



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas  
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



*La Ingeniería Estructural: puente para el desarrollo e integración de América y el mundo*

**ID:**

## **REGLAMENTO ARGENTINO CIRSOC 102 – ACTUALIZACIONES PROPUESTAS**

### **CODE OF PRACTICE CIRSOC 102 – PROPOSED UPDATES**

Gustavo C. Balbastro (1)(P); Bruno Natalini (2)

(1) Dr. Ing. Civil, Profesor Titula, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

(2) Dr. Prof., Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ingeniería/CONICET, Argentina.

Dirección para correspondencia: gbalbastro@yahoo.com

**Area Temática:** Acción del viento.

#### **Resumen**

Se presentan las principales actualizaciones propuestas para el *Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones* CIRSOC 102-2005, actualmente en vigencia. Las modificaciones propuestas se basan principalmente en el estándar ASCE/SEI 7-10 *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, además de algunas inclusiones del más reciente ASCE/SEI 7-16. También incluye algunas adaptaciones y temas provenientes de desarrollos locales y de la experiencia en el uso de la normativa actual.

*Palabras-clave:* acción del viento - normas.

#### **Abstract**

The main proposed updates to the Argentine Rules for Wind Action on Constructions CIRSOC 102-2005, currently in force, are presented. These modifications are mainly based on ASCE/SEI 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, in addition to some inclusions of the more recent ASCE/SEI 7-16. It also includes some adaptations and issues from local developments and experience in the use of current standards.

*Keywords:* wind action - regulations.



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas  
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



*La Ingeniería Estructural: puente para el desarrollo e integración de América y el mundo*

## 1. ANTECEDENTES

La primera generación de reglamentos de seguridad en las construcciones de la República Argentina fue publicada, a principios de la década de 1980, por el Centro de Investigaciones de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC). Esta se componía de documentos agrupados por series, siendo la serie 100 dedicada a las acciones sobre las estructuras, la serie 200 al diseño de hormigón y la serie 300 a las estructuras metálicas.

La serie 100 incluía las prescripciones de diseño sismorresistente, elaboradas en conjunto con el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES).

Dentro de la serie 100 existían dos documentos dedicados a la acción del viento, a saber, el reglamento CIRSOC 102, del año 1982, y la recomendación 102-1, del mismo año. Estos estaban basados en general en la norma francesa NV-65, de 1967/1970 y la británica CP-3 de 1972. También tomaba el mapa de velocidades de referencia de la norma argentina IRAM 11700 de 1978.

A finales de la década de 1990 se llevó a cabo un proceso para elegir la línea normativa que serviría de base a una segunda generación de reglamentos. Luego de un proceso de consultas que incluyó a universidades, organismos de gobierno y asociaciones de profesionales, se optó por tomar como base las diversas especificaciones de Estados Unidos. En particular, para las acciones debidas al viento se tomó como base el estándar ASCE 7-98, en particular el capítulo 6 más las categorías de riesgo y las combinaciones de cargas, tomadas de los capítulos 1 y 2.

El proyecto de reglamento elaborado fue puesto a discusión pública y luego publicado como CIRSOC 102-2005. Además de la base tomada de la mencionada ASCE 7-98, se incluyeron anexos con tablas y figuras para tratar otros casos no contenidos en la especificación de base, pero que se consideraron necesarios para la práctica local o bien estaban contemplados en el reglamento de la primera generación.

El reglamento de 2005 comenzó un proceso de adopción paulatina, ya que contenía numerosos cambios respecto de la primera generación, además de ciertas demoras en el dictado de los actos de gobierno que debían establecer su vigencia.

Mientras tanto, la especificación tomada como base fue teniendo sucesivas actualizaciones, en 2002, 2005 y 2010, por lo que se reinició el proceso de actualización del CIRSOC 102, para lo cual se tomó como base ASCE 7-10. Este documento introduce numerosos cambios con respecto a las ediciones anteriores, que impactan no sólo en el cálculo de las cargas de viento sino también en la relación con el resto del cuerpo normativo.

