0	45,3	45,8	47,6
Paso de los Libres	48,0	43,2	44,5	42,0
Santa Rosa	50,0	55,4	-	50,0
Viedma	60,0	62,4	-	56,4
Comodoro Rivadavia	67,5	71,5	-	67,4

² La estimación de Viedma (local) de Viollaz no coincide con la reconstrucción que se hace aquí. La estimación de Comodoro Rivadavia de posición 84 no provee valor local.



Tabla 4: Velocidad de ráfaga [m/s] de período de recurrencia de 300 años.

	CIRSOC 102	Viollaz serie original	Viollaz serie depurada	Método de los momentos serie actualizada y depurada
Puerto Iguazú	-	-	-	45,1
Bernardo de Irigoyen	-	-	-	48,6
Posadas	49,4	49,4	46,6	45,2
Formosa	-	-	-	45,1
Corrientes	54,6	52,1	54,8	50,0
Resistencia	50,8	46,7	46,7	45,8
Monte Caseros	55,8	53,3	54,1	57,7
Paso de los Libres	51,9	50,9	52,4	49,1
Santa Rosa	62,3	69,1	-	61,6
Viedma	73,8	75,4	-	67,9
Comodoro Rivadavia	81,8	84,8	-	80,8



Tabla 5: Velocidad de ráfaga de período de recurrencia de 700 años.

	CIRSOC 102	Viollaz serie original	Viollaz serie depurada	Método de los momentos serie actualizada y depurada
Puerto Iguazú	-	-	-	48,9
Bernardo de Irigoyen	-	-	-	52,9
Posadas	52,9	52,9	49,7	48,0
Formosa	-	-	-	48,0
Corrientes	58,7	55,8	59,0	53,7
Resistencia	54,2	49,5	49,4	48,6
Monte Caseros	60,0	57,1	58,0	62,4
Paso de los Libres	55,7	54,5	56,1	52,5
Santa Rosa	67,6	75,5	-	67,1
Viedma	80,2	81,6	-	73,4
Comodoro Rivadavia	88,0	91,0	-	87,0



Tabla 6: Velocidad de ráfaga [m/s] de período de recurrencia de 1700 años

	CIRSOC 102	Viollaz serie original	Viollaz serie depurada	Método de los momentos serie actualizada y depurada
Puerto Iguazú	-	-	-	52,8
Bernardo de Irigoyen	-	-	-	57,5
Posadas	56,6	56,5	52,9	51,0
Formosa	-	-	-	51,2
Corrientes	63,0	59,8	63,4	57,6
Resistencia	57,7	52,4	52,2	51,5
Monte Caseros	64,3	61,1	62,1	67,4
Paso de los Libres	59,7	58,3	60,1	56,0
Santa Rosa	73,2	82,3	-	72,8
Viedma	86,9	88,0	-	79,1
Comodoro Rivadavia	94,5	97,5	-	93,6

La Tabla 7 compara los escenarios 1 y 2. Los valores que aparecen en la tabla se obtienen al aplicar la expresión:

$$\frac{(V_N)^2 \times 100}{1,6 \times (V_{50})^2 I} \quad (4)$$



Donde N es el período de recurrencia (300 años para estructuras de Tipo I, 700 años para estructuras de Tipo II y 1700 años para Tipos III y IV) e I es el Factor de Importancia de la estructura. Los valores de V_N son los de la primera columna de las Tablas 4 a 6. Lo que se observa por lo tanto es la variación porcentual de la carga de viento obtenida al aplicar el escenario 1 en relación a lo que se obtendría de aplicarse el escenario 2.

La Tabla 8 compara los escenarios 3 y 2 de manera similar. Para ello se usan los valores de V_N de la última columna de las Tablas 4 a 6. La Tabla 9 compara el escenario 4 con la situación actual. Como en el escenario 4 no cambia la estructura del reglamento sino sólo los valores del mapa, la comparación se hace dividiendo los cuadrados de las velocidades y multiplicando por 100.

Tabla 7: Variación porcentual de la carga de diseño al aplicar el CIRSOC 102 en el escenario 1 en relación al escenario 2.

Categoría de estructura.	Tipo I	Tipo II	Tipo III y IV
Posadas	100	100	99
Corrientes	101	102	102
Resistencia	92	91	89
Monte Caseros	93	94	94
Paso de los Libres	84	84	84
Santa Rosa	112	114	116
Viedma	109	112	114
Comodoro	106	106	107
Rivadavia			



Tabla 8: Variación porcentual de la carga de diseño al aplicar el CIRSOC 102 en el escenario 3 en relación al escenario 2.

