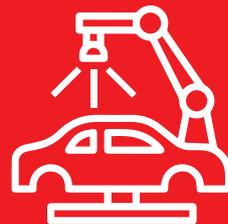


# Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería

- | Enseñanza de la Ingeniería-CAEDI
- | Gestión de la Educación en Ingeniería
- | Agrimensura, Geodesia y Ciencias de la tierra y el mar
- | Biotecnología y Bioingeniería
- | Materiales y Nanotecnología aplicada a los materiales
- | Desarrollo Tecnológico Social, Vinculación Universidad, Empresa y Estado
- | Ejercicio Profesional de la Ingeniería, Empresas y Servicios
- | Ferroviaria, Automotriz, Naval y Transporte
- | Alimentos y Agroindustria
- | Agronomía y Forestal
- | Energía, Energías Limpias, Energías Renovables y Eficiencia Energética
- | Ingeniería Sostenible, Gestión Ambiental y Cambio Climático
- | Innovación y Emprendedorismo en Ingeniería
- | Mujeres en Ingeniería y Cambio Social
- | Obras y Proyectos de Ingeniería, Infraestructura y Conservación del Patrimonio
- | Tecnología de la Información y Comunicación



**Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería : edición 2022 / José Basterra...**

[et al.] ; contribuciones de Carolina Orcola ; compilación de Martina Perduca ; prólogo de Nestor Braidot ; Jose Basterra. - 1a ed compendiada. - Corrientes : Universidad de la Cuenca del Plata. Secretaría de Políticas del Conocimiento, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4050-08-3

1. Ingeniería. 2. Educación. I. Basterra, José, prolog. II. Orcola, Carolina, colab. III. Perduca, Martina, comp. IV. Braidot, Nestor, prolog.

CDD 620.007

ISBN 978-987-4050-08-3



9 789874 050083



## “Fuerza de viento en edificios altos: normativa y metodología experimental”

Antonio Castellanos, Brandon A. <sup>a</sup>; Solis Cabrera, Clara S. <sup>a</sup>; Ibañez Vargas, Raymundo<sup>a</sup>; Wittwer, Adrián R. <sup>b</sup>; Marighetti, Jorge O. <sup>b</sup>; De Bortoli, Mario E. <sup>b</sup>; Alvarez y Alvarez, Gisela M. <sup>b</sup>; Adotti, Marcelo I. <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana, México.

<sup>b</sup> Laboratorio de Aerodinámica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina

<sup>c</sup> Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica IMIT (CONICET - Universidad Nacional del Nordeste, Argentina)  
giselaalvarez@alvarez@yahoo.com.ar

### Resumen

Este trabajo se fundamenta en la necesidad de incorporar desarrollos en aerodinámica experimental al cálculo de estructuras edilicias de cierta magnitud que son sensibles a la acción del viento. En este marco, la Ingeniería de vientos viene implementando ensayos en túneles de viento con el objeto de optimizar los métodos actuales de cálculo de estructuras basados en coeficientes medios de carga.

Los Reglamentos de viento, en general, presentan métodos de cálculo basados en coeficientes aerodinámicos medios, como ocurre con el Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones, CIRSOC 102 y el Manual de Diseño de Obras Civiles de México. Ambas reglamentaciones incluyen como una alternativa el procedimiento del túnel de viento y definen las condiciones de ensayos. Con respecto al análisis dinámico de estructuras, el reglamento CIRSOC 102 lo considera mediante la incorporación de un factor de efecto de ráfaga.

En este trabajo se presenta el estudio analítico-experimental de las cargas de viento en edificios altos a través del cálculo y evaluación de las fuerzas aerodinámicas que se generan en el caso de vientos fuertes. En primer lugar, se realiza una evaluación a partir de valores experimentales obtenidos en dos modelos de estructuras edilicias de elevada altura ensayados en el túnel de viento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste. Luego, se aplican los procedimientos analíticos del reglamento argentino y del Manual de Diseño mexicano, y se realiza, finalmente, un análisis comparativo de los resultados obtenidos.

### Abstract

This work is based on the need to incorporate developments in experimental aerodynamics to the calculation of building structures of a certain magnitude that are sensitive to the action of the wind. Within this framework, Wind Engineering has been implementing tests in wind tunnels in order to optimize the current methods for calculating structures based on average load coefficients.

Wind Regulations, in general, present calculation methods based on mean aerodynamic coefficients, as occurs with the Argentine Regulation of Wind Action on Constructions, CIRSOC 102 and the Civil Works Design Manual of Mexico. Both regulations include the wind tunnel procedure as an alternative and define the test conditions. Regarding the dynamic analysis of structures, the CIRSOC 102 regulation considers it through the incorporation of a gust effect factor.