Estando en proceso la elaboración de la actualización, se publicó la ASCE 7-16, que introduce nuevas modificaciones aunque menos profundas que las que significó la edición anterior, por lo que se decidió mantener el esquema de trabajo que se venía llevando a cabo, agregando las innovaciones de la edición más reciente que fueran de utilidad y no entorpecieran el proceso.

La idea que guía el proceso de preparación de la nueva revisión es que resulte natural para los usuarios de ASCE 7 y CIRSOC 102 pasar de uno a otro reglamento, aun cuando estén redactados en idiomas distintos y no sean idénticos. Al mismo tiempo que sea amable para los usuarios argentinos, técnicamente correcto y consistente.



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas  
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



*La Ingeniería Estructural: puente para el desarrollo e integración de América y el mundo*

## 2. PRINCIPALES CAMBIOS A INTRODUCIR

### 2.1. Reorganización del documento

El nuevo reglamento replicará, con algunas adaptaciones, la estructura adoptada en ASCE 7/10, en la cual se desdobra las acciones de viento en seis capítulos que siguen una secuencia más afín con la lógica del proceso de diseño. Esta nueva estructura aporta mayor claridad y facilita el uso, al agrupar toda la información necesaria para cada caso en un único capítulo, el cual comienza con un cuadro que explica la secuencia de pasos para obtener las cargas.

### 2.2. Definición de la velocidad y mapas de vientos

La velocidad básica se define como valor de diseño, para cada categoría de riesgo según destino del edificio, en vez de tener un único valor de velocidad para el cálculo de la presión dinámica que luego debe ser afectado de un factor de importancia.

Se tienen así tres mapas de velocidades, para recurrencias medias de 300, 700 y 1700 años, según la construcción sea de categoría I (cuya falla presenta bajo riesgo para la vida humana), II (riesgo normal) o categorías III o IV (alto riesgo para la vida humana o instalaciones esenciales). De esta manera se pueden tratar mejor las probabilidades de falla, en función de las características de las distribuciones de probabilidad que ajustan las series temporales.

Puede verse también que la velocidad del viento se define a valores de diseño, al llevar la recurrencia media de los 50 años, del reglamento actual, a los valores indicados. Por este motivo la acción de viento se equipara en su tratamiento a la acción sísmica, por lo que el factor de combinación de cargas de viento pasa del valor 1,6 actual a 1,0.

Esta modificación impactará en los otros reglamentos, los cuales deberán adecuar sus combinaciones de cargas para la definición de los estados límites últimos.

Con respecto a los mapas de viento, se están llevando a cabo estudios para introducir nueva información meteorológica aunque todavía no son definitivos (Natalini et al. 2016), por lo que sobre la base del mapa actual (Viollaz 1997) se elaboraron los tres mapas, que se muestran en la Fig. 1, que se incluirán en la actualización dejando el esquema preparado para incorporar mapas con nueva información meteorológica cuando estén disponibles.

### 2.3. Cargas sobre construcciones cerradas con techos curvos

Las cargas sobre construcciones cerradas con cubiertas curvas, tal como aparecen en la edición actual del reglamento, se basan en estudios de 1914 (Smith 1914). Este tratamiento no coincide con la evidencia empírica existente actualmente. En las sucesivas ediciones de ASCE 7 se mantienen sin cambios, con la excepción del factor para calcular las cargas locales, que se cambió en ASCE 7-16.

Debido a que este tipo de cubiertas tiene un uso muy extendido en la República Argentina se actualizará su tratamiento, introduciendo figuras elaboradas sobre la base de la revisión realizada por Natalini y Natalini (Natalini y Natalini 2017), que recoge resultados numerosos autores, principalmente de estudios realizados en la UFRGS, BRE y la UNNE.