Categoría de estructura.	Tipo I	Tipo II	Tipo III y IV
Puerto Iguazú	72	74	75
Bernardo de Irigoyen	84	86	89
Posadas	84	82	81
Formosa	72	71	70
Corrientes	85	85	85
Resistencia	74	73	71
Monte Caseros	100	101	103
Paso de los Libres	75	75	74
Santa Rosa	109	113	115
Viedma	92	94	94
Comodoro Rivadavia	103	104	105

Tabla 9: Variación porcentual de la carga de diseño al aplicar el CIRSOC 102 en el escenario 4.

	Variación de carga de diseño
Puerto Iguazú	68
Bernardo de Irigoyen	77
Posadas	87
Formosa	74
Corrientes	84
Resistencia	79
Monte Caseros	94



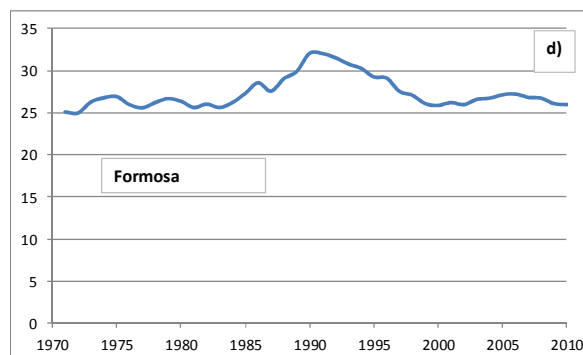
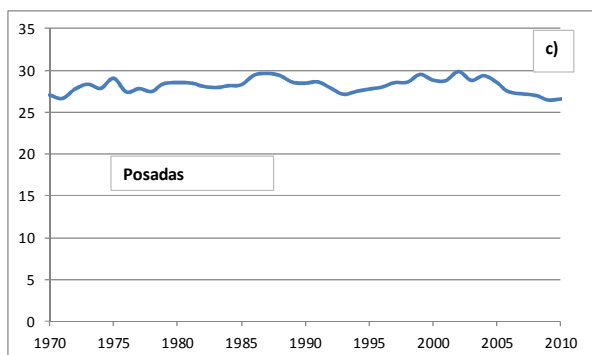
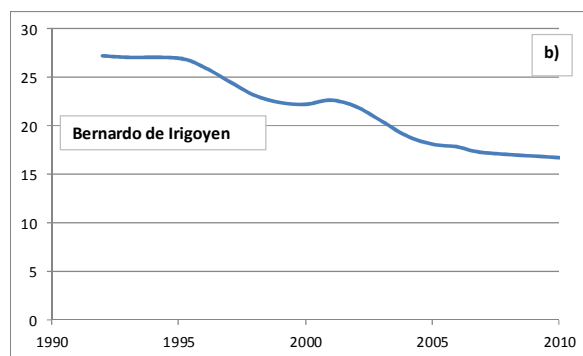
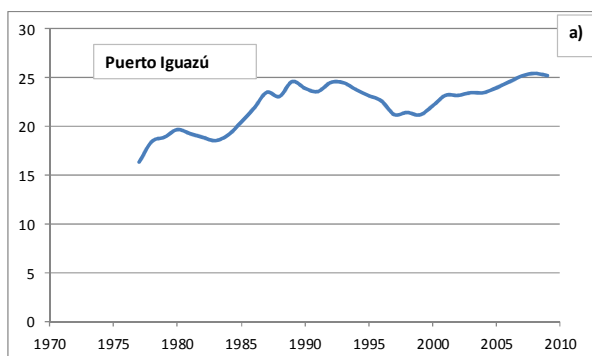
Paso de los Libres	77
Santa Rosa	100
Viedma	88
Comodoro	100
Rivadavia	

