

# EL CIRSOC 102 Y SU ACTUALIZACIÓN

Por **Bruno Natalini** (1) (3) y **Gustavo C. Balbastro** (2) (3)

(1) Dr. Ing., Profesor Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ingeniería/CONICET, Argentina.

(2) Dr. Ing. Civil, Profesor Titular, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

(3) Coordinadores de la Comisión de Acción del Viento, INTI-CIRSOC.

La Comisión Permanente de Acción del Viento del CIRSOC se encuentra abocada a la redacción de la actualización del Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones CIRSOC 102- 2005, cuyo proyecto se espera poner en discusión pública en breve. En este artículo, se comentan los aspectos principales a incorporar a fin de orientar y estimular la participación de los futuros usuarios en el proceso de discusión, previo a la entrada en vigencia del texto. Las modificaciones propuestas se basan principalmente en el estándar ASCE/SEI 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, además de algunas prescripciones tomadas 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.

## 1. ANTECEDENTES

La primera generación de reglamentos de seguridad en las construcciones de la República Argentina fue publicada por el Centro de Investigaciones de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC) a principios de la década de 1980. Este cuerpo 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.

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, que pueden verse como una evolución de la entonces reciente norma argentina IRAM 11700 de 1978. Éstos estaban basados -en general- en la norma francesa NV-65, de 1967/1970 y la británica CP-3 de 1972. El mapa de velocidades de referencia era el mismo de IRAM 11700, elaborado por Riera, Viollaz y Reimundin (1977).

**A FINALES DE LA DÉCADA DE 1990 SE INICIÓ LA REVISIÓN DE LA PRIMERA GENERACIÓN, TOMANDO COMO BASE ESPECIFICACIONES DE ESTADOS UNIDOS.**

A finales de la década de 1990 se inició la revisión de la primera generación, tomando como base especificaciones de Estados Unidos. En particular, para las acciones debidas al viento se tomó como base el estándar ASCE 7-98, en especial, el capítulo 6, más las categorías de riesgo y las combinaciones de cargas tomadas de los capítulos 1 y 2. Se incluyeron también anexos para tratar otros casos no contenidos en ASCE-7, pero que estaban contemplados en CIRSOC 102-82. También, se incorporaron en los anexos casos considerados necesarios para la práctica local. 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, la especificación tomada como base continuó teniendo actualizaciones, en 2002, 2005 y 2010, por lo cual se reinició el proceso de actualización del CIRSOC 102, tomándose como base ASCE 7-10. Este documento introduce cambios sustanciales con respecto a las ediciones anteriores, afectando al cálculo de las cargas de viento y a los demás reglamentos. Durante el proceso de elaboración de la actualización se publicó la ASCE 7-16, introduciendo nuevas modificaciones que pueden considerarse menores en comparación a las introducidas por ASCE 7-10, por lo tanto, 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 rectora de la preparación de la nueva revisión es que resulte sencillo para los usuarios de ASCE 7 y CIRSOC 102 pasar de uno a otro reglamento, aun cuando se encuentren redactados en distintos idiomas y no sean idénticos. Paralelamente, se espera que su uso resulte más sencillo para las necesidades locales, técnicamente correcto y consistente.

## 2 LOS CAMBIOS PRINCIPALES

### 2.1. REORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

Con algunas adaptaciones se tomará la estructura de ASCE 7/10, con una secuencia más afín a la lógica de la estimación de las acciones de viento y al proceso de diseño. Se conserva una estructura de seis capítulos, pero lo actualmente especificado en los tres primeros capítulos (Requisitos Generales, Definiciones y Sim-

bología) se agrupa en el Capítulo 1. Las especificaciones para el Sistema Principal Resistente a la Fuerza del Viento (SPRFV) se separan de las especificaciones sobre Componentes y Revestimientos (C&R). Todas las especificaciones para C&R se tratan en el Capítulo 5. Las correspondientes a SPRFV para edificios se tratan en el Capítulo 2 y las de SPRFV de accesorios y otras estructuras en el Capítulo 4. El Capítulo 3 estará en blanco por las razones que se desarrollan en la sección 2.7 de este artículo. El Capítulo 6, al igual que en la situación actual, tratará sobre ensayos en túnel de viento. Las Tablas y Figuras que en CIRSOC 102-2005 aparecen juntas después de los capítulos, se distribuirán en cada capítulo conforme al orden de su nombramiento. Ello aporta mayor claridad y facilita el uso, dado que se agrupa toda la información necesaria para llegar a un resultado en un único capítulo, el cual comienza con un cuadro capaz de explicar la secuencia de pasos para obtener las cargas (Figura 1).

