

COMPORTAMIENTO AERODINÁMICO DE LA CASA-MAYA MEDIANTE LA DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL

Víctor Antonio Chulin Tec¹, Cleotilde Herrarte²,
Dianelly Yazuri Chulim Tec³

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Recibido: 23/09/2019 Aceptado: 30/09/2019 Publicado: 03/12/2019

Resumen.- Para cuantificar los efectos del viento en una construcción cuya geometría es compleja, se realizan ensayos experimentales en túnel de viento con modelos a escala para determinar los valores de los coeficientes aerodinámicos. En este trabajo se presenta la metodología para determinar estos coeficientes en prototipos de Casa Maya (CM y CM2) y en otro de vivienda económica convencional (CEC) mediante la dinámica de fluidos computacional (CFD, por sus siglas en inglés). En este estudio se consideraron los mismos parámetros utilizados en un estudio experimental realizado previamente. Todos los modelos se sometieron a una velocidad de viento de 15 m/s y ángulos de incidencia de 0° y 90°. La comparación de resultados muestra que los coeficientes de presión registrados en túnel de viento para ambas direcciones y los estimados mediante la CFD tienen la misma tendencia general y con diferencias promedio del orden de 0.1. Los coeficientes de arrastre en los muros de las casas CEC, CM y CM2 presentan diferencias del orden de 0.07. La metodología aquí presentada es una herramienta alterna para determinar las presiones ejercidas por el viento sobre edificaciones con geometrías que estén fuera del alcance de los reglamentos y normas de diseño por viento.

Palabras clave: Casa maya, coeficientes aerodinámicos, CFD, coeficientes de arrastre.

AERODYNAMIC BEHAVIOR OF THE CASA MAYA THROUGH COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Abstract.- To quantify the effects by wind in a construction whose geometry is complex, experimental trails made by wind tunnel with scale models to determine the values of aerodynamic coefficients. This paper presents the methodology to determine these coefficients in Casa Maya prototypes (CM and CM2) and in another one of conventional economic housing (CEC) through computational fluid dynamics (CFD, for its acronym in English). In this study, it was consider the same parameters used by experimental trails. All models submitted to a wind speed of 15 m / s and angles of incidence of 0° and 90°. The comparison of results shows that the pressure coefficients registered in wind tunnel for both directions and those estimated by the CFD have the same general tendency and with average differences of the order of 0.1. The drag coefficients in the walls of houses CEC, CM and CM2 present differences of the order of 0.07. The methodology presented here is an alternative tool for pressures exerted by the wind on buildings with geometries that are outside the regulations and norms by wind design.

Keywords: Casa Maya, aerodynamic coefficients, CFD, drag coefficients.

Introducción

Para determinar las cargas inducidas por el viento sobre las edificaciones, comúnmente se emplean códigos, éstos son fáciles de aplicar para construcciones con formas regulares. En las construcciones con formas irregulares o aquellas situadas en ambientes complejos, la determinación de las cargas inducidas por el viento resulta complicada y fuera del alcance de los códigos. Para estos casos, una solución, es emplear túneles de viento para determinar las presiones ejercidas por el viento en las partes de la estructura más sensibles. En el proceso de diseño, el uso de software por computadora es más conveniente (Gamboa-Marrufo et al., 2011). El objetivo del presente proyecto es cuantificar las presiones exteriores ejercidas por la acción del viento en muros característicos de las viviendas tipo CM, CEC y adicionalmente en muros de una propuesta de vivienda basada en la geometría de la Casa-Maya (CM2) mediante la dinámica de fluidos por computadora (CFD) y comparar los resultados con aquellos obtenidos por medio de pruebas en túnel de viento.

¹Víctor Antonio Chulin Tec. Docente del Instituto Tecnológico de Chetumal. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal. vchulin@itchetumal.edu.mx. (Autor correspondiente).

²Cleotilde Herrarte. Egresada de la Carrera de Ingeniería Civil Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal.

³Dianelly Yazuri Chulim Tec. Estudiante de la Maestría en Construcción. Tecnológico Nacional de México/I. T. Chetumal, México.

La dinámica de fluidos computacionales (CFD, por sus siglas en inglés) consiste en el análisis del movimiento de los fluidos y, en ocasiones, de otros fenómenos asociados (transferencia de calor, reacciones químicas, arrastres de sólidos, etc.) empleando la computadora. Su objetivo es la búsqueda de una solución numérica de las ecuaciones diferenciales parciales que rigen el movimiento de los fluidos a través de la discretización y la resolución de dichas ecuaciones ya sea mediante técnicas como diferencias finitas, volumen finito o elemento finito, cuya interacción permita determinar la hidrodinámica de un fluido en el rango de estudio. Además de la información básica que se puede obtener análogamente de las pruebas experimentales en túnel de viento, estos programas proporcionan información complementaria del comportamiento de los fluidos que resultaría difícil de conocer experimentalmente, tales como las energías de turbulencia, las cuales no serían fáciles de determinar o requerirían de instrumentación altamente compleja y costosa para hacerlo. Las simulaciones numéricas, empleando la técnica CFD, siempre han venido acompañadas por una fase experimental que ha servido para darle certidumbre (validación) a los resultados obtenidos de la simulación; por ejemplo, los trabajos realizados por Verma et al., (2015) ofrecen una alternativa conveniente para predecir los fenómenos del viento en relación a los edificios y otros tipos de estructuras empleando la CFD. Su investigación consistió en hacer un análisis de los coeficientes de presión en un edificio de forma octagonal (en planta), y comparar los resultados con pruebas experimentales realizadas en un túnel de viento. Las simulaciones se realizaron con ángulos de embate de 0, 15 y 30 grados. Los resultados mostraron que cuando la dirección del viento era 0°, las presiones máximas ocurrían en la cara 'A' del edificio y estas incrementaban de abajo hacia arriba debido a la altura. Las diferencias de los coeficientes de presión resultaron del orden de 0.1. Este estudio también comprobó que las presiones máximas se dan en el centro del lado de barlovento del edificio y estas disminuyen al orillarse. Muchos investigadores han comprobado que los resultados de una simulación numérica son muy parecidos a las pruebas experimentales, (siempre y cuando se cumpla con los procedimientos correctos para la simulación numérica). Según Gamboa et al., (2013) los resultados de la simulación numérica de una tenso-estructura con los de una prueba experimental en un túnel de viento de la misma estructura fueron muy similares y las diferencias fueron del orden de 0.1 y 0.07 para las direcciones paralela y perpendicular respectivamente.