In this work, analytical and experimental study of wind loads in tall buildings is presented through the calculation and evaluation of the aerodynamic forces that are generated in the case of strong winds. Firstly, an evaluation based on experimental values obtained in two models of high-rise building structures tested in the wind tunnel of the Faculty of Engineering of the Universidad Nacional del Nordeste is carried out. Then, the analytical procedures of the Argentine Code and the Mexican Design Manual are applied, and finally, a comparative analysis of the results obtained is carried out.

**Palabras claves:** Edificios elevados, fuerzas aerodinámicas, túnel de viento.

## INTRODUCCIÓN

El proceso de innovación en proyectos estructurales con estructuras más altas, livianas y con geometrías poco inusuales genera estados de cargas de viento que deben verificarse.

Para el diseño de edificaciones es importante conocer como la velocidad y la dirección del viento puede afectar las estructuras, de manera que las normativas plantean diferentes procedimientos para el cálculo y diseño, garantizando el soporte de las diferentes cargas a las que se encuentra sometidas.

Los reglamentos presentan cálculos que emplean coeficientes aerodinámicos, como sucede en la normativa CIRSOC 2005 y el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) 2020.

Los métodos de cálculo son más complejos en edificaciones altas y con geometrías irregulares; por lo tanto, los métodos de cálculo estáticos y dinámicos no resultan suficientes, siendo necesario aplicar procedimientos de tipo experimental para determinar las cargas de diseño debidas a la acción del viento. Para ello se realizan modelos a escala que se ensayan en túneles de viento empleando una simulación del viento natural característico de la zona y el entorno de la estructura.

## DESARROLLO

Blessmann [1] define al viento como el movimiento del aire, causado por una variación de temperatura de los diversos climas del planeta, las presiones desequilibradas crean fuerzas que mueven porciones de aire atmosférico desde áreas de mayor presión a áreas de menor presión.

La ingeniería de viento busca optimizar los métodos actuales de cálculo de estructuras basados en coeficientes medios de carga implementando ensayos en túneles de viento de capa límite.

Existen varios fenómenos que se producen en estructuras edilicias de cierta magnitud o en sus elementos estructurales y que deben ser tenidos en cuenta en el momento del diseño y de la verificación estructural. Estos problemas incluyen las cargas estáticas localizadas y globales, vibraciones inducidas por vórtices que actúan sobre elementos de sujeción o estructurales auxiliares. En particular, se pueden presentar problemas asociados a la variación de los coeficientes de arrastre con el número de Reynolds.

## Normativa CFE.

Los procedimientos para la evaluación de las acciones generadas por el viento del Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de

Electricidad indica que la acción del viento sobre estructuras depende de la rugosidad del lugar y características de las estructuras.

El Manual de Diseño de Obras Civiles CFE 2020 [2] en búsqueda del alto desarrollo infraestructural implementa los lineamientos de diseño por viento en obras de construcción Civil, incorporando aplicaciones en estructuras con fines de tener una mejor eficacia y seguridad en las construcciones.

El Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE, establece tres métodos para la evaluación de acciones generadas por viento. En primer lugar, el análisis estático, que se aplica en las estructuras o elementos estructurales lo suficientemente rígido, del tipo 1. Es referido a aquellas construcciones donde estructuralmente es rígida por su baja o mediana altura, aplicado para las fachadas o cubiertas. En segundo lugar, el análisis dinámico (Figura 1), donde la altura de la estructura es mayor a 200 m, los claros de techos mayor a 100 m. Finalmente, en tercer lugar, las pruebas en túnel de viento según el tipo de construcción.