*La Ingeniería Estructural: puente para el desarrollo e integración de América y el mundo*

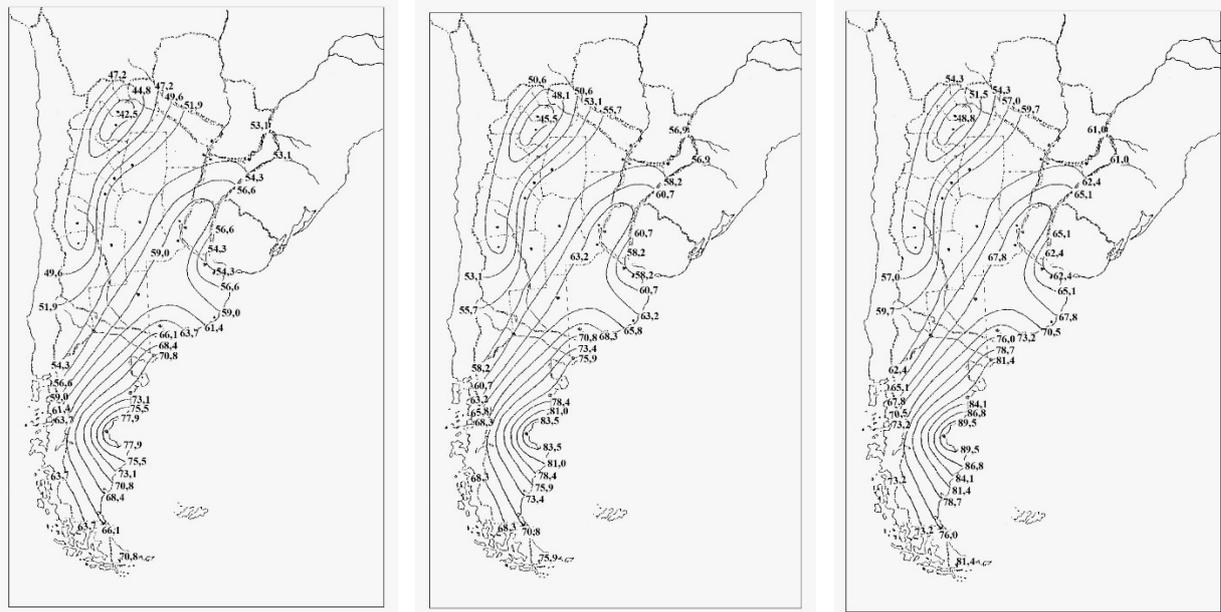


Figura 1. Mapas de velocidad de viento para recurrencias medias de 300, 700 y 1700 años.

#### 2.4. Cargas sobre tanques de almacenamiento de combustible

En ASCE 7-10 no se encuentran recomendaciones específicas para tanques de almacenamiento de combustible. En CIRSOC 102-2005 hay un anexo, basado en trabajos de Sabransky (1984) y Macdonald et al. (1988). Se está analizando entonces una actualización de este tratamiento porque desde por lo menos 1998 (Flores y Godoy 1998), existen trabajos en este tema y han producido un cuerpo de conocimiento importante, validados en numerosos artículos en revistas, comprendiendo abordajes mediante estudios de campo de casos de colapso, ensayos en túneles de viento y modelado computacional (Godoy y Flores 2002; Portela y Godoy 2005a; Portela y Godoy 2005b; Jaca, Godoy, Flores, Croll 2007; Godoy 2007; Portela y Godoy 2007; Jaca y Godoy 2010; Falcinelli, Elaskar, Godoy 2011).

#### 2.5. Método simplificado

Se incluirá un método simplificado, para construcciones que reúnan ciertos requisitos, manteniendo la estructura del disponible en CIRSOC 102-2005 con las adecuaciones respectivas a los nuevos mapas de velocidad, pero apartándose del que dispone ASCE 7-10.

El formato actual resulta muy sencillo para el usuario, quien para los casos que no encuadren en los requerimientos directamente aplicará el procedimiento direccional para edificios de todas las alturas. El procedimiento de la parte 2 del capítulo 27 de ASCE 7-10, si bien tiene un rango de aplicación más amplio, resulta más laborioso en su aplicación.

#### 2.6. Cubiertas aisladas

Este tipo de estructurar, en la edición actual de CIRSOC 105-2005, son tratadas en forma contradictoria, mediante la Tabla 9 que está tomada de ASCE 7-98 y está limitada a cubiertas de



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas  
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



*La Ingeniería Estructural: puente para el desarrollo e integración de América y el mundo*

vertiente única y proviene de estudios obsoletos. Por ello se incluyó el Anexo I, basado en Eurocódigo, lo que introdujo una contradicción, que fue señalada y discutida por De Bórtoli y Castro (2004).