Metodología

El procedimiento general adoptado en la modelación mediante la CFD se resume en el siguiente diagrama de flujo y se describe en las siguientes secciones (Ver figura 1).

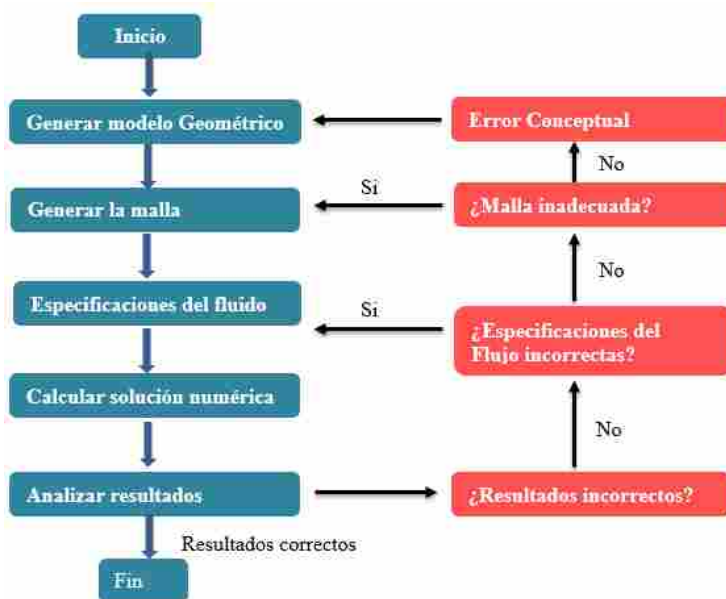


Figura 1. El Proceso del análisis mediante CFD (Shaw, 1992).

El dibujo de las viviendas se realizó en el programa *Autocad* (ver figura 2) y se exportó al programa *Ansys Fluent-Design modular*. Para verificar que este proceso no generó errores en la geometría, se recurrió a la herramienta “repair”

de *design modular*. Algunos errores que suelen aparecer son: defectos en bordes, agujeros pequeños en las superficies, dobles nodos y errores en la conectividad de los elementos, entre otros.

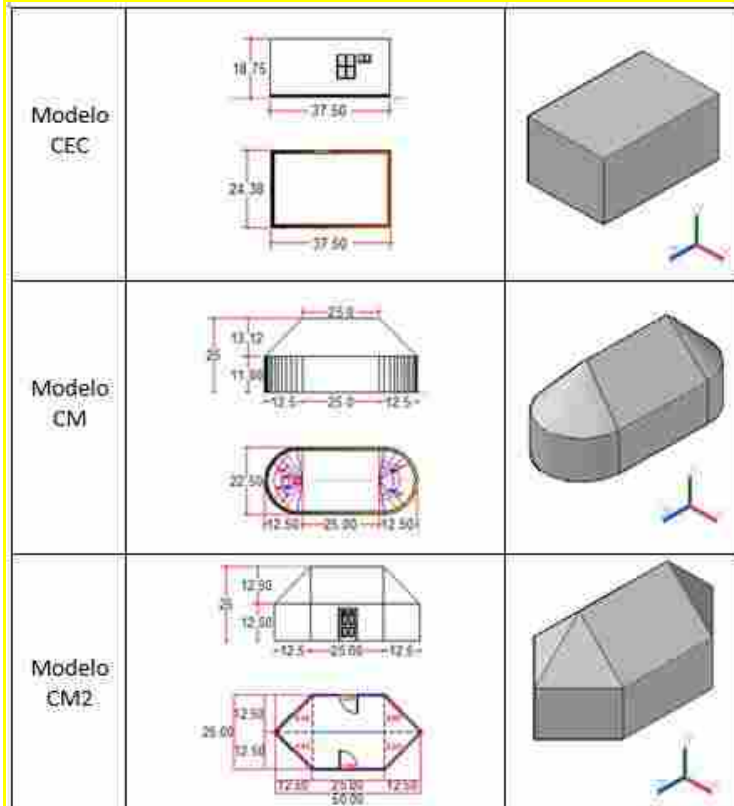


Figura 2. Geometría y dimensiones en centímetros de los modelos CEC, CM y CM2.