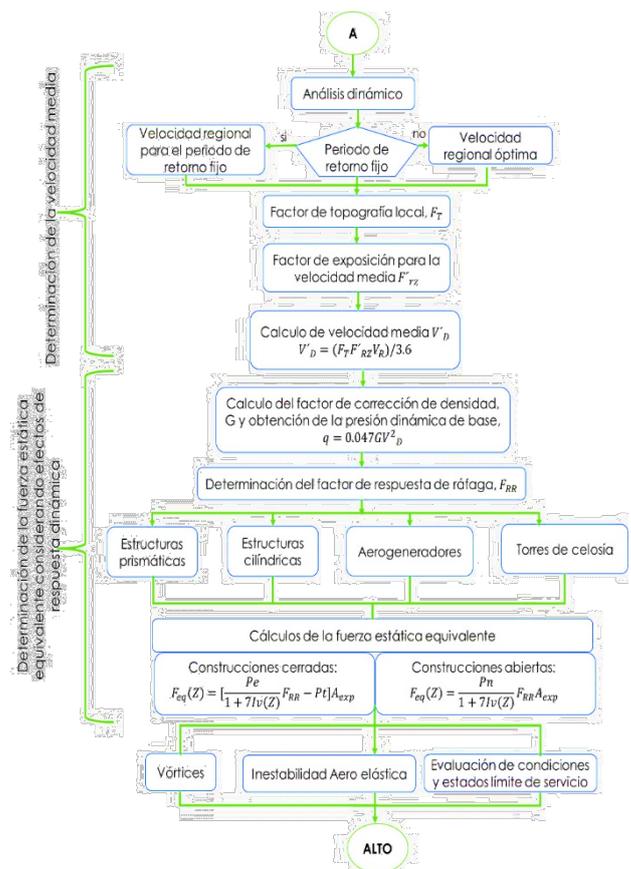


Figura 1: Análisis Dinámico del Manual de Diseño de Obras Civiles - México

Estructuras tipo 1, 2 y 3 son aquellos modelos rígidos experimentales, caracterizados por contar con una

geométrica similar a la estructura en estudio, diseñados con el fin de satisfacer condiciones de similitud, instrumentados con sensores de presión, permitiendo definir coeficientes de presión en puntos notables de superficie exterior del modelo, obteniendo isobaras que buscan representar la acción del viento en diversos ángulos.

Los modelos aeroelásticos se pueden emplear en el estudio de estructuras de categoría 3 y 4, con recomendación para las estructuras sensibles a efectos dinámicos del viento, donde se presentan oscilaciones importantes transversales al flujo del viento al aparecer vórtices periódicos que interactúan con la estructura o cuando se presentan problemas aerodinámicos inestables. Reproducirán la forma exterior de la construcción y presentarán características dinámicas representativas, instrumentado con sensores que estiman la magnitud de la respuesta a diversos ángulos de ataque, siendo el objetivo identificar la respuesta inducida por el viento turbulento por medición directa misma que debe proporcionar: la severidad de acción dinámica del viento y las cargas dinámicas que produce el viento en las diversas direcciones.

**Normativa CIRSOC 102**

El procedimiento para la evaluación de acciones generadas por viento del Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles CIRSOC 102 [3] tiene como misión la investigación, desarrollo, actualización y difusión de los reglamentos y códigos que regulan la seguridad, durabilidad y calidad de las estructuras y construcciones que se hacen en Argentina.

El reglamento indica los procedimientos para obtener las acciones producidas por el viento sobre las construcciones o sus diferentes partes.

El reglamento proporciona tres métodos. El primer método, es el procedimiento simplificado, mediante el cual, el calculista selecciona las presiones de viento directamente (Figura 2). El segundo método es el procedimiento analítico, para edificios y otras estructuras (Figura 3). Finalmente, como tercera alternativa, el reglamento indica el procedimiento de ensayos en túneles de viento (Figura 4).

Los resultados de los ensayos en túneles de viento serán considerados válidos siempre que cumplan las siguientes condiciones: que el viento natural sea representado teniendo en cuenta la variación de la velocidad con la altura; que los ensayos sobre formas curvas contemplen los efectos del número de Reynolds; que los ensayos para determinar cargas y presiones fluctuantes contemplen adicionalmente la escala e intensidad de la componente longitudinal de la

turbulencia y que los ensayos para determinar la respuesta dinámica de una estructura, además de los requisitos anteriores, contemplen la simulación de masas, longitudes, rigideces y amortiguamiento.

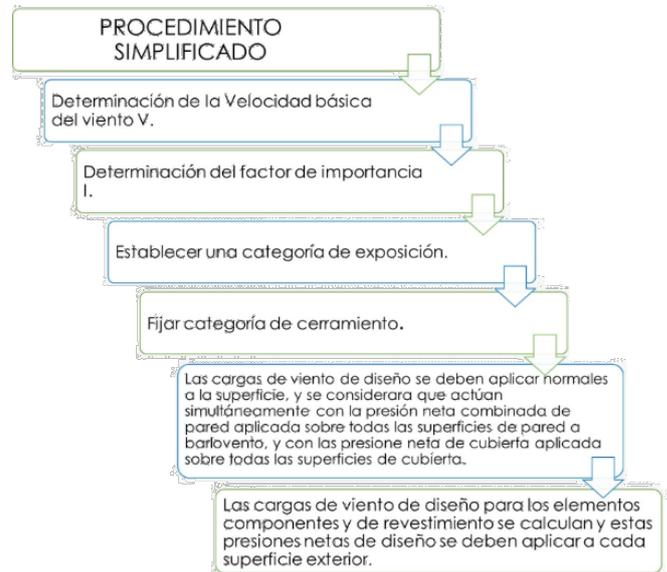


Figura 2: Procedimiento simplificado del CIRSOC 102

Los ensayos de túnel de viento son permitidos en remplazo de los métodos simplificados y analíticos, para cualquier edificio o estructura.