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las Tablas 3 a 5 muestran una reducción de V en todos los casos cuando se utilizan series de datos actualizadas, excepto en el caso de Monte Caseros. Este comportamiento singular de la estación Monte Caseros se explica por el registro de una serie de máximos muy altos que aparecen la década del `90 que producen en el gráfico de la media móvil un corrimiento hacia arriba centrado en 1990 (Fig. 1g). Esta serie de eventos intensos causan un aumento de la dispersión de Monte Caseros cuando se toma la serie actualizada, llegando a 5,59 m/s, lo que ubica a esta estación entre el grupo que tiene valores superiores a 4 m/s. Las estaciones que tienen valores de dispersión menores a 4 m/s están en el NEA (Posadas, Formosa, Resistencia y Paso de los Libres); presentan un gráfico de media móvil horizontal y los valores de V_{50} están alrededor de 40 m/s. Las estaciones del NEA con dispersión mayores a 4 m/s presentan todas algún rasgo particular que requerirá análisis complementarios para determinar si se deben a anomalías en las series o si representan verdaderamente algún fenómeno físico. El aumento de la media móvil centrada en 1990 observada en Monte Caseros no es en sí mismo un comportamiento anómalo; se puede observar que algo similar ocurrió en la estación Formosa (Fig. 1d). Es más difícil de explicar en cambio porqué es tan grande la diferencia entre Monte Caseros y Paso de Los Libres, que se traduce en una diferencia de las V_{1700} de 11 m/s estando ambas estaciones a sólo 80 Km de distancia en una zona de llanura. Algo similar ocurre entre las estaciones de Resistencia y Corrientes, que están a sólo 29 Km una de otra y parecieran estar en diferentes zonas climáticas. La estación Corrientes sí muestra una anomalía en la distribución de medias móviles; hasta 1983 son de un orden de magnitud mayor que durante el período posterior (Fig. 1e).



A su vez las otras dos estaciones del NEA con dispersiones mayores a 4 m/s son Puerto Iguazú, que muestra una media móvil creciente en el tiempo (Fig. 1a), y Bernardo de Irigoyen que muestra una media móvil decreciente (Fig. 1b). Las estaciones del Sur tienen dispersiones por encima de 6,4 m/s, que se reflejan en un comportamiento muy variable de la media móvil, y valores de las **V** muy por encima de las del NEA. La estación Posadas registró velocidades muy altas en los años 1963 y 1965 que no se incluyeron en la serie actualizada y depurada porque esos años no están completos. Dado que la depuración se hace para evitar incluir años donde posiblemente se haya perdido la máxima anual, y por lo tanto se tienda a una subvaloración, es posible que resulte conveniente en un trabajo futuro incluir esos años, lo que llevaría las estimaciones de **V** aquí presentadas a valores ligeramente más altos.



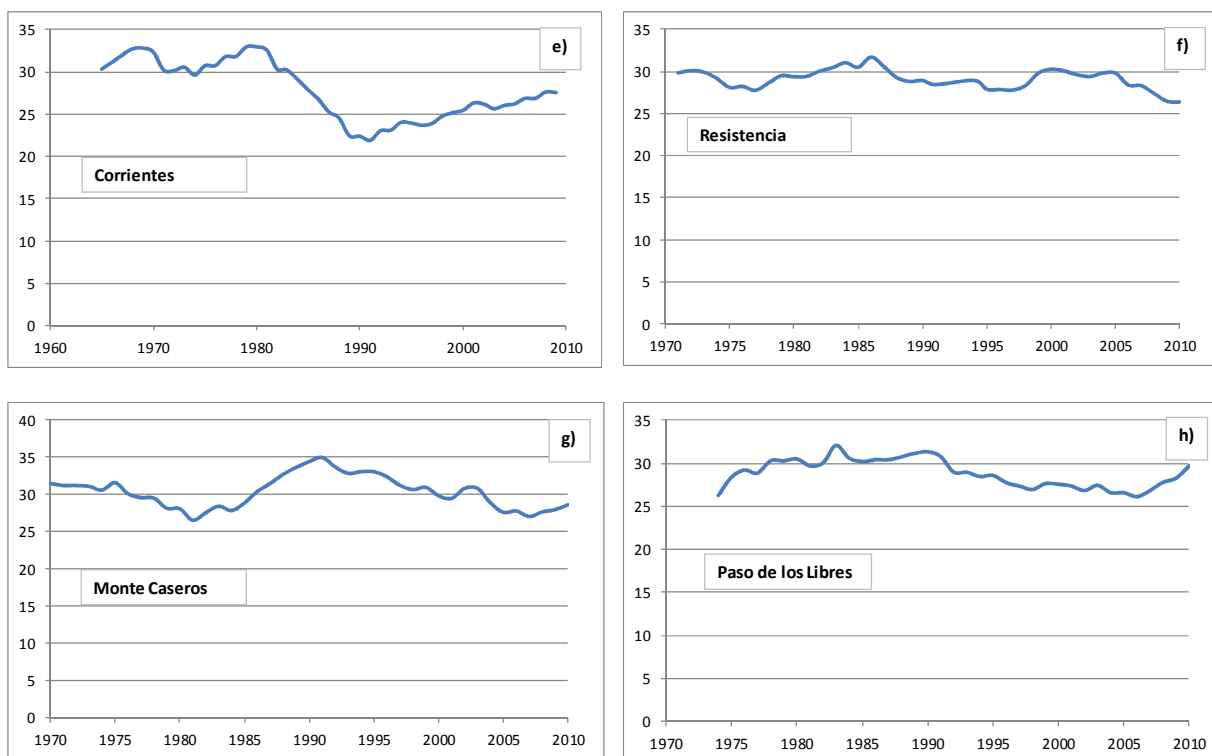


Figura 1: Media móvil de la velocidad máxima anual sobre período de integración de nueve años en las estaciones del NEA.