Tabla 2.5-1 Pasos para determinar las cargas de viento sobre los SPRFV de edificios cerrados de diafragma simple ( $h \leq 50m$ )	
Paso 1:	Determinar la categoría de riesgo del edificio u otra estructura, ver Tabla 1.5-1
Paso 2:	Determinar la velocidad básica de viento, $V$ , para la categoría de riesgo aplicable, ver Figura 1.5-1
Paso 3:	Determinar los parámetros de carga de viento: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Factor de direccionalidad, <math>K_d</math>, ver artículo 1.6 y Tabla 1.6-1</li> <li>• Categoría de exposición B, C o D, ver artículo 1.7</li> <li>• Factor topográfico, <math>K_{zt}</math>, ver artículo 1.8 y Figura 1.8-1</li> <li>• Clasificación de cerramientos, ver artículo 1.10</li> </ul>
Paso 4:	Entrar a la tabla para determinar las presiones netas sobre paredes en la parte superior y la base del edificio, respectivamente, $p_n$ , $p_o$ , Tabla 2.6-1
Paso 5:	Entrar a la tabla para determinar las presiones netas sobre cubierta, $p_c$ , Tabla 2.6-2
Paso 6:	Determinar el factor topográfico, $K_{zt}$ , y aplicar el factor a las presiones de paredes y cubiertas (si es de aplicación), ver artículo 1.8
Paso 7:	Aplicar las cargas a las paredes y cubiertas simultáneamente

Figura 1. Ejemplo de guía paso a paso

### 2.2. MAPAS DE VIENTOS Y VELOCIDAD

En vez de tener un único mapa de velocidades para todas las categorías de riesgo según el destino del edificio, la velocidad básica pasa a definirse como valor de diseño y para cada categoría de riesgo, por ende, deja de aplicarse el factor de importancia  $I$ . Se proporcionan 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 instalacio-

nes esenciales) (Figura 2). 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. Dado el cambio en las recurrencias el factor de combinación para las cargas de viento pasa del 1,6 actual a 1,0, como la acción sísmica. Los mapas de la Figura 2 presentan la misma información que sintetiza el mapa de recurrencia a 50 años del CIRSOC 102-2005. No se incorpora nueva información meteorológica, aunque se pondrá a disposición bibliografía complementaria donde pueda hallarse la nueva información generada. Por lo tanto, el paso de uno a tres mapas no significa un aumento de la carga final para los Estados Límites Últimos (ELU), pero hará explícita cuál es la probabilidad de falla objetivo, permitiendo uniformar el objetivo en los distintos procedimientos de diseño aplicados con las diferentes normativas. Esta modificación impactará en los otros reglamentos, los cuales deberán adecuar sus combinaciones de cargas para la definición de los ELU.

cales, el cual se cambió en ASCE 7-16. Dado que la construcción de este tipo de cubiertas se encuentra muy extendida 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 de numerosos autores, principalmente, de estudios realizados en la UFRGS, BRE y la UNNE.

## 2.4. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

En ASCE 7-10 no se brindan recomendaciones específicas para esas instalaciones. En CIRSOC 102-2005 aparece un anexo, basado en la literatura disponible. Dado que desde 1998, al menos, (Flores y Godoy 1998), existen trabajos sobre este tema validados en numerosos artículos de revistas y con abordajes mediante estudios de campo de casos de colapso, ensayos en túneles de viento y modelado computacional (Godoy y Flores 2002; Jaca, Godoy, Flores, Croll