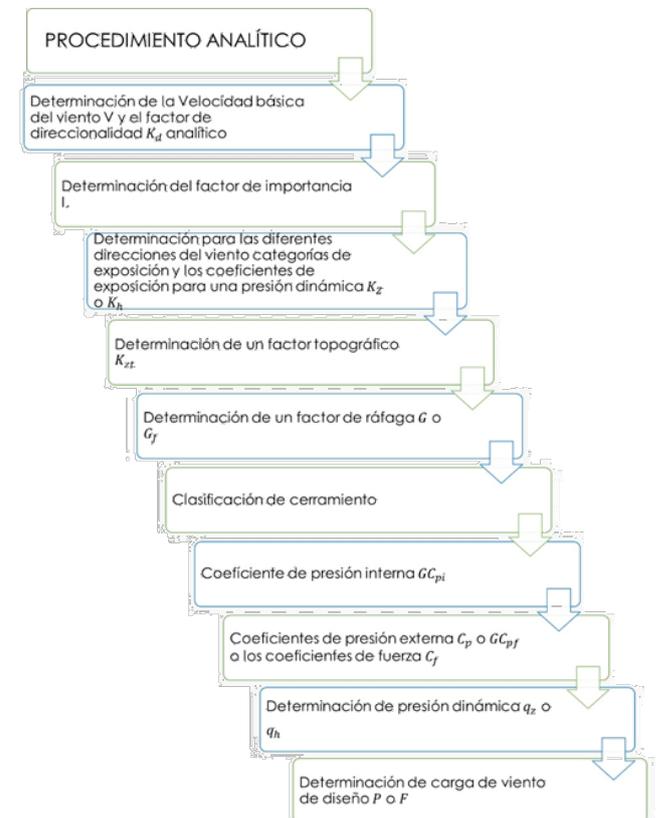


Figura 3: Procedimiento analítico del CIRSOC 102

### Evaluación de cargas aerodinámicas del edificio IPLYC Posadas

Las estructuras con fachada de tipo Curtain Wall se caracterizan por ser ligeras y acristaladas, permitiendo cubrir amplias superficies en fachadas con diseños de instrumentos livianos, creando la necesidad de analizar cargas de viento, provocadas por flujos de ráfagas de corta duración, asociado a fluctuaciones cortas y pequeñas áreas tributarias.

- 1) La CLA natural es modelada teniendo en cuenta la variación de velocidad de viento con la altura
- 2) Las escalas pertinentes de macro longitud y micro longitud de la componente longitudinal de la turbulencia atmosférica modelados aproximadamente a la misma escala usada para modelar la estructura
- 3) Las estructuras modelas y las estructuras y la topografía circundante deben ser geoméricamente similares a sus contrapartes a escala natural, excepto para edificios a baja altura.
- 4) El área proyectada de la estructura y sus alrededores modelados es menor al 8% del área de la sección transversal de ensayo o exista corrección por bloque.
- 5) Se ha tenido en cuenta el gradiente de presión longitudinal en la sección de ensayo del túnel de viento.
- 6) Los efectos del número de Reynolds sobre las presiones y las fuerzas están minimizados.
- 7) Las características de respuesta del instrumental del túnel de viento son consistentes con las medidas requeridas.

Figura 4: Procedimiento experimental del CIRSOC 102

El reglamento CIRSOC 102 en su Capítulo 6 especifica que para los ensayos en túnel de viento con modelación reducida se debe cumplir con una CLA de tipo natural, lo que permite tener en cuenta la variación de las velocidades del viento en correspondencia con la altura, la escala de las componentes longitudinales de turbulencia atmosférica, la estructura y la topografía circundante que deben ser geoméricamente similares a la escala natural. El Manual de Diseño de Obras Civiles en el Capítulo C.1.4 en el tema 1.5, enmarca las condiciones que deben cumplir los ensayos de túnel de viento para los modelos rígidos, y aeroelásticos, indicando que se debe cumplir con una geometría similar a la estructura, y la reproducción del perfil de velocidad en representación de la rugosidad del sitio, así como el entorno.

Para la determinación de las acciones causadas por el viento atmosférico del edificio Posadas localizado en la provincia de Misiones, se reprodujo el modelo y el entorno natural y artificial, empleando una escala geométrica de 1:200 (Figura 5).

Las tomas de presiones estáticas se ubican en puntos estratégicos de la estructura, en este caso se

consideraron 4 grupos de tomas de presión, los grupos A, B, C y D.