La Tabla 9, que compara el escenario 4 con la situación actual, muestra una clara tendencia a la reducción de las cargas. Como en este caso no hay modificación en la estructura del reglamento, lo que se aprecia es el efecto neto que tiene actualizar la información meteorológica. La Tabla 7, que compara el escenario 1 respecto del 2 muestra una tendencia a la reducción en las estaciones del NEA y un aumento en las estaciones del sur. Como ambos escenarios difieren sólo en los niveles de seguridad, lo que debería verse es el impacto neto que tiene el cambio de la estructura del reglamento. Sin embargo como la V_{50} del reglamento no responde exactamente a los parámetros de la columna 1 de la Tabla 2, lo que se observa es sólo en parte debido a ese cambio. La Tabla 8, que compara el escenario 3 respecto al 2, muestra el efecto combinado de cambiar la estructura del reglamento y actualizar la información meteorológica. Se puede ver que hay una tendencia a la reducción de las cargas en el NEA, y a un aumento en las estaciones del sur.



CONCLUSIONES

Se presentaron en este trabajo resultados de Velocidades Básicas de Viento calculadas a partir de datos actualizados y depurados de 8 estaciones meteorológicas en el NEA y 3 en el sur de Argentina (sin depurar). Se utilizó el Método de los Momentos considerando cuatro posibles escenarios de actualización del reglamento CIRSOC 102.

Se observó una tendencia a la reducción de las cargas para el NEA y un aumento para las del sur en todos los escenarios. Debe observarse que los resultados aquí no son concluyentes. En el caso de las estaciones del NEA se requieren análisis complementarios con técnicas de Física de la Atmósfera, para explicar el comportamiento de las estaciones de Puerto Iguazú, Bernardo de Irigoyen, Corrientes y Monte Caseros para revisar las hipótesis de las estimaciones y reestimar los valores. En el caso de las estaciones del sur, debe trabajarse a partir de los registros completos a fin de poder depurar los datos, como paso inicial a un estudio más detallado.

En este trabajo se cuidó mantener la consistencia metodológica dentro de un esquema que se sabe es muy acotado en relación al estado del arte. Se está trabajando en formulaciones más complejas, pero que requieren más información, y más análisis. Las magnitudes de las variaciones a nivel de carga que se presentaron, muestran que la inversión de recursos en esta área de estudio es conveniente dado el impacto que significan estas variaciones en el conjunto de la economía.

Agradecimientos

Los resultados aquí presentados se obtuvieron a partir de datos cedidos por el Servicio Meteorológico Nacional de Argentina. El presente trabajo es resultado de un área de investigación financiado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste, CONICET y la ANPCyT a través del proyecto PICTO UNNE 2011-0187.



Referencias

- [1] Cook, R., Griffis, L., Vickery, P. y Stafford, E. (2011). ASCE 7-10 wind loads. Proceedings of the Structures Congress 2011, ASCE, Las Vegas, Nevada, p. 1440-1453.
- [2] Torrielli, A., Repetto, M.P., Solari, G. (2013). Extreme wind speeds from long-term synthetic records. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 115, p. 22-38.
- [3] Chiodi, R., Ricciardelli, F. (2014). Three issues concerning the statistics of mean and extreme wind speeds. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 25, p. 156-167.
- [4] Natalini, B., Natalini, M.B. (2013). Revisión de velocidades de viento extremas en tres localidades del sur de argentina. Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 13(2) 235-248.
- [5] Fernández Lorenzo, I., Parnás, V.B.E. (2016). Análisis de métodos de vientos extremos para calcular las velocidades básicas. Revista Cubana de Ingeniería, v. 7, nº 2, en prensa.
- [6] Viollaz, A.J. (1997). Estimación de las velocidades de recurrencia de vientos en la República Argentina, Informe técnico, Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, Buenos Aires, Argentina.
- [7] Altinger de Schwarzkopf, M.L. (1997). "Fundamentos meteorológicos que sustentan el trazado de isolíneas de la Velocidad Básica de Viento V_0 en el mapa de la Fig. 4 del Reglamento CIRSOC 102", Informe interno, Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, Buenos Aires, Argentina.