Dominio Computacional: Un dominio computacional es la región en el espacio en la cual las ecuaciones de movimiento se resuelven mediante la CFD, Cengel et al., (2006). Para evitar efectos de interferencia con las paredes del dominio computacional se utilizaron dimensiones similares a las usadas en el trabajo de Gallardo et al., (2014). Estas dimensiones se presentan en la figura 3, donde H es la altura del edificio en estudio. Las simulaciones se realizaron con dos direcciones de embate del viento sobre los modelos, paralela y perpendicular a las generatrices respectivamente. Para optimizar recursos computacionales y aprovechar la simetría de los modelos, se optó por utilizar un eje de simetría, en este caso el eje Z. (Ver la figura 3).

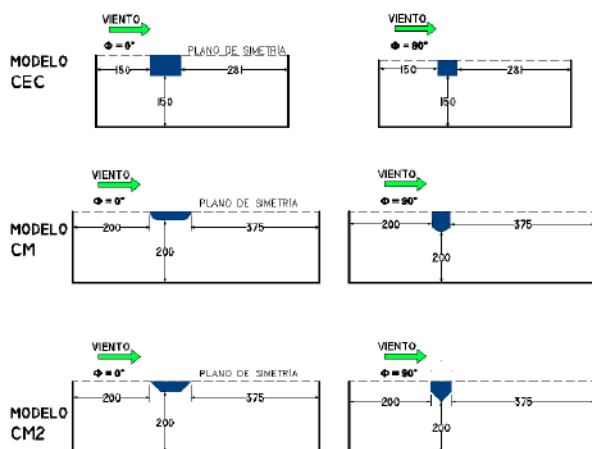
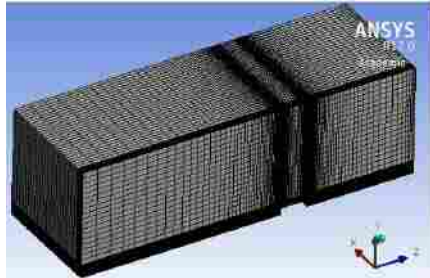


Figura 3: Posición de los modelos de CEC, CM y CM2 dentro del dominio computacional (elaboración propia).

Malla Numérica: Una malla define las celdas en las que se calculan las variables de flujo (velocidad y presión, entre otras) en todo el dominio computacional y se clasifican como estructuradas o no estructurada. En las figuras 4, 5 y 6 se presentan los tipos de malla que se utilizaron para el caso de CEC ($\Phi = 0^\circ$)

Malla refinada: Debido a la geometría de este modelo, es posible utilizar una malla estructurada, también se refino la malla aproximadamente un 20%. (Ver figuras 5 y 6).



Tipo de malla: estructurada

Método: Multizone

Elementos: 402,793

Calidad ortogonal: 0.98

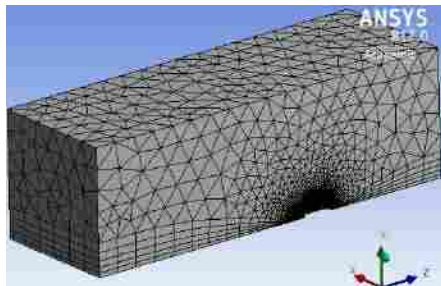
El Sesgo (Skewness)= 0.02

Figura 4. Malla refinada (elaboración propia).

En este caso (Malla refinada) se optó por trabajar con una malla estructurada debido a que el modelo CEC es rectangular y factible con elementos hexaedros. Los controles para el mallado que se utilizaron para refinar la malla son los siguientes: Multizone y apped face meshing.

CM ($\Phi = 0^\circ$) Malla refinada

De igual manera la malla para este modelo se refino aproximadamente un 20%, figura 5.



Tipo de malla: no estructurada

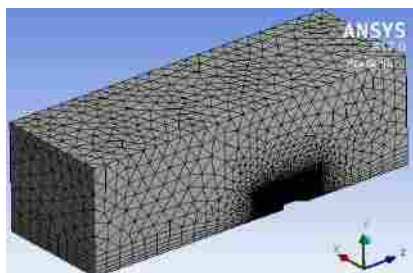
Método: tetraedros

Elementos: 401,751

El Sesgo (Skewness)= 0.74

Figura 5. Malla refinada (elaboración propia).

CM2 ($\Phi = 0^\circ$) Malla refinada



Tipo de malla: no estructurada

Método: tetraedros

Elementos: 492,483

El Sesgo (Skewness)= 0.75

Figura 6. Malla refinada (elaboración propia).

Configuración de la solución: La configuración consiste en establecer los parámetros que se usan durante la resolución de las ecuaciones tales como el modelo de turbulencia, los materiales y las propiedades del fluido (densidad y viscosidad). El fluido para realizar los estudios es el aire con una viscosidad de 1.7894×10^{-5} (kg/m-s) y densidad constante de 1.225 (kg/m³). La presión de operación elegida fue cero y la velocidad de entrada de 15 m/s.