Figura 5: Ensayo del edificio IPLYC Posadas

Las tomas de presiones del grupo A están asociadas al análisis de cargas del tipo global que dependen del viento sobre la estructura, estas tomas de presión están ubicadas en las áreas que se exponen a las acciones del viento, es decir a las fachadas I, II, III y IV (Figura 6).

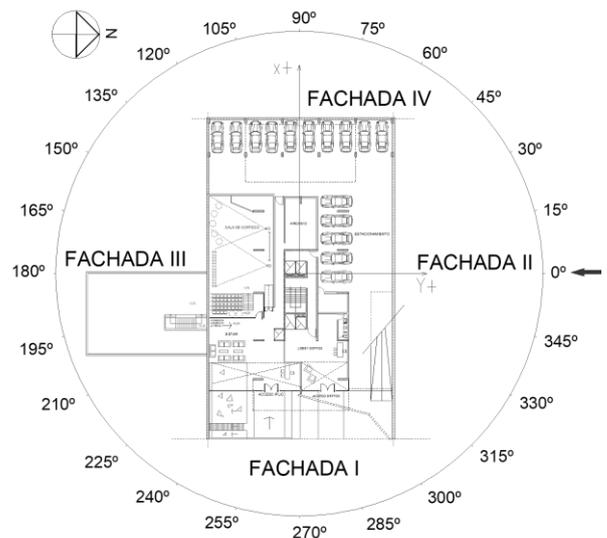


Figura 6: Direcciones expuestas en ensayo al viento incidente

Las tomas son distribuidas en 8 niveles de altura en respectiva al suelo, con ubicación a las tomas de presión estática, superficial y las áreas tributarias para cada toma de presión como se observa en la Figura 7 y en la Figura 8.

En el grupo B se encuentran las tomas de los balcones abiertos, se colocaron 3 tomas de presión por balcón como se aprecia en la Figura 9.

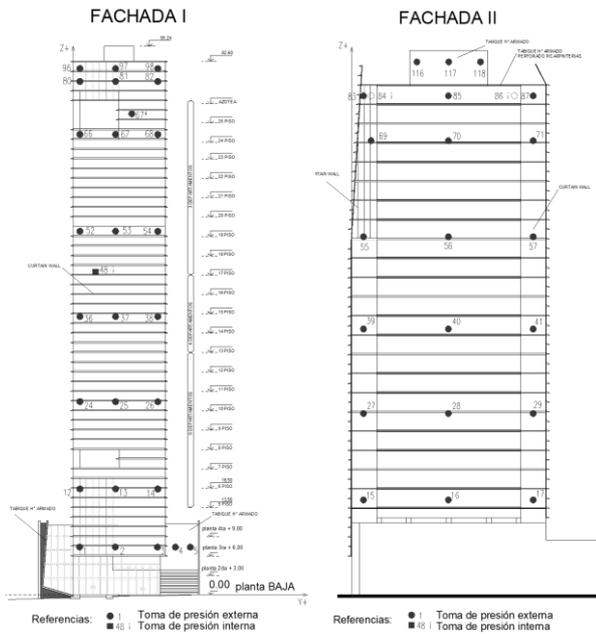


Figura 7: Fachada I y II de las tomas de presión

Las tomas de presión del grupo C (Figura 10) se ubican en el área del estacionamiento vehicular, mismo presenta la ubicación de columnas de la estructura principal, por lo tanto, es susceptible a ráfagas de viento combinado con escurrimientos medio intensos, es decir un efecto Venturi, donde existe un estrangulamiento que es causado por la estructura y la superficie abierta, donde se ubican las columnas de soporte de cargas superiores.

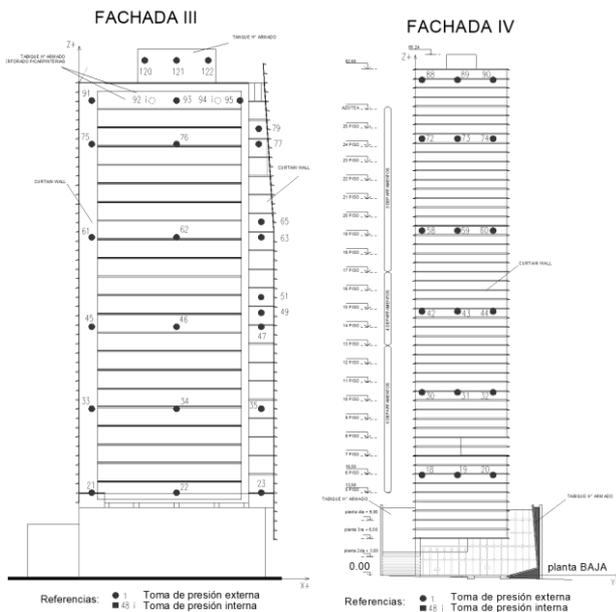


Figura 8: Fachada III y IV de las tomas de presión

En el grupo D, se encuentran las tomas de la terraza del edificio, empleado como área de esparcimiento, por lo tanto, las ráfagas pueden crear una alteración de

actividades del diseño original. En esta zona existen “parasoles” y prolongaciones “Curtain – Wall” que requieren un análisis específico de las cargas aerodinámicas, como se observa en la Figura 11 y 12.