En ASCE 7-10, el tratamiento dado a estas estructuras fue actualizado en base AS/NZS 1170.2:2002, y a resultados producidos por Altman (2001) y Uematsu y Stathopoulos (2003). Dado que este tratamiento es de similar calidad al del Anexo I, ya no existe necesidad de incluir este anexo en esta revisión.

## **2.7. Procedimiento envolvente para construcciones bajas**

En CIRSOC 105-2005 las cargas sobre el sistema principal resistente a la fuerza del viento en construcciones bajas se pueden calcular en forma indistinta mediante dos procedimientos, que en ASCE 7-10 son explícitamente nombrados como procedimiento direccional y procedimiento envolvente, respectivamente. Estas denominaciones no se encuentran en ASCE 7-98 por lo que no está incorporada a CIRSOC 102-2005, que los distingue por el número de figura en la que se encuentran los valores para cada uno.

Esta existencia de dos métodos para un mismo caso es una fuente de confusiones y conflictos entre los distintos usuarios argentinos del reglamento. Además se ha visto que el procedimiento envolvente es muy poco empleado por los usuarios locales, quienes optan por el procedimiento direccional, que sirve para todas las alturas y resulta más intuitivo en su aplicación.

Por estos motivos, se optó por desplazar el procedimiento envolvente del texto prescriptivo e incluirlo en el volumen de comentarios que acompaña al reglamento.

## **2.7. Previsión para simulaciones computacionales**

El actual reglamento CIRSOC 102-2005 prevé, además del procedimiento simplificado y el procedimiento analítico para evaluar las cargas de viento, la posibilidad de recurrir a ensayos en túnel de viento de capa límite (TVCL), para lo cual destina un capítulo específico.

En dicho capítulo se dan en forma resumida los requisitos básicos que deben cumplir los ensayos en TVCL a los fines del reglamento. No se desarrollan los detalles del procedimiento, que quedan a la experiencia y conocimientos propios del especialista.

Este tipo de ensayos requiere laboratorios dedicados con equipamiento e instrumental específico. Es también el procedimiento tradicional que generó la mayor parte del conocimiento actual en el campo de la Ingeniería de Viento.

En ASCE 7-10 se mantiene un capítulo específico destinado a los ensayos en TVCL, con las mismas características que en ediciones anteriores aunque permitiendo mayores reducciones en los valores obtenidos, con respecto a los que arroja el procedimiento analítico. En ASCE 7-16, por su parte, se eliminan los requisitos enunciados en forma genérica y se hace referencia directa a la especificación ASCE 49-12 (ASCE 2012), específicamente dedicada a los ensayos en TVCL.

Los estudios a escala natural, que representan la evidencia más directa del fenómeno, han servido para poner a punto y validar las simulaciones de la capa límite atmosférica y de las mediciones realizadas en TVCL.

Desde el punto de vista físico, el fenómeno del viento en la ingeniería estructural está gobernado por las ecuaciones de Navier-Stokes, en régimen turbulento e incompresible.



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas  
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



**La Ingeniería Estructural: puente para el desarrollo e integración de América y el mundo**

En los últimos años se han venido desarrollando algoritmos eficientes para calcular soluciones numéricas a este tipo de problemas, que pertenecen al campo de la dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés). No obstante, el problema es muy complejo desde el punto de vista del modelado y exigente desde el punto de vista de la potencia de cómputo.

Diversos autores han puesto de manifiesto estos aspectos, así como el hecho de que los resultados son dependientes de varios parámetros de la simulación (Franke et al 2004; Bitsuamlak y Simiu 2010; Tamura et al. 2008).

En la literatura especializada se encuentran gran cantidad de publicaciones aplicando CFD a problemas de ingeniería de viento, lo que ha dado lugar en los últimos años a la denominación de ingeniería de viento computacional (CWE, por su sigla en inglés). Al igual que el TVCL, una buena simulación CFD-CWE requiere la experiencia de un especialista pero la dispersión de los resultados que se pueden alcanzar es comparable a la que se obtiene en los ensayos (Tamura y Phuc 2015).