Condiciones de frontera: Las condiciones de frontera utilizadas en este estudio se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de frontera

Nombre	Contorno	Propiedad
Casa	Wall	Velocidad cero en su superficie, de modo que el flujo no lo atraviesa
symmetry	symmetry	La condición de frontera de simetría se impone sobre una cara de tal modo que el flujo que cruza la cara es una imagen especular del flujo calculado.
cara lateral (symmetry_side)	symmetry	condición de frontera de simetría
Techo (symmetry_top)	symmetry	condición de frontera de simetría
Piso (Wall)	Wall	Velocidad cero en su superficie, de modo que el flujo no lo atraviesa
Inlet	VelocityInlet	Contorno de entrada de flujo a una velocidad definida
Outlet	PressureOutlet	Contorno de salida de flujo

Solucionador: En este estudio se seleccionó el método numérico de solución basada en la presión (*Pressure-Based Solver*) y el algoritmo de acoplado.

Estudio de Independencia de Malla: El método estándar para probar la independencia de la malla es incrementar la resolución (en un factor de 2 en todas las direcciones si es posible) y repetir la simulación (Cengel *et al.*, 2006). Si los resultados no cambian de manera considerable, es probable que la malla original sea adecuada. Si surgen diferencias importantes entre las dos soluciones, entonces debe probarse una malla más fina hasta que se resuelva de manera satisfactoria.

En la figura 7 se muestran los puntos de medición de “presiones locales” en los tres modelos sometidos a una prueba experimental, realizado por Chulin y Gamboa (2007). La semejanza dinámica se consideró por medio de coeficientes de presión (C_p) y de arrastre (C_d) definidos en las ecuaciones 1 y 2 respectivamente:

$$C_p = \frac{p - p_\infty}{\frac{1}{2} \rho U_\infty^2} \quad (\text{ec.1})$$

$$C_d = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho U_\infty^2 A'} \quad (\text{ec.2})$$

Donde D es la fuerza de empuje y succión paralela a la dirección del viento. U_∞ es la velocidad de la corriente uniforme, A' es el área frontal proyectada del objeto visto desde una dirección paralela a la velocidad corriente arriba y ρ es la densidad del fluido.

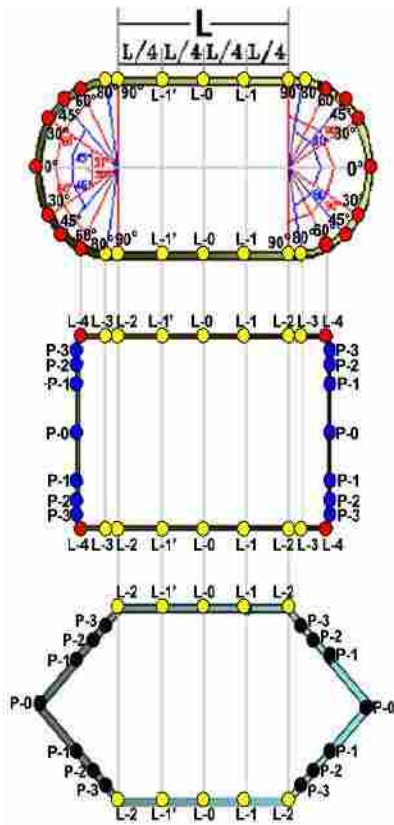


Figura 7. Puntos de medición de presión (Chulin y Gamboa, 2007).

Resultados

En la figura 8 se hace una comparación de los coeficientes de presión obtenidos en pruebas experimentales y mediante CFD para el modelo de CM cuando el viento embate en la dirección ($\Phi = 0^\circ$). En general se obtienen valores semejantes en los muros laterales y en barlovento. Debido a la curvatura del muro en sotavento, el flujo mantiene una velocidad constante, es decir no se presenta separaciones bruscas del viento, dando como resultado succiones comprendidas entre -0.14 y -0.20 en el área de sotavento.

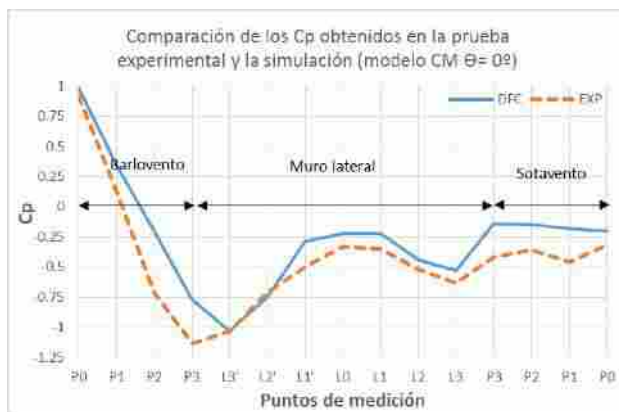


Figura 8. Comparación de Cp obtenidos de ensayos experimentales y mediante CFD (elaboración propia)

La Figura 9 presenta una vista en planta del modelo de CM cuando el viento embate en la dirección ($\Phi = 0^\circ$). Se muestran los contornos de presión (C_p) en los muros y la cubierta. Los resultados de la simulación numérica revelan que en la zona central del muro en barlovento existe un C_p 0.98 y a las orillas de dicho muro, del punto 'P2' al 'L3' ocurren succiones con magnitudes desde -0.1 a -1.03, esto se debe a que, al fluir el aire hacia las aristas del cuerpo, las líneas de corriente se juntan, lo que ocasiona un aumento de la velocidad que genera vórtices en esas zonas que ejercen presiones negativas.