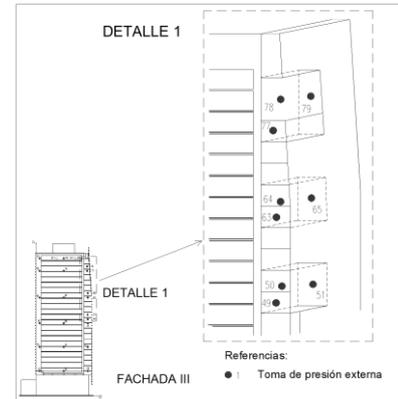


Figura 9: Tomas de presión del grupo B

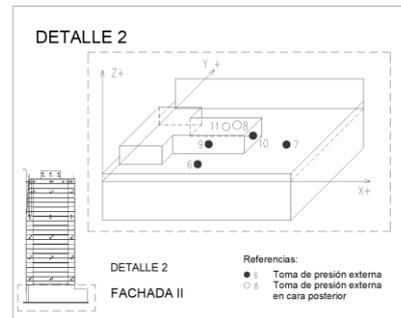


Figura 10: Tomas de presión asociadas al estacionamiento vehicular

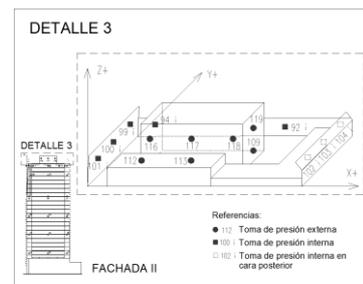


Figura 11: Toma de presión asociadas a la terraza

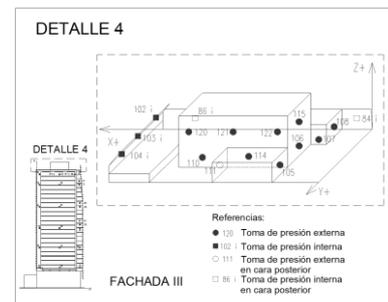


Figura 12: Tomas de presión asociadas a la terraza

Los cálculos de coeficientes de presión local  $C_p$  se determinan con la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{P - P_0}{q_z} = \frac{\Delta P}{q_z} \quad (1)$$

Y los coeficientes de fuerza global  $C_{f_x}$  y  $C_{f_y}$  con las ecuaciones:

$$C_{f_x} = \frac{\sum_{j=1}^n C_{p_j} A_j \sin \beta_j}{A_R} \quad (2)$$

$$C_{f_y} = \frac{\sum_{j=1}^n C_{p_j} A_j \cos \beta_j}{A_R} \quad (3)$$

Los coeficientes de fuerza global  $C_{f_x}$  y  $C_{f_y}$  para los distintos ángulos de incidencia de viento calculados se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados obtenidos del edificio IPLYC

$\alpha$	$CF_x$	$CF_y$	$\alpha$	$CF_x$	$CF_y$
0	0.05	-2.70	180	0.03	2.90
15	0.28	-2.88	195	-0.18	2.89
30	-0.03	-2.74	210	0.29	2.48
45	-0.67	-2.12	225	0.81	2.10
60	-0.86	-1.47	240	0.93	1.35
75	-0.88	-0.61	255	0.97	0.90
90	-0.86	0.57	270	0.84	-0.09
105	-0.92	0.76	285	0.91	-1.48
120	-0.90	1.40	300	0.94	-1.96
135	-0.61	1.97	315	0.64	-2.33
150	-0.20	2.57	330	0.06	-2.75
165	0.20	2.90	345	-0.14	-2.85

### Evaluación de cargas aerodinámicas del edificio Trump Tower

Las estructuras con configuraciones arquitectónicas poco cotidianas, dificultan la evaluación de las cargas aerodinámicas necesarias para el cálculo estructural.

El Trump Tower edificio se encuentra localizado en Punta Este (54°55'21" O, 34°56'48" S), Uruguay, y posee una altura aproximada de 80 m. Presenta una estructura exterior cilíndrica con salientes.

El modelo realizado es de tipo rígido y a escala reducida, tal cual se establece en el Manual de Obras Civiles de Diseño por Viento de la CFE y en el Reglamento CIRSOC 102.