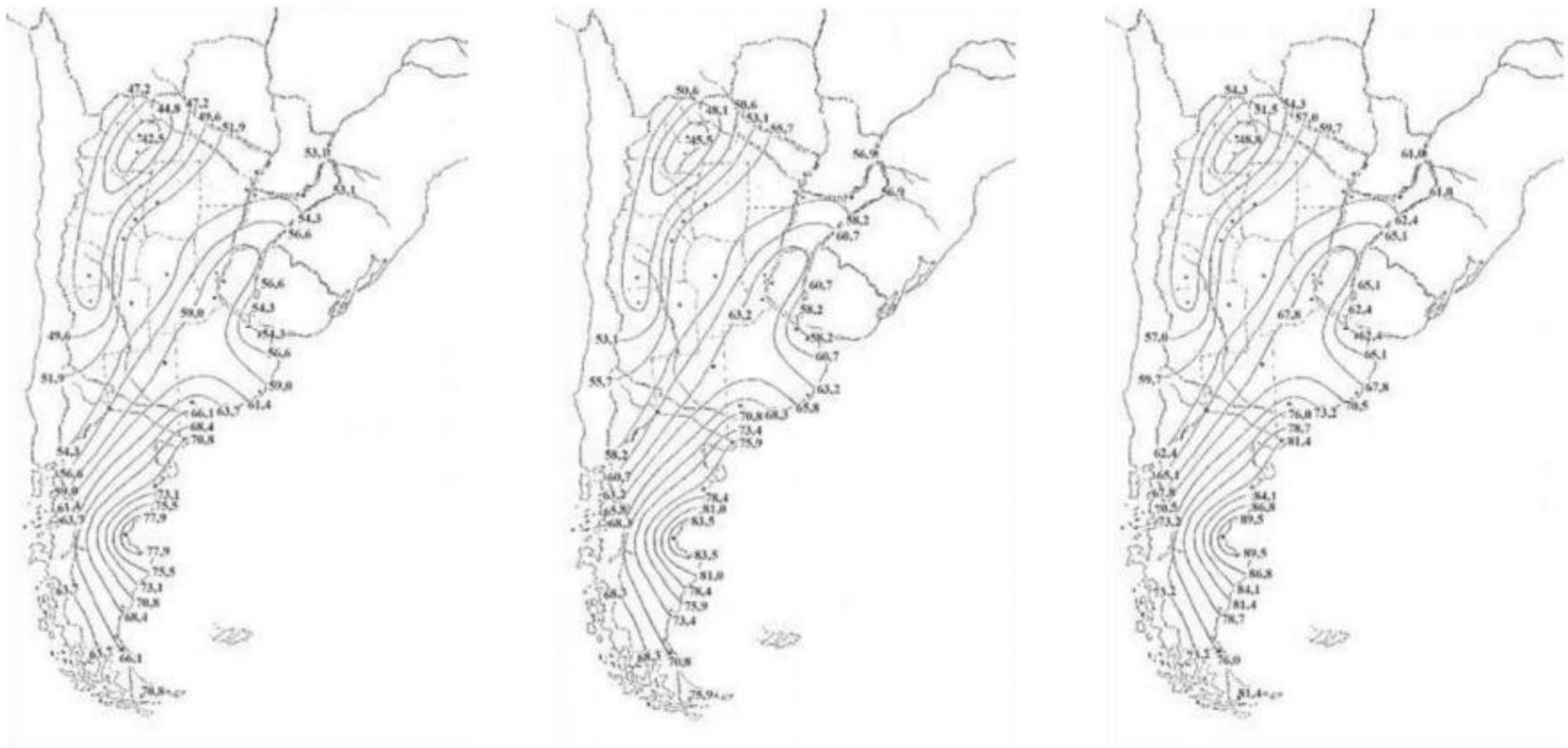


Figura 2. Mapas de velocidad de viento para recurrencias medias de 300, 700 y 1700 años

## 2.3. CARGAS SOBRE CONSTRUCCIONES CERRADAS CON TECHOS CURVOS

Las cargas para dichas construcciones, tal como aparecen en la edición actual del reglamento, se basan en estudios muy antiguos no coincidentes con las investigaciones más recientes. Sin embargo, en las sucesivas ediciones de ASCE 7, se mantuvieron sin cambios con la excepción del factor para calcular las cargas lo-

2007; Godoy 2007; Jaca y Godoy 2010; Falcinelli, Elaskar, Godoy 2011), se elabora una actualización de este punto.

## 2.5. MÉTODO SIMPLIFICADO PARA SPRFV

El método que aparece en el Capítulo 4 del CIRSOC 102-2005 se mantendrá en la presente revisión, aun cuando no aparece en ASCE 7-10. Estará adecuado a

los tres mapas de viento y reemplazará al método simplificado de ASCE 7-10. Ambos métodos (el de CIRSOC y el de ASCE) resultan ser aplicaciones del método direccional que estará en la Parte 1 del Capítulo 2. La diferencia está en que el de ASCE 7-10 tiene un campo de aplicación el cual abarca un rango de edificios más amplio respecto del de CIRSOC, y en consecuencia, pierde sencillez. El formato actual resulta muy sencillo y los usuarios Argentinos ya se encuentran familiarizados con él. Para los casos que no encuadren en ese rango, podrá aplicarse el procedimiento direccional para edificios de todas las alturas.

## 2.6. CUBIERTAS AISLADAS

Para este tipo de estructuras existen dos posibilidades en la edición actual, a saber, la Tabla 9 que está tomada de ASCE 7-98 para cubiertas de vertiente única y proviene de estudios obsoletos, o bien, el Anexo I basado en el Eurocódigo. Ello presenta una contradicción señalada por De Bórtoli y Castro (2004). En ASCE 7-10, el tratamiento dado a estas estructuras fue actualizado adecuadamente, por lo tanto, no es necesario mantener el actual Anexo I.