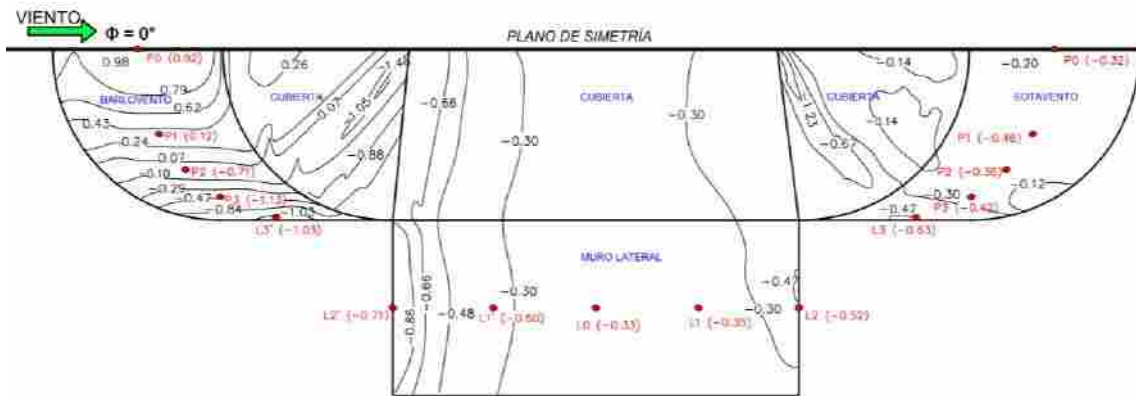


Figura 9: Contornos de presión en los muros y cubierta del modelo de CM (elaboración propia)

Modelo CM (embate del viento a 90°)

En la figura 10 se hace una comparación de los coeficientes de presión obtenidos en pruebas experimentales y mediante CFD para el modelo de CM cuando el viento embate en la dirección ($\Phi = 90^\circ$). Los valores que presentan mayor discrepancia son los que se obtienen en sotavento, pero se observa que los resultados de la simulación concuerdan con la teoría del autor Holmes, 2007; la cual establece que en construcciones de baja altura con cubiertas que tengan un ángulo de inclinación de más de 20° , ocurre una separación del flujo y no se logra la readherencia de la capa límite sobre la cubierta en dirección del viento. Esto por lo general causa presiones negativas relativamente uniformes.

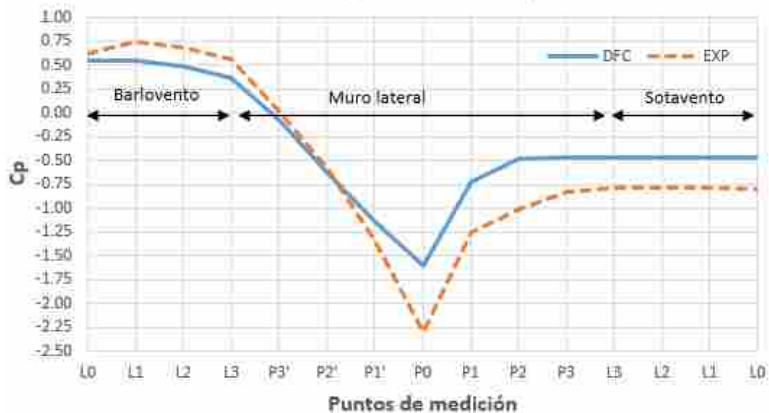


Figura 10: Comparación de C_p obtenidos de ensayos experimentales y mediante CFD ($\Phi = 90^\circ$)

La Figura 11 presenta una vista en planta del modelo CM cuando el viento embate en la dirección ($\Phi = 90^\circ$), donde se muestran los contornos de presión (C_p) en los muros y la cubierta. En contraste con la prueba anterior (cuando $\Phi = 90^\circ$) en la zona de barlovento las presiones mayores ocurren en la parte inferior y superior del muro y no en la parte central. En cuanto al muro lateral, existe un incremento considerable de succiones, presentándose la presión negativa más crítica en el centro de dicho muro; esto se debe a que la velocidad del fluido aumenta dando como resultado succiones intensas.

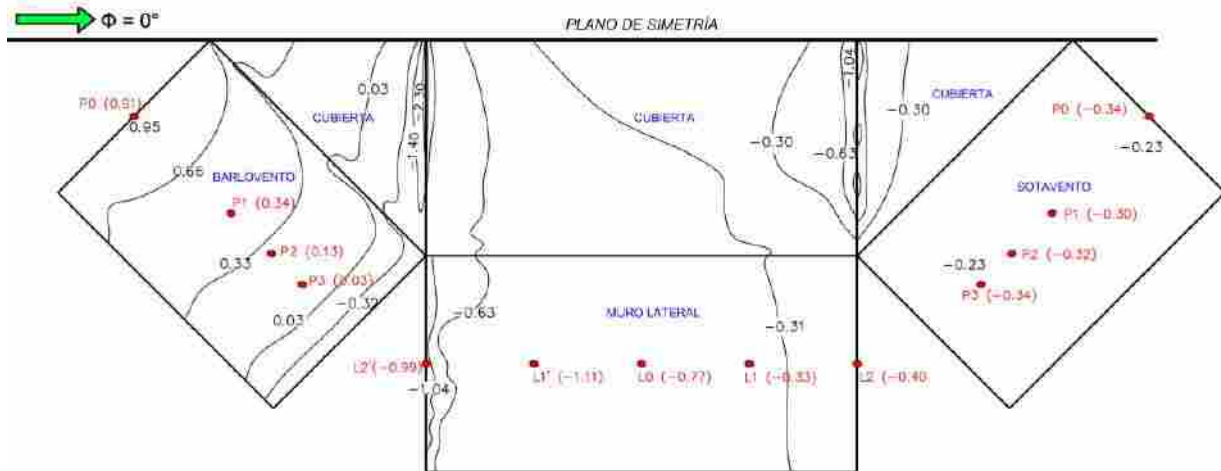


Figura 13: Contornos de presión en los muros y en la cubierta del modelo CM2 ($\Phi = 0^\circ$), elaboración propia.