El modelo representa la estructura del edificio principal, así como su entorno natural y artificial, reproducido 2,5 veces la altura y a una escala geométrica 1:200, permitiendo lograr un viento compatible con las escalas de simulación correspondientes al túnel de viento.

Para poder representar las condiciones de semejanza, el modelo reproduce los detalles de relevancia aerodinámica del edificio. Se modela, también, el entorno, incluyendo tres edificios cercanos.



Figura 13: Ensayo del edificio Trump Tower

El análisis de los efectos que existen en un entorno urbano se evalúa en dos situaciones. La primera situación consiste en un análisis del modelo aislado, y luego se ensaya el modelo junto al entorno inmediato, incluyendo edificios cercanos, aerodinámicamente relevantes, ya que modifican el viento atmosférico.

Los ensayos se realizaron con simulaciones de viento natural, empleando el método de Counihan, el modelo de la edificación se reproduce con un radio de 200 m, incluyendo tres edificios con una altura casi similar.

Durante los ensayos se determinaron los valores medios, máximo, mínimo y RMS de presión local.

El factor de bloqueo, que es la relación existente entre el área expuesta y el área de la sección transversal de la cámara de ensayo, fue del 8%. En la Figura 14 se observa la vista en planta del modelo y las direcciones de viento incidente analizadas en el ensayo con entorno completo y en el ensayo con el modelo aislado.

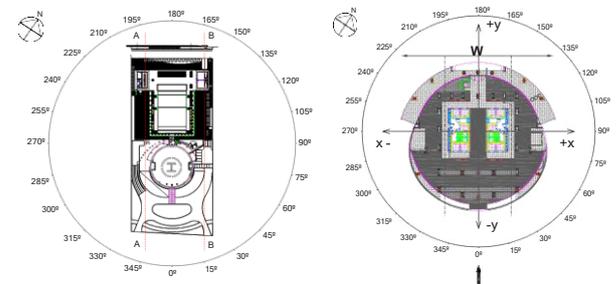


Figura 14: Direcciones de viento incidente analizadas en el ensayo con entorno completo y con el modelo aislado.

Se pueden considerar dos grupos de tomas de presiones. El primer grupo corresponde a las cargas globales provocadas por las fuerzas de viento en la estructura, las tomas de esta distribución son ubicadas en las áreas con mayor exposición a las acciones de masas de viento, ubicándolas en los niveles habitacionales 2, 7, 11, 16, 22 y el nivel B, correspondiente al helipuerto, como se observa en la Figura 15.

El segundo conjunto de toma de presiones, se refiere a las tomas ubicadas en balcones abiertos, barandas de terraza, niveles A y C del helipuerto, estas fueron

instrumentadas para medir presiones estáticas externas e internas.

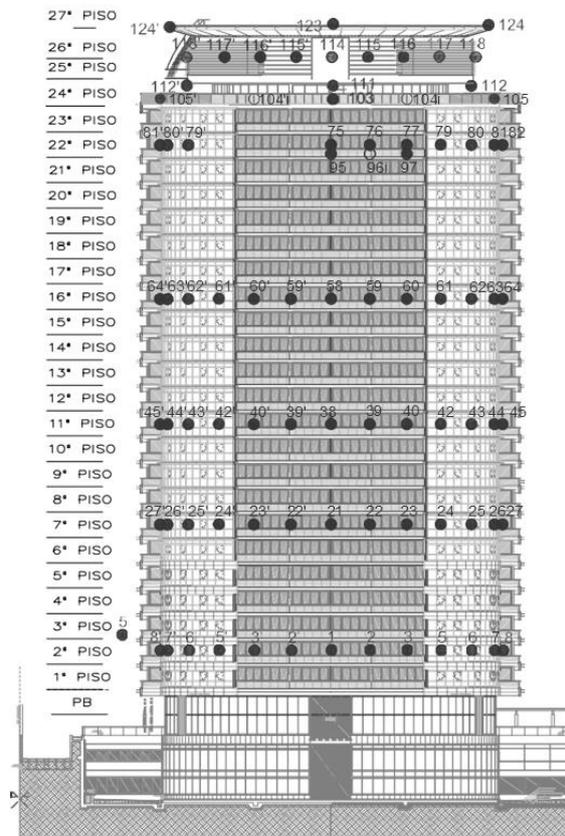


Figura 15: Tomas del frente del edificio Trump Tower

Los coeficientes de presiones locales medios,  $\overline{C_p}$ , para las 211 tomas distribuidas en el área exterior de la torre se determinan con la siguiente ecuación:

$$\overline{C_p} = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T \Delta p(t) dt}{q} \quad (4)$$

donde  $\Delta p$  es la diferencia de presión estática entre el punto de medición y la presión estática de referencia,  $q$  es la presión dinámica medida a la altura de referencia,  $T$  es el intervalo de tiempo de adquisición.