Asimismo, se comienzan a ver aplicaciones en el campo profesional a proyectos concretos, ya sea en etapa de diseño como a estudios de carácter forense para análisis de accidentes debidos al viento. Actualmente este tipo de estudios no cuenta con un marco normativo, por lo que el desconocimiento puede llevar a subestimar la complejidad del problema, obteniendo resultados de dudosa calidad, por un lado, o a impedir la aplicación de una herramienta que bien empleada es útil.

Se propone entonces introducir la posibilidad de realizar simulaciones computacionales (CFD-CWE).

Como antecedentes se encuentran algunas normas, recomendaciones o manuales que ya comienzan a contemplar el uso de este tipo de herramientas. Por ejemplo, la norma japonesa en su parte prescriptiva habla de *“appropriate wind tunnel study or other suitable verification methods”* y en los comentarios hace referencia explícita a CFD, en particular para topografías complicadas, efectos de protección, etc. (AIJ 2004).

Otros ejemplos que se pueden mencionar son AS/NZS 1170.2:2011, que cita para ciertos casos *“Wind tunnel testing or similar studies should be carried out if...”*. Esto puede complementarse con la cita de Holmes et al. (2012) que dice que además de la aplicación directa de la norma, las cargas pueden obtenerse por estudios especiales entre los que cita *“Calculations by computational fluid dynamics, which have been calibrated against full-scale or wind-tunnel measurements.”*

Finalmente, la norma de India IS 875:2015, trata los efectos de interferencia *“which can only be ascertained by detailed wind tunnel/CFD studies.”*

Se establecerá entonces una Guía de Buenas Prácticas para simulaciones. Estas deberán cumplir los mismos requisitos que los ensayos en TVCL enunciados en el capítulo respectivo, además de otros requisitos específicos. Estos requisitos se refieren a 1) Definición del modelo y tratamiento de la turbulencia, 2) Dominio computacional, 3) Condiciones de contorno, 4) Discretización espacial y temporal, 5) Validación, 6) Aseguramiento de la calidad de la simulación y 7) Informe de los resultados.

## 2.8. Cargas sobre paneles solares

Este aspecto no está previsto en ASCE 7-10, por lo que se tomará de la edición más reciente, ASCE 7-16, en virtud de la actualidad y demanda que representa el mismo, a la vez que no requiere adaptaciones para funcionar con el resto del texto reglamentario.



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas  
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



*La Ingeniería Estructural: puente para el desarrollo e integración de América y el mundo*

### 3. CONCLUSIONES

La actualización que se propone para el Reglamento CIRSOC 102-2005 representará un paso adelante en la línea normativa adoptada para la segunda generación, a la vez que se espera sea una adaptación que responderá de manera eficiente a las necesidades de los usuarios de la norma.