Modelo CM2 (embate del viento a 90°)

En la figura 14 se hace una comparación de los coeficientes de presión obtenidos en pruebas experimentales y mediante CFD para el modelo de CM2 cuando el viento embate en la dirección ($\Phi = 90^\circ$). En los muros de la zona de barlovento se pueden observar valores semejantes en los coeficientes de presión, mientras que en la zona de sotavento los resultados de CFD presentan mayor discrepancia. Las succiones en esta zona no son tan intensas, probablemente se deban a la separación del flujo causada por la cubierta del modelo.



Figura 14: Comparación de C_p obtenidos de ensayos experimentales y mediante CFD (elaboración propia).

La Figura 15 presenta una vista en planta del modelo CM2 cuando el viento embate en la dirección ($\Phi = 90^\circ$), donde se muestran los contornos de presión (C_p) en los muros y la cubierta. Se observa que existe gran semejanza de C_p en la primera mitad del muro lateral, pero en la segunda mitad los valores presentan algunas discrepancias; sin embargo, las magnitudes de las succiones son menores al hacer una comparación con el modelo de CM ($\Phi = 90^\circ$).

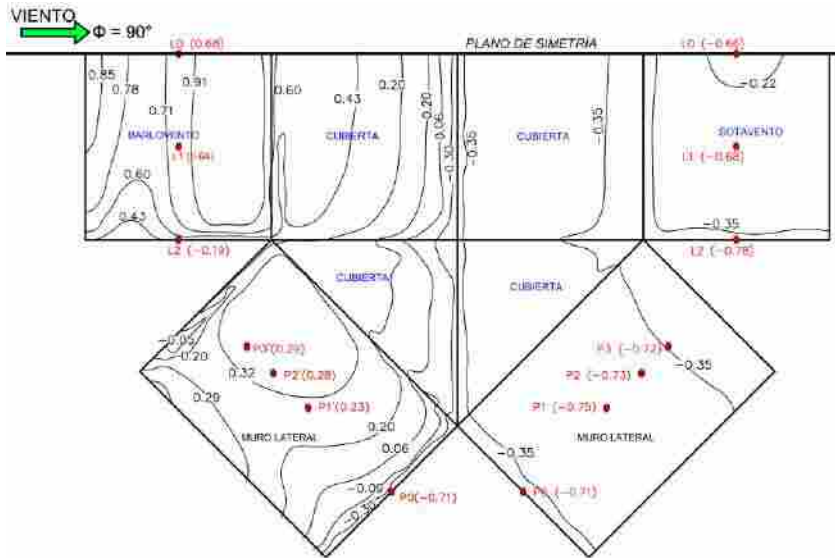


Figura 15: Contornos de presión en los muros y en la cubierta del modelo de CM2 ($\Phi = 90^\circ$), elaboración propia.

Modelo CEC (embate del viento a 0°)

En la figura 16 se comparan los coeficientes de presión obtenidos en pruebas experimentales y mediante CFD para el modelo de CEC cuando el viento embate en la dirección ($\Phi = 0^\circ$). Los resultados demuestran que los C_p en la zona de sotavento son muy semejantes a los obtenidos en la prueba experimental; mientras que la diferencia máxima en barlovento es de 0.19. Por otra parte, en el muro lateral las succiones críticas ocurren cerca del punto de medición L4' y son similares con una diferencia mínima de -0.09.

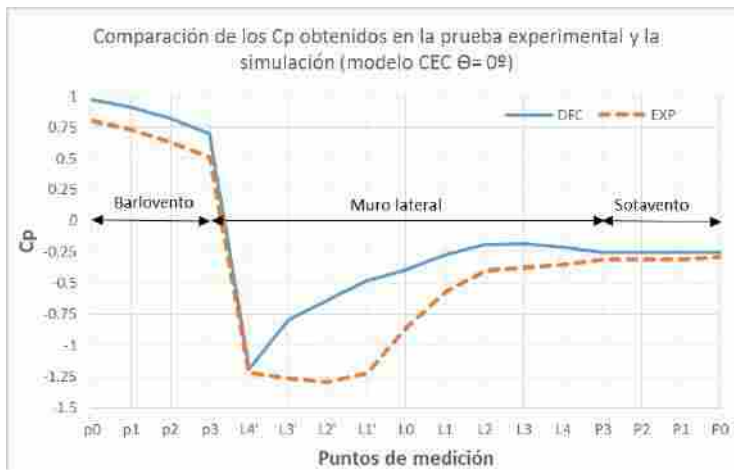


Figura 16: Comparación de C_p obtenidos de ensayos experimentales y mediante CFD (elaboración propia).