Los coeficientes de fuerza global,  $C_{fx}$  y  $C_{fy}$  se determinan con:

$$C_{fx} = \frac{\sum_{j=1}^n \overline{c_{pj}} A_j \sin \beta_j}{A_R} \quad (5)$$

$$C_{fy} = \frac{\sum_{j=1}^n \overline{c_{pj}} A_j \cos \beta_j}{A_R} \quad (6)$$

Donde  $n$  es el número de tomas,  $\overline{c_{pj}}$  es el coeficiente de presión media correspondiente a la toma  $j$ ,  $A_j$  es el área tributaria de la toma  $j$ ,  $\beta_j$  es el ángulo que forma la fuerza normal superficial respecto al eje  $y$  y positivo en sentido contrario a la agujas del reloj. El área

maestra de referencia,  $A_R$ , definida como:  $A_R = WH$ ,  $W$  es la definición de la dimensión transversal del área maestra de referencia y  $H$  es la altura total del modelo de la torre.

En la Tabla 2 se presentan los coeficientes de fuerza global obtenidos para las direcciones de viento analizadas. Con relación a las componentes de las cargas de viento, es posible establecer que la máxima componente sobre el eje  $x$  se produce para una dirección de viento incidente de  $30^\circ$  y para la máxima componente sobre el eje  $y$  se produce para una dirección de viento incidente a  $180^\circ$ .

Tabla 2 Resultado de los coeficientes del edificio Trump Tower

	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°
$C_{fx}$	0,22	0,59	0,77	0,70	0,57	0,36	0,23	0,18	0,18	0,27	0,24	0,06
$C_{fy}$	0,75	0,62	0,66	0,63	0,51	0,34	0,00	-0,19	-0,37	-0,50	-0,64	-0,85
	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°
$C_{fx}$	0,07	-0,02	-0,04	-0,17	-0,15	-0,06	-0,19	-0,28	-0,49	-0,59	-0,60	-0,27
$C_{fy}$	-0,90	-0,91	-0,79	-0,52	-0,35	-0,16	-0,05	0,37	0,48	0,64	0,73	0,83

## CONCLUSIONES

El reglamento de vientos CIRSOC 102 - Argentina y el Manual de Diseño de Obras Civiles CFE – México, no muestran grandes diferencias para la evaluación de acciones generadas por vientos utilizando coeficientes experimentales obtenidos de ensayos en túnel de viento, aun siendo la normativa CIRSOC 102 una adaptación de la ASCE 7-95 capítulo 6 “Design Loads for Building and Other Structures”, mientras que el Manual de Diseño de Obras Civiles CFE – México es producto de una recopilación y comparación de normativas de EUA, Canadá, Inglaterra, Suiza, entre otros.

El trabajo experimental permitió determinar en qué fachadas del Edificio IPLYC Posadas se producen las máximas cargas de viento y para que direcciones de viento incidente

Asimismo, con relación al edificio Trump Tower, dada la configuración geométrica del predio, es posible establecer en que direcciones de vientos se producen valores máximos de la componente sobre el eje  $x$  y sobre el eje  $y$ , respectivamente.

El análisis de los efectos del número de Reynolds, a través de la comparación de los coeficientes globales para el modelo liso y con rugosidad artificial, permite verificar que los balcones y las aristas actúan como elementos de rugosidad en sí mismos, de forma tal que los valores en ambos casos resultan muy semejantes.

La comparación de los resultados obtenidos con el edificio aislado y el caso que considera el entorno edilicio para el edificio Trump Tower indica un aumento definido de valores para los casos en que los

edificios del entorno se ubican lateralmente y provocan mayor bloqueo, y, por el contrario, una disminución bastante marcada ocurre para las direcciones en que los modelos están alineados con el escurrimiento.

Es importante señalar que los coeficientes de presión local en el área de la terraza deben ser analizados en función al criterio de uso por ser fundamentalmente un área de esparcimiento.

Estas consideraciones finales solamente incluyen los aspectos claves y conclusiones que surgen del análisis y discusión de los resultados, no obstante, es importante mencionar que podrían agregarse varias recomendaciones relacionadas con el trabajo experimental, así como destacar el posible impacto del análisis realizado para la evaluación de estructuras de este tipo.

## REFERENCIAS

- [1] Blessmann, J. (1995). O vento na engenharia estrutural. 1ª ed., Ed. Da Universidade / UFRGS, Porto Alegre.
- [2] Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (2020) Capítulo C.1.4 Diseño por viento, México.
- [3] CIRSOC (2005). 102, Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones. Argentina.