Se espera que en breve se ponga el proyecto a discusión pública, para recibir la opinión de los futuros usuarios, lo que seguramente redundará en un mejor resultado.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altman, D.R., 2001. Wind uplift forces on roof canopies. M.Sc. Thesis., Clemson University, Clemson, South Carolina.
- Architectural Institute of Japan (AIJ). (2004). Recommendations for loads on buildings.
- American Society of Civil Engineers (2000). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. ASCE 7-98. Reston.
- American Society of Civil Engineers (2010). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. ASCE/SEI 7-10. Reston.
- American Society of Civil Engineers (2017). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. ASCE/SEI 7-16. Reston.
- American Society of Civil Engineers (2012). Wind Tunnel Testing for Buildings and Other Structures. ASCE/SEI 49-12. Reston.
- Bitsuamlak, G., Simiu, E. (2010). CFD's potential applications: a wind engineering perspective. Simiu. The Fifth International Symposium on Computational Wind Engineering (CWE2010) Chapel Hill, North Carolina, May 23-27.
- Bureau of Indian Standards (2015). Design Loads (Other than Earthquake) for Buildings and Structures - Code of Practice. Part 3 Wind Loads. (Third Revision) IS 875 (Part 3):2015. New Delhi.
- Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (2005). Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones. CIRSOC 102-2005. Buenos Aires.
- De Bortoli, M. E., Castro, H. G. (2004). Determinación de las cargas producidas por el viento sobre cubierta plana aislada según el nuevo reglamento CIRSOC 102. XVIII Jornadas argentinas de Ingeniería Estructural, Septiembre.
- Holmes, J.D., Kwok, K.C.S. and Ginger, J.D. (2012). Wind loading handbook for Australia and New Zealand. Background to AS/NZS 1170.2 Wind Actions. Australasian Wind Engineering Society, Sydney.
- Jaca R. and Godoy L. A. (2010). Wind buckling of metal tanks during their construction, Thin Walled Structures, vol. 48, pp. 453–459.
- Jaca R. C., Godoy L. A., Flores F. G. and Croll J. G. A. (2007). A reduced stiffness approach for the buckling of open cylindrical tanks under wind loads, J. Thin Walled Structures. Vol. 45, pp. 727-736.
- Falcinelli O. A., Elaskar S. A. and Godoy L. A. (2011). Influence of Topography on Wind Pressures in Tanks using CFD, Latin American Applied Research, vol. 41, pp. 379-388.
- Flores F. and Godoy L. A. (1998). Buckling of short tanks due to hurricanes, Engineering Structures, vol. 20(8), pp. 752-760. Oñate et al. (Eds).



XXXVIII

Jornadas Sudamericanas  
de Ingeniería Estructural

Lima 2018



***La Ingeniería Estructural: puente para el desarrollo e integración de América y el mundo***

- Franke, J., Hirsch, C., Jensen, A.G., Krüs, H.W., Schatzmann, M., Westbury, P.S., Miles, S.D., Wisse, J.A., Wright, N.G. (2004). Recommendations on the use of CFD in wind engineering. In: van Beeck, J.P.A.J. (Ed.), COST Action C14, Impact of Wind and Storm on City Life Built Environment. Proc. of the International Conference on Urban Wind Engineering and Building Aerodynamics, 5–7 May 2004. von Karman Institute, Sint-Genesius-Rode, Belgium.
- Godoy L. A. (2007). Performance of Storage Tanks in Oil Facilities Following Hurricanes Katrina and Rita, ASCE Journal of the Performance of Constructed Facilities, vol. 21 (6), pp. 441-449.
- Godoy L. A. and Flores F. G. (2002). Imperfection sensitivity to elastic buckling of wind loaded open cylindrical tanks, Int. J. Structural Engineering and Mechanics, vol. 13(5), pp. 533-542.
- Macdonald, P. A., Kwok, K. C. S. and Holmes, J. D. (1988). Wind loads on circular storage bins, silos and tanks: I. Point pressure measurements on isolated structures. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 31(2-3), 165-187.
- Natalini, B. and Natalini, M.B. (2017). Wind loads on buildings with vaulted roofs and side walls – a review. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 191, 9-16.
- Natalini, M.B., Natalini, B., Atencio, B.A. and Zaracho, J.I. (2016). Análisis de velocidades de viento extremas de 11 estaciones en Argentina – perspectivas para una actualización del mapa de vientos extremos. XXIV Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural, Buenos Aires, 28 al 30 de septiembre.
- Sabransky, I.J. (1984). Wind pressure distribution on cylindrical storage silos. M.Eng.Sc. Thesis, Monash University.
- Smith, A., 1914. Wind loads on buildings. J. Western Soc. Eng. 19, 369–394.
- Standards Australia Limited/Standard New Zealand (2011). Structural design actions. Part 2: Wind actions. AS/NZS 1170.2:2011. Sydney/Wellington.
- Tamura, Y., Phuc, P.V. Development of CFD and applications: Monologue by a non-CFD-expert. (2015). J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 144, 3–13
- Tamura, T., Nozawa, K., Kondo, K. (2008). AIJ guide for numerical prediction of wind loads on buildings. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 96, 1974–1984.
- Uematsu, Y. & Stathopoulos, T. (2003) Wind loads on free-standing canopy roofs: a review. *Journal of Wind Engineering*, 95.
- 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.