La Figura 17 presenta una vista en planta del modelo de CEC cuando el viento embate en la dirección ($\Phi = 0^\circ$), donde se muestran los contornos de presión (C_p) en los muros y la cubierta. Los resultados muestran que gran parte del muro en barlovento se encuentra sometido a presiones intensas. Los valores de C_p críticos en el muro lateral son similares a los resultados de la prueba experimental, siendo estos -1.20 y -1.29 respectivamente. En la zona de sotavento también se observa que existe semejanza, la diferencia entre los valores obtenidos de C_p con los dos métodos de estudio es de 0.06.

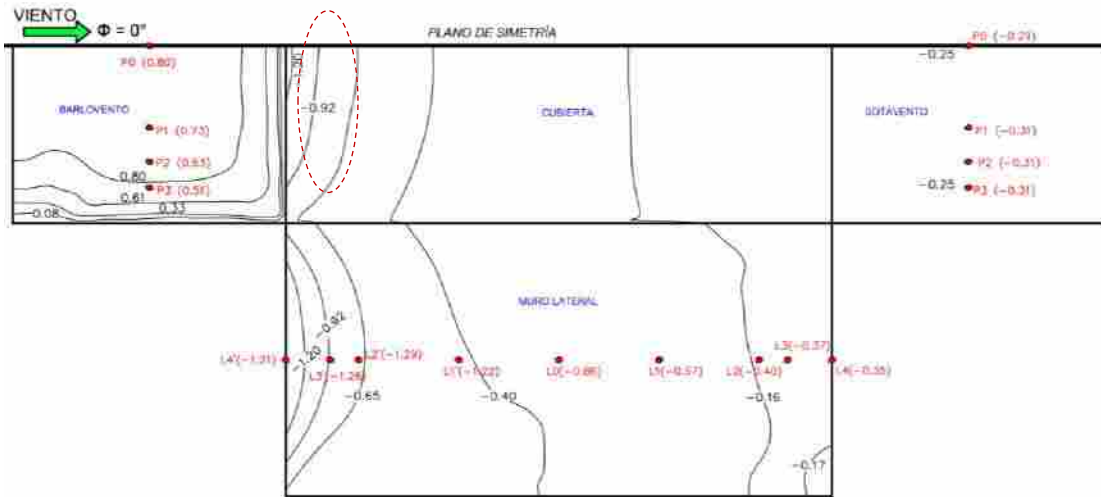


Figura 17: Contornos de presión en los muros y en la cubierta del modelo de CEC ($\Phi = 0^\circ$), elaboración propia.

Modelo CEC (embate del viento a 90°)

En la Figura 18 se comparan los coeficientes de presión obtenidos en pruebas experimentales y mediante CFD para el modelo de CEC cuando el viento embate en la dirección ($\Phi = 90^\circ$). Se observa que en la zona de barlovento al igual que en el muro lateral existe semejanza con los valores obtenidos de Cp obtenidos experimentalmente en el túnel de viento. En el muro de sotavento se observa una diferencia máxima de -0.21.

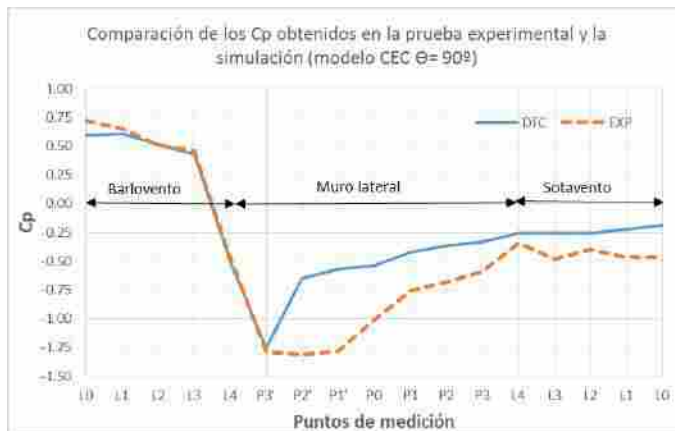


Figura 18: Comparación de Cp obtenidos de ensayos experimentales y mediante CFD (elaboración propia).

La Figura 19 presenta una vista en planta del modelo de CEC cuando el viento embate en la dirección ($\Phi = 90^\circ$), donde se muestran los contornos de presión (C_p) en los muros y la cubierta. Los resultados muestran que la parte inferior y superior del muro en barlovento se encuentran sometidas a presiones intensas mientras que en sus bordes se presentan succiones debido a que la velocidad del fluido aumenta en esta área. En la zona de sotavento se puede observar una succión uniforme de -0.19

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante CFD, cuando el viento incide con $\Phi=0^\circ$, los coeficientes de arrastre en los muros de los modelos de CEC, CM y CM2 muestran gran similitud con los resultados experimentales obtenidos en el túnel de viento, la diferencia es menor al 7%. Por otra parte, cuando el viento incide con $\Phi=90^\circ$, las diferencias son mayores en los modelos de CM y CM2. Se observa que las diferencias mayores entre los coeficientes de presión ocurren en el muro de sotavento. Esto es debido a que la cubierta de los modelos de CM y CM2 causan una separación del flujo y no se logra la readherencia de la capa límite sobre la cubierta y los muros en sotavento, dando como resultado presiones negativas relativamente uniformes. Con relación a la cuantificación de los coeficientes de arrastre ejercidas en los modelos de CEC, CM y CM2 en la dirección dominante del viento, cuando este incide con $\Phi=0^\circ$, se puede concluir que la CM presenta el mejor comportamiento aerodinámico, siendo 63% más eficiente que la CEC y 38% más eficiente que la CM2.