## 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 en CIRSOC 102-2005 se los distingue por el número de figura donde se encuentran los valores para cada uno.

Esta existencia de dos métodos para un mismo caso es una fuente potencial de confusiones y conflictos entre los distintos usuarios argentinos del reglamento. 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 cuya comprensión es rápidamente asimilable. Por los citados motivos, se optó por desplazar el procedimiento envolvente del texto prescriptivo e incluirlo en el volumen de comentarios que acompaña al reglamento. El capítulo correspondiente en la estructura del texto permanecerá en blanco.

## 2.8. 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), descritas en un capítulo específico, que brinda en forma resumida los requisitos básicos a cumplir por los en-

sayos en TVCL. No se desarrollan los detalles del procedimiento, los cuales se delegan a la experiencia y conocimientos propios del especialista. Este tipo de ensayos requiere laboratorios dedicados con equipamiento e instrumental específico y es el procedimiento tradicional que generó la mayor parte del conocimiento actual en el campo de la Ingeniería de Viento.

En ASCE 7-16 se eliminaron los requisitos enunciados en forma genérica y se hace referencia directa al documento ASCE 49-12 (ASCE 2012), el cual detalla los requisitos para 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.

Aunque el estudio de los flujos turbulentos, como es el viento sobre las construcciones, es sumamente complejo desde el punto de vista del modelado y exigente en potencia de cómputo, los avances de los últimos años han permitido también obtener soluciones numéricas a este tipo de problemas, los cuales pertenecen al campo de la dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés, y CWE, cuando se aplica específicamente a la Ingeniería de Viento).

Obtener soluciones adecuadas para las cargas de viento mediante CFD requiere técnicas y conocimientos específicos, de manera análoga a la realización de los ensayos en TVCL, ya que los resultados son muy sensibles a varios parámetros de la simulación. Debido a que la herramienta comienza a permanecer disponible y no existe un marco normativo, existe la posibilidad de un empleo inadecuado por parte de un usuario que no conozca en profundidad el problema, lo cual puede llevar a subestimar su complejidad y aplicar al diseño resultados de mala calidad o abiertamente erróneos.

Se propone entonces introducir la posibilidad de llevar a cabo simulaciones computacionales (CFD-CWE), encontrando un balance entre el empleo correcto de una nueva herramienta y evitar el uso temerario de la misma. A tal fin, se elabora una Guía de Buenas Prácticas para simulaciones, que deberán cumplir los mismos requisitos respecto de los ensayos en TVCL enunciados en el capítulo respectivo (en cuanto sean de aplicación), además de otros requisitos específicos. Los mencionados 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. Esta guía de buenas prácticas se ejecuta en el marco de una discusión donde intervienen reconocidos especialistas en Mecánica Computacional e Ingeniería de Viento Experimental.

## 2.9. CARGAS SOBRE PANELES SOLARES, PARAPETOS Y EQUIPAMIENTO EN CUBIERTAS

Los paneles solares no están previstos en ASCE 7-10, por lo tanto, su tratamiento se tomará de la edición más reciente, ASCE 7-16, en virtud de la actualidad y demanda que representa el mismo, a la vez de no demandar adaptaciones para funcionar con el resto del texto reglamentario. Se incorporan también las cargas para parapetos y equipamiento en cubiertas, no contempladas en la edición actual de CIRSOC 102.

## 2.10. OTROS CAMBIOS

Aparecerán modificaciones en los esfuerzos de torsión, actualmente previstos en la Figura 9, así como excepciones para algunos tipos de construcciones. Los valores y las formas de aplicación de las cargas mínimas se modifican, así como se mejoran algunas definiciones y se introduce un glosario para facilitar la consulta a la literatura de base. Los Comentarios

que acompañan al texto prescriptivo fueron revisados y enriquecidos, a los fines de facilitar la interpretación de las disposiciones reglamentarias, a la vez que se introducen nuevos ejemplos de aplicación.

## 3. CONCLUSIONES

La actualización propuesta 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 aguarda, en breve, la disposición del proyecto a discusión pública, para recibir la opinión de los futuros usuarios, lo cual seguramente, redundará en un mejor resultado.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- 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 Bórtoli, 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.
- 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).
- 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.
- 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.
- Riera, J. D., Viollaz, A. J. y Reimundin, J. C. (1977). *Some recent results on probabilistic models of extreme wind speeds*, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 2, No. 3, pp. 271-287.