Bibliografía

- ANSYS® Academic, Release 17.0, Help System, Fluent Using the Solver/ 29.22.1., ANSYS, Inc.
- Cengel A. Y Cimbala M. (2006). *Mecánica de Fluidos: fundamentos y Aplicaciones* (1ª ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Chulín T. V., Gamboa M.M. (2007). *Comportamiento Aerodinámico de los Muros de la Casa Maya*.
- Gallardo, E.A. (2015). *Estudio de los Efectos del Viento en Naves Industriales con Cubierta de dos Aguas con Mecánica de Fluidos Computacional*. Tesis de Maestría no publicada, UNAM, México, D.F.
- Gamboa, M.M., Rosado, H.N., Pacheco, P.A. (2013). Validación mediante CFD de los coeficientes de presión de una tenso estructura obtenidos en un túnel de viento. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 17-3, 215-222. 2015, octubre 08, ISSN 1665-529-X.
- Holmes, John. D. (2007). *Wind Loading of Structures* (2ª ed.). Inglaterra: Taylor & Francis.
- Rodríguez Pérez Isis E. (2005). *Estudio del Comportamiento Estructural de la Vivienda Maya*, Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Shaw C.T. (1992). *Using Computational Fluid Dynamics* (1ª Ed). Inglaterra: Prentice Hall.
- Verma, S.K., Roy A.K., Lather, S., Sood, M. (2015). CFD Simulation for Wind Load on Octagonal Tall Buildings. *SSRG International Journal of Civil Engineering (SSRG-IJCE)*, EFES, 129-134. 2015, octubre 08, De ISSN: 2348 – 8352.

CONFERENCISTAS MAGISTRALES DEL II CONGRESO DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

Dra. Jennifer Alexis Bañuelos Díaz



La Dra. Bañuelos Díaz es Ingeniera Química con especialidad en Ambiental por el Instituto Tecnológico de Tepic en el año 2009. En el año 2011 obtuvo el grado como Maestro en Ciencia y Tecnología en la especialidad de Ingeniería Ambiental y finalmente en el año 2015 consiguió su Doctorado en Electroquímica. Ambos grados fueron otorgados por el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ, S.C.). Durante su doctorado estuvo trabajando en el desarrollo, optimización y escalamiento de procesos electroquímicos de oxidación avanzada como Electro-Fenton, Electrofoto-Fenton y Regeneración electroquímica in-situ de carbón activado, orientados al tratamiento de aguas residuales, principalmente de la industria textil. Cuenta con una solicitud de patente por el desarrollo tecnológico de un reactor electroquímico regenerador de carbon activado saturado y es miembro activo de la Sociedad Mexicana de Electroquímica, Tesorera de la Sociedad de Exalumnos de CIDETEQ S.C y Tesorera de la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Membranas. Estuvo laborando como investigadora en Ambiental en CIATEC en León, Guanajuato durante tres años. Ha dirigido 10 tesis de licenciatura y 2 tesis de técnico superior (terminadas), además de 1 tesis de maestría y 2 tesis de doctorado (en curso). Desde Enero del 2017 es miembro vigente del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel 1, cuenta con 16 artículos científicos arbitrados e indizados, 3 artículos de divulgación científica y dos capítulos de libro. Ha participado en diversos congresos con plenarias y conferencias magistrales, así como con trabajos orales y cartels. Desde junio del año 2018 se desempeña laboralmente como subcoordinadora de potabilizacion en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, donde tiene a su cargo 9 tecnólogos del agua, quiénes desarrollan en conjunto proyectos de investigación e innovación tecnológica para atender la problemática hídrica en México.

M.C. Jose A. Soto Goico.



Nacido en Santo Domingo, República Dominicana, país de la bachata y el merengue, el 16 de marzo de 1987. Cursó la carrera de Ingeniería Civil el Instituto Tecnológico de Santo Domingo (Santo Domingo, República Dominicana-2011) y la Maestría en Administración de la Construcción en la Universidad de Texas A&M (College Station, Texas, USA-2015). Dentro de su desarrollo profesional y laboral, el Señor Soto tiene experiencia en la construcción de edificios comerciales y de obras civiles pesadas como puentes y carreteras. Cabe destacar dos grandes obras: el reemplazo del histórico puente movable del canal de Tamiami (valor del proyecto-\$35 millones; Miami, Florida, USA-2018), ganador del premio al mejor proyecto LAP en construcción de 2019 del estado de la Florida y el Miami SR-836/I-395 Signature Bridge (valor del proyecto-\$800 millones; Miami, Florida, USA-2019), proyecto en curso de gran impacto a la comunidad de Miami ofreciendo beneficios como mejor movilidad de transeúntes, mayor seguridad vial y construcción de un sendero patrimonial. Actualmente, el Señor Soto se desempeña como gerente de proyectos asistente de la empresa Archer Western en la división de proyectos de transporte. Dentro de su desarrollo científico, el Señor Soto tiene 2 artículos publicados en revistas internacionales, dentro de lo que se destaca el International Journal of Construction Education